



COMUNE DI CELLOLE
Provincia di Caserta



REALIZZAZIONE DI STRUTTURE DA DESTINARE AD ASILI
NIDO E A SCUOLA PER L'INFANZIA - PNNR, MISSIONE 4 -
ISTRUZIONE E RICERCA - COMPONENTE 1
INVESTIMENTO 1.1”CUP: J13H19000050002.

UBICAZIONE: CELLOLE (CE) VIA MORAVIA

**RELAZIONE SUI MATERIALI E
DOSAGGI**

PROGETTO

TAV. N°	R.S.03
SCALA: VARIE	
DATA:	

R.U.P

PROGETTISTA U.T.C.

Ing. Francesco Perretta

geom. Stefano Caggiano

Geologo Domenico D' Iorio

PRESTAZIONE SPECIALISTICA

Ing. Raffaele Cannavale

COMUNE DI CELLOLE

PROVINCIA DI CASERTA

PROGETTO ESECUTIVO DELLE STRUTTURE
REALIZZAZIONE DI STRUTTURA DA DESTINARE AD ASILI
NIDO E A SCUOLA PER L'INFANZIA

PROGETTO ESECUTIVO delle STRUTTURE

RELAZIONE sui MATERIALI e DOSAGGI

Cellole, Maggio 2023

Il Progettista strutturale

INDICE

1	PREMESSA	3
2	CARATTERISTICHE MATERIALI.....	3
2.1	Calcestruzzo strutture in elevazione – Classe di esposizione XC1	14
2.2	Caratteristiche calcestruzzo C25/30.....	15
2.3	Caratteristiche meccaniche acciaio B450C per armatura.....	16
2.4	Acciaio da Carpenteria Metallica	17
2.5	Bulloni	18
2.6	Saldature.....	18
2.7	Rivestimenti protettivi	18

La presente relazione risulta costituita da n°19 pagine compreso la copertina.

1 Premessa.

La presente relazione illustra le caratteristiche dei materiali adoperati nelle calcolazioni condotte per la realizzazione di una struttura/servizio educativo nell'ambito dell'intervento di "REALIZZAZIONE DI STRUTTURE DA DESTINARE AD ASILI NIDO E A SCUOLA PER L'INFANZIA - PNNR, MISSIONE 4 - ISTRUZIONE E RICERCA - COMPONENTE 1 INVESTIMENTO 1.1" CUP: J13H19000050002.

2 Caratteristiche materiali.

Cemento classe C 25/30

Tutti i manufatti in c.a. potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Classe di esposizione ambientale

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche e della protezione contro il degrado del calcestruzzo, le condizioni ambientali possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III 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 nonché nella UNI EN 206:2016 .

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Con riferimento alle opere in esame la classe di esposizione individuata è XC2 (Strutture di fondazione) e XC1 (Strutture in elevazione), pertanto le condizioni ambientali, ricavate dalla tabella riportata in precedenza, sono ordinarie.

XC1: Umidità moderata. Esempio: calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.

XC2: Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.

Controllo della documentazione

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare periodicamente quanto sopra indicato, in particolare la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta e negli elaborati tecnici specifici.

Confezionamento calcestruzzo

La stragrande maggioranza del calcestruzzo è oggi prodotto con processo industrializzato attraverso impianti industrializzati fissi o in impianti industrializzati installati nei cantieri (comprendono anche gli impianti temporanei di cantiere che producono più di 1.500 m³).

La composizione della miscela, studiata in base ai requisiti che il calcestruzzo dovrà possedere (sia allo stato fresco sia indurito), è oggetto di un apposito studio, chiamato mix design, effettuato dal produttore, per rispettare le prescrizioni del progettista delle strutture, tenendo conto di numerose variabili come:

- resistenza meccanica, durabilità, modulo di elasticità, ecc.
- esigenze esecutive come lavorabilità, modalità di getto, maturazione, ecc.
- materiali disponibili come tipo di cemento, aggregati, additivi, aggiunte, ecc.

Gli impianti di tipo industrializzato, interni o esterni al cantiere, per la produzione di calcestruzzo di tipo strutturale devono possedere la certificazione del Sistema di Controllo del Processo (certificazione FPC) ai sensi del D.M. 17.01.2018 (NTC).

La certificazione FPC, che si riferisce al singolo impianto e non al fornitore, non va assolutamente confusa con il Sistema di gestione della Qualità aziendale predisposto secondo le ISO 9001 che è invece rilasciato su base volontaria.

