



DREAMERS

Design REsearch, implementation And Monitoring of Emerging technologies for a new generation of Resilient Steel buildings

REALIZZAZIONE EDIFICIO C3 - Campus di Fisciano

PROGETTO DEFINITIVO

Architettonico	Arch. Roberto Borriello Arch. Vincenzo Paolillo
Sistema di facciata e sistemazione esterne	Arch. Federico Florena (tiarstudio s.r.l.)
Impianti Idrici - Scarico e Antincendio	Ing. Alessandro Vitale Ing. Alfonso Pisano
Impianti Elettrici e Speciali	Ing. Roberto Campagna Ing. Michele Petrocelli
Impianti Meccanici	Ing. Fabrizio Fiorenza
Consulenza Impianti Meccanici	Ing. Rocco Carfagna Ing. Giuseppe Sorrentino Arch. Aniello De Martino Ing. Valentino Vitale
Impianti Rete Dati	Ing. Salvatore Ferrandino Dott. Vincenzo Agosti
Strutture	Prof. Ing. Vincenzo Piluso Prof. Ing. Massimo Latour Prof. Ing. Elide Nasti Prof. Ing. Gianvittorio Rizzano
Computi e Stime	Arch. Aniello De Martino Geom. Michele Lalopa P.I. Giovanni D'Aniello
Pratiche VV.F., acustica ed ASL	Ing. Carmelo Montefusco
Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione e manutenzione opera	Ing. Alfredo Landi
Collaudatore statico e tecnico-amministrativo	Prof. Ing. Rosario Montuori
Responsabile del Procedimento:	Ing. Nicola Galotto

RELAZIONE

DESCRIZIONE ELABORATO

R 16

RELAZIONE SUI MATERIALI

	13/12/2022		
REV. N	DATA	MOTIVO DELLA EMISSIONE	ELABORATO DA: VP

RIF. PRATICA:	VERIFICA PROGETTO (art. 26 D.Lgs. 50/2016)
	UNITA' DI VERIFICA: Ing. Simona Iannizzaro Geom. Giovanni Soldà
DATA: 9 Dicembre 2022	



Sommario

PREMESSA	4
1. Quadro normativo di riferimento	4
2. Classe di esposizione del calcestruzzo	6
3. Calcestruzzo	9
3.1 Valutazione della dimensione del copriferro	9
3.2 Selezione della classe di calcestruzzo compatibile con la classe di esposizione.....	10
3.3 Valutazione del rapporto acqua cemento ai sensi della Norma UNI EN 206:2016	11
3.4 Componenti del conglomerato cementizio	11
3.4.1 Acqua	11
3.4.2 Legante idraulico.....	12
3.4.3 Aggregati	12
3.4.4 Aggiunte	13
3.4.5 Additivi.....	13
3.4.6 Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati.....	14
3.4.7 Lavorabilità	15
3.4.8 Acqua di bleeding.....	16
3.4.9 Contenuto d'aria	16
3.4.10 Posa in opera del conglomerato	16
3.4.11 Casseforme	17
3.4.12 Stagionatura	18
3.5 Conglomerato cementizio per le opere in progetto.....	19
3.5.1 Calcestruzzo per la realizzazione degli impalcati	19
3.5.2 Calcestruzzo per le fondazioni	19
3.5.3 Calcestruzzo per le opere di sostegno	20
4. Acciaio per calcestruzzo armato.....	20

5.	Acciaio per la carpenteria metallica	22
5.1.1	Identificazione	25
5.1.2	Marcatura.....	26
5.1.3	Posizione delle marcature.....	26
5.1.4	Stampigliatura	26
5.1.5	Lunghezza	26
5.1.6	Giunti a Compressione	26
5.1.7	Stoccaggio e movimentazione in cantiere	26
5.1.8	Pre-assemblaggio a piè d'opera	27
5.1.9	Montaggio in cantiere.....	27
5.1.10	Taglio.....	27
5.1.11	Contatti d'appoggio per giunti sottoposti a compressione	28
5.1.12	Irrigidimenti.....	28
5.1.13	Raddrizzamento	28
5.1.14	Riscaldamento.....	28
5.1.15	Connessioni temporanee.....	28
5.1.16	Montaggio.....	29
5.1.17	Allineamento delle strutture	29
5.1.18	Livellamento pilastri.....	29
5.1.19	Contro-frecce teoriche progettuali	29
5.1.20	Contro-frecce per l'assestamento dei giunti	29
5.1.21	Bulloni per piastre di base in manicotti	29
5.1.22	Unioni saldate	30
5.1.23	Procedura di saldatura.....	30
5.1.24	Saldature provvisorie e connessioni temporanee.....	30
5.1.25	Saldature di testa.....	30

5.1.26	Saldature di perni o connettori.....	31
5.1.27	Test di saldatura	31
5.1.28	Rimozione delle scorie	31
5.1.29	Fori per le unioni bullonate.....	31
5.1.30	Preparazione degli elementi da bullonare.....	31
5.1.31	Condizioni dei bulloni	31
5.1.32	Rondelle.....	32
5.1.33	Rondelle a spessore variabile.....	32
5.1.34	Bloccaggio dei bulloni	32
5.1.35	Limiti di lunghezza	32
5.1.36	Tiraggio dei bulloni	32
5.1.37	Connessioni che permettono movimento - asole	32
5.1.38	Connettori chimici	33
5.1.39	Tirafondi	33
5.1.40	Protezione dalla corrosione - Zincatura	33
6.	Materiali per il riempimento dei giunti di base	34
7.	Controlli.....	34
7.1	Conglomerato cementizio	34
7.2	Acciaio per calcestruzzo armato	35
7.3	Acciaio per carpenteria metallica	36

PREMESSA

L'impiego dei materiali per la realizzazione dei manufatti di fondazione ed in elevazione in cemento armato normale e in acciaio è subordinata alla qualità e alle caratteristiche meccaniche previste nella relazione di calcolo e, in particolare, nella presente relazione.

La loro scelta sarà conforme alle prescrizioni indicate nelle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI di cui al D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) - G.U. 42 del 20 febbraio 2018, suppl. ordinario.

Tutti i materiali strutturali di cui in seguito devono essere:

- **IDENTIFICATI** univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili di cui alle NTC 2018;
- **QUALIFICATI** sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure di cui alle NTC 2018;
- **ACCETTATI** dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

1. Quadro normativo di riferimento

1.1 Norme sulle costruzioni

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI di cui al D.M. 17/01/2018 - G.U. 42 del 20 febbraio 2018

Circolare 21 gennaio 2019 n.7 “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”

UNI EN 13670 - Esecuzione di strutture di calcestruzzo

UNI EN 1992-1-1: 2005 – Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1993-1-1:2014 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1993-1-4:2014 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali – Regole supplementari per acciai inossidabili

UNI EN 1993-1-8:2014 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei Collegamenti

EN 1994-1-1:2004 - Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

UNI EN 1090-1:2012 - Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali

UNI EN 1090-2:2018 - Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio

1.2 Calcestruzzo e suoi componenti

UNI EN 206:2014 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità

UNI 11104 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206

UNI EN 197-1:2006 - Cemento - Parte 1: Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni

UNI EN 450-1 - Ceneri volanti per calcestruzzo - Parte 1: Definizione, specifiche e criteri di conformità

UNI EN 1008:2003 - Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo

UNI EN 934-2 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 2: Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura

UNI EN 1504-6: Prodotti e sistemi di ancoraggio

1.3 Acciaio

EN 10002- 1/2004 - Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente

UNI EN 10027-1:2016 - Sistemi di designazione degli acciai - Parte 1: Designazione simbolica

UNI EN 10025-1 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura

UNI EN 10025-2:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali

UNI EN 10088-1:2005 - Acciai inossidabili - Parte 1: Lista degli acciai inossidabili

UNI EN 14399: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato

UNI EN ISO 377/1999 - Acciaio e prodotti di acciaio - Prelievo e preparazione dei saggi e delle provette per prove meccaniche

UNI 552/1986 - Prove meccaniche dei materiali metallici. Simboli, denominazioni e definizioni.

