



Finanziato
dall'Unione europea

PROVINCIA
di VARESE



Comune di Tradate

TAVOLA

01.00

P E S T O 1 0 0

CODICE ELABORATO

PROGETTO ESECUTIVO

AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE CON FACOLTA' DI AFFIDAMENTO EX ART. 63 c. 5 D.Lgs. 50/2016 DEL SERVIZIO DI DIREZIONE LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, RELATIVAMENTE ALL'INTERVENTO DI RIGENERAZIONE URBANA DI CAPANNONE INDUSTRIALE PER LA CREAZIONE DI UN NUOVO MUSEO DELLA MOTOCICLETTA FRERA, RISTORANTE, AULE STUDIO BIBLIOTECA PARCHEGGI e SISTEMAZIONI ESTERNE.

CIG CUP C68I21000260001

PROGETTISTI
Arch. Giorgio Pala



Project Building Art s.r.l.

Project Building Art s.r.l.
Via Pavia, 22 - 00161 Roma
P. Iva/C.F. 10355621003
AMMINISTRATORE UNICO
Arch. Pasquale Barone

Ing. Giuseppe CERVAROLO



COLLABORATORI

Arch. Viola D'Ettore
Arch. Cecilia Marati
Arch. Paolo Monesi
Arch. Michele Preiti
Arch. Maria Simonetti
Ing. Ilario Greco
Ing. Rosario Ierardi
Ing. Cosimo Mellone



RUP

DIREZIONE LAVORI

ELABORATO

CORPO IN CLS - RELAZIONE SUI MATERIALI STRUTTURALI

SCALA

DATA

GIUGNO 2023

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
01	MARZO 2023	EMISSIONE PROGETTO DEFINITIVO			
02					
03					
04					

Sommario

1. PREMESSA	2
2. PROCEDURE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI IN USO	2
CONTROLLO DI TIPO A	3
CONTROLLO DI TIPO B	3
PRESCRIZIONI COMUNI PER ENTRAMBI I CRITERI DI CONTROLLO	4
CONTROLLI DELLA RESISTENZA IN OPERA	5
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	6
3.1 Calcestruzzo	7
3.1.1 Qualità e dosatura dei componenti del calcestruzzo	7
3.1.2. Classi di resistenza e principali caratteristiche meccaniche	13
3.1.3 Condizioni ambientali	18
3.2 ACCIAIO DA C.A.	19
3.2.1 Caratteristiche dimensionali e di impiego	19
3.2.2 Classi di resistenza e principali caratteristiche meccaniche	19
3.3 ACCIAIO PER STRUTTURE IN ACCIAIO E CONNESSIONI	19
3.3.1 Strutture composte	Errore. Il segnalibro non è definito.
3.3.2 Saldature	Errore. Il segnalibro non è definito.
3.3.3 Bulloni e chiodi	Errore. Il segnalibro non è definito.

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE SUI MATERIALI

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta allo scopo di illustrare le caratteristiche dei materiali utilizzati nel progetto della struttura.

2. PROCEDURE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI IN USO

Tutti i materiali e i prodotti per uso strutturale, dovranno essere prodotti e forniti secondo le modalità indicate nel capitolo 11 delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” approvate con D.M. 17 gennaio 2018 e nel rispetto delle normative vigenti.

In particolare, i materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati mediante la descrizione a cura del fabbricante, del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- 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 dal Direttore dei lavori mediante controllo delle certificazioni di cui al punto precedente e mediante le prove sperimentali di accettazione previste nelle norme per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche.

Il Direttore 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 ciascuna miscela omogenea e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A;
- controllo di tipo B.

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

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

Tabella 1 – Limiti controlli di accettazione

CONTROLLO DI TIPO A

Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m³. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100m³ di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300m³ massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Nelle costruzioni con meno di 100m³ 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.

CONTROLLO DI TIPO B

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m³ di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B). Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minor e di un controllo ogni 1500 m³ di calcestruzzo. Ogni controllo di accettazione di tipo B è costituito da almeno 15 prelievi, ciascuno dei quali eseguito su 100 m³ di getto di miscela omogenea. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione dei risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo anche distribuzioni diverse dalla normale. Si deve individuare la legge di distribuzione più corretta e il valor medio unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard e valore medio). Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3. Per calcestruzzi con coefficiente di variazione (s/R_m) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al §11.2.7. Infine, la resistenza caratteristica R_{ck} di progetto

dovrà essere minore del valore sperimentale corrispondente al frattile inferiore 5% delle resistenze di prelievo e la resistenza minima di prelievo $R_{c,min}$ dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%.