Trasporto e posa in opera

Il trasporto del calcestruzzo fresco viene effettuato in genere tramite autobetoniere, che in Italia sono poste su mezzi a 3 o 4 assi, o autobetonpompe, cioè autobetoniere dotate di pompa per calcestruzzo.

L'autobetoniera durante il getto, per motivi di sicurezza, deve avere una distanza dal fronte di scavo maggiore della profondità dello stesso.

Il calcestruzzo, una volta in cantiere, va gettato in un'apposita cassaforma.

Esso, infatti, ha l'apparenza di un fluido denso privo di forma: la cassaforma serve, appunto, a dare forma al calcestruzzo e a creare, quindi membrature come pilastri, travi, solai, solette, fondazioni; per formare mattoni o blocchi di calcestruzzo può essere usata una macchina apposita chiamata blocchiera.

All'interno delle casseforme, nel caso di calcestruzzo armato, sono già presenti le barre di armatura disposte secondo gli elaborati strutturali di progetto.

Per garantire il copriferro di progetto ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura (interferro), vengono utilizzati dei distanziatori che devono essere in plastica o a base di malta cementizia (per evitare punti di innesco della corrosione) di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

Prima di procedere al getto però è necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti a evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto, in particolare, in caso di casseforme in legno, deve essere eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.

Durante il getto, che viene in genere realizzato con una pompa per calcestruzzo, si devono prendere tutti gli accorgimenti atti a evitare la segregazione.

È proibito eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura esterna scende al di sotto dei +5 °C se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla Direzione dei lavori anche qualora la temperatura ambientale superi i 33 °C.

Una volta gettato nella cassaforma, il calcestruzzo va opportunamente vibrato, per evitare la formazione all'interno del manufatto di cavità e macrodifetti (nidi di ghiaia, ecc.), che rendendo la matrice cementizia più permeabile agli agenti aggressivi esterni potrebbero abbassare il grado di durabilità del calcestruzzo oltre a creare, dal punto di vista meccanico, pericolose discontinuità nel materiale.

Nel caso siano previste riprese di getto, prima della posa del nuovo calcestruzzo, deve essere preliminarmente rimosso, mediante scarifica con martello, lo strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito.

Tale superficie, che deve possedere una elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) e deve essere opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

Qualora alla struttura sia richiesta la tenuta idraulica, lungo la superficie scarificata devono essere disposti dei giunti water-stop ad esempio in materiale bentonitico idroespansivo.

I profili water-stop devono essere opportunamente fissati e disposti in maniera tale da non interagire con le armature.

Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della direzione dei lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Impresa appaltatrice.

Aggregati

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, oppure 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.

Il sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione, di tali aggregati, ai sensi del Regolamento UE 305/2011, è indicato nella seguente Tab. 11.2.II.

Tab. 11.2.II

Specificativa Tecnica Europea armonizzata di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	Calcestruzzo strutturale	2 +

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tab. 11.2.III a condizione che la miscela di calcestruzzo, confezionato con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata, nonché accettata in cantiere, attraverso le procedure di cui alle presenti norme.

Tab. 11.2.III

Origine del materiale da riciclo	Classe del calcestruzzo	percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	= C 8/10	fino al 100%
demolizioni di solo calcestruzzo e c.a. (frammenti di calcestruzzo \geq 90%, UNI EN 933-11:2009)	\leq C20/25	fino al 60%
	\leq C30/37	\leq 30%
	\leq C45/55	\leq 20%
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe	Classe minore del calcestruzzo di origine	fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 10%

Per quanto riguarda i controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, questi sono finalizzati almeno alla verifica delle caratteristiche tecniche riportate nella Tab. 11.2.IV. I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

Tab. 11.2.IV – Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

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

Il progetto, nelle apposite prescrizioni, potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520-1 e UNI 8520-2, al fine di individuare i limiti di accettabilità delle caratteristiche tecniche degli aggregati.

Acqua

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

L'acqua utilizzata per il confezionamento del calcestruzzo deve essere limpida, non contenere sali in percentuali dannose e non essere aggressiva. Il rapporto acqua cemento deve essere non superiore a 0.40.

Additivi

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo. E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti. Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11104.

Inerti

Gli inerti naturali o di frantumazione devono essere costituiti da elementi non gelivi, privi di parti friabili, polverulente, terrose e di sostanze comunque nocive all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature.

Devono utilizzarsi almeno tre diversi diametri di inerti (non maggiore di 25 mm) in modo da ottenere un fuso granulometrico che si discosti il meno possibile dalla curva teorica di Fuller.