1.4 Protezione dalla corrosione

UNI EN ISO 14713-1:2017 - Rivestimenti di zinco - Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi - Parte 1: Principi generali di progettazione e di resistenza alla corrosione

UNI EN ISO 14713-2:2010 - Rivestimenti di zinco - Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi - Parte 2: Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo

UNI EN ISO 12944-2:2018 - Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 2: Classificazione degli ambienti

UNI EN ISO 12944-4:2001 - Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Tipi di superficie e loro preparazione

EN ISO 12944-5:2007 - Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 5: Protective paint systems (ISO 12944-5:2007)

1.5 Gestione per la qualità

UNI EN 9001 - Sistemi di gestione per la qualità - Requisiti

UNI EN 45012 - Requisiti generali degli organismi di valutazione e certificazione dei sistemi qualità

2. Classe di esposizione del calcestruzzo

Per la valutazione della classe di esposizione del manufatto bisogna fare riferimento alla UNI EN 206:2016.

Per garantire la durabilità del calcestruzzo vengono definite 6 classi di esposizione ambientale, con l'individuazione di prescrizioni specifiche relative a: 1) il massimo rapporto acqua/cemento; 2) il minimo contenuto di cemento; 3) la minima classe di resistenza.

La scelta della combinazione di classi di esposizione va eseguita per tutti gli elementi strutturali, in base alla loro posizione nella costruzione.

Il calcestruzzo può essere soggetto a più di una azione ambientale e quindi può essere necessario esprimere le condizioni dell'ambiente alle quali esso è esposto come combinazione di classi di esposizione. Per la definizione della classe di esposizione del calcestruzzo, nel caso specifico occorre distinguere fra il calcestruzzo impiegato per la realizzazione delle fondazioni e delle opere di sostegno e il calcestruzzo utilizzato per le strutture in elevazione. Questo ultimo, nel caso specifico, trattandosi di un edificio con struttura portante interamente in acciaio, si limita alla sola realizzazione della soletta di impalcato.

Le 6 classi di esposizione calcestruzzo sono le seguenti:

- Classe 1: assenza di rischio di corrosione o attacco
- Classe 2: corrosione indotta da carbonatazione

- Classe 3: corrosione delle armature indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare
- Classe 4: corrosione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare
- Classe 5: attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti
- Classe 6: attacco chimico (da parte di acque del terreno e acque fluenti)

La classe di esposizione del calcestruzzo per la realizzazione dell'edificio oggetto della presente relazione risulta la **Classe di esposizione strutturale 2**.

La Tabella tratta dalla UNI EN 206 e riportata nella pagina seguente mostra che per il **calcestruzzo impiegato per le fondazioni e per i getti contro terra** si può assumere la **sottoclasse di esposizione XC2**. Invece, per il **calcestruzzo impiegato per la soletta di impalcato** si assume la **sottoclasse di esposizione XC1**.

Per garantire la vita utile di progetto richiesta per una struttura, devono essere prese adeguate disposizioni al fine di proteggere ogni elemento strutturale dalle azioni ambientali rilevanti.

I requisiti di durabilità devono essere presi in conto quando si considerano:

- la concezione della struttura,
- la scelta dei materiali,
- i dettagli costruttivi,
- l'esecuzione,
- il controllo di qualità,
- l'ispezione,
- le verifiche,
- particolari disposizioni (per esempio utilizzo di acciaio inossidabile, rivestimenti, protezione catodica)

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Nessun rischio di corrosione o di attacco		
X0	Calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa
2 Corrosione indotta da carbonatazione		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2
3 Corrosione indotta da cloruri		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte ad atmosfera salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde, agli spruzzi oppure alle maree	Parti di strutture marine
5 Attacco di cicli gelo/disgelo		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e ad agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente ad agenti antigelo e al gelo Zone di strutture marine soggette a spruzzi ed esposte al gelo
6 Attacco chimico		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Suoli naturali e acqua del terreno

3. Calcestruzzo

Tutti i manufatti in c.a. dovranno 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, si dovranno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Per le strutture armate e non, sia in elevazione che in fondazione, si prescrive l'utilizzo di conglomerato cementizio per uso strutturale così come definito al § 4.1 delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

Il conglomerato cementizio viene identificato mediante la classe di resistenza ai sensi del § 4.1 delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

3.1 Valutazione della dimensione del copriferro

Il copriferro è la distanza tra la superficie esterna dell'armatura (inclusi staffe, collegamenti e rinforzi superficiali, se presenti) più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo. Esso viene valutato ai sensi dell'EUROCODICE 2

Il copriferro nominale è definito come il copriferro minimo, c_{min} più un margine di progetto per gli scostamenti, ΔC_{dev} :

$$C_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev}$$

dove c_{min} è il minimo tra le seguenti quantità:

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta C_{dur,\gamma} - \Delta C_{dur,st} - \Delta C_{dur,add}; 10 \text{ mm} \}$$

dove:

$c_{min,b}$ copriferro minimo dovuto al requisito di aderenza, assunto pari al diametro del ferro interessato.

$c_{min,dur}$ copriferro minimo dovuto alle condizioni ambientali, riportato in Fig. 1, che nel caso specifico deve risultare non inferiore a 10 mm.

$\Delta C_{dur,\gamma}$ margine di sicurezza, che viene qui assunto pari a 5 mm.

$\Delta C_{dur,st}$ riduzione del copriferro minimo quando si utilizza acciaio inossidabile, nel caso specifico uguale a 0

$\Delta c_{dur,add}$ riduzione del copriferro minimo quando si ricorre a protezione aggiuntiva, nel caso specifico uguale a 0.

Il valore raccomandato di Δc_{dev} è 10 mm.

Quanto sopra condurrebbe all'adozione di un copriferro nominale pari a 25 mm per la realizzazione delle solette degli impalcati e di un copriferro minimo pari a 30 mm nel caso delle fondazioni.

Tuttavia, lo stesso Eurocodice, suggerisce valori maggiorati del copriferro minimo nel caso di getti contro superfici irregolari. E' questo il caso di getti contro terreni trattati (incluso le fondazioni gettate su magrone) per il quale viene richiesto un copriferro minimo pari a 40 mm, e il caso di getti direttamente contro terra (muri contro terra, diaframmi, pali di fondazione) per il quale viene richiesto un copriferro minimo pari a 75 mm.

In conclusione, nel caso specifico si assumono i seguenti valori del copriferro nominale c_{nom} :

- copriferro nominale pari a **25 mm** per la realizzazione delle **solette di impalcato**;
- copriferro nominale pari a **40 mm** per la realizzazione delle **fondazioni su magrone**;
- copriferro nominale pari a **75 mm** per le **opere di sostegno contro terra**.

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Fig. 1. Valori del copriferro minimo per la durabilità in accordo alla EN10080:2003

3.2 Selezione della classe di calcestruzzo compatibile con la classe di esposizione

La classe di calcestruzzo minima compatibile con le sottoclassi di esposizione individuate ai sensi dell'Eurocodice 2 è la C20/25 per la classe di esposizione XC1 e la C25/30 per la classe di esposizione XC2.

Tuttavia il sistema costruttivo COFRADAL impiegato per la realizzazione degli impalcati in sistema composto acciaio-calcestruzzo prevede l'impiego di calcestruzzo di classe C30/37. Pertanto, verranno impiegate le seguenti classi di resistenza minima:

- la **classe di resistenza C32/40** per la realizzazione delle **solette degli impalcati**;
- la **classe di resistenza C25/30** per la realizzazione delle **fondazioni** e delle **opere di sostegno**.