PRESCRIZIONI COMUNI PER ENTRAMBI I CRITERI DI CONTROLLO

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore 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. Il laboratorio incaricato di effettuare le prove sul calcestruzzo provvede all'accettazione dei campioni accompagnati dalla lettera di richiesta sottoscritta dal direttore dei lavori. Il laboratorio verifica lo stato dei provini e la documentazione di riferimento ed in caso di anomalie riscontrate sui campioni oppure di mancanza totale o parziale degli strumenti idonei per la identificazione degli stessi, deve sospendere l'esecuzione delle prove e darne notizia al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato della esecuzione delle prove. I laboratori devono conservare i campioni sottoposti a prova per almeno trenta giorni dopo l'emissione dei certificati di prova, in modo da consentirne l'identificabilità e la rintracciabilità. La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo. Le prove non richieste dal Direttore 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 12390-3:2009, tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro 45 giorni dalla data di prelievo. In caso di mancato rispetto di tali termini le prove di compressione vanno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera. 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 del Direttore dei Lavori che richiede la prova;

- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la 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 delle prestazioni misurate.

Per gli elementi prefabbricati di serie, realizzati con processo industrializzato, sono valide le specifiche indicazioni di cui al § 11.8.3.1. L'opera o la parte di opera realizzata con il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente risolta. Il costruttore deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel successivo § 11.2.6. Qualora i suddetti controlli confermino la non conformità del calcestruzzo, si deve procedere, sentito il progettista, ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo. Qualora non fosse possibile effettuare la suddetta verifica delle caratteristiche del calcestruzzo, oppure i risultati del controllo teorico e/o sperimentale non risultassero soddisfacenti, si può: conservare l'opera o parte di essa per un uso compatibile con le diminuite caratteristiche prestazionali accertate, eseguire lavori di consolidamento oppure demolire l'opera o parte di essa. I controlli di accettazione sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a verificarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse rispettato, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai controlli di accettazione.

CONTROLLI DELLA RESISTENZA IN OPERA

La resistenza del calcestruzzo nella struttura dipende dalla resistenza del calcestruzzo messo in opera, dalla sua posa e costipazione, dalle condizioni ambientali durante il getto e dalla maturazione. Nel caso in cui:

- a. le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure
- b. sorgano dubbi sulle modalità di confezionamento, conservazione, maturazione e prova dei provini di calcestruzzo, oppure
- c. sorgano dubbi sulle modalità di posa in opera, compattazione e maturazione del calcestruzzo, oppure
- d. si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera, si può procedere ad una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive.

Tali prove non sono, in ogni caso, sostitutive dei controlli di accettazione, ma potranno servire al Direttore dei Lavori od al collaudatore per formulare un giudizio sul calcestruzzo in opera. Il valore caratteristico della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza caratteristica in situ, R_{ck} o f_{ck}) è in genere minore del valore della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto R_{ck} o f_{ck} . Per i soli aspetti relativi alla sicurezza strutturale e senza pregiudizio circa eventuali carenze di durabilità, è accettabile un valore caratteristico della resistenza in situ non inferiore all'85% della resistenza caratteristica assunta in fase di progetto. Per la modalità di determinazione della resistenza a compressione in situ, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive), si potrà fare utile riferimento alle norme UNI EN 12504-1, UNI EN 12504-2, UNI EN 12504-3, UNI EN 12504-4. La resistenza caratteristica in situ va calcolata secondo quanto previsto nella norma UNI EN 13791:2008, ai §§ 7.3.2 e 7.3.3, considerando l'approccio B se il numero di carote è minore di 15, oppure l'approccio A se il numero di carote è non minore di 15, in accordo alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo elaborate e pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali, i cui valori dei parametri caratteristici sono di seguito elencati.

3.1 Calcestruzzo

3.1.1 Qualità e dosatura dei componenti del calcestruzzo

CALCESTRUZZI

Per i vari elementi componenti le strutture, dovrà usarsi un conglomerato cementizio dosato come riportato nella tabella successiva, con un quantitativo di cemento espresso in *kg* per *mc* di impasto, avente un rapporto massimo di *acqua /cemento* pari a *0,5*.

CEMENTO

Nelle opere oggetto delle presenti calcolazioni, devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia con esclusione del cemento alluminoso. Il cemento da utilizzare sarà *R325* (cemento normale), distribuito in commercio. Con confezionamento che avviene in cantiere, occorrerà accertarsi delle condizioni del cemento in riferimento in particolar modo ad eventuali iniziali fenomeni di presa e di deterioramento causati da umidità. Per la confezione di un conglomerato di caratteristiche volute occorre fissare il minimo quantitativo di cemento necessario onde ottenere il risultato desiderato. Tale quantitativo dipende essenzialmente dagli inerti a disposizione e dalle caratteristiche della struttura da eseguire. Fissare il quantitativo di cemento empiricamente, può risultare un criterio pratico per normali conglomerati, ma non è più sufficiente quando si approfondisca lo studio della composizione poiché, il necessario quantitativo di cemento a metro cubo di getto, può risultare sensibilmente diverso dal previsto. Il dosaggio *C* di *300 kg* per *mc* effettivo è da ritenersi l'ottimo per ottenere un conglomerato di qualità, quando gli inerti siano ben selezionati. Con inerti non selezionati, può conseguirsi un miglioramento della resistenza aumentando la percentuale di cemento ma, tale beneficio, si risente sempre meno al crescere del quantitativo di cemento. Il cemento rappresenta l'elemento collante della miscela di inerti, per cui la sua quantità deve essere maggiore quanto maggiori sono le superfici da incollare, ossia più piccoli sono gli inerti.