Le classi di resistenza

Si fa riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018. In particolare, relativamente alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia C (X/Y) dove X è la resistenza caratteristica a compressione misurata su provini cilindrici (f_{ck}) con rapporto altezza/diametro pari a 2 ed Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm (R_{ck}).

Conglomerato Cementizio C25/30.

Resistenza caratteristica cubica a compressione da prova rapida:..... $R_{ck} = 300 \text{dN/cm}^2$;

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione da prova rapida. $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 249 \text{dN/cm}^2$

Resistenza cilindrica media a compressione:.....	$f_{cm} = f_{ck} + 80 = 329 \text{ dN/cm}^2$;
Resistenza cilindrica a compressione di progetto:.....	$f_{cd} = \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{1,5} = 141 \text{ dN/cm}^2$;
Resistenza a trazione media:.....	$f_{ctm} = 0,645 \cdot f_{ck}^{2/3} = 25,53 \text{ dN/cm}^2$;
Resistenza caratteristica a trazione:.....	$f_{ctk} = 0,70 \cdot f_{ctm} = 17,87 \text{ kg/cm}^2$;
deformazione alla fine del tratto parabolico:.....	$\varepsilon_{c0} = 0,0020$;
deformazione ultima a compressione di progetto:.....	$\varepsilon_{cu} = 0,0035$;
Modulo di elasticità normale secante medio:.....	$E_{cm} = 55260 (f_{cm})^{0,3} = 314463 \text{ dN/cm}^2$;
Classe di esposizione (UNI 11104).....	XC1/XC2;
Classe di consistenza.....	S4;
Classe di durabilità.....	XC1/XC2;

Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di $\frac{1}{4}$ della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interfero ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

Rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

(a_{aggr}) => quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);

(a_{add}) => aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/mc) o le aggiunte minerali in forma di slurry;

(a_m) => aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;
ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_{aggr} + a_{add} + a_m$$

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$(c \cdot K * cv \cdot K * fs)$$

$$(a/c)_{eq} = a_{eff} / (c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati sono:

c => dosaggio per mc di impasto di cemento;

cv => dosaggio per mc di impasto di cenere volante;

fs => dosaggio per mc di impasto di fumo di silice;

K_{cv} ; K_{fs} => coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104.

Lavorabilità

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta e riportata per ogni specifico conglomerato descritto nel DM. 2018.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo. La lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

Salvo strutture da realizzarsi con particolari procedimenti di posa in opera (pavimentazioni a casseri scorrevoli, manufatti estrusi, etc.) o caratterizzate da geometrie particolari (ad esempio, travi di tetti a falde molto inclinate) non potranno essere utilizzati calcestruzzi con classe di consistenza inferiore ad S4/F4.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera.

La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere.

Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L. :

- respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso

in impianto purché lo stesso possieda i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

Acciaio per getti

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C (6 mm _ Ø _ 40 mm), rotoli tipo B450C (6 mm _ Ø _ 16 mm);
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri _ 16mm per il tipo B450C;
- reti elettrosaldate (6 mm _ Ø _ 12 mm) tipo B450C;
- tralici elettrosaldati (6 mm _ Ø _ 12 mm) tipo B450C;

Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di prova e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai

destinati alle costruzioni in cemento armato che ricadono sotto la Direttiva Prodotti CPD (89/106/CE).

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

Requisiti

Saldabilità e composizione chimica

La composizione chimica deve essere in accordo con quanto specificato nella tabella seguente:

Tipo di Analisi	CARBONIO ^a %	ZOLFO %	FOSFORO %	AZOTO ^b %	RAME %	CARBONIO EQUIVALENTE ^a %
Analisi su colata	0,22	0,050	0,050	0,012	0,80	0,50
Analisi su prodotto	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52

a = è permesso superare il valore massimo di carbonio per massa nel caso in cui il valore equivalente del carbonio venga diminuito dello 0,02% per massa.

b = Sono permessi valori superiori di azoto se sono presenti quantità sufficienti di elementi che fissano l'azoto.

Proprietà meccaniche

Le proprietà meccaniche devono essere in accordo con quanto specificato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Proprietà	Valore caratteristico
f_y (N/mm ²)	$\geq 450 \alpha$
f_t (N/mm ²)	$\geq 540 a$
f_t/f_y	$\geq 1,15 b$
	$\leq 1,35 b$
Agt (%)	$\geq 7,5 b$
$f_y/f_y, \text{nom}$	$\leq 1,25 b$
α valore caratteristico con $p = 0,95$	
b valore caratteristico con $p = 0,90$	

In aggiunta a quanto sopra riportato si possono richiedere le seguenti caratteristiche aggiuntive Tipo SISMIC.