	Classi di esposizione secondo il prospetto 4.1									
Corrosione										
	Corrosione indotta da carbonatazione				Corrosione indotta da ioni cloro			Corrosione indotta da ioni cloro di origine marina		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Classi di resistenza indicativa	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37	C35/45		C30/37	C35/45	
Danni al calcestruzzo										
	Nessun rischio	Attacco gelo/disgelo						Attacco chimico		
	X0	XF1		XF2		XF3		XA1	XA2	XA3
Classi indicative di resistenza	C12/15	C30/37		C25/30		C30/37		C30/37		C35/45

Fig. 2. Classi di resistenza indicativa

3.3 Valutazione del rapporto acqua cemento ai sensi della Norma UNI EN 206:2016

Il rapporto acqua cemento non potrà essere superiore a 0,60 per il calcestruzzo C25/30 e a 0,50 per il calcestruzzo C32/40 ed il contenuto minimo di cemento è 300 kg/m³ per il calcestruzzo C25/30 e 340 kg/m³ per il C32/40.

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza*)	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C28/35	C28/35	C32/40	C35/45			
Minimo contenuto di cemento (kg/m³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 ^o					
Altri requisiti											Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^o			

Fig. 3. Valori limite raccomandati per la composizione del calcestruzzo

3.4 Componenti del conglomerato cementizio

3.4.1 Acqua

Per il confezionamento degli impasti deve impiegarsi esclusivamente acqua limpida, priva di sali e cloruri, non aggressiva, conformi alla UNI EN 1008:2003, in quantità tale da ottenere un impasto

di buona lavorabilità e consistenza variabile tra fluido e plastico (S2-S5), ma comunque non inferiore ai 180 l/mc.

3.4.2 Legante idraulico

Per il confezionamento degli impasti devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, in particolare *L. 26/05/1965 n. 595 e norma armonizzata EN 197-1* e dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme *EN 197-1 ed EN 197-2*. È escluso l'impiego di cementi alluminosi. Il legante deve risultare costituito da cemento tipo 425 o superiori.

3.4.3 Aggregati

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo *D.P.R. 246/93* e successivi decreti attuativi. Per il confezionamento degli impasti deve essere utilizzata sabbia in quantità di $0.46 \div 0.57$ mc con grani assortiti di grandezza variabile da 0 a 7 mm e ghiaia o pietrisco in quantità di $0.65 \div 0.79$ mc con elementi assortiti di dimensioni fino a 30 mm.

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- a. il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO₃ da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);
- b. il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;
- c. non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

Gli inerti costituenti l'aggregato saranno provenienti da rocce non gessose prive di elementi gelivi e friabili, scevri di sostanze estranee quali materie organiche, melmose, terrose e di salsedine, avranno un'umidità del $2 \div 3\%$ e conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 12620.

Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del DPR n. 246/93 è indicato in Fig. 4.

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Aggregati per calcestruzzo <i>UNI EN 12620-13055-1</i>	<i>Calcestruzzo strutturale</i>	2+

Fig. 4. Specifica tecnica per l'attestazione degli aggregati nel calcestruzzo

Il sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) deve essere eseguito così come specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del *DPR n. 246/93*. Gli aggregati leggeri devono essere conformi alla parte armonizzata della norma Europea *UNI EN 13055*. Il sistema di attestazione della conformità è analogo al caso precedente.

3.4.4 Aggiunte

Eventuali aggiunte in quantità tale da non modificare negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio devono soddisfare i requisiti della norma *EN 450-1* e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalla *UNI EN 206-1 punto 5.1.6* e punto 5.2.5 ed *UNI 11104 punto 4.2*.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

3.4.5 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.

È 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.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese 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.

In Fig. 5 viene proposto uno schema riassuntivo per le varie classi di additivo in funzione delle classi di esposizione.

Nell'esecuzione dei getti si prescrivono le seguenti norme:

1. Vibratura accurata di tutti i getti;
2. L'interruzione e la ripresa dei getti si effettuerà nelle zone non sollecitate;
3. Nel caso la temperatura scendesse al disotto di +1 °C o in presenza di venti particolarmente caldi, i getti dovranno essere interrotti.

Classi di additivo in funzione delle classi di esposizione

	Rck min	a/c max	WR/SF*	AE*	HE*	SRA*	IC*
X0	15	0,60					
XC1 XC2	30	0,60	X				
XF1	40	0,50	X		X	X	
XF2	30	0,50	X	X	X	X	X
XF3	30	0,50	X	X	X	X	
XF4	35	0,45	X	X	X	X	X
XA1 XC3 XD1	35	0,55	X			X	X
XS1 XC4 XA2 XD2	40	0,50	X			X	X
XS2 XS3 XA3 XD3	45	0,45	X			X	X

* WR, SF: fluidificanti /superfluidificanti, AE: Aeranti, HE: Acceleranti (solo in condizioni climatiche invernali), SRA: additivi riduttori di ritiro, IC: inibitori di corrosione.

Fig. 5. Schema riassuntivo degli additivi in funzione della classe di esposizione

3.4.6 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 (lavorabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste dal progettista.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore:

- della sezione minima dell'elemento da realizzare,

- dell'interferro ridotto di 5 mm,
- dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

3.4.7 Lavorabilità

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo posseda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta. 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 nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

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. In particolare, la lavorabilità del calcestruzzo sarà definita mediante il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (*UNI-EN 12350-2*) che definisce la classe di consistenza; I valori dell'abbassamento al cono sono riportati in Fig. 6.

CLASSE DI CONSISTENZA	ABBASSAMENTO AL CONO DI ABRAMS (mm)	DENOMINAZIONE DI CONSISTENZA	CAMPO DI APPLICAZIONE
S1	Da 10 a 40	Umida	Cordoli, marciapiedi
S2	Da 50 a 90	Plastica	Forti pendenze
S3	Da 100 a 150	Semifluida	Scale, coperture inclinate rampe
S4	Da 160 a 210	Fluida	Muri, solai, travi pilastri
S5	Oltre 220	Superfluida	Strutture sottili, scarso interferro

Fig. 6. Valori di abbassamento del cono di Abrams.

Non potranno essere utilizzati calcestruzzi con classe di consistenza inferiore a S4. 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);

- b. 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 possenga 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.

3.4.8 *Acqua di bleeding*

L'essudamento di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1% in conformità alla norma UNI 7122.

3.4.9 *Contenuto d'aria*

Contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato (con frequenza diversa da stabilirsi con il fornitore del conglomerato) dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma *UNI EN 12350-7* basata sull'impiego del porosimetro. Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta dovrà essere conforme a quanto indicato dalla Direzione Lavori in funzione del diametro massimo dell'aggregato.

3.4.10 *Posa in opera del conglomerato*

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici. È proibito eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura esterna scende al disotto dei +1° C se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto concordati e autorizzati dalla D.L. anche qualora la temperatura ambientale superi i 33° C.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo (Fig. 7).

Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato	
Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)

Fig. 7. Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato

Nel caso siano previste riprese di getto sarà obbligo dell'appaltatore procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

I distanziatori utilizzati per garantire il giusto copriferro ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero. È obbligo della D.L. verificare la corretta esecuzione delle operazioni sopra riportate.

3.4.11 Casseforme

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompressi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo,

sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866.

Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia. Nel caso di casseratura a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se l'elemento è portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio. Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio etc. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

3.4.12 Stagionatura

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione). Per consentire una corretta stagionatura è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'appaltatore è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- a. la permanenza entro casseri del conglomerato;
- b. l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing);
- c. l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- d. la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- e. la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- f. la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie ricoperta da un costante velo d'acqua.

I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali. Al fine di assicurare

alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scassatura previsti, l'appaltatore, previa informazione alla direzione dei lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate. Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 7 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla direzione dei lavori. Nel caso di superfici orizzontali non cassate (pavimentazioni, platee di fondazione, ecc.) dovrà essere effettuata l'operazione di bagnatura continua con acqua non appena il conglomerato avrà avviato la fase di presa. Le superfici verranno mantenute costantemente umide per almeno 7 giorni. Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 7 giorni.