Per tale motivo per il dosaggio del cemento può adottarsi la relazione:

$$C \geq 550 \cdot D^{1,5} [kg/mc]$$

in cui *D*, che rappresenta la massima dimensione dell'inerte, è espresso in *mm*. Da tale relazione si possono dedurre gli aggregati compatibili con vari dosaggi di cemento a *mc*, a seconda del tipo di getto, dosaggi riportati nella seguente tabella:

AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE CON FACOLTA' DI AFFIDAMENTO EX ART. 63 c. 5 D.Lgs. 50/2016 DEL SERVIZIO DI DIREZIONE LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, RELATIVAMENTE ALL'INTERVENTO DI RIGENERAZIONE URBANA DI CAPANNONE INDUSTRIALE PER LA CREAZIONE DI UN NUOVO MUSEO DELLA MOTOCICLETTA FRERA, RISTORANTE, AULE STUDIO BIBLIOTECA PARCHEGGI E SISTEMAZIONI ESTERNE.
CIG 9383161D66 CUP C68I21000260001

VALORI DI "D"	D > 85	35 ≤ D ≤ 85	16 ≤ D ≤ 35	8 ≤ D ≤ 16
DOSAGGIO RACCOMANDATO	250 kg/mc	300 kg/mc	350 kg/mc	400 kg/mc
CONDIZIONI DI IMPIEGO	I	II	III	IV
RESISTENZE PREVEDIBILI	150 kg/cm ²	200 kg/cm ²	250 kg/cm ²	300 kg/cm ²
Dove, per condizioni di impiego si ha: I getti di conglomerato in grosse masse con inerti grossi e modeste percentuali di armatura; II conglomerato corrente controllato e non esposto alle intemperie o alle influenze aggressive; III conglomerato poco controllato o per elementi non protetti; IV opere in atmosfera aggressiva.				

ACQUA

L'acqua di impasto deve essere priva di sostanze nocive e queste vanno considerate come tali in relazione alla natura del cemento, senza però esagerare nell'esigere una purezza assoluta. Si richiede che i solfati non superino l'1% in concentrazione SO_4 e va considerato che i cloruri provocano sempre una riduzione di resistenza del conglomerato che raggiunge circa il 30% per una concentrazione del 5% mentre per una concentrazione dello 0,5% la riduzione è di circa il 4%. È da evitare l'impiego di acque eccessivamente alcaline e quelle che sgorgano da rocce granitiche o serpentinosi, sono da scartare le acque di rifiuto che provengono da fabbriche chimiche o alimentari o da altre aziende industriali; particolarmente dannosa è la presenza nell'acqua di residui oleosi e zuccherini, perché queste sostanze possono disturbare la presa e l'indurimento del conglomerato. L'acqua d'impasto deve essere limpida, la più sicura è quella potabile ed ove non si disponesse di questa è sempre prudente fare analizzare l'acqua che si intende usare e accertarne l'idoneità. Tutte le formule di resistenza del conglomerato hanno il quantitativo di acqua al denominatore e quindi essa deve essere la minima compatibilmente con le esigenze del getto. Non può non pensarsi che sia sufficiente quella strettamente necessaria alla reazione chimica (circa lo 0,27 del cemento) in quanto l'acqua deve avvolgere la totale superficie degli inerti e fornire una scorrevolezza sufficiente a rendere lavorabile il getto. È preferibile però migliorare la lavorabilità con un energico mezzo di costipamento o con l'aggiunta di additivi anziché con un aumento di acqua. Prescrivere in base a considerazioni teoriche il quantitativo di acqua non basta, bisogna richiamare l'attenzione sulla influenza che ha l'umidità degli inerti, variabile a seconda delle condizioni atmosferiche e che può portare a scarti superiori del 10%. Non va trascurato neppure il tipo di casseforme, mentre quelle metalliche trattengono quasi tutta l'acqua, quelle in legname ne assorbono e ne lasciano sfuggire

fra le commessure. Va poi considerato che è persa anche l'acqua che rifluisce alla superficie nelle operazioni di costipamento. Comunque le esigenze teoriche devono adattarsi a quelle pratiche del cantiere tenendo sempre presente che è preferibile avere una minore resistenza per eccesso d'acqua che per mancanza di acqua di presa o per cattiva lavorabilità. La Fig.1 mostra come varia la resistenza di un conglomerato al variare del rapporto acqua/cemento.