Tab. 1.6 – Proprietà aggiuntive

Proprietà	Requisito
Resistenza a fatica assiale*	2 milioni di cicli
Resistenza a carico ciclico**	3 cicli/sec (deformazione 1,5÷4 %)
Idoneità al raddrizzamento dopo piega	Mantenimento delle proprietà meccaniche
Controllo radiometrico	superato, ai sensi del D.Lgs. 230/1995 D. Lgs. 241/2000
	* = in campo elastico
	** = in campo plastico

Prova di piega e raddrizzamento

In accordo con quanto specificato nel D.M. 17/01/2018, è richiesto il rispetto dei limiti seguenti

Diametro nominale (d) mm	Diametro massimo del mandrino
$\varnothing < 12$	4d
$12 \leq \varnothing \leq 16$	5d
$16 < \varnothing \leq 25$	8d
$25 < \varnothing \leq 40$	10d

Resistenza a fatica in campo elastico

Le proprietà di resistenza a fatica garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni ripetute nel tempo.

La proprietà di resistenza a fatica deve essere determinata secondo UNI EN 15630.

Il valore della tensione s_{max} sarà 270 N/mm^2 ($0,6 f_{y,nom}$). L'intervallo delle tensioni, 2σ deve essere pari a 150 N/mm^2 per le barre diritte o ottenute da rotolo e 100 N/mm^2 per le reti elettrosaldate. Il campione deve sopportare un numero di cicli pari a 2×10^6 .

Resistenza a carico ciclico in campo plastico.

Le proprietà di resistenza a carico ciclico garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni particolarmente gravose o eventi straordinari (es. urti, sisma etc..).

La proprietà di resistenza al carico ciclico deve essere determinata sottoponendo il campione a tre cicli completi di isteresi simmetrica con una frequenza da 1 a 3 Hz e con lunghezza libera entro gli afferraggi e con deformazione massima di trazione e compressione seguente:

Diametro nominale (mm)	Lunghezza libera	Deformazione (%)
$d \leq 16$	5	$d \pm 4$
$16 < 25$	10	$d \pm 2,5$
$25 \leq d$	15	$d \pm 1,5$

La prova è superata se non avviene la rottura totale o parziale del campione causata da fessurazioni sulla sezione trasversale visibili ad occhio nudo.

Diametri e sezioni equivalenti

Il valore del diametro nominale deve essere concordato all'atto dell'ordine. Le tolleranze devono essere in accordo con il D.M. 17/01/2018.

Tab. 11.3.III

Diametro nominale, (mm)	$5 \leq \phi \leq 8$	$8 < \phi \leq 40$
Tolleranza in % sulla massa nominale per metro	± 6	$\pm 4,5$

Aderenza e geometria superficiale

Con riferimento sia all'acciaio nervato che all'acciaio dentellato, per accertare la rispondenza delle singole partite nei riguardi delle proprietà di aderenza, si valuteranno su 3 campioni per ciascun diametro considerato, conformemente alle procedure riportate nella norma UNI EN ISO 15630-1:2010:

- il valore dell'area relativa di nervatura f_r , per l'acciaio nervato;
- il valore dell'area relativa di dentellatura f_p , per l'acciaio dentellato.

Il valore minimo di tali parametri è di seguito riportato:

Tab. 11.3.VI b)

		Barre	Rotoli
per $5 \leq \phi \leq 6$ mm	f_r oppure $f_p \geq$	0.035	0.037
per $6 < \phi \leq 12$ mm	f_r oppure $f_p \geq$	0.040	0.042
per $\phi > 12$ mm	f_r oppure $f_p \geq$	0.056	0.059

Controlli sull'acciaio

Controllo di accettazione

controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e devono essere effettuati, entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale, a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Essi devono essere eseguiti in ragione di 3 campioni ogni 30 t di acciaio impiegato della stessa classe proveniente dallo stesso stabilimento Centro di trasformazione, anche se con forniture successive.

Il prelievo dei campioni va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare il riferimento a tale verbale. La richiesta di prove al laboratorio incaricato deve essere sempre firmata dal Direttore dei Lavori, che rimane anche responsabile della trasmissione dei campioni. Il laboratorio incaricato di effettuare le prove 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.

