AREA GESTIONE EDILIZIA

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

PROGETTO DEFINITIVO

Restauro e Risanamento Conservativo



Interventi di recupero e valorizzazione dell'area denominata Borghetto Flaminio

Edificio ex Atac (Via Mariano Fortuny - Roma)

SCALA:	ELABORATO:	N° TAVOLA ST-RM
	RELAZIONE SUI MATERIALI STRUTTURALI	DATA 04-2015 / REV 01

R.U.P.:
arch. Claudio De Angelis

PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI, SPECIALI E MECCANICI:
ing. Paolo Sodani

COLLABORATORI INTERNI:
arch. Alessia Passaretta
geom. Giovanni Perrotti

PROGETTISTA DEFINITIVO E STRUTTURALE COORDINATORE DELLA PROGETTAZIONE:
arch. Giuseppe Luciani

DIRETTORE:
arch. Paola Di Bisceglie

SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA PER L'INSERIMENTO URBANISTICO:
arch. Giuseppe Rebecchini
SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE:
ing. arch. Giovanni Morabito
SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI SPECIALI E MECCANICI:
arch. Francesco Guglielmi

COORDINAMENTO SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
LENZI CONSULTANT S.r.l.
arch. Braccio Oddi Baglioni

SAPIENZA
UNIVERSITA' DI ROMA

PROGETTO DEFINITIVO

INTERVENTI DI RECUPERO E VALORIZZAZIONE DELL'AREA DENOMINATA BORGHETTO FLAMINIO
EDIFICIO EX ATAC (VIA MARIANO FORTUNY - ROMA)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA SULLE CARATTERISTICHE, QUALITA' E DOSATURA DEI MATERIALI STRUTTURALI

---

1. Premessa

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le caratteristiche tecniche, la qualità e la dosatura dei materiali che verranno impiegati nel consolidamento e nel progetto delle strutture per le ricostruzioni.

Essa è stata elaborata in ottemperanza alla prescrizione dell'art.4 punto b) della Legge n.1086 del 5 Novembre 1971 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica". Tutte le opere in progetto sono conformi alla suddetta legge ed in particolare al suo decreto di attuazione D.M. 14/01/2008, di seguito anche menzionato come NTC 08 e della relativa Circ.Min. n.617/2009.

Nello specifico, la progettazione sismica è stata eseguita nel rispetto delle Norme tecniche per le costruzioni NTC 08 e della relativa Circ.Min. n.617/2009. L'analisi delle sollecitazioni e i calcoli di dimensionamento e verifica sono stati eseguiti considerando, oltre ai carichi di tipo statico, le azioni sismiche calcolate in conformità alle prescrizioni di normativa vigenti.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato con gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni basati sui legami costituitivi non lineari conformi a quanto specificato in NTC 08.

La qualità dei materiali dovrà essere controllata in cantiere dalla Direzione dei Lavori, secondo le modalità previste dalle Norme Tecniche vigenti prelevando i campioni dei materiali che dovranno essere inviati ad un laboratorio autorizzato per le prove di resistenza prescritte.

I certificati delle prove sui materiali dovranno essere conservati in cantiere fino al termine dei lavori e, successivamente, allegati alla relazione di fine lavori.

2. Caratteristiche, qualità e dosatura dei materiali

I materiali da costruzione da impiegare per la realizzazione degli interventi strutturali di miglioramento sismico sono rappresentati dal calcestruzzo armato, dall'acciaio da armatura in barre per cls, dall' acciaio da carpenteria, dalla muratura in blocchi in laterizio pieni certificata per l'utilizzo in zona sismica, dalla muratura in blocchi semipieni certificata per l'utilizzo in zone sismiche; tutti i materiali utilizzati rientrano tra i tipi previsti dalla normativa tecnica vigente.

Tali materiali verranno posti in opera con montaggi da effettuarsi in loco, alcune parti potranno essere preassemblate in officina ed assemblate in opera.

La qualità dei materiali dovrà essere controllata in cantiere dalla Direzione dei Lavori, secondo le modalità previste dalle Norme Tecniche vigenti prelevando i campioni dei materiali e/o richiedendo i certificati che ne comprovino la qualità.

Le caratteristiche di tali materiali possono essere ricavate dal cap. XI della norma citata (D.M. 14/01/2008); si riportano qui di seguito le caratteristiche prevista dalla norma ed i valori più significativi a cui si è fatto riferimento per il calcolo.

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

3. Prescrizioni per la identificazione e qualificazione

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

- materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della Marcatura CE, prevista dalla Direttiva 89/106/CEE "Prodotti da costruzione" (CPD), recepita in Italia dal DPR 21/04/1993, n.246, così come modificato dal DPR 10/12/1997, n. 499;

- 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. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;

- materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque 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.

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

Per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.
Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme.

Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.
Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, come specificato
di volta in volta nel seguito, devono generalmente essere effettuate da:
a) laboratori di prova notificati ai sensi dell'art.18 della Direttiva n.89/106/CEE;
b) laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001;
c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale;

4. Prescrizioni per i conglomerati

Controllo di accettazione

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo prodotto durante l'esecuzione dell'opera, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali.
Il costruttore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve effettuare idonee prove preliminari di studio, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.
Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di seguito indicate.

