



COMUNE DI GENOVA

REALIZZAZIONE DELLA NUOVA CALATA AD USO CANTIERISTICA NAVALE ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA SESTRI PONENTE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO MOLINASSI

LOTTO 2 II STRALCIO - FASE 1

PROGETTO ESECUTIVO

Responsabile del Procedimento:
Arch. Roberto Valcalda

Impresa Appaltatrice: R.T.I.

FINCOSIT

Fincosit S.r.l.
Via Fieschi n. 6/13
16121 Genova



**Consorzio Stabile
Grandi Lavori S.c.r.l.**

Consorzio Stabile Grandi Lavori Scrl
Piazza del Popolo 18
00187 Roma



**CONSORZIO
INTEGRA**

Consorzio Integra
Via Marco Emilio
Lepido
182/2
40132 Bologna



ICM SpA

Gruppo ICM
Viale dell'Industria 42
36100 Vicenza

Progettista Indicato: R.T.P.



Technital S.p.A.
Via C. Cattaneo 20
37121 Verona



PROGER

Proger S.p.A.
Via Valadier 42
00193 Roma



Duomi S.r.l.
Viale Lazio 13
90144 Palermo

Responsabile delle Integrazioni Specialistiche
Ing. Filippo Busola

Progettazione Specialistica
Ing. Guglielmo Migliorino

OGGETTO

OPERE CIVILI - BANCHINE
Relazione sui materiali

COMMESSA					APPALTO	PROG.	DISCIPLINA	GRUPPO	TIPOLOGIA	PROGR.	REV.	SCALA							
M	I	0	5	1	P	A	P	E	C	I	V	A	R	0	3	0	3	0	-

Rev.	Data	Descrizione	Eseguito	Controllato	Approvato
0	Novembre 2021	REVISIONE A SEGUITO VERIFICA EX ART.26 DLGS 50/2016	M.Culotta	M.Migliorino	F.Busola

SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	MATERIALI.....	4
3.1	CASSONI CELLULARI	4
3.1.1	CALCESTRUZZO.....	4
3.1.1.1	CEMENTO	4
3.1.1.2	ACQUA D'IMPASTO	5
3.1.1.3	AGGREGATI.....	5
3.1.1.4	ADDITIVI.....	5
3.1.1.5	MALTA CEMENTIZIA	5
3.1.2	CARATTERISTICHE RESISTENTI DEL CALCESTRUZZO C35/45 DEI CASSONI CELLULARI (RCK 45) 5	
3.1.3	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	6
3.1.3.1	CARATTERISTICHE RESISTENTI DELL'ACCIAIO B450C	6
3.2	SOLETTE DI COPERTURA DEI CASSONI.....	7
3.2.1	CALCESTRUZZO.....	7
3.2.1.1	CEMENTO	7
3.2.1.2	ACQUA D'IMPASTO	7
3.2.1.3	AGGREGATI.....	7
3.2.2	CARATTERISTICHE RESISTENTI DEL CALCESTRUZZO C35/45 DELLE SOLETTE DI COPERTURA DEI CASSONI (RCK 45)	7
3.2.3	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C.....	8
3.2.3.1	CARATTERISTICHE RESISTENTI DELL'ACCIAIO B450C	9
3.3	MURI PROVVISORIALI IN C.A.	9
3.3.1	CALCESTRUZZO.....	9
3.3.1.1	CEMENTO	9
3.3.1.2	ACQUA D'IMPASTO	9
3.3.1.3	AGGREGATI.....	9
3.3.2	CARATTERISTICHE RESISTENTI DEL CALCESTRUZZO C35/45 DEI MURI PROVVISORIALI (RCK 45) 9	
3.3.3	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C.....	10
3.3.3.1	CARATTERISTICHE RESISTENTI DELL'ACCIAIO B450C	11
3.4	MASSI GUARDIANI IN C.A.....	11
3.4.1	CALCESTRUZZO.....	11

3.4.1.1	CEMENTO	11
3.4.1.2	ACQUA D'IMPASTO	11
3.4.1.3	AGGREGATI.....	11
3.4.2	CARATTERISTICHE RESISTENTI DEL CALCESTRUZZO C35/45 DEI MURI PROVVISORIALI (RCK 45) 11	
3.4.3	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C.....	12
3.4.3.1	CARATTERISTICHE RESISTENTI DELL'ACCIAIO B450C	13
3.5	DISPOSITIVI DI TRAINO.....	13

1 PREMESSA

La presente relazione illustra le caratteristiche dei materiali ad uso strutturale relativi alle opere da realizzare nell'ambito delle opere previste nei lavori di "Realizzazione della Nuova Calata ad uso cantieristica navale all'interno del Porto Petroli di Genova Sestri Ponente e sistemazione idraulica del Rio Molinassi - Lotto 2, II Stralcio - Fase 1".