I campioni devono essere ricavati da barre di uno stesso diametro o della stessa tipologia (in termini di diametro e dimensioni) per reti e tralicci, e recare il marchio di provenienza. I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati in accordo con il § 11.3.2.3, 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 nelle Tabelle seguenti, rispettivamente per barre e reti e tralicci:

Tab. 11.3.VII a) – Valori di accettazione in cantiere – barre

Caratteristica	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	572 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
A_{gt} minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
f_t / f_y	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t / f_y	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per acciai B450A e B450C

Tab. 11.3.VII b) – Valori di accettazione in cantiere – reti e tralicci

Caratteristica	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	572 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
A_{gt} minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
f_t / f_y	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t / f_y	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Distacco del nodo	≥ Sez. nom. Ø maggiore × 450 × 25%	per acciai B450A e B450C

Qualora il risultato non sia conforme a quello dichiarato dal fabbricante, il direttore dei lavori dispone la ripetizione della prova su 6 ulteriori campioni dello stesso diametro.

Ove anche da tale accertamento i limiti dichiarati non risultino rispettati, il controllo deve estendersi, previo avviso al fabbricante nel caso di fornitura di acciaio non lavorato presso un centro di trasformazione, o al centro di trasformazione, a 25 campioni, applicando ai dati ottenuti la formula generale valida per controlli sistematici in stabilimento (Cfr. § 11.3.2.10.1.3).

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al fabbricante, nel caso di fornitura di acciaio non lavorato presso un centro di trasformazione, o al centro di trasformazione, che sarà tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione. Analoghe norme si applicano ai controlli di duttilità, aderenza e distacco al nodo saldato: un singolo risultato negativo sul primo prelievo comporta l'esame di sei nuovi campioni dello stesso diametro, un ulteriore singolo risultato negativo comporta l'inidoneità della partita.

Inoltre il direttore dei lavori deve comunicare il risultato anomalo al Servizio tecnico centrale.

I certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai devono riportare l'indicazione del marchio identificativo di cui al § 11.3.1.4 delle presenti Norme tecniche, rilevato sui campioni da sottoporre a prova a cura del laboratorio incaricato dei controlli. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale, di ciò deve essere riportata specifica annotazione sul certificato di prova.

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

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso dei requisiti previsti al § 11.3.1.7, può recarsi presso il

medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di accettazione prescritti al presente paragrafo. 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 da effettuarsi presso il laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 incaricato delle prove di accettazione in cantiere, siano effettivamente quelli prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove contenente l'indicazione delle strutture cui si riferisce ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente 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 e l'identificazione 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;
- i valori delle grandezze misurate e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, 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.

2.1 CALCESTRUZZO STRUTTURE IN ELEVAZIONE – CLASSE DI ESPOSIZIONE XC1

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI IN OPERA PER C.A. ORDINARIO

N.N.T.C. 17.01.18 - p.to 4.1.6.1.3

	Rck min [N/mm ²]	Cemento peso min [Kg/m ³]	Rapp. A/c	Ambiente di esposizione	c _{min,dur} table 4.4 EC2 [mm]		
Ordinarie	X0	20	280	0,60	Molto secco	10	Interno edifici con umidità bassa
	XC1	30	280	0,60	Secco	15	Interno edifici con umidità bassa
	XC2	30	280	0,60	Bagnato, raramente secco	25	Parti di strutture contenenti liquidi, fondazioni
	XC3	40	300	0,55	Umidità moderata	25	Interni edifici con umidità da moderata ad alta
	XF1	40	300	0,55	Moderata saturazione. No disgelanti	40	Superfici verticali esposte acqua e gelo
Aggressive	XC4	40	320	0,50	Ciclicamente secco e bagnato	40	Strutture a contatto con acqua non in XC2
	XD1	40	300	0,55	Umidità moderata	35	Superfici esposte a spruzzi
	XS1	40	320	0,50	Esposizione indiretta alla salsedine	35	Strutture sulla costa
	XA1	40	300	0,55	Aggressività debole	40	
	XA2	40	320	0,50	Aggressività moderata	40	
	XF2	40	320	0,50	Moderata saturazione. Si disgelanti	40	Superfici verticali strade esposte a Sali
	XF3	40	320	0,50	Elevata saturazione. No disgelanti	40	Superfici orizzontali esposte acqua e gelo
Molto aggressive	XD2	40	320	0,50	Bagnato, raramente secco	40	Piscine, strutture industriali
	XD3	45	350	0,45	Ciclicamente secco e bagnato	45	Parti di ponti; pavimentazioni, parcheggi
	XS2	45	350	0,45	Strutture sommerse in mare	40	Parti di strutture marine
	XS3	45	350	0,45	Soggette a spruzzi di acqua salata	45	Parti di strutture marine
	XA3	45	350	0,45	Aggressività forte	45	
	XF4	45	350	0,45	Elevata saturazione. Si disgelanti	45	Superfici orizzontali esposte acqua e gelo