Il 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.
È obbligo del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, di cui ai successivi paragrafi, 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 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2003 e UNI EN 12390-4:2002. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della massa volumica vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-7:2002.

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 miscele omogenee 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 Tab. seguente (Tab. 11.2.I D.M. 14/01/2008):

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_1 \geq Rck-3,5$	

$R_m \geq Rck+3,5$ (N° prelievi: 3)	$R_m \geq Rck+1,4\ s$ (N° prelievi ≥15)
Ove: R_m = resistenza media dei prelievi (N/mm^2); R_1 = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm^2); s = scarto quadratico medio.	

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 100 m^3 di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m^3 massimo di getto.
Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.
Nelle costruzioni con meno di 100 m^3 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.

Il controllo tipo B di accettazione di tipo statistico, è obbligatorio nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m^3 di miscela omogenea.
Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m^3 di calcestruzzo.
Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m^3.

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). In questo caso la resistenza minima di prelievo R1 dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%.

Per calcestruzzi con coefficiente di variazione (s / Rm) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al par. 11.2.6 del D.M. 14/01/2008.
Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

Certificati di prova:
Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2003.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere i seguenti dati:

- 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 di resistenza misurati

Leganti

Nelle opere oggetto delle presenti norme devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità - rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA), purchè idonei all'impiego previsto nonchè, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n.595.

Aggregati

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.
Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, questi sono finalizzati almeno alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella Tab. 11.2.IV del D.M. 14/01/2008.
I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

Caratteristiche tecniche
Descrizione petrografica semplificata
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)
Indice di appiattimento
Dimensione per il filler
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo Rck $\geq$ C50/60)

Si potrà fare riferimento alle norme UNI 8520-1:2005 e UNI 8520-2:2005, al fine di individuare i limiti di accettabilità delle caratteristiche tecniche degli aggregati.

Aggiunte

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali. Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004. I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

Additivi

Gli eventuali additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

Acqua di impasto

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

Miscele preconfezionate di componenti per calcestruzzo

In assenza di specifica norma armonizzata europea, il produttore di miscele preconfezionate di componenti per calcestruzzi, cui sia da aggiungere in cantiere l'acqua di impasto, deve documentare per ogni componente utilizzato la conformità alla relativa norma armonizzata europea.

5. Prescrizioni per gli acciai in barre da armatura per c.a.

Controllo di accettazione

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.3.2.10.1.2 D.M. 14/01/2008 , in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto,

Ciò se il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati in accordo con il punto 11.3.2.3 del D.M. 14/01/2008, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

Caratteristica	Valore limite	NOTE
f_y minimo	425 N/mm^2	(450 – 25) N/mm^2
f_y massimo	572 N/mm^2	[450 x (1,25+0,02)] N/mm^2
A_{gt} minimo	$\geq$ 6,0%	per acciaiB450C
A_{gt} minimo	$\geq$ 2,0%	per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1{,}13 \leq f_t / f_y \leq 1{,}37$	per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_t / f_y \geq 1{,}03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per tutti

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.
Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.
La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.
Nel primo caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati

dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal Direttore dei Lavori, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale.

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.
L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

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

Certificati di prova:
Ai fini della qualificazione, le barre devono aver superato con esito positivo prove di aderenza conformemente al metodo Beam – test da eseguirsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, con le modalità specificate nella norma UNI EN 10080:2005.
Per le verifiche periodiche della qualità e per le verifiche delle singole partite, non è richiesta la ripetizione delle prove di aderenza quando se ne possa determinare la rispondenza nei riguardi delle caratteristiche e delle misure geometriche, con riferimento alla serie di barre che hanno superato le prove stesse con esito positivo.

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche di cui alle precedenti tabelle vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1: 2004.

I relativi certificati devono contenere almeno:

- l'identificazione dell'azienda produttrice e dello stabilimento di produzione;
- l'indicazione del tipo di prodotto e della eventuale dichiarata saldabilità;
- il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Tecnico Centrale;
- gli estremi dell'attestato di qualificazione nonché l'ultimo attestato di conferma della qualificazione (per le sole verifiche periodiche della qualità);
- la data del prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato;
- le dimensioni nominali ed effettive del prodotto ed i risultati delle prove eseguite;
- l'analisi chimica per i prodotti dichiarati saldabili (o comunque utilizzati per la fabbricazione di prodotti finiti elettrosaldati);
- le elaborazioni statistiche previste nei paragrafi: 11.3.2.11, 11.3.2.12, 11.3.3.5 e 11.3.4.10 D.M. 14/01/2008.

Caratteristiche delle barre e di impiego

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 par. 11.3.1.7 D.M. 14/01/2008.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio. Le barre sono caratterizzate dal diametro ϕ della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm^3.

Gli acciai B450C, possono essere impiegati in barre di diametro ϕ compreso tra 6 e 40 mm.

Per gli acciai B450A, 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 ϕ 16 mm per B450C e fino a ϕ 10 mm per B450A.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al precedente § 11.3.1.2 e controllati con le modalità riportate nel § 11.3.2.11.

Acciaio B450C

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab.