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere in oggetto alla presente relazione, devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Circolare 21 gennaio 2019 n°7/C.S.LL.PP.;
- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme tecniche sulle costruzioni;
- Circolare n°617 del 02/01/2009 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018";
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche sulle costruzioni;
- Servizio Tecnico Centrale presso la Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Settembre 2017 "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale";
- UNI EN 1998-5 DEL 01/01/2005 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica;
- O.P. Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 e succ. agg. - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- Circolare Min. LL.PP. n. 11951 14/02/1974 -Istruzioni per l'applicazione delle "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge del 02/02/1974, n°74 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- Legge del 05/11/1971, n° 1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- UNI EN 1990 Eurocodice 0 – Criteri generali di progettazione strutturale;
- UNI EN 1991 Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture;
- UNI EN 1993 Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio;
- UNI EN 206 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- UNI EN 10025-1:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura
- UNI EN 10210-1:2006 - Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura
- UNI EN 10219-:2006 - Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura

3 MATERIALI

3.1 CASSONI CELLULARI

I cassoni cellulari saranno costruiti in conglomerato cementizio armato avente classe di resistenza C35/45 e d'esposizione XS3.

3.1.1 Calcestruzzo

3.1.1.1 Cemento

Il conglomerato cementizio dei cassoni cellulari sarà confezionato con cemento d'alto forno CEM IIIA

(costituito esclusivamente di clinker di cemento Portland e loppa granulata d'alto forno in percentuale 35-65%).

3.1.1.2 *Acqua d'impasto*

L'idoneità dell'acqua di miscelazione è stabilita dalla conformità alla norma EN 1008: 1997. In particolare, deve essere utilizzata acqua pulita, esente da limo, materia organica, alcali, ardesia e altre impurità. Sarà ottenuta da una fonte di acqua potabile o da una fonte approvata. È vietato inoltre l'impiego di acque piovane. Nella determinazione della quantità d'acqua per l'impasto dovrà essere tenuto conto anche di quella contenuta negli inerti; pertanto, dovrà essere controllata l'umidità degli inerti e dedurre l'acqua risultante dalla quantità totale calcolata per l'impasto.

3.1.1.3 *Aggregati*

Gli inerti naturali e di frantumazione saranno costituiti da elementi non gelivi, non friabili e privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso e di sostanze comunque nocive all'indurimento del conglomerato ed alla buona conservazione delle armature; la ghiaia ed il pietrisco avranno dimensioni le massime indicate negli elaborati di progetto ed in genere compatibili con le dimensioni delle sezioni strutturali e della gabbia d'armatura. Gli inerti devono essere approvvigionati per classi granulometriche (non meno di tre classi) e depositati in luogo adatto, in silos o in cumuli ben distinti.

3.1.1.4 *Additivi*

Il conglomerato cementizio sarà additivato con PENETRON ADMIX o prodotto simile. La miscela dovrà essere tale da garantire una permeabilità del calcestruzzo indurito pari a $k < 10^{-7}$ cm/sec e l'utilizzo della tecnica dei casseri scorrevoli durante la costruzione.

L'idoneità generale degli additivi è stabilita dalla conformità alla norma EN 934-2.

3.1.1.5 *Malta cementizia*

Le riprese di getto orizzontali delle pareti e dei setti dei cassoni cellulari, tra platea e fusto, avverranno mediante preliminare lavaggio delle superfici interessate con aria e acqua a pressione e successivo ricoprimento delle stesse con malta cementizia espansiva.

3.1.2 **Caratteristiche resistenti del calcestruzzo C35/45 dei cassoni cellulari (Rck 45)**

Nel presente paragrafo si riportano i principali parametri meccanici del calcestruzzo impiegato per i cassoni cellulari.