* In presenza di ambienti carichi di solfati utilizzare cementi resistenti ai solfati

** Per Vita Utile di progetto pari a 100 anni i valori nominali di copriferro andranno aumentati di 10 mm

C Corrosione da carbonatazione

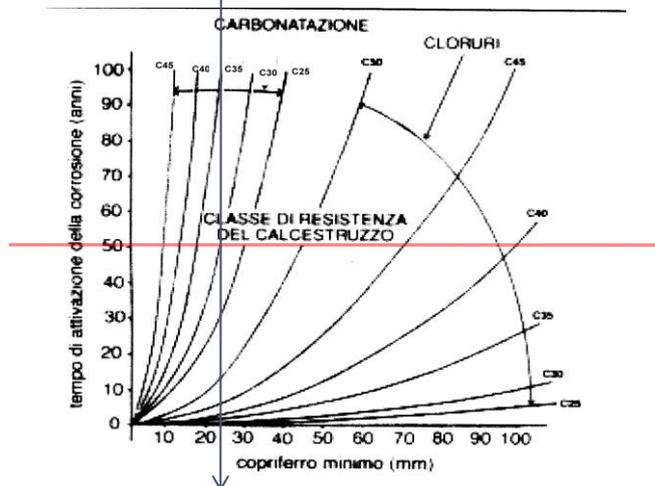
D Corrosione indotta da cloruri

S Corrosione indotta da cloruri di acqua di mare

F Attacchi da cicli gelo-disgelo

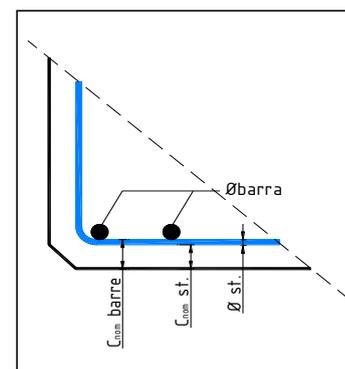
A Attacchi di origine chimica

Classe	XC1	c _{min,b}	c _{min,dur}	c _{dev}	C _{nom}
staffe φ	8	8	15	10	25
barre statiche φ	16	16	15	10	33



Calcolo copriferro nominale :

$$c_{nom} = \max \{c_{min,b} - c_{min,dur} - 10 \text{ mm}\} + C_{dev}$$



Institution of Civil Engineering

C_{nom min} = 25 mm in funzione della vita utile e della classe del cls per prevenire la carbonatazione

2.2 CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO C25/30

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

N.N.T.C. 17.01.18

CALCESTRUZZO

CLASSE DI RESISTENZA
CLASSE DI ESPOSIZIONE

C25/30
XC2

contenuto minimo cemento

a/c= 0,6 280 kg/m³

	Rck = 30,00	N/mm ²		Resistenza caratteristica cubica a compressione	
	fck = 24,90	N/mm ²	fck = 0,83 * Rck	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	11.2.10.1
	fcm = 32,90	N/mm ²	fcm = fck + 8	Resistenza media cilindrica a compressione	"
(1)	fcd = 14,11	N/mm ²	fcd = α _{cc} * fck / γ _c	Resistenza di calcolo a compressione	4.1.2.1.1.1
	f*cd = 11,29	N/mm ²	f*cd = 0,80 * fcd	Resistenza di calcolo a compressione per solette con s ≤ 50mm	"
*	fctm = 2,56	N/mm ²	fctm = 0,30 * fck ^{2/3}	Resistenza media a trazione semplice (assiale)	11.2.10.2
	fcfm = 3,07	N/mm ²	fcfm = 1,20 * fctm	Resistenza media a trazione per flessione	"
	fctk = 1,79	N/mm ²	fctk = 0,70 * fctm	Resistenza caratteristica a trazione semplice per frattile 5%	"
	fcfk = 2,15	N/mm ²	fcfk = 0,70 * fctk	Resistenza caratteristica a trazione per flessione per frattile 5%	"
	fctd = 1,19	N/mm ²	fctd = fctk / γ _c	Resistenza di calcolo a trazione	4.1.2.1.1.2
(2)	fbk = 4,03	N/mm ²	fbk = 2,25 * η ₁ * η ₂ * fctk	Resistenza caratteristica di aderenza	4.1.2.1.1.4
	fbd = 2,69	N/mm ²	fbd = fbk / γ _c	Resistenza di calcolo di aderenza	"
	f*bd = 1,79	N/mm ²	f*bd = fbd / 1,5	Resistenza di calcolo di aderenza per zona tesa	"
	E = 31'447	N/mm ²	E = 22.000 * [fcm/10] ^{0,3}	Modulo di elasticità normale	11.2.10.3
(3)	μ = 0,20		cls non fessurato	Coefficiente di Poisson	11.2.10.4
	δ = 10x10 ⁻⁶			Coefficiente di dilatazione termica	11.2.10.5