$f_{y\ nom}$	450 N/mm^2
$f_{t\ nom}$	540 N/mm^2

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
$(f_t/f_y)_k$	≥1,15 <1,35	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	≤ 1,25	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	≥ 7,5 %	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\phi < 12$ mm $12 \leq \phi \leq 16$ mm per $16 < \phi \leq 25$ mm per $25 < \phi \leq 40$ mm	 4ϕ 5 ϕ 8 ϕ 10 ϕ	

Acciaio B450A

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab.

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
$(f_t/f_y)_k$	≥1,05	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	≤ 1,25	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	≥ 2,5 %	10.0

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: per $\phi \leq 10$ mm	4ϕ	

Tolleranze dimensionali

La deviazione ammissibile per la massa nominale deve essere come riportato nella Tab. 11.3.III D.M. 14/01/2008 seguente.

Diametro nominale, (mm)	**$5 \leq \Phi \leq 8$**	**$8 < \Phi \leq 40$**
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego	± 6	$\pm 4,5$

6. Prescrizioni per gli acciai da carpenteria metallica

Qualificazione del prodotto

Tutti gli acciai oggetto delle presenti norme, siano essi destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o ad utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Fatto salvo quanto disposto dalle norme europee armonizzate, ove applicabili, il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Il Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici è organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai di cui sopra.
Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di Qualificazione. La qualificazione ha validità 5 (cinque) anni.

Rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.
Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso
produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.
Per stabilimento si intende una unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il
prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.
Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per
la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali ad esempio l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri. Permane comunque l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda barre e rotoli.
Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore é tenuto a marchiare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la
marchiatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina,

rotolo, pacco, ecc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è
responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.
Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel
luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti Norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.
In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il Laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

Certificati di prova

I laboratori incaricati, di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, devono operare secondo uno specifico piano di qualità approvato dal Servizio Tecnico Centrale.
I certificati di prova emessi dovranno essere uniformati ad un modello standard elaborato dal Servizio Tecnico Centrale.
I relativi certificati devono contenere almeno:
- l'identificazione dell'azienda produttrice e dello stabilimento di produzione;
- l'indicazione del tipo di prodotto e della eventuale dichiarata saldabilità;
- il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Tecnico Centrale;
- gli estremi dell'attestato di qualificazione nonché l'ultimo attestato di conferma della qualificazione (per le sole verifiche periodiche della qualità);
- la data del prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato;
- le dimensioni nominali ed effettive del prodotto ed i risultati delle prove eseguite;
- l'analisi chimica per i prodotti dichiarati saldabili (o comunque utilizzati per la fabbricazione di prodotti finiti elettrosaldati);
- le elaborazioni statistiche previste nei §§: 11.3.2.11, 11.3.2.12, 11.3.3.5 e 11.3.4.10.

Centri di trasformazione

I centri di trasformazione sono identificati, ai sensi delle presenti Norme, come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenuti ad effettuare una serie di controlli atti a garantire la permanenza delle caratteristiche, sia meccaniche che geometriche, del materiale originario.

I controlli devono essere effettuati secondo le disposizioni riportate nel seguito per ciascuna tipologia di acciaio lavorato.
Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di piegatura e di saldatura. In particolare il Direttore Tecnico del centro di trasformazione deve verificare, tramite opportune prove, che le piegature e le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto. Per i processi sia di saldatura che di piegatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile.

Per quanto sopra, è fatto obbligo a tali centri di nominare un Direttore Tecnico dello stabilimento
che opererà secondo il disposto dell'art. 64, comma 3, del DPR 380/01.
I centri di trasformazione sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, indicando l'organizzazione, i procedimenti di lavorazione, le massime dimensioni degli elementi base utilizzati, nonché fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità che sovrintende al processo di trasformazione. Ogni centro di trasformazione dovrà inoltre indicare un
proprio logo o marchio che identifichi in modo inequivocabile il centro stesso.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture
non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore, che riporterà, nel Certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

Impiego

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 (D.M. 2008).

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate, 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-l:2004, UNI EN 10045-1:1992.

Collegamenti saldati

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.
I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2004 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1:2004, i saldatori che

eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418:1999. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.
Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062:2004.

Collegamenti bullonati

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968 devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella Tab. 11.3.XII (D.M. 2008).

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica devono dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo produttivo per assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.
Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Ogni fornitura in cantiere o nell'officina di formazione delle carpenterie metalliche, di bulloni o chiodi deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata e della relativa attestazione da parte del Servizio Tecnico Centrale.
Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

Controllo di accettazione

I controlli in cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni di cui al par. 11.3.3.5.3, effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.
Qualora la fornitura, di elementi lavorati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti

al par. 11.3.1.7, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

I controlli vengono eseguiti secondo le modalità di seguito indicate.
Effettuato un prelievo di 3 saggi provenienti da una stessa fornitura, intesa come lotto formato da massimo 90 t, ed appartenenti ad una stessa categoria, si determinano, mediante prove eseguite presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, i corrispondenti valori minimi di fpt, fpy, fp(1), fp(0,1).
I risultati delle prove sono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore.
Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, verranno eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche come indicato al par. 11.3.1.7 (D.M. 2008).