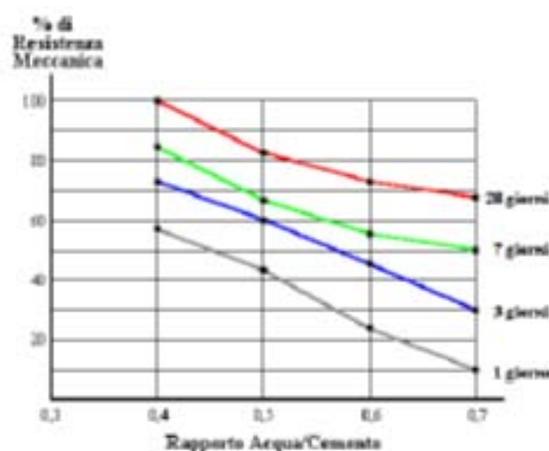


Fig. 1 – Diagramma resistenza meccanica c.a. - rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua deve essere il minimo compatibilmente con una buona lavorabilità e tale che il rapporto acqua/cemento sia compreso fra lo 0,38 e lo 0,42, inclusa l'acqua apportata dagli inerti. In nessun caso deve superare lo 0,5. È poi sempre consigliabile il controllo in cantiere della fluidità dell'impasto con il cono di Abrams, ovvero con il tavolo vibrante.

INERTI

Gli inerti naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od 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. Per la composizione di una buona miscela di inerti a granulometria continua, sono note varie formule di curve granulometriche. La più nota è quella di Fuller definita dalla relazione: $p = (d/D)^{0.5}$

Dove: p è la percentuale in peso d'inerte di grani e passanti attraverso un vaglio con maglie di dimensione d e D la dimensione dell'inerte più grosso. La miscela granulometrica ottima è quella la cui curva granulometrica cade nel "Fuso Granulometrico", (vedi Fig.2), essa si ottiene mescolando in opportune proporzioni gli inerti forniti generalmente in due, tre, quattro pezzature separate. Il diametro massimo viene stabilito in funzione degli spessori del getto e della densità delle armature metalliche. La formula del Fuller non tiene conto però

dell'effetto di parete. Avviene infatti che gli inerti del conglomerato, durante il getto, aderiscono alle pareti delle casseforme, lasciando in prossimità di questa delle cavità, a scapito della compattezza del conglomerato. Tale fenomeno si riscontra anche nell'intorno delle armature. L'effetto di parete è tanto più sentito quanto più la struttura è esile ed armata, quanto maggiore è la percentuale del grosso, quanto minori sono la quantità d'acqua e l'effetto di costipamento ed infine più sentito con il pietrisco che non con la ghiaia.

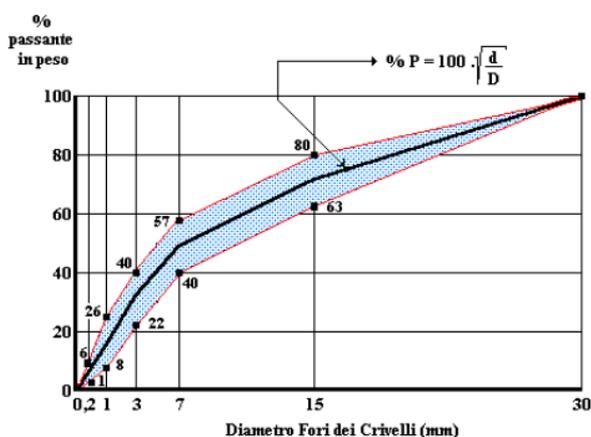


Fig. 2 – Distribuzione granulometrica degli inerti – curva teorica di Fuller

Tutti questi fattori vanno valutati nello stabilire la granulometria adatta per un determinato tipo di struttura. Il metodo di Faury, per il proporzionamento degli inerti, ha il pregio di tenere conto dell'effetto di parete. Egli indica come curva base di riferimento una spezzata, nella quale le ascisse sono i diametri nella scala delle radici quinte del diametro medio dei grani, (vedi Fig.3).

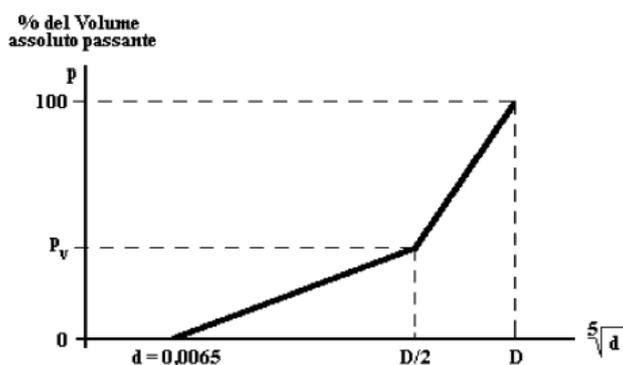


Fig. 3 – Distribuzione granulometrica inerti secondo la rappresentazione di Faury

Lo studio di un conglomerato senza la garanzia di avere una costanza nella fornitura diventa inutile. Nell'incertezza, è consigliabile dosare con un eccesso di fino, ad evitare che per variazione di fornitura il conglomerato risulti insufficientemente lavorabile. Appare evidente l'intento di Faury di dare maggiore risalto con la rappresentazione delle radici quinte dei diametri, alle parti più piccole della miscela che sono le più

AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE CON FACOLTA' DI AFFIDAMENTO EX ART. 63 c. 5 D.Lgs. 50/2016 DEL SERVIZIO DI DIREZIONE LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, RELATIVAMENTE ALL'INTERVENTO DI RIGENERAZIONE URBANA DI CAPANNONE INDUSTRIALE PER LA CREAZIONE DI UN NUOVO MUSEO DELLA MOTOCICLETTA FRERA, RISTORANTE, AULE STUDIO BIBLIOTECA PARCHEGGI E SISTEMAZIONI ESTERNE.
CIG 9383161D66 CUP C68I21000260001

importanti ai fini della resistenza. Gli inerti debbono inoltre essere privi di impurezze organiche, Sali gessosi, sostanze chimiche di origine industriale, argilla o altro che possa compromettere il processo di presa. Si potranno usare inerti fluviali, di frantoio o di cava ed inoltre risulta opportuno un lavaggio con acqua dolce e pura. Come già detto ai fini di una buona resistenza del calcestruzzo, riveste fondamentale importanza sia la natura del materiale che costituisce l'inerte sia l'assortimento granulometrico al fine di ridurre i vuoti all'interno della massa dell'impasto che comporta una elevata compattezza della miscela cui si associa un aumento della resistenza. Sono pertanto da utilizzarsi inerti omogenei di natura silicea o calcarea e, se provenienti da cava o da frantoio, che le rocce originarie non siano gelive. Orientativamente le quantità per metro cubo di impasto sono le seguenti:

- 0,4 mc di sabbia → (da 1 a 7 mm);
- 0,4 mc di ghiaietto → (da 8 a 15mm)
- 0,4 mc di ghiaia → (da 15 a 30 mm).

POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO

Tale operazione, comunemente detta getto, deve essere eseguita subito dopo la confezione e sempre prima che abbia inizio la presa del cemento. Deve in ogni caso evitarsi la separazione dei componenti della miscela nelle fasi di trasporto e di travaso, ciò perché gli inerti più grossi tendono a spostarsi in basso mentre l'acqua e la sabbia rimontano in superficie. Per evitare tale problema è necessario che il calcestruzzo non sia sottoposto a scotimenti eccessivi e non sia lasciato cadere da altezze notevoli, né fatto scorrere in scivoli troppo larghi e lunghi. Il getto deve sempre avvenire a tratti orizzontali a strati di spessore massimo pari a 20 cm se costipato a mano e di massimo 50 cm se costipato mediante vibratori. Durante il getto debbono evitarsi aggiunte di acqua, mentre è opportuno bagnare le casseforme se sono fatte di tavole di legno. Il costipamento del calcestruzzo deve essere accuratissimo in modo da ottenere:

- La massima compattezza;
- La eliminazione di tutti i vuoti nella massa della struttura;
- La migliore aderenza del calcestruzzo alla armatura metallica.

Inoltre, gli evidenti vantaggi della vibrazione risultano innegabili, i più importanti risultano:

- maggiore densità ed omogeneità della miscela;
- migliore legame con l'armatura in ferro;
- maggiore durata;

AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE CON FACOLTA' DI AFFIDAMENTO EX ART. 63 c. 5 D.Lgs. 50/2016 DEL SERVIZIO DI DIREZIONE LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, RELATIVAMENTE ALL'INTERVENTO DI RIGENERAZIONE URBANA DI CAPANNONE INDUSTRIALE PER LA CREAZIONE DI UN NUOVO MUSEO DELLA MOTOCICLETTA FRERA, RISTORANTE, AULE STUDIO BIBLIOTECA PARCHEGGI E SISTEMAZIONI ESTERNE.
CIG 9383161D66 CUP C68I21000260001

- minore ritiro.

Difatti la vibrazione agisce "vincendo la frizione interna fra le particelle nella miscela del calcestruzzo fresco, permettendo alla gravità di dar luogo ad un riassetto ed al costipamento. Le particelle singole cercano le posizioni in cui lasciano il minore spazio libero possibile. La massa scorrevole del calcestruzzo circonda da vicino l'armatura di ferro e penetra completamente nelle pareti strette e riposte delle casseforme". Particolare perizia ed accuratezza è richiesta nell'uso dei vibratorii.

RIPRESA DEL GETTO

Per quanto concerne eventuali riprese del getto, questi deve essere eseguito previa accurata pulizia e bagnatura con acqua del getto già eseguito, il primo strato di calcestruzzo da realizzare dovrà essere più ricco di sabbia e di cemento.

PROTEZIONE DEL CALCESTRUZZO

A getto ultimato questi dovrà essere protetto dai raggi diretti del sole e dal vento, mediante copertura con teli di juta, di carta, stuoie, in modo da evitare una troppo rapida evaporazione dell'acqua in eccesso. Nella stagione estiva il calcestruzzo deve essere mantenuto bagnato con continue aspersioni di acqua, i getti di grandi superfici è opportuno che siano coperti da un sottile strato di acqua. Il calcestruzzo dovrà essere protetto anche da una eventuale pioggia torrenziale, per evitare il dilavamento del cemento (specialmente per strutture di piccole dimensioni), disponendo grandi teli di plastica a copertura.