3.5 Conglomerato cementizio per le opere in progetto

In definitiva per le strutture armate, si prescrive l'impiego delle seguenti tipologie di calcestruzzo:

3.5.1 Calcestruzzo per la realizzazione degli impalcati

- Classe di esposizione (*UNI EN 206-1:2006*): **XC1**
- Diametro massimo inerte: 15 mm
- Copriferro nominale: 25 mm
- Massimo rapporto acqua/cemento: 0.50
- Contenuto minimo di cemento: 340 kg/cm³
- Classe di resistenza C32/40: valore caratteristico minimo della resistenza cilindrica a compressione dopo 28 giorni (EN 206) $f_{ck} \geq 32$ Mpa (Eurocodice 2 C32/40).
- Classe di consistenza: **S4**

3.5.2 Calcestruzzo per le fondazioni

- Classe di esposizione (*UNI EN 206-1:2006*): **XC2**
- Diametro massimo inerte: 30 mm
- Copriferro nominale: 40 mm
- Massimo rapporto acqua/cemento: 0.60
- Contenuto minimo di cemento: 300 kg/cm³
- Classe di resistenza C25/30: valore caratteristico minimo della resistenza cilindrica a compressione dopo 28 giorni (EN 206) $f_{ck} \geq 25$ MPa.
- Classe di consistenza: **S3**

3.5.3 Calcestruzzo per le opere di sostegno

- Classe di esposizione (*UNI EN 206-1:2006*): **XC2**
- Diametro massimo inerte: 30 mm
- Copriferro: 50 mm
- Massimo rapporto acqua/cemento: 0.60
- Contenuto minimo di cemento: 300 kg/cm³
- Classe di resistenza C25/30: valore caratteristico minimo della resistenza cilindrica a compressione dopo 28 giorni (EN 206) $f_{ck} \geq 30$ MPa.
- Classe di consistenza: **S4**

In tutti i casi, la **fornitura del calcestruzzo** dovrà essere **a prestazione garantita**.

4. Acciaio per calcestruzzo armato

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- a. barre d'acciaio tipo B450C ($6 \text{ mm} \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$), rotoli tipo B450C ($6 \text{ mm} \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$);
- b. prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 16 \text{ mm}$ per il tipo B450C;
- c. reti elettrosaldate ($6 \text{ mm} \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$) tipo B450C;
- d. tralicci elettrosaldati ($6 \text{ mm} \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$) tipo B450C;

Tutti gli acciai utilizzati come armatura per cemento ordinario o precompresso devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende il processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme *UNI EN 9001* e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme *UNI EN 45012*.

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulta in modo inequivocabile il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di

trasporto. Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al punto 11.3.2.6 e controllati con le modalità riportate ai punti 11.3.2.10, 11.3.2.11 e 11.3.3.5 delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

Deve essere utilizzato acciaio per cemento armato laminato a caldo denominato **B450C** caratterizzato da una tensione di snervamento caratteristica di 450 MPa ed una tensione ultima di 540 MPa.

Questo deve inoltre rispettare i requisiti di cui al punto 11.3.3.1 delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*. Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentare l'aderenza al conglomerato cementizio. Ai fini della qualificazione dell'aderenza si osserverà quanto previsto al punto 11.3.2.10.4 – *Prove di Aderenza* – delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

Sia le barre che le reti utilizzate devono soddisfare quanto previsto al punto 11.3.2.4 - *Caratteristiche dimensionali e di impiego* e al punto 11.3.2.5 – *Reti e Tralicci elettrosaldati* delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*, in particolare i nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la *UNI EN ISO 15630-2* pari al 25% della forza di snervamento della barra. Tale resistenza al distacco delle saldature del nodo deve essere controllata e certificata dal produttore.

La saldabilità deve essere certificata mediante analisi chimica effettuata su colata e su prodotto finito controllando che il quantitativo di carbonio equivalente e la presenza di impurità sia contenuta nei limiti previsti al punto 11.3.2.76 – *Saldabilità* – Tabella 11.3.II delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura. I valori minimi da adottare devono essere conformi alle prescrizioni contenute nell'EN 1992 – punto 8.3 – *Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate*.

Alla consegna in cantiere, l'Impresa appaltatrice avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 Km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

I tralicci elettrosaldati ad alta duttilità a staffe continue sono realizzati in conformità con le *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*, realizzati con fili laminati a caldo di acciaio B450C.

Per tutto quanto non esplicitamente indicato nella presente relazione o riportato nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018* si rimanda alla *Circolare Esplicativa del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 02/02/2009 n. 617* – “Istruzione per l'applicazione delle “Nuove Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 – G.U. n. 47 del 26/02/2009, *supp. Ordinario n. 27*.

5. Acciaio per la carpenteria metallica

Per la realizzazione delle strutture metalliche si prescrive l'utilizzazione di acciai conformi alle norme armonizzate della serie *UNI EN 10025* (per gli acciai laminati), *UNI EN 10210* (per i tubi senza saldature), *UNI EN 10219-1* (per i tubi saldati) ed *EN 10088* (per i componenti strutturali in acciaio inossidabile).

Questi riceveranno 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 e saranno certificati con sistema di attestazione della conformità così come definito al punto 11.3 delle NTC 2018. Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, per la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme *UNI EN ISO 377/1999*, *UNI 552/1986*, *EN 10002-1/2004* e *UNI EN 10045-1/1992*.

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio ad **elevata sostenibilità**. Per raggiungere gli obiettivi di progetto in materia di sostenibilità ambientale, particolare attenzione viene rivolta alla selezione di materiali caratterizzati da una forte riduzione dell'impronta di carbonio. A tale scopo, per la realizzazione delle strutture è previsto l'impiego di **acciaio XCarb®** di ArcelorMittal. L'acciaio XCarb® è un acciaio riciclato e prodotto in modo rinnovabile, realizzato con un'alta percentuale di rottami d'acciaio e con il 100% di energia rinnovabile. Anche le tecnologie innovative di produzione dell'acciaio, come il DRI e lo Smart Carbon, rappresentano attualmente il massimo progresso verso un acciaio a emissioni zero.

Il percorso Smart Carbon è applicabile agli altiforni e sostituisce parzialmente l'uso del carbone negli altiforni con fonti alternative di carbonio circolare provenienti da flussi di rifiuti, come la biomassa sostenibile da rifiuti agricoli o la plastica di scarto. Il percorso Smart Carbon comprende anche le tecnologie di cattura e riutilizzo del carbonio (CCU) e di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS).

L'innovativo percorso DRI si applica ai percorsi di riduzione diretta del ferro (DRI) e Forno elettrico ad arco (EAF). Il cuore del percorso innovativo DRI di ArcelorMittal prevede la sostituzione del gas naturale (che funge da riducente nel processo DRI) con una fonte di energia alternativa e pulita: l'idrogeno.

Nella tabella seguente sono riportati della valutazione di impatto ambientale riferita al ciclo di vita condotta in accordo con la norma Europea EN 15804, come riportata nella dichiarazione ambientale di prodotto (EPD).

RESULTS OF THE LCA - ENVIRONMENTAL IMPACT according to EN 15804+A1: 1 metric ton of XCarb™ structural steel sections

Parameter	Unit	A1-A3	C3	C4	D
Global warming potential	[kg CO ₂ -Eq.]	3.33E+2	1.60E+0	1.43E-1	2.14E+2
Depletion potential of the stratospheric ozone layer	[kg CFC11-Eq.]	4.84E-11	4.69E-14	7.83E-16	-4.74E-12
Acidification potential of land and water	[kg SO ₂ -Eq.]	7.46E-1	2.99E-3	8.57E-4	3.22E-1
Eutrophication potential	[kg (PO ₄) ³ -Eq.]	7.51E-2	4.48E-4	9.72E-5	1.25E-2
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants	[kg ethene-Eq.]	8.27E-2	2.60E-4	6.58E-5	1.16E-1
Abiotic depletion potential for non-fossil resources	[kg Sb-Eq.]	4.04E-4	4.70E-7	1.44E-8	5.13E-4
Abiotic depletion potential for fossil resources	[MJ]	3.81E+3	1.82E+1	1.95E+0	1.94E+3

Con riferimento alla medesima normativa Europea, nella dichiarazione ambientale di prodotto vengono, inoltre, riportati gli indicatori che descrivono le risorse utilizzate per la produzione dell'acciaio **XCarb®**, riferite al ciclo di vita.