Acciai inossidabili

Nell'ambito delle indicazioni generali di cui al secondo comma del § 11.3.4.1. (Generalità), è consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche.
In particolare per i prodotti laminati la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione (§ 11.3.1) ed al controllo (§ 11.3.4.10).

8. Prescrizioni per muratura portante

Gli elementi per muratura portante devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771 e, secondo quanto specificato al punto A del § 11.1, recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente tabella.

Gli elementi di categoria I hanno un controllo statistico, eseguito in conformità con le citate norme armonizzate, che fornisce resistenza caratteristica dichiarata a compressione riferita al frattile 5%.
Gli elementi di categoria II non soddisfano questi requisiti.

Tabella 11.10.I

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema di Attestazione della Conformità
Specifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata, pietra naturale UNI EN 771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6	CATEGORIA I	2+
	CATEGORIA II	4

L'uso di elementi per muratura portante di Categoria I e II è subordinato all'adozione, nella valutazione della resistenza di progetto, del corrispondente coefficiente di sicurezza γ_M riportato nel relativo paragrafo 4.5.

Controlli di accettazione

Oltre a quanto previsto al punto A del §11.1, il Direttore dei Lavori è tenuto a far eseguire ulteriori prove di accettazione sugli elementi per muratura portante pervenuti in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nelle citate nome armonizzate.
Le prove di accettazione su materiali di cui al presente paragrafo sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Il controllo di accettazione in cantiere ha lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore.
Tale controllo sarà effettuato su almeno tre campioni costituiti ognuno da tre elementi da sottoporre a prova di compressione. Per ogni campione siano f1, f2, f3 la resistenza a compressione dei tre elementi con:

$$f_1 < f_2 < f_3$$

il controllo si considera positivo se risultino verificate entrambe le disuguaglianze:

$$(f_1 + f_2 + f_3)/3 \geq 1{,}20\ f_{bk}$$

$$f_1 \geq 0{,}90\ f_{bk}$$

dove fbk è la resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore.

Al Direttore dei Lavori spetta comunque l'obbligo di curare, mediante sigle, etichettature indelebili,ecc., che i campioni inviati per le prove ai laboratori siano effettivamente quelli prelevati in cantiere con indicazioni precise sulla fornitura e sulla posizione che nella muratura occupa la fornitura medesima.

Le modalità di prova sono riportate nella UNI EN 772-1:2002.

Malte per muratura

La malta per muratura portante deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere conforme alla norma armonizzata UNI EN 998-2 e, secondo quanto specificato al punto A del § 11.1, recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente Tabella 11.10.II.

Tabella 11.10.II

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Malta per murature UNI EN 998-2	Usi strutturali	2+

Per garantire durabilità è necessario che i componenti la miscela non contengano sostanze organiche o grassi o terrose o argillose. Le calci aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme.

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione f_m.

La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza f_m espressa in N/mm^2 secondo la Tabella 11.10.III. Per l'impiego in muratura portante non è ammesso l'impiego di malte con resistenza fm < 2,5 N/mm^2.

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

Tabella 11.10.III - *Classi di malte a prestazione garantita*

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm^2	2,5	5	10	15	20	d
d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm^2 dichiarata dal produttore						

Le classi di malte a composizione prescritta sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la tabella seguente:

Tabella 11.10.IV - *Classi di malte a composizione prescritta*

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

Determinazione sperimentale della resistenza a compressione

Si faccia riferimento a quanto esposto al par. 11.1..3.1.1 in NTC 08.

Stima della resistenza a compressione per murature di nuova esecuzione

In sede di progetto, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni il valore di f_k può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza
della malta tramite la Tabella 11.10.V.

La validità di tale tabella è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di spessore compreso tra 5 e 15 mm.

Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

Tabella 11.10.V - *Valori di f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm^2)*

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm^2	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	--

Nel caso di murature costituite da elementi naturali si assume convenzionalmente la resistenza caratteristica a compressione dell'elemento f_{bk} pari a:

$f_{bk} = 0.75\ f_{bm}$

dove fbm rappresenta la resistenza media a compressione degli elementi in pietra squadrata.

Il valore della resistenza caratteristica a compressione della muratura f_k può essere dedotto dalla resistenza caratteristica a compressione degli elementi f_{bk} e dalla classe di appartenenza della malta tramite la seguente Tabella 11.10.VI.

Tabella 11.10.VI- *Valori di f_k per murature in elementi naturali di pietra squadrata (valori in N/mm²)*

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento	**Tipo di malta**			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
≥ 40,0	14,3	12,0	10,4	--

Anche in questo caso, per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

Per le classi di esecuzione previste si veda quanto riportato nel paragrafo successivo relativamente ai valori caratteristici e di progetto per le murature nuova esecuzione.