INFLUENZA DELLA TEMPERATURA

Il processo di indurimento del calcestruzzo avviene per l'idratazione del cemento. Le condizioni ambientali che maggiormente influiscono sono:

- Lo stato igrometrico;
- La temperatura dell'aria;
- La presenza del vento.

L'assorbimento dell'acqua da parte dell'aria a parità di altre condizioni è tanto maggiore quanto più:

- L'umidità relativa è bassa;
- La temperatura è alta;
- La velocità del vento è alta;
- La differenza di temperatura tra il calcestruzzo e l'ambiente è alta.

Il calore non è dannoso all'indurimento, anzi lo favorisce se la temperatura non supera gli 80°C e se si evita l'essiccamento del getto. Per temperature comprese fra lo 0°C ed i 10°C non si hanno grossi inconvenienti, il calcestruzzo raggiunge la massima resistenza seppure procede molto più lentamente sia nella presa che nell'indurimento. Pericoloso può essere un disarmo troppo affrettato, eseguito cioè prima che il calcestruzzo abbia raggiunto una adeguata resistenza. Se la temperatura scende al disotto di 0°C gli inconvenienti che si manifestano sono più gravi, si può arrivare al congelamento dell'acqua di impasto e quindi alla mancanza di presa. Considerato che la temperatura critica dell'acqua di impasto è di -3°C, al disotto di tale temperatura se non si prendono precauzioni particolari (uso di antigeli, riscaldamento dell'acqua e degli aggregati, protezione del calcestruzzo confezionato) è necessario sospendere i lavori.

DISARMO

Se la temperatura dell'ambiente si mantiene entro valori normali cioè tra i 15°C ed i 25°C con un tasso elevato di umidità, l'indurimento è quasi completo dopo 28 giorni. Il disarmo dovrà avvenire in maniera graduale, evitando azioni dinamiche e non prima comunque che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; la decisione è lasciata al giudizio del Direttore dei Lavori. In condizioni climatiche ideali, come esplicitato sopra, è opportuno osservare i seguenti tempi minimi di disarmo per getti eseguiti con conglomerato di cemento normale:

- Sponde dei casseri di travi e pilastri: 3 giorni;
- Armature di solai di luce modesta: 10 giorni;
- Puntelli e centine di travi, archi, volte, ecc.: 4 giorni;
- Strutture a sbalzo: 28 giorni.

3.1.2. Classi di resistenza e principali caratteristiche meccaniche

Il D.M. 17/01/18 fornisce indicazioni riguardanti le strutture di:

- calcestruzzo armato normale (cemento armato);
- calcestruzzo armato precompresso (cemento armato precompresso);
- calcestruzzo a bassa percentuale di armatura o non armato;

con riferimento a calcestruzzi di peso normale e con esclusione di quelle opere per le quali vige una regolamentazione apposita a carattere particolare. Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, questo viene titolato ed identificato mediante la classe di resistenza

contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica f_{ck} e cubica a compressione uniassiale R_{ck} , misurate rispettivamente su provini cilindrici (o prismatici) e cubici, espressa in MPa (§ 11.2 delle NTC2018). Per le classi di resistenza normalizzate per calcestruzzo normale si può fare utile riferimento a quanto indicato nelle norme UNI EN 206-1:2006 e nella UNI 11104:2004.

I calcestruzzi delle diverse classi di resistenza trovano impiego secondo quanto riportato nella Tab. 4.1.II delle NTC2018, fatti salvi i limiti derivanti dal rispetto della durabilità. Per classi di resistenza superiore a C70/85 si rinvia al § 4.6 delle NTC2018.

Per l'opera in esame è stato scelto un calcestruzzo di classe C25/30 le cui caratteristiche sono di seguito riportate.

$$f_{ck} = 25 \frac{N}{mm^2}$$

$$R_{ck} = 30 \frac{N}{mm^2}$$

Le caratteristiche del calcestruzzo possono essere desunte, in sede di progettazione a partire dalla classe di resistenza prescelta, dalle formulazioni indicate di seguito. Per quanto non previsto si potrà fare utile riferimento alla Sez. 3 di UNI EN 1992-1-1.

Per quanto riguarda i solai della struttura è stato utilizzato un calcestruzzo di classe C20/25 30 le cui caratteristiche sono di seguito riportate.

$$f_{ck} = 20 \frac{N}{mm^2}$$

$$R_{ck} = 25 \frac{N}{mm^2}$$

RESISTENZA A COMPRESSIONE

In sede di progetto si farà riferimento alla resistenza caratteristica a compressione su cubi R_{ck} così come definita nel § 11.2.1 delle NTC2018.