RESULTS OF THE LCA - INDICATORS TO DESCRIBE RESOURCE USE according to EN 15804+A1: 1 metric ton of XCarb™ structural steel sections

Parameter	Unit	A1-A3	C3	C4	D
Renewable primary energy as energy carrier	[MJ]	7.53E+3	1.22E+1	2.70E-1	-1.04E+3
Renewable primary energy resources as material utilization	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Total use of renewable primary energy resources	[MJ]	7.53E+3	1.22E+1	2.70E-1	-1.04E+3
Non-renewable primary energy as energy carrier	[MJ]	4.00E+3	2.82E+1	2.01E+0	1.85E+3
Non-renewable primary energy as material utilization	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Total use of non-renewable primary energy resources	[MJ]	4.00E+3	2.82E+1	2.01E+0	1.85E+3
Use of secondary material	[kg]	1.16E+3	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Use of renewable secondary fuels	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Use of non-renewable secondary fuels	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Use of net fresh water	[m³]	6.10E-1	1.18E-2	4.95E-4	1.09E+0

Infine, sempre in accordo con norma Europea EN 15804, nella tabella seguente vengono riportate le categorie dei rifiuti prodotti ed i flussi in uscita dal processo di produzione.

**RESULTS OF THE LCA – WASTE CATEGORIES AND OUTPUT FLOWS according to EN 15804+A1:
1 metric ton of XCarb™ structural steel sections**

Parameter	Unit	A1-A3	C3	C4	D
Hazardous waste disposed	[kg]	1.52E-6	7.00E-9	2.13E-10	-8.06E-7
Non-hazardous waste disposed	[kg]	2.02E+0	1.89E-2	1.00E+1	-2.78E+1
Radioactive waste disposed	[kg]	5.46E-2	3.89E-3	2.10E-5	-6.09E-3
Components for re-use	[kg]	0.00E+0	1.10E+2	0.00E+0	0.00E+0
Materials for recycling	[kg]	0.00E+0	8.80E+2	0.00E+0	0.00E+0
Materials for energy recovery	[kg]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Exported electrical energy	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Exported thermal energy	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0

Per la realizzazione di tutte le parti metalliche principali si prescrive l'utilizzo di acciaio **S355J2** secondo **EN10025-2** così come indicato nelle tavole esecutive e come definito al punto 11.3.4.1 – *Generalità delle NTC 2018*. L'acciaio è caratterizzato da una **tensione caratteristica di snervamento di 355 MPa** e da una **tensione ultima caratteristica di 510 MPa**.

Fa eccezione, come riportato negli elaborati grafici, la realizzazione della **piastra interna di scorrimento dei collegamenti di tipo FREEDAM** per la quale viene previsto l'impiego di **acciaio inossidabile AISI 316** (designazione americana), ossia **Inox 18-8-3** (designazione nominale italiana) o **X5CrNiMo17-12-2** (designazione europea) o **1.4401** (designazione EN 10088 richiamata in EN 1993-1-4). L'acciaio AISI 316 (ossia 1.4401) è una lega di acciaio inox austenitica (amagnetica) composta da un basso tenore carbonio (~ 0,05%) ed un sufficiente tenore di cromo (16-18%), di nichel (11-14%) e di molibdeno (2-3%). È nato come modifica dell'acciaio AISI 304 tramite aggiunta del 2,5% di molibdeno, utile per migliorare la resistenza alla corrosione elettrolitica (pitting) da cloruri, perché molto scarsa. È un acciaio inossidabile standard: il suo indice di inossidabilità (numero PREN) è infatti compreso in genere tra 25 e 28. È adatto per edilizia all'esterno, e all'impiego limitato in ambienti interessati da acqua di mare e in alcune applicazioni navali non pesanti.

Le piastre di acciaio AISI 316 (ossia 1.4401 secondo EN 10088) sono caratterizzate, per spessori inferiori a 75 mm (come quelle previste in progetto) da una **tensione caratteristica di snervamento di 220 MPa** e da una **tensione ultima caratteristica di 520 MPa**.

La presenza in analisi del molibdeno rende ottima la resistenza alla corrosione della marca in tutti gli ambienti naturali: acque ed atmosfere rurali, urbane, ed industriali anche in presenza di moderata concentrazione di cloruri e acidi. Molto buona è la resistenza alla corrosione intergranulare, anche dopo saldatura.

Tutti gli acciai dovranno avere composizione chimica conforme con quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, così come definite al punto 11.3.2.6 delle NTC 2018. Così come previsto al punto 11.3.4.5 – Processo di saldatura delle NTC 2018 le saldature degli acciai dovranno avvenire secondo i procedimenti codificati dalla norma UNI EN ISO 4063/2001. I saldatori nei

procedimenti manuali e semi-automatici dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1/2004. I saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificatamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Nella esecuzione delle saldature dovranno essere rispettate le norme Uni EN 1011/2005 parti 1-2. I bulloni utilizzati saranno conformi alla norma UNI EN ISO 4016/2002 e UNI 5592/1968.

Si prescrive l'utilizzazione di bulloni costituiti da viti di **classe 10.9** e dadi di **classe 10, adatti al precarico** secondo norma EN 14399 la cui resistenza caratteristica di snervamento è 900 MPa e quella ultima è pari a 1000 MPa. Tutti i bulloni saranno zincati a caldo e la parte filettata del gambo dovrà essere lubrificata mediante bisolfuro di molibdeno.

I connettori a taglio per il collegamento tra la piattabanda superiore delle travi perimetrali in acciaio e la soletta in calcestruzzo sono del tipo a **piolo Nelson con testa**, tutti realizzati in acciaio S235J2+C450 con tensione di snervamento minima garantita pari a 350 MPa e tensione di rottura minima garantita pari a 450 MPa e allungamento a rottura non inferiore al 15%.

5.1.1 Identificazione

Il prodotto fornito deve presentare una marchiatura, dalla quale risulti in modo inequivocabile il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento di produzione, al tipo di acciaio ed al suo grado qualitativo. Il marchio dovrà risultare depositato presso il Ministero dei LL.PP., Servizio Tecnico Centrale. La mancata marchiatura o la sua illeggibilità anche parziale, comporterà il rifiuto della fornitura. L'Appaltatore dovrà fornire al Direttore dei Lavori (DL) i certificati relativi alle prove di qualificazione ed alle prove periodiche di verifica della qualità; da tali certificati dovrà risultare chiaramente:

- a. il nome dell'azienda produttrice, lo stabilimento e il luogo di produzione
- b. il certificato di collaudo secondo UNI EN 10204:2005
- c. il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Tecnico Centrale
- d. gli estremi dell'ultimo attestato di deposito conseguito per le prove teoriche di verifica della qualità
- e. la data di prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato (non anteriore a tre mesi dalla data di ispezione in cantiere)
- f. le dimensioni nominali ed effettive del prodotto
- g. i risultati delle prove eseguite in stabilimento o presso un laboratorio ufficiale
- h. l'analisi chimica, che per prodotti saldabili, dovrà soddisfare i limiti di composizione raccomandati dalla UNI 5132

- i. le elaborazioni statistiche previste dagli allegati del D.M. 14.01.2018.

Il DL potrà chiedere di eseguire dei prelievi di campioni di materiali da sottoporre a ulteriori prove.

5.1.2 Marcatura

L'Appaltatore deve contrassegnare e documentare e garantire che tutti i materiali vengano utilizzati secondo quanto specificato.

5.1.3 Posizione delle marcature

Le marcature devono essere in posizione tale da non essere nascosti da altri materiali successivamente alla messa in opera.