(1) α_{cc} = 0,85 - γ_c = 1,5

(2) η₂ = 1,0 per φ_{barre} ≤ 32mm

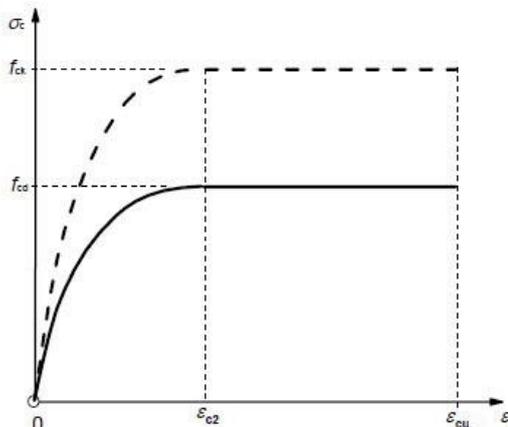
(3) per cls fessurato adottare μ = 0

* Da utilizzare per le verifiche a fessurazione

Modello parabolo-rettangolo

ε_{c2} = 0,20% deformazione minima per fcd

ε_{cu} = 0,35% deformazione limite del cls a rottura



Evoluzione della resistenza media a compressione nel tempo -

[Rif. EC2 rapporto adimensionalizzato fcm(t)/ fcm28g]

Classe R	Classe N	Classe S	tempo (giorni)
0,42	0,34	0,19	1
0,58	0,50	0,35	2
0,66	0,60	0,46	3
0,82	0,78	0,68	7
0,92	0,90	0,85	14
1,00	1,00	1,00	28

(*) Il riferimento alla classe del cemento è relativo all'EC2.

per quanto attiene alle NNCT si faccia riferimento al punto 11.2.9.1 Leganti

2.3 CARATTERISTICHE MECCANICHE ACCIAIO B450C PER ARMATURA

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

N.N.T.C. 17.01.18

ACCIAIO da cemento armato

CLASSE DI RESISTENZA

B450C

	$f_{t\ nom} = 540,00$	N/mm^2		<i>Tensione nominale media di rottura</i>	11.3.2.1
	$f_{y\ nom} = 450,00$	N/mm^2		<i>Tensione nominale media di snervamento</i>	"
(1)	$f_{yd} = 391,30$	N/mm^2	$f_{yd} = f_{y\ nom} / \gamma_s$	<i>Resistenza di calcolo dell'acciaio</i>	4.1.2.1.1.3
	$E = 200'000$	N/mm^2		<i>Modulo di elasticità normale</i>	

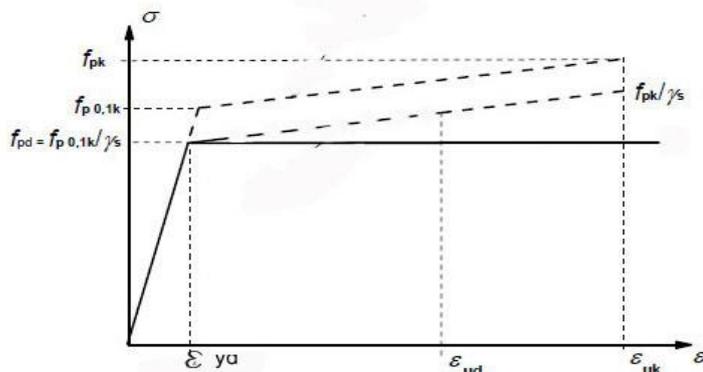
(1) $\gamma_s = 1,15$

Requisiti di produzione :