Dalla resistenza cubica si passerà a quella cilindrica da utilizzare nelle verifiche mediante l'espressione:

$$f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} .$$

AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE CON FACOLTA' DI AFFIDAMENTO EX ART. 63 c. 5 D.Lgs. 50/2016 DEL SERVIZIO DI DIREZIONE LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, RELATIVAMENTE ALL'INTERVENTO DI RIGENERAZIONE URBANA DI CAPANNONE INDUSTRIALE PER LA CREAZIONE DI UN NUOVO MUSEO DELLA MOTOCICLETTA FRERA, RISTORANTE, AULE STUDIO BIBLIOTECA PARCHEGGI E SISTEMAZIONI ESTERNE.
CIG 9383161D66 CUP C68I21000260001

Sempre in sede di previsioni progettuali, è possibile passare dal valore caratteristico al valor medio della resistenza cilindrica mediante l'espressione:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ [N/mm}^2\text{]} .$$

RESISTENZA A TRAZIONE

La resistenza a trazione del calcestruzzo può essere determinata a mezzo di diretta sperimentazione, condotta su provini appositamente confezionati, secondo la norma UNI EN 12390-2:2002, per mezzo delle prove di seguito indicate:

- prove di trazione diretta;
- prove di trazione indiretta: (secondo UNI EN 12390-6:2002 o metodo dimostrato equivalente);
- prove di trazione per flessione: (secondo UNI EN 12390-5:2002 o metodo dimostrato equivalente).

In sede di progettazione si può assumere come resistenza media a trazione semplice (assiale) del calcestruzzo il valore (in N/mm²):

$$f_{ctm} = 0,30f_{ck}^{2/3} \quad \text{per classe} \leq C50/60$$

$$f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln[1 + f_{cm} / 10] \quad \text{per classe} > C50/60$$

I valori caratteristici corrispondenti ai frattili 5% e 95% sono assunti, rispettivamente, pari a $0,7f_{ctm}$, ed $1,3f_{ctm}$. Il valore medio della resistenza a trazione per flessione è assunto, in mancanza di sperimentazione diretta, pari a: $f_{ctm} = 1,2f_{ctm}$.

MODULO ELASTICO

Per modulo elastico istantaneo del calcestruzzo va assunto quello secante tra la tensione nulla e $0.40f_{cm}$, determinato sulla base di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma UNI 6556:1976.

In sede di progettazione si può assumere il valore:

$$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0,3}$$

Tale formula non è applicabile ai calcestruzzi maturati a vapore. Essa non è da considerarsi vincolante nell'interpretazione dei controlli sperimentali delle strutture.

COEFFICIENTE DI POISSON

Per il coefficiente di *Poisson* può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0,2 (calcestruzzo non fessurato).

COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA

Il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può essere determinato a mezzo di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma UNI EN 1770:2000. In sede di progettazione, o in mancanza di una determinazione sperimentale diretta, per il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può assumersi un valor medio pari a $10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, fermo restando che tale quantità dipende significativamente dal tipo di calcestruzzo considerato (rapporto inerti/legante, tipi di inerti, ecc.) e può assumere valori anche sensibilmente diversi da quello indicato.

RITIRO

La deformazione assiale per ritiro del calcestruzzo può essere determinata a mezzo di apposite prove, da eseguirsi secondo le norme UNI 6555:1973 e UNI 7086:1972, rispettivamente per calcestruzzi confezionati con inerti aventi dimensioni massime sino a 30 mm, od oltre 30 mm. In sede di progettazione, e quando non si ricorra ad additivi speciali, il ritiro del calcestruzzo può essere valutato sulla base delle indicazioni di seguito fornite. La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

dove:

- ϵ_{cs} è la deformazione totale per ritiro;
- ϵ_{cd} è la deformazione per ritiro da essiccamento;
- ϵ_{ca} è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento:

$$\epsilon_{cd,\infty} = k_h \epsilon_{c0}$$

può essere valutato mediante i valori delle Tab. 11.2.Va-b delle NTC2018 in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro h_0 :

Tabella 11.2.Va - Valori di ϵ_{c0}

f_{ck}	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Tabella 11.2.Vb - Valori di k_h

h_0 (mm)	k_h
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

Per valori intermedi dei parametri indicati è consentita l'interpolazione lineare.

Lo sviluppo nel tempo della deformazione ϵ_{cd} può essere valutato come:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t - t_s) \cdot \varepsilon_{cd,\infty}$$

dove la funzione di sviluppo temporale assume la forma:

$$\beta_{ds}(t - t_s) = (t - t_s) / [(t - t_s) + 0,04 h_0^{3/2}]$$

in cui:

- t è l'età del calcestruzzo nel momento considerato (in giorni);
- ts è l'età del calcestruzzo a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento (normalmente il termine della maturazione, espresso in giorni);
- h0 è la dimensione fittizia (in mm) pari al rapporto 2Ac/u, essendo Ac l'area della sezione in calcestruzzo, u il perimetro della sezione in calcestruzzo esposto all'aria.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno $\varepsilon_{ca,\infty}$ può essere valutato mediante

l'espressione:

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \text{ con } f_{ck} \text{ in N/mm}^2$$