5.1.4 Stampigliatura

Qualora l'acciaio dovesse essere sabbiato, trattato con acidi, spruzzato o galvanizzato dovrà essere contrassegnato con marchiatura a bassa pressione. I marchi devono essere di profondità adeguata per evitarne la cancellazione. La sabbiatura, ove necessaria, deve essere fatta secondo le norme Svedesi SS 05-59-00.

5.1.5 Lunghezza

Gli elementi che hanno entrambe le estremità preparate per contatto a compressione, come per esempio puntoni o colonne, non devono scostarsi dalla lunghezza prevista per più di 1mm.

Gli elementi che non hanno le estremità preparate per contatti a compressione, e che devono essere collegati ad altre parti metalliche della struttura, non devono discostarsi dalla lunghezza prestabilita per più di 2mm se di lunghezza totale pari o inferiore a 10m, e 4mm per elementi più lunghi di 10m.

5.1.6 Giunti a Compressione

L'interspazio tra giunti la cui performance, quando assemblati durante la fabbricazione, dipende da contatto a compressione, non deve eccedere 0.75 mm e deve essere inferiore a 0.25 mm su 50% della lunghezza di contatto della sezione.

5.1.7 Stoccaggio e movimentazione in cantiere

Le strutture in acciaio saranno disposte in una zona di stoccaggio separata rispetto a quella degli altri materiali di cantiere. Tale zona sarà tenuta opportunamente pulita. L'appaltatore avrà cura di verificare prima del montaggio che non vi siano residui terrosi o altre impurità/scorie sulla superficie dei profili.

Qualora vi fosse presenza di sporco, questo dovrà essere rimosso a mezzo spazzolatura. Tutti gli elementi strutturali in acciaio portati in cantiere e "stoccati" prima della messa in opera devono essere

adeguatamente protetti e supportati in modo da essere sollevati dal terreno. I contrassegni dei vari pezzi devono essere visibili quando le parti sono stoccate. L'appaltatore dovrà usare la massima cura nelle operazioni di imballaggio del materiale ed in particolare nel maneggiare e trasportare le strutture metalliche in modo tale da evitare qualunque danno alle strutture stesse ed agli strati protettivi.

5.1.8 Pre-assemblaggio a piè d'opera

Tutti i pre-assemblaggi delle strutture saranno effettuati su banchi sollevati da terra opportunamente predisposti dall'appaltatore. Le zone di pre-assemblaggio se non diversamente concordato con la DL dovranno essere effettuati, all'esterno del perimetro dell'edificio finito. La DL alla consegna dei lavori indicherà all'appaltatore le aree previste per i pre-assemblaggi. I pre-assemblaggi dovranno essere eseguiti in funzione del programma di montaggio, tutto il materiale pre-assemblato dovrà essere immagazzinato in aree buffer, opportunamente predisposte. Tutto il materiale immagazzinato nelle aree Buffer dovrà essere sequenzializzato secondo il programma di installazione.

Qualora non fosse possibile prevedere aree di cantiere sufficienti a permettere il pre-assemblaggio delle strutture in cantiere, tale operazione dovrà essere eseguita dall'appaltatore presso le sue officine, o in altro luogo concordato ed accessibile alla DL. Il materiale dovrà giungere in cantiere già sequenzializzato secondo il programma di montaggio.

5.1.9 Montaggio in cantiere

È fatto obbligo all'Appaltatore delle Opere in Acciaio prima di redigere l'offerta di appalto, di effettuare una visita in cantiere allo scopo di accertare le condizioni operative legate al montaggio. In tale occasione dovrà essere redatto un "Verbale di visita". Durante la visita preliminare in cantiere saranno individuate le seguenti aree:

- area di stoccaggio
- area di pre-assemblaggio
- area di montaggio (sollevamento)

Il tutto in relazione all'effettiva operatività generale. È fatto obbligo all'appaltatore di verificare i tracciamenti degli ancoraggi alle strutture in c.a. prima dell'inizio della fase di montaggio. Non sarà in alcun caso accettato reclamo relativo ad errori di tracciamento dall'esecutore delle opere civili.

5.1.10 Taglio

L'acciaio verrà tagliato con un sistema automatico o semi-automatico. Il taglio manuale o a fiamma andrà utilizzato unicamente quando non è possibile l'impiego di macchinario automatico o semiautomatico, e solo con l'approvazione della DL. Non è consentito l'utilizzo di equipaggiamento

per taglio con dispositivi a caldo senza previa approvazione della DL. Qualora si eseguissero tagli a fiamma, i bordi di tutte le piastre tagliate andranno levigati per rimuovere scorie, segni, depositi, irregolarità ed indurimenti eccessivi. Andranno inoltre rimosse bave, spigoli vivi e bordi irregolari a mezzo di molatura.

5.1.11 Contatti d'appoggio per giunti sottoposti a compressione

I giunti sottoposti a compressione avranno superfici di contatto preparate per ottenere un piano di giunzione adeguato. Sarà possibile utilizzare limatura, taglio o altri sistemi equivalenti approvati dalla DL. Le superfici destinate a giunzioni a contatto devono essere ad angolo retto rispetto all'asse nominale dell'elemento stesso. Angoli diversi saranno accettati solo se indicati ed annotati nei disegni di carpenteria.

Non occorre effettuare alcuna preparazione aggiuntiva su superfici che sono destinate ad essere conglobate in letti di malta come le piastre per fondazioni, oppure quelle di attacco di strutture metalliche a strutture di calcestruzzo.

5.1.12 Irrigidimenti

I fazzoletti di irrigidimento saranno tagliati e levigati per assicurare un contatto preciso lungo i bordi delle flange.

5.1.13 Raddrizzamento

Non deve essere effettuato alcun raddrizzamento del materiale che possa provocare alterazioni delle sue caratteristiche fisiche o chimiche e di conseguenza una non conformità con i requisiti specificati per il materiale al momento della fornitura.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore deve fornire alla DL per approvazione, ed includere nella propria Dichiarazione di Metodo, le procedure che intende adottare per eventuali interventi di raddrizzamento di elementi strutturali.

5.1.14 Riscaldamento

Non deve essere effettuato alcun riscaldamento del materiale che possa provocare una alterazione delle sue caratteristiche e di conseguenza una non conformità ai requisiti specificati per il materiale al momento della fornitura.

5.1.15 Connessioni temporanee

Dopo il loro utilizzo, l'Appaltatore deve rimuovere ogni eventuale connessione temporanea che possa essere stata necessaria per attuare il suo metodo di fabbricazione o messa in opera. La rimozione

di ogni elemento temporaneo deve avvenire nel rispetto dei regolamenti in materia e con una procedura concordata ed approvata dalla DL.

5.1.16 Montaggio

Qualunque siano le sequenze di montaggio, l'appaltatore deve tenere conto del comportamento statico della struttura nelle configurazioni parziali e delle sollecitazioni prodotte in fase di sollevamento redigendo apposita relazione di calcolo. Dovrà inoltre essere definito il tipo di sottofondo adatto sia al passaggio dei mezzi, sia ad un corretto pre-montaggio delle strutture.

5.1.17 Allineamento delle strutture

Tutte le parti strutturali saranno allineate, non appena sia possibile, dopo il loro assemblaggio. Le connessioni permanenti tra i vari membri non saranno realizzate fino a quando la struttura non sia stata sufficientemente allineata, livellata, messa a piombo e connessa temporaneamente. L'Appaltatore dovrà garantire che i vari componenti non vadano fuori squadra durante la messa in opera o l'allineamento del resto della struttura. Occorrerà prendere nella dovuta considerazione gli effetti della temperatura sulla struttura e sugli strumenti di misurazione quando vengono effettuate misure per il tracciamento, la messa in opera e l'edificazione, e per tutti i successivi controlli dimensionali.