Valori caratteristici e di progetto

I materiali adottati sono i seguenti:

- Cls elevazione	C25/30 (ex RcK 300)
- Cls fondazione	C25/30 (ex RcK 300)
- Acciaio armatura in barre	B450C (ex FeB44K)
- Acciaio armatura in barre	B450A (per reti els con ϕ < 10mm.) (ex FeB44K)
- Acciaio da carpenteria	S235 (ex Fe360)
- Bulloni di collegamento	Cl. 8.8

- Muratura laterizio pieno portante	f_{bk} = 10 N/mm^2 certificato per zone sismiche
- Malta	cementizia M10 N/mm^2
- Muratura laterizio semipieno portante	f_{bk} = 15 N/mm^2 certificato per zone sismiche
- Malta	cementizia M15 N/mm^2

Calcestruzzo:	FONDAZIONE
Conforme	UNI-EN 206-1
Classe di resistenza minima	C25/30
Classe di esposizione	XC2
Diametro max. inerti	25 mm
Classe di contenuto di cloruri conforme a UNI-EN 206-1	
Consistenza	S3
Rapporto acqua / cemento massimo	≤ 0.50
Contenuto minimo di cemento (Kg/m^3)	300

Calcestruzzo:	ELEVAZIONE
Conforme	UNI-EN 206-1
Classe di resistenza minima	C25/30
Classe di esposizione	XC1
Diametro max. inerti	20 mm
Classe di contenuto di cloruri conforme a UNI-EN 206-1	
Consistenza	S4
Rapporto acqua / cemento massimo	≤ 0.45
Contenuto minimo di cemento (Kg/m^3)	320

Per cls C25/30 (ex RcK 300)

$f_{ck} = 25$ N/mm^2

$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_m$

con:

$\alpha_{cc} = 0.85$ Coeff. dovuto agli effetti viscosi a lungo termine

$\gamma_m = 1.50$ Coeff. di sicurezza (NTC 2008)

$f_{cd} = 0.85 \times 25 / 1.50 = 14.16$ N/mm^2

$E_{clsm} = 22000 (f_{cm}/10) 0.30$

Con $f_{cm} = f_{ck} + 8$ N/mm^2

$f_{cm} = 25 + 8 = 32$ N/mm^2 valore medio della resistenza a compressione

$E_{clsm} = 22000 (fcm/10) 0.30 = 31186$ N/mm^2

Per acciaio in barre B450 A , B450C (ex FeB44K)

$f_{yk} = 450$ N/mm^2

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m$

con:

$\gamma_m = 1.15$ Coeff. di sicurezza (NTC 2008)

$f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3$ N/mm^2

Per acciaio da carpenteria metallica S235 (ex Fe360)

$f_{yk} = 235$ N/mm^2

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m$

con:

$\gamma_m = 1.05$ Coeff. di sicurezza (NTC 2008)

$f_{yd} = 235 / 1.05 = 223.8$ N/mm^2

$E_{acc} = 210000$ N/mm^2

Per bulloni collegamento da carpenteria metallica Cl. 8.8.

$f_{tb} = 800$ N/mm^2

$f_{yb} = 649$ N/mm^2

$\gamma_{m2} = 1.25$ Coeff. di sicurezza (NTC 2008) per verifiche di resistenza.

$\gamma_{m3} = 1.25$ Coeff. di sicurezza (NTC 2008) per verifiche a scorrimento (SLU).

γ_{m3} = 1.10 Coeff. di sicurezza (NTC 2008) per verifiche a scorrimento (SLE).

γ_{m7} = 1.10 Coeff. di sicurezza (NTC 2008) per precarico bulloni ad alta resistenza.

Muratura nuova in **LATERIZIO PIENO SOLO PER RIPRISTINI A CUCI E SCUCI (CERTIF. PER ZONE SISMICHE):**

CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE MURATURE

TIPO DI MALTA	**M**
Idraulica M2.5	2.5
Pozzolanica M2.5	2.5
Bastarda M2.5	2.5
Bastarda M5	5
Cementizia M8	8
Cementizia M12	12
Prest. garantita M?	15

Tipo di malta	**classe M**
Pozzolanica M2.5	2.5

TIPO DI BLOCCO		
Laterizio pieno	10	N/mmq
Laterizio semipieno	15	N/mmq
Laterizio forato	7.5	N/mmq
Calcestruzzo pieno	30	N/mmq
Calcestruzzo semipieno	20	N/mmq
Calcestruzzo forato	15	N/mmq
Pietra naturale (fbk <= 7.5)	7.5	N/mmq
Pietra naturale (7.5<fbk<=15)	15	N/mmq
Pietra naturale (fbk > 15)	20	N/mmq

Tipo di blocco	**fbk**	
Laterizio pieno	10.0	N/mmq

Nel caso di murature costituite da elementi naturali si assume convenzionalmente la resistenza caratteristica a compressione dell'elemento f_{bk} pari a:

$$f_{bk} = 0.75\, f_{bm}$$

dove f_{bm} rappresenta la resistenza media a compressione degli elementi in pietra squadrata.