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

- $R_{ck} = 45$ MPa
- $f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 37,35$ MPa
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45,35$ MPa
- $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21,17$ MPa

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

- $f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,35$ MPa
- $f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 2,35$ MPa
- $f_{ctm} = 1,2 \times f_{ctm} = 4,02$ MPa
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,56$ MPa

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo

- $f_{bk} = 2,25 \times \eta \times f_{ctk} = 5,29$ MPa
- $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3,53$ MPa

Modulo di elasticità, coeff. di Poisson, coeff. dilatazione termica

- $E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 34625 \text{ MPa}$
- $V_{cls\text{fess.}} = 0$
- $V_{cls\text{ non fess.}} = 0,2$
- $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

- $\sigma_c = 0,60 \times f_{ck} = 22,41 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica
- $\sigma_c = 0,45 \times f_{ck} = 16,81 \text{ MPa}$ per combinazione quasi permanente

Pesi di volume

- $\gamma_{ca} = 25,00 \text{ kN/m}^3$ calcestruzzo armato
- $\gamma_{cls} = 24,00 \text{ kN/m}^3$ calcestruzzo non armato

Altre caratteristiche cemento armato

- Classe di esposizione XS3
- Rapporto A/C < 0,45
- Diametro massimo inerte del solettone di fondazione: 32 mm
- Diametro massimo inerte del fusto: 20 mm
- Copriferro solettone 5 cm
- Copriferro pareti esterne 5 cm
- Copriferro pareti interne 5 cm
- Copriferro sovrastruttura 5 cm

3.1.3 Acciaio per cemento armato

Per opere in calcestruzzo armato si userà acciaio in barre del tipo B450C (ad aderenza migliorata) avente una tensione caratteristica di snervamento minima garantita di 450,00 N/mm² ed una tensione caratteristica a rottura minima garantita di 540,00 N/mm².

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Le barre di acciaio ad aderenza migliorata sono caratterizzate dal diametro della barra tonda equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³. Le barre ad aderenza migliorata devono avere diametro D:

- $6\text{mm} \geq D \geq 40\text{mm}$ per acciaio B450C;
- $5\text{mm} \geq D \geq 10\text{mm}$ per acciaio B450A.

L'uso di acciai in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a 16mm per B450C e fino a 10mm per B450A. Per assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture le armature dovranno essere classificate come poco sensibili agli attacchi chimici.

Per quanto concerne la marchiatura dei prodotti e la documentazione di accompagnamento vale quanto indicato nel D.M. 17.01.2018 – Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni. E nella Circolare Consiglio Superiore Lavori pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" n° 7 del 21 Gennaio 2019.

Non si devono porre in opera armature ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne riducano la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

In particolare, per il fusto dei cassoni si prevede la zincatura a caldo di tutti i ferri, per l'intera lunghezza, posizionati, parzialmente o interamente, ad una quota superiore rispetto a -2,50 m sul livello medio mare.

3.1.3.1 Caratteristiche resistenti dell'acciaio B450C

Di seguito si riportano i principali parametri meccanici dell'acciaio per cemento armato B450C.

Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura

- $f_{ynom} = 450 \text{ MPa}$
- $f_{knom} = 540 \text{ MPa}$

Resistenza di calcolo dell'acciaio

- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio

- $\sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica

Valore massimo di apertura delle fessure

- $w_1 = 0,20 \text{ mm}$ per condizioni ambientali molto aggressive (classe di esposizione XS3)

3.2 SOLETTE DI COPERTURA DEI CASSONI

I cassoni cellulari saranno chiusi superiormente con delle lastre prefabbricate che saranno costruite in conglomerato cementizio armato avente classe di resistenza C35/45 e d'esposizione XS3.

3.2.1 Calcestruzzo

3.2.1.1 Cemento

Il conglomerato cementizio delle solette di copertura dei cassoni cellulari sarà confezionato con cemento d'alto forno CEM IIIA (costituito esclusivamente di clinker di cemento Portland e loppa granulata d'alto forno in percentuale 35-65%).