5.1.18 Livellamento pilastri

Il livellamento e la messa a piombo dei pilastri avverrà utilizzando piastre piane e cuneiformi in acciaio di adeguata grandezza, resistenza e rigidità. Laddove i piatti di livellamento vengano lasciati in posizione per essere successivamente conglobati nella malta, questi devono essere posizionati in modo tale da essere completamente racchiusi e ricoperti dal getto.

5.1.19 Contro-frecce teoriche progettuali

La geometria mostrata nei disegni del Progetto Esecutivo corrisponde alla struttura indeformata ed al netto delle preformature; Il progetto Costruttivo dovrà considerare le strategie appropriate per un'eventuale preformatura (pre-camber).

5.1.20 Contro-frecce per l'assestamento dei giunti

Potrà prevedersi un'ulteriore ed adeguata preformatura, per far fronte agli assestamenti di tipo irreversibile, per tenere in considerazione il cumulativo assestamento delle giunzioni presenti nella struttura.

5.1.21 Bulloni per piastre di base in manicotti

I bulloni di ancoraggio delle piastre di base debbono essere collocati a conveniente distanza dalle superfici che limitano lateralmente la struttura in CA alla quale sono ancorate. La lunghezza di

ancoraggio deve rispettare quanto prescritto dal DM 14.01.2018. La posizione in pianta dei bulloni di base posizionati in manicotti che verranno eventualmente cementati, non deve deviare dalla posizione specificata sui disegni per più di 5 mm.

5.1.22 Unioni saldate

Le saldature e gli acciai per strutture saldate devono essere conformi alle raccomandazioni contenute nelle UNI 5132. Le saldature devono essere fatte sotto la direzione di tecnici saldatori che abbiano qualifiche appropriate, e che abbiano certificazione di procedura secondo le UNI 4634.

5.1.23 Procedura di saldatura

Le procedure di saldatura devono essere conformi alle raccomandazioni delle UNI 5132. Per l'esecuzione dei giunti saldati in opera e/o a pie d'opera, dovrà essere garantito un avvicinamento delle parti all'interno delle tolleranze ammesse per ciascun tipo di saldatura. Dovranno essere quindi previsti i necessari supporti del materiale di apporto in accordo con la preparazione dei lembi. Si dovranno adottare tutti gli accorgimenti necessari per un perfetto allineamento delle parti da saldare. In linea di massima le saldature non dovranno essere levigate salvo ove esplicitamente indicato sui disegni. Le procedure di saldatura e le sequenze di fabbricazione devono essere tali da ridurre al minimo la distorsione.

5.1.24 Saldature provvisorie e connessioni temporanee

Le saldature provvisorie e quelle relative alle giunzioni temporanee, necessarie per fabbricazione e/o messa in opera, devono essere conformi ai regolamenti citati, e dovranno essere rimosse in modo da non danneggiare le opere permanenti. Il metodo di rimozione deve essere sottoposto all'approvazione della DL.

5.1.25 Saldature di testa

Dove possibile, saranno utilizzate piastre di sostegno per assicurare pieno spessore/riempimento della gola alle estremità. Tali piastre dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- a. Le caratteristiche meccaniche e fisiche per le piastre devono essere identiche a quelle del materiale che deve essere saldato.
- b. Le piastre devono essere preparate nello stesso modo delle parti da unire.
- c. Dopo il completamento della saldatura, le piastre devono essere rimosse tramite taglio.
- d. Le superfici alle quali erano attaccate devono essere smussate, smerigliate ed ispezionate per verificare l'assenza cricche.

5.1.26 Saldature di perni o connettori

Ove previsto, i perni di rotazione o scorrimento dovranno essere installati secondo quanto prescritto dal produttore sia per i materiali, che per le procedure e dispositivi accessori.

5.1.27 Test di saldatura

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa appaltatrice dovrà condurre una serie di prove di saldatura su perni/connettori per verificare l'adeguatezza del sistema di saldatura e dell'equipaggiamento proposto. Le prove devono essere effettuate utilizzando lo stesso materiale e le procedure previste per i lavori. Nelle prove devono essere testati almeno il dieci per cento dei connettori. Nell'ipotesi di saldatura in sito dei connettori, all'inizio di ciascun turno, devono essere fatte almeno due prove di saldatura per ciascun saldatore.

5.1.28 Rimozione delle scorie

Si procederà alla rimozione delle scorie con leggere martellature, spazzole metalliche o altri metodi che non deformino la superficie della saldatura.

5.1.29 Fori per le unioni bullonate

Tutti i fori saranno punzonati ed alesati a meno che non sia diversamente concordato con la DL. A meno che non sia indicato diversamente sui disegni, i fori per bulloni normali devono avere un diametro uguale a quello del bullone, maggiorato di 1,0 mm fino al diametro 20 mm, e di 1,5 mm per diametri maggiori di 20 mm, fatta eccezione per le piastre di fondazione dove una tolleranza leggermente maggiore è accettabile. Nel caso si verifichi uno spostamento dei fori dal loro allineamento tra due flange, non è consentito allargare i fori stessi o distorcere il metallo per ottenere l'allineamento. Per bulloni e i fori di ventilazione nelle sezioni cave i fori saranno sigillati per evitare l'ingresso di umidità. Qualora le metodologie da utilizzare non fossero specificate negli elaborati di progetto, esse saranno definite dall'Appaltatore che le illustrerà nella propria dichiarazione di metodo.

5.1.30 Preparazione degli elementi da bullonare

Per tutti gli assemblaggi con bulloni, il grado di resistenza della combinazione bullone – dado – rondella deve rispettare quanto previsto o raccomandato nei relativi Standard.

5.1.31 Condizioni dei bulloni

L'assemblaggio dei bulloni immediatamente prima l'installazione, deve essere in condizioni tali che il dado ruoti liberamente sul bullone.

5.1.32 Rondelle

Ciascun'unione bullonata deve contenere almeno una rondella posta al di sotto della parte che viene ruotata.

5.1.33 Rondelle a spessore variabile

Tali rondelle saranno utilizzate sotto le teste dei bulloni o dadi che poggino su superfici inclinate di 3 o più gradi dal piano ad angolo retto con l'asse del bullone.

5.1.34 Bloccaggio dei bulloni

I dadi utilizzati in giunzioni soggette a vibrazioni o sollecitazioni inverse saranno opportunamente bloccati. Qualora le metodologie da utilizzare non fossero specificate negli elaborati di progetto, esse saranno definite dall'impresa appaltatrice che le illustrerà nella propria dichiarazione di metodo.

5.1.35 Limiti di lunghezza

La lunghezza del bullone deve essere tale che sia visibile almeno un filetto sopra al dado dopo il tiraggio, ed almeno un filetto oltre a quello finale sia libero tra il dado e la parte non filettata del bullone.

5.1.36 Tiraggio dei bulloni

Le coppie di serraggio saranno conformi alle raccomandazioni contenute nell'Eurocodice 3. Il serraggio non dovrà mai essere spinto oltre il limite nominale per non compromettere la capacità dell'unione. La tolleranza sulle coppie di serraggio è del 10%.

5.1.37 Connessioni che permettono movimento - asole

Nel caso in cui siano indicati sui disegni dei fori asolati per permettere il movimento, il giunto deve essere assemblato in modo tale da consentire il movimento desiderato o prescritto. Le connessioni con asole saranno realizzate utilizzando il seguente metodo:

- a. Il foro asolato deve essere di diametro maggiore rispetto a quello non asolato.
- b. Deve essere utilizzato un bullone del tipo a testa larga, con una rondella elastica sotto la testa, la quale poggia sulla superficie di contatto della parte non asolata.
- c. Una rondella piatta deve essere messa sotto il dado e questo deve essere serrato sulla parte non asolata.

E fatto severo divieto all'appaltatore di praticare asole alle connessioni là dove non fossero specificatamente prescritte dal progetto. Nel caso in cui questo divieto non venisse rispettato, la DL ordinerà l'immediata sostituzione dei pezzi in questione.