Resistenza caratteristica a compressione muratura **fk**	4.1	N/mmq
Resistenza caratteristica a taglio **fvk0**	0.10	N/mmq
Coefficiente parziale di sicurezza **γm**	3.00	

Per muratura in laterizio pieno portante di nuova realizzazione per ripristini a cuci e scuci:

Blocchi in laterizio pieno certificati per l'utilizzo in zona sismica

f_{bk} = 10 N/mm^2

Per malta di collegamento

Malta pozzolanica M2.5

f_m = 2.50 N/mm^2

Resistenza caratteristica a compressione muratura:

f_k = 4.10 N/mm^2

Coeff. di sicurezza: 3.00

Resistenza di calcolo a compressione:

f_{md} = 1.366 N/mm^2

Peso specifico muratura con intonaco:

γ = 19 KN/m^3

Resistenza caratteristica a taglio muratura:

$f_{vk} = f_{vko} + 0.40\ \sigma_n$

con:

f_{vko}= 0.10 N/mm^2 (resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali)

σ_n = tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

Coeff. di sicurezza: 3.00 (> 2.50 previsto per la classe di esecuzione con malta a prestazione garantite, adottato in favore di sicurezza)

Resistenza di calcolo a taglio:

f_{vd} = 0.033 N/mm^2

Modulo di elasticità normale secante:

E = 1000 f_k = 1000 x 4.10 N/mm^2 = 4100 N/mm^2

Modulo di elasticità tangenziale secante:

G = 0.40 E = 0.4 x 4100 N/mm^2 = 1640 N/mm^2

RIPRISTINO A SCUCI E CUCI

CLASSE DI ESECUZIONE : 2°

Elementi con marcatura CE, conformi a UNI EN771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6

Malta pozzolanica M2.5 f_m = 2.50 N/mm^2 a prestazione garantita

Occorre per muratura in classe 2:

- disponibilità di specifico personale qualificato e con esperienza, dipendente dell'impresa esecutrice, per la supervisione del lavoro (capocantiere);
- disponibilità di specifico personale qualificato e con esperienza, indipendente dall'impresa esecutrice, per il

controllo ispettivo del lavoro (direttore dei lavori).

Tabella 4.5.II. *Valori del coefficiente γ_M in funzione della classe di esecuzione e della categoria degli elementi resistenti*

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,5
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi resistenti di categoria II, ogni tipo di malta	2,5	3,0

Il controllo di accettazione in cantiere ha lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore.

Tale controllo sarà effettuato su almeno tre campioni costituiti ognuno da tre elementi da sottoporre a prova di compressione. Per ogni campione siano f1, f2, f3 la resistenza a compressione dei tre elementi con:

$$f_1 < f_2 < f_3$$

il controllo si considera positivo se risultino verificate entrambe le disuguaglianze:

$$f_1 < f_2 < f_3$$

il controllo si considera positivo se risultino verificate entrambe le disuguaglianze:

$$(f_1 + f_2 + f_3)/3 \geq 1{,}20\ f_{bk}$$

$$f_1 \geq 0{,}90\ f_{bk}$$

dove fbk è la resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore.

Al Direttore dei Lavori spetta comunque l'obbligo di curare, mediante sigle, etichettature indelebili,ecc., che i campioni inviati per le prove ai laboratori siano effettivamente quelli prelevati in cantiere con indicazioni precise sulla fornitura e sulla posizione che nella muratura occupa la fornitura medesima.

Le modalità di prova sono riportate nella UNI EN 772-1:2002.

Muratura nuova in **LATERIZIO SEMIPIENO TIPO POROTON (CERTIF. PER ZONE SISMICHE):**

CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE MURATURE

TIPO DI MALTA	**M**
Idraulica M2.5	2.5
Pozzolanica M2.5	2.5
Bastarda M2.5	2.5
Bastarda M5	5
Cementizia M8	8
Cementizia M12	12
Prest. garantita M?	15

Tipo di malta	**classe M**
Prest. garantita M?	15

TIPO DI BLOCCO		
Laterizio pieno	10	N/mmq
Laterizio semipieno	15	N/mmq
Laterizio forato	7.5	N/mmq
Calcestruzzo pieno	30	N/mmq
Calcestruzzo semipieno	20	N/mmq
Calcestruzzo forato	15	N/mmq
Pietra naturale (fbk <= 7.5)	7.5	N/mmq
Pietra naturale (7.5<fbk<=15)	15	N/mmq
Pietra naturale (fbk > 15)	20	N/mmq

Tipo di blocco	**fbk**	
Laterizio semipieno	15.0	N/mmq

Nel caso di murature costituite da elementi naturali si assume convenzionalmente la resistenza caratteristica a compressione dell'elemento f_{bk} pari a:

$$f_{bk} = 0.75\ f_{bm}$$

dove f_{bm} rappresenta la resistenza media a compressione degli elementi in pietra squadrata.

Resistenza caratteristica a compressione muratura **fk**	8.2	N/mmq
Resistenza caratteristica a taglio **fvk0**	0.20	N/mmq
Coefficiente parziale di sicurezza **γm**	3.00	

Per muratura portante di nuova realizzazione

Blocchi in laterizio pieno certificati per l'utilizzo in zona sismica

f_{bk} = 15 N/mm^2

Per malta di collegamento

Malta cementizia M10 a prestazione garantita

f_m = 15 N/mm^2

Resistenza caratteristica a compressione muratura:

f_k = 8.20 N/mm^2

Coeff. di sicurezza: 3.00

Resistenza di calcolo a compressione:

f_{md} = 2.73 N/mm^2

Peso specifico muratura con intonaco:

γ = 18 KN/m^3

Resistenza caratteristica a taglio muratura:

$f_{vk} = f_{vko} + 0.40\ \sigma_n$

con:

f_{vko}= 0.20 N/mm^2 (resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali)

σ_n = tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

Coeff. di sicurezza: 3.00

Resistenza di calcolo a taglio:

f_{vd} = 0.067 N/mm^2

Modulo di elasticità normale secante:

E = 1000 f_k = 1000 x 8.20 N/mm^2 = 8200 N/mm^2

Modulo di elasticità tangenziale secante:

G = 0.40 E = 0.4 x 8000 N/mm^2 = 3280 N/mm^2

MURATURA NUOVA ESECUZIONE IN LATERIZIO SEMIPIENO TIPO POROTON

CLASSE DI ESECUZIONE : 2°

Elementi con marcatura CE, conformi a UNI EN771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6

Malta cementizia M10 a prestazione garantita f_m = 15 N/mm^2

Occorre per muratura in classe 2:

- disponibilità di specifico personale qualificato e con esperienza, dipendente dell'impresa esecutrice, per la supervisione del lavoro (capocantiere);
- disponibilità di specifico personale qualificato e con esperienza, indipendente dall'impresa esecutrice, per il controllo ispettivo del lavoro (direttore dei lavori).

Tabella 4.5.II. *Valori del coefficiente γ_M in funzione della classe di esecuzione e della categoria degli elementi resistenti*

Materiale	Classe di esecuzione	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,5
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi resistenti di categoria II, ogni tipo di malta	2,5	3,0

Il controllo di accettazione in cantiere ha lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore.

Tale controllo sarà effettuato su almeno tre campioni costituiti ognuno da tre elementi da sottoporre a prova di compressione. Per ogni campione siano f1, f2, f3 la resistenza a compressione dei tre elementi con:

$$f_1 < f_2 < f_3$$

il controllo si considera positivo se risultino verificate entrambe le disuguaglianze:

$$f_1 < f_2 < f_3$$

il controllo si considera positivo se risultino verificate entrambe le disuguaglianze:

$$(f_1 + f_2 + f_3)/3 \geq 1{,}20\ f_{bk}$$

$$f_1 \geq 0{,}90\ f_{bk}$$

dove fbk è la resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore.

Al Direttore dei Lavori spetta comunque l'obbligo di curare, mediante sigle, etichettature indelebili,ecc., che i campioni inviati per le prove ai laboratori siano effettivamente quelli prelevati in cantiere con indicazioni precise sulla fornitura e sulla posizione che nella muratura occupa la fornitura medesima.

Le modalità di prova sono riportate nella UNI EN 772-1:2002.

Muratura in **TUFO ESISTENTE:**

Per muratura **esistente** si adottano i seguenti parametri (NTC 08) :

Livello di conoscenza (par. C8 A.1.4 Circ. 617/2009) : **LC2**

Fattore di confidenza : **FC = 1.20**

- LC1
  - Resistenze: valori minimi degli intervalli riportati in Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione
  - Moduli elastici: valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta

EDIFICI IN MURATURA NORME TECNICHE 2008
CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE MURATURE

TABELLA C8A.2.1 caratteristiche di base delle murature

Tipologia di muratura	fm	τo	E	G	w
	N/mmq	N/mmq	N/mmq	N/mmq	kN/mc
	min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari	1.00 1.80	0.020 0.032	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	2.00 3.00	0.035 0.051	1020 1440	340 480	20
Muratura formata da pietre a spacco con buona tessitura	2.60 3.80	0.056 0.074	1500 1980	500 660	21
Muratura in conci di pietra tenera (tufo calcarenite e simili)	1.40 2.40	0.028 0.042	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadrati	6.00 8.00	0.090 0.120	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	2.40 4.00	0.060 0.092	1200 1800	400 600	18
Muratura di mattoni semipieni con malta cementizia (es:doppio UNI foratura <45%	5.00 8.00	0.240 0.320	3500 5600	875 1400	15
Muratura di blocchi laterizi semipieni con percentuale foratura < 45%	4.00 6.00	0.300 0.400	3600 5400	1080 1620	12
Muratura di blocchi laterizi semipieni con giunti verticali a secco (perc. Forat.< 45%)	3.00 4.00	0.100 0.130	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. Foratura < 45%)	1.50 2.00	0.095 0.125	1200 1600	300 400	12
Muratura blocchi di calcestruzzo semipieni (perc. Foratura < 45%)	3.00 4.40	0.180 0.240	2400 3520	600 880	14

TABELLA C8A.2.2 coefficienti correttivi

Tipologia di muratura	malta buona	giunti sottili <10mm	ricorsi o listature	nucleo scad.e/o ampio	conn. trasv.	iniezione miscele leganti	intonaco armato*
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari	1.50	-	1.3	0.9	1.5	2	2.5

Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	1.40	1.20	1.2	0.8	1.5	1.7	2
Muratura formata da pietre a spacco con buona tessitura	1.30	-	1.1	0.8	1.3	1.5	1.5
Muratura in conci di pietra tenera (tufo calcarenite e simili)	1.50	1.20	-	0.9	1.5	1.7	2
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1.20	1.20	-	0.7	1.2	1.2	1.2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1.50	1.50	-	0.7	1.3	1.5	1.5
* valori da ridurre convenientemente nel caso di murature di forte spessore (p.es. >70 cm)							