- $f_{yk} \geq f_{y\ nom}$ *Tensione caratteristica di snervamento al frattile 5%*
- $f_{tk} \geq f_{t\ nom}$ *Tensione caratteristica di rottura al frattile 5%*
- $1,15 \leq (f_t / f_{y_k})_k \geq 1,35$ *Rapporto fra tensioni caratteristiche al frattile 10%*
- $(f_y / f_{y_{nom}})_k \leq 1,25$ *Rapporto fra tensione di snervamento i-ma e nominale al frattile 10%*
- $(Agt)_k \geq 7,5\%$ *Allungamento allo snervamento al frattile 10%*

Requisiti di accettazione in cantiere :

- $f_{y\ min} \geq 425,00$ N/mm^2 $[450 - 25] N/mm^2$ 11.3.2.12
- $f_{y\ max} \leq 572,00$ N/mm^2 $[450 * (1,25+0,02)] N/mm^2$
- $(Agt)_{min} \geq 6,0\%$
- $1,13 \leq (f_t / f_{y_k})_k \geq 1,37$
- Assenza di cricche post prova piegamento/raddrizzamento



Modello elastico perfettamente plastico indefinito

ϵ_{yd} = *deformazione al limite del campo elastico*

ϵ_{ud} = *deformazione ultima al valore di calcolo dello snervamento = 0,9 ϵ_{uk}*

ϵ_{uk} = *deformazione ultima a rottura*

2.4 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

N.N.T.C. 17.01.18

ACCIAIO per CARPENTERIA

CLASSE DI RESISTENZA

S275

Laminati a caldo con profili a sezione aperta con $t < 40$ mm

	$f_{t k} = 430,00$	N/mm^2		<i>Tensione caratteristica di rottura</i>	4.2.1.1
	$f_{y k} = 275,00$	N/mm^2		<i>Tensione caratteristica di snervamento</i>	4.2.1.1
(1)	$f_{y d} = 261,90$	N/mm^2	$f_{y d} = f_{y k} / \gamma_s$	<i>Resistenza di calcolo dell'acciaio</i>	4.2.4.1.1
	$E = 210.000$	N/mm^2		<i>Modulo di elasticità normale</i>	
	$\nu = 0,30$			<i>Coefficiente di Poisson</i>	
	$\alpha = 12 \times 10e-6$	$^{\circ}C^{-1}$		<i>Coeff. Espansione termica lineare</i>	
	$\rho = 7.850$	Kg/m^3		<i>Densità</i>	

(1) $\gamma_s = 1,05$

BULLONI

8.8

	$f_{t k} = 800,00$	N/mm^2		<i>Tensione caratteristica di rottura</i>	11.4.6.3.1
	$f_{y k} = 649,00$	N/mm^2		<i>Tensione caratteristica di snervamento</i>	11.4.6.3.1
(1)	$f_{y d} = 564,35$	N/mm^2	$f_{y d} = f_{y k} / \gamma_s$	<i>Resistenza di calcolo dell'acciaio</i>	4.1.2.1.1.3

(1) $\gamma_s = 1,05$

2.5 BULLONI

- Bulloni di classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898 parte I, per le dimensioni EN 14399-4 (UNI 5712)
- Dadi di classe 8 secondo UNI EN ISO 20898 parte II, per le dimensioni EN 14399-4 (UNI 5713)
- Rosette in acciaio C50 (UNI EN 10083) temperato e rinvenuto HRC 32-40, EN 14399-6 (UNI 5714)
- Gioco foro bullone nel rispetto della CNR 10011/88 e DM 2008
- Coppie di serraggio nel rispetto della CNR 10011/88 (Prospetto 4-IV)

2.6 SALDATURE

- La saldatura dovrà avvenire secondo i procedimenti e metodi codificati nella norma UNI EN ISO 4063:2001; dovranno inoltre essere rispettate tutte le prescrizioni di cui al capitolo §. 11.3.4.5 delle NTC di cui al DM 14.01.2008;
- Tutte le saldature dovranno, inoltre, essere conformi alla norma UNI EN 1011:2005. Per la preparazione dei lembi si applica la UNI EN ISO 96962-1:2005.
- Le saldature eseguite in opera dovranno essere almeno di II classe, quelle eseguite in officina di I classe, salvo diversa indicazione sugli elaborati grafici allegati.
- Giunti a cordone d'angolo quotato in relazione alla sezione di gola "g" (UNI EN ISO 4063:2001).

2.7 RIVESTIMENTI PROTETTIVI

- Le strutture in carpenteria metallica dovranno essere zincate.

Cellole, Maggio 2023

Il Progettista strutturale