VISCOSITÀ

In sede di progettazione, se lo stato tensionale del calcestruzzo, al tempo $t_0 = j$ di messa in carico, non è superiore a $0,45f_{ckj}$, il coefficiente di viscosità (∞, t_0) , a tempo infinito, a meno di valutazioni più precise (per es. § 3.1.4 di UNI EN 1992-1-1), può essere dedotto dalle seguenti Tab.11.2.VI e 11.2.VII delle NTC2018, dove h0 è la dimensione fittizia definita in § 11.2.10.6 delle stesse norme:

Tabella 11.2.VI - Valori di $\phi(\infty, t_0)$. Atmosfera con umidità relativa di circa il 75%

t_0	$h_0 \leq 75 \text{ mm}$	$h_0 = 150$	$h_0 = 300$	$h_0 \geq 600$
3 giorni	3,5	3,2	3,0	2,8
7 giorni	2,9	2,7	2,5	2,3
15 giorni	2,6	2,4	2,2	2,1
30 giorni	2,3	2,1	1,9	1,8
≥ 60 giorni	2,0	1,8	1,7	1,6

Tabella 11.2.VII - Valori di $\phi(\infty, t_0)$. Atmosfera con umidità relativa di circa il 55%

t_0	$h_0 \leq 75 \text{ mm}$	$h_0 = 150$	$h_0 = 300$	$h_0 \geq 600$
3 giorni	4,5	4,0	3,6	3,3
7 giorni	3,7	3,3	3,0	2,8
15 giorni	3,3	3,0	2,7	2,5
30 giorni	2,9	2,6	2,3	2,2
≥ 60 giorni	2,5	2,3	2,1	1,9

Per valori intermedi è ammessa una interpolazione lineare. Nel caso in cui sia richiesta una valutazione in tempi diversi da $t = \infty$ del coefficiente di viscosità, questo potrà essere valutato secondo modelli tratti da documenti di comprovata validità.

DURABILITÀ

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario o precompresso, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo. A tal fine in fase di progetto la prescrizione, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione o quelle di impiego, deve fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), i valori del copriferro e le regole di maturazione. Ai fini della valutazione della durabilità, nella formulazione delle prescrizioni sul calcestruzzo, si potranno prescrivere anche prove per la verifica della resistenza alla penetrazione agli agenti aggressivi, ad esempio si può tener conto del grado di impermeabilità del calcestruzzo. A tal fine può essere determinato il valore della profondità di penetrazione dell'acqua in pressione in mm. Per la prova di determinazione della profondità della penetrazione dell'acqua in pressione nel calcestruzzo indurito vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-8:2002. Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si potrà fare utile riferimento alle 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.

3.1.3 Condizioni ambientali

Per la verifica delle prestazioni in esercizio delle strutture in c.a, vanno definite le classi di esposizione degli elementi strutturali in funzione delle condizioni ambientali. Tali condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III delle NTC2018 con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Con riferimento all'opera in esame, è stata considerata la seguente condizione ambientale di esposizione:

- Fondazioni in c.a. → Ordinaria XC2

3.2 ACCIAIO DA C.A.

3.2.1 Caratteristiche dimensionali e di impiego

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni. Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera. La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al § 11.3.1.7 delle NTC2018.

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 vale quanto indicato al § 11.3.1.4 delle NTC2018. Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al § 11.3.1.5 delle stesse norme. Le barre sono caratterizzate dal diametro Φ della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³. Gli acciai B450C, di cui al § 11.3.2.1 delle NTC2018, possono essere impiegati in barre di diametro Φ compreso tra 6 e 40 mm. Per gli acciai B450A, di cui al § 11.3.2.2 delle NTC2018, il diametro Φ delle barre deve essere compreso tra 5 e 10 mm. L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a minore o uguale a 16 mm per B450C e fino a 10 mm per B450A.

3.2.2 Classi di resistenza e principali caratteristiche meccaniche

L'acciaio per cemento armato normale utilizzato per l'opera di progetto è del tipo B450C caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_y e rottura f_t :

$f_y \text{ nom}$	450 N/mm ²
$f_t \text{ nom}$	540 N/mm ²

e deve rispettare i requisiti indicati nella Tab. 11.3.Ib delle NTC2018:

AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN
 FASE DI PROGETTAZIONE CON FACOLTA' DI AFFIDAMENTO EX ART. 63 c. 5 D.Lgs. 50/2016 DEL SERVIZIO DI
 DIREZIONE LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, RELATIVAMENTE
 ALL'INTERVENTO DI RIGENERAZIONE URBANA DI CAPANNONE INDUSTRIALE PER LA CREAZIONE DI UN NUOVO
 MUSEO DELLA MOTOCICLETTA FRERA, RISTORANTE, AULE STUDIO BIBLIOTECA PARCHEGGI E SISTEMAZIONI
 ESTERNE.

CIG 9383161D66 CUP C68I21000260001

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y, nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t, nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{y, nom})_k$	$< 1,35$	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:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	300	480	649	900
F_{tb} (N/mm ²)	400	500	600	800	1000