N.B. i vari coefficienti non influiscono su tutte le caratteristiche meccaniche:

	Coeff	fm	τo	E	G
1- applicato a fm, τ0,E, G	1	1	1	1	1
2- applicato a fm, τ0,E, G (per τ0 al 50%)	1	1	1	1	1
3- applicato a fm, τ0	1	1	1	1	1
4- applicato a fm, τ0,E, G	1	1	1	1	1
5- applicato a fm, τ0	1	1	1	1	1
6- applicato a fm, τ0,E, G	1	1	1	1	1
7- applicato a fm, τ0,E, G	1	1	1	1	1
		1.00	1.00	1.00	1.00

Tipologia di muratura:	fm	τo	E	G	w
Muratura in pezzame di tufo con ricorsi e	N/mmq	N/mmq	N/mmq	N/mmq	kN/mc
spallette in mattoni pieni.	min-max	min-max	min-max	min-max	
Caratteristiche di base	1.40	0.028	900	300	16
	2.40	0.042	1260	420	
coefficienti correttivi da tabella	1.0	1.00	1.00	1.00	1.0
Valori delle caratteristiche meccaniche	**1.40**	**0.03**	**900**	**300**	**16**
	2.4	**0.042**	**1260**	**420**	
Valori di calcolo (fk=fm x 0.75, τk=t0 x 0.75)	**1.05**	**0.02**	**630**	**210**	
E e G ridotti del 30% per fessurazione (C8A2)	**1.80**	**0.03**	**882**	**294**	
Valori di calcolo minimi LC2	**1.050**	**0.021**	**630**	**210**	**16**
Fattore di confidenza FC	**1.200**				
Valori di calcolo utilizzati fk / FC	**0.875**	**0.0175**	**525**	**175**	**16**

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE

Sono previsti tre livelli di conoscenza delle murature: **LC1, LC2, LC3**

LC1: indagini in situ limitate a classificazione visiva

LC2: saggi sulle murature, prove con martinetti, prove sclerometriche o soniche

LC3: oltre alle prove di LC2, prove di compressione e taglio in laboratorio

LC1: per le caratteristiche di resistenza (fk e τk) si prendono i valori minimi della tabella per i moduli elastici E e G si prendono i valori medi degli intervalli della tabella Fattore di confidenza Fc = 1.35
LC2: per le caratteristiche di resistenza (fk e τk) si prendono i valori medi della tabella per i moduli elastici E e G si prendono i valori medi degli intervalli della tabella Fattore di confidenza Fc = 1.20
LC3: caso A (tre o più valori sperim.)per i valori fk e τk si prendono i valori medi delle prove

per i moduli E e G si prendono i valori medi della tabella o i valori medi delle prove
LC3: caso B (due valori sperimentali)per i valori fk e τk si prendono i valori :
1) se il valore sperimentale è tra il minimo e il max della tabella si prende il valore medio tab
2) se il valore sperimentale è maggiore del max della tabella si prende il val.max di tabella
3) se il valore sperimentale è inferiore al min.della tabella si prrende il valore sperimentale
per i moduli E e G si prendono i valori medi della tabella o i valori medi delle prove
LC3: caso C (un valore sperimentale)per i valori fk e τk si prendono i valori :
1) se il valore sperimentale è tra il minimo e il max della tabella si prende il valore medio tab
2) se il valore sperimentale è maggiore del max di tabella si prende il valore medio di tabella
3) se il valore sperimentale è inferiore al minimo di tabella si prrende il valore sperimentale
per i moduli E e G si prendono i valori medi della tabella o i valori medi delle prove
Fattore di confidenza Fc = 1.00

Resistenza caratteristica a compressione:

f_{mk} = 0.875 N/mm^2

Coeff. di sicurezza: 3.00

Resistenza di calcolo a compressione:

f_{md} = 0.291 N/mm^2

Peso specifico muratura:

γ = 16 KN/m^3

Resistenza caratteristica a taglio muratura:

$f_{vk} = f_{vko} + 0.40\ \sigma_n$

con:

f_{vko}= 0.0175 N/mm^2 (resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali)

σ_n = tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

Coeff. di sicurezza: 3.00

Resistenza di calcolo a taglio:

f_{vd} = 0.0058 N/mm^2

Modulo di elasticità normale secante:

E = 525 N/mm^2

Modulo di elasticità tangenziale secante:

G = 175 N/mm^2

9. Protezione al fuoco ed alla corrosione

Tutti gli elementi in acciaio in barre da armatura per c.a. saranno protetti dalla corrosione mediante opportuno copriferro minimo specificato negli elaborati grafici strutturali in base alla classe di esposizione del cls.

Tutti gli elementi strutturali in acciaio dovranno essere protetti dalla corrosione mediante zincatura a caldo, o in alternativa protezione con antiruggine più verniciatura, o impiego di acciaio inox.

Tutti gli elementi strutturali in acciaio dovranno essere protetti dal fuoco mediante l'utilizzo di prodotti od elementi certificati in grado di fornire l'eventuale grado di protezione R eventualmente richiesto.