5.1.38 Connettori chimici

Ove specificato sugli elaborati di progetto, l'uso di connettori che impieghino resine chimiche è consentito, purché le specifiche e modalità richieste dal produttore siano seguite scrupolosamente. La scelta del tipo appropriato di connettore chimico, se non indicato sugli elaborati di progetto, verrà fatta dall'Impresa appaltatrice in base ai carichi e le funzioni che il connettore deve assolvere, previa approvazione della DL.

5.1.39 Tirafondi

Durante le fasi di installazione tutti i bulloni di base dovranno essere assicurati saldamente in posizione. Durante tutte le fasi di costruzione tutti i bulloni, filettature e dadi dovranno essere protetti per prevenire danni, corrosione e contaminazione. Le cavità formate per alloggiare i bulloni di base dovranno essere mantenute libere e pulite da corpi estranei.

5.1.40 Protezione dalla corrosione - Zincatura

Per le membrature metalliche (acciaio) si prevede un sistema di protezione di tipo Duplex costituito da zincatura a caldo e successiva verniciatura. La zincatura per immersione a caldo dovrà essere conforme alla norma UNI EN ISO 14713. I sistemi di protezione dovranno essere preceduti dalla preparazione delle superfici, consistente in:

- a. sgrassaggio
- b. lavaggio
- c. decapaggio
- d. lavaggio
- e. flussaggio
- f. essiccamento.

La preparazione, inoltre, dovrà prevedere:

- a. preparazione del supporto metallico con pulizia di sabbiatura al grado Sa21/2 secondo SSPC-SP10/63; procedura da effettuarsi esclusivamente con stato iniziale dell'acciaio A, B, C, D secondo standard fotografico SIS 055900/67. Raggiungere il grado di preparazione A21/2, B21/2, C21/2, D21/2. Qualora il supporto metallico non dovesse rispondere allo standard fotografico di cui sopra, esso dovrà essere portato a quello stato prima della preparazione successiva;
- b. preparazione del supporto metallico con pulizia di sabbiatura a metallo bianco al grado Sa3 secondo SSPC-SP5/63; procedura da effettuarsi esclusivamente con stato iniziale dell'acciaio A, B, C, D secondo standard fotografico SIS 055900/67. Raggiungere il grado di preparazione ASa3, BSa3, CSa3.

c. Quantità minima di zinco:

- 500 g/m² per profilati, tubi, piatti, ecc.;
- 375 g/m² per dadi e bulloni.

Lo zinco da impiegare nel bagno dovrà essere almeno di qualità Zn 99.9 secondo UNI 2013/74. Lo strato di zinco dovrà presentarsi uniforme ed esente da incrinature, scaglie, scorie ed analoghi difetti. Esso dovrà aderire tenacemente alla superficie del metallo base. Il controllo sarà effettuato in base alla CEI 7-6. Sulle parti filettate, dopo la zincatura, non si dovranno effettuare ulteriori operazioni di finitura a mezzo utensile ad eccezione della filettatura dei dadi. Dopo la zincatura i dadi dovranno potersi avvitare agevolmente ai rispettivi bulloni e le rosette elastiche, gli spinotti, i colletti filettati ed i bulloni non dovranno aver subito deformazioni od alterazioni delle loro caratteristiche meccaniche.

6. Materiali per il riempimento dei giunti di base

Per il riempimento dei giunti di base viene previsto l'impiego di una Malta Cementizia Antiritiro per Riempimenti tipo SikaGrout-212. Si tratta di un prodotto monocomponente premiscelato a base cementizia che, con la sola aggiunta di acqua, consente di ottenere una malta espansiva, scorrevole ed omogenea, dotata di elevate caratteristiche meccaniche, raggiunte dopo breve stagionatura. La consistenza della malta (plastica, fluida o superfluida) può essere variata modificando la quantità d'acqua d'impasto. In ogni caso, la malta cementizia antiritiro utilizzata dovrà rispettare i requisiti per le caratteristiche prestazionali della norma EN 1504-6, per ancoraggio di barre di armatura in acciaio.

7. Controlli

7.1 Conglomerato cementizio

Il controllo di qualità del conglomerato viene eseguito in accordo con quanto previsto al punto 11.2.2 delle *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*. Il conglomerato deve essere prodotto in controllo di qualità con lo scopo di monitorare l'effettiva rispondenza delle caratteristiche meccaniche con quanto definito in sede di progetto.

Si eseguiranno in cantiere **Controlli di Accettazione** durante l'esecuzione dell'opera contestualmente al getto del relativo componente strutturale e successive **Prove complementari** a completamento delle prove di accettazione (se ritenuto utile e/o necessario dalla direzione lavori) eseguite presso laboratori ufficiali di cui *all'art. 59 del DPR n. 380/2001*.

Durante l'esecuzione dei getti saranno prelevati dagli impasti provini da sottoporre a prova. Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera nei casseri ed alla presenza della Direzione Lavori, il calcestruzzo necessario per il confezionamento di un gruppo di 2 provini. La resistenza del prelievo sarà data dalla media delle resistenze a compressione dei due provini e tale valore costituisce valore di riferimento mediante il quale vengono eseguiti i controlli del conglomerato.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo si farà riferimento a quanto indicato nelle norme *UNI EN 12390-1* ed *UNI EN 12390-2*. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo si farà riferimento a quanto indicato nella *UNI EN 12390-4*.

Per costruzioni con meno di 1500 mc di getto, è possibile eseguire un **controllo tipo A** riferito ad un quantitativo di miscela omogeneo non maggiore di 300 mc.

Ogni controllo di accettazione è rappresentato da 3 prelievi, ciascuno dei quali eseguiti su un massimo di 100 mc di getto di miscela omogenea. Risulterà pertanto un controllo di accettazione ogni 300 mc massimo di getto.

Per ogni giorno di getto andrà comunque effettuato almeno un prelievo (fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e consentito derogare all'obbligo del prelievo giornaliero per getti inferiori a 100 mc).

Il controllo di accettazione è positivo e conseguentemente il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla tabella 11.2.I del punto 11.2.5 – *Controllo di accettazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

Qualora la resistenza dei provini prelevati durante il getto non soddisfi i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista in fase di progetto, e/o su richiesta della direzione lavori, potranno essere eseguite prove non distruttive, da non intendersi sostitutive dei controlli di accettazione, in accordo con il punto 11.2.6 – *Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

La direzione lavori si fa carico degli obblighi previsti al punto 11.2.5.3 – *Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

7.2 Acciaio per calcestruzzo armato

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle *UNI EN ISO 15630-1* e *UNI EN ISO 15630-2*.

I controlli di accettazione in cantiere devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.3.2.10.4 – *Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*, in ragione di 3 spezzoni, marcati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri della partita.

I valori minimi per quanto riguarda il controllo della resistenza e dell'allungamento, accertati in accordo al punto 11.3.2.3 – *Accertamento delle proprietà meccaniche delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, sono riportati al punto 11.3.2.10.3 – *Controlli nei centri di trasformazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/01/2018*.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato uniforme. In caso contrario, salvo ulteriore indagine, il lotto deve essere respinto. Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura. Il prelievo dei campioni va effettuato a cura della Direzione Lavori che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

7.3 Acciaio per carpenteria metallica

Sugli acciai impiegati saranno effettuati, a cura e discrezionalità della direzione lavori, effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 ton così come previsto al

punto 11.3.4.11.3 – Controlli di accettazione in cantiere delle NTC 2018. Per le forniture di elementi lavorati provenienti da un centro di trasformazione, a discrezione della Direzione lavori, i controlli, di cui sopra, potranno essere effettuati presso il medesimo centro di trasformazione. In tal caso il prelievo dei campioni potrà essere effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori.

I campioni così controllati, saranno identificati ed etichettati dal Direttore dei Lavori e inviati presso un laboratorio ufficiale di prove sui materiali accompagnati da apposita richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei lavori stesso. Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al punto 11.3.3.5.3 delle NTC 2018.