3.2.1.2 Acqua d'impasto

L'idoneità dell'acqua di miscelazione è stabilita dalla conformità alla norma EN 1008: 1997. In particolare, deve essere utilizzata acqua pulita, esente da limo, materia organica, alcali, ardesia e altre impurità. Sarà ottenuta da una fonte di acqua potabile o da una fonte approvata. È vietato inoltre l'impiego di acque piovane. Nella determinazione della quantità d'acqua per l'impasto dovrà essere tenuto conto anche di quella contenuta negli inerti; pertanto dovrà essere controllata l'umidità degli inerti e dedurre l'acqua risultante dalla quantità totale calcolata per l'impasto.

3.2.1.3 Aggregati

Gli inerti naturali e di frantumazione saranno costituiti da elementi non gelivi, non friabili e privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso e di sostanze comunque nocive all'indurimento del conglomerato ed alla buona conservazione delle armature; la ghiaia ed il pietrisco avranno dimensioni le massime indicate negli elaborati di progetto ed in genere compatibili con le dimensioni delle sezioni strutturali e della gabbia d'armatura. Gli inerti devono essere approvvigionati per classi granulometriche (non meno di tre classi) e depositati in luogo adatto, in silos o in cumuli ben distinti.

3.2.2 Caratteristiche resistenti del calcestruzzo C35/45 delle solette di copertura dei cassoni (Rck 45)

Nel presente paragrafo si riportano i principali parametri meccanici del calcestruzzo impiegato per le solette di copertura dei cassoni.

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

- $R_{ck} = 45 \text{ MPa}$
- $f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 37,35 \text{ MPa}$
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45,35 \text{ MPa}$
- $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21,17 \text{ MPa}$

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

- $f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,35 \text{ MPa}$
- $f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 2,35 \text{ MPa}$

- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,56 \text{ MPa}$

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo

- $f_{bk} = 2,25 \times \eta \times f_{ctk} = 5,29 \text{ MPa}$
- $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3,53 \text{ MPa}$

Modulo di elasticità, coeff. di Poisson, coeff. dilatazione termica

- $E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 34625 \text{ MPa}$
- $\nu_{clsfess.} = 0$
- $\nu_{cls non fess.} = 0,2$
- $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

- $\sigma_c = 0,60 \times f_{ck} = 22,41 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica
- $\sigma_c = 0,45 \times f_{ck} = 16,81 \text{ MPa}$ per combinazione quasi permanente

Pesi di volume

- $\gamma_{ca} = 25,00 \text{ kN/m}^3$ calcestruzzo armato

Altre caratteristiche cemento armato

- Classe di esposizione XS3
- Rapporto A/C < 0,45
- Diametro massimo inerte 20 mm
- Copriferro 50 mm

Valore massimo di apertura delle fessure

- $W_1 = 0,20 \text{ mm}$ (condizioni ambientali molto aggressive e armatura poco sensibile)

3.2.3 Acciaio per cemento armato B450C

Per opere in calcestruzzo armato si userà acciaio in barre del tipo B450C (ad aderenza migliorata) avente una tensione caratteristica di snervamento minima garantita di 450,00 N/mm² ed una tensione caratteristica a rottura minima garantita di 540,00 N/mm².

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Le barre di acciaio ad aderenza migliorata sono caratterizzate dal diametro della barra tonda equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³. Le barre ad aderenza migliorata devono avere diametro D:

- $6\text{mm} \geq D \geq 40\text{mm}$ per acciaio B450C;
- $5\text{mm} \geq D \geq 10\text{mm}$ per acciaio B450A.

L'uso di acciai in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a 16mm per B450C e fino a 10mm per B450A. Per assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture le armature dovranno essere classificate come poco sensibili agli attacchi chimici.

Per quanto concerne la marchiatura dei prodotti e la documentazione di accompagnamento vale quanto indicato nel D.M. 17.01.2018 – Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni. E nella Circolare Consiglio Superiore Lavori pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" n° 7 del 21 Gennaio 2019.

Non si devono porre in opera armature ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne riducano la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

3.2.3.1 Caratteristiche resistenti dell'acciaio B450C

Di seguito si riportano i principali parametri meccanici dell'acciaio per cemento armato B450C.

Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura

- $f_{ynom} = 450 \text{ MPa}$
- $f_{knom} = 540 \text{ MPa}$

Resistenza di calcolo dell'acciaio

- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio

- $\sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica

3.3 MURI PROVVISORIALI IN C.A.

Nella fase temporanea il coronamento dei cassoni sarà realizzato mediante la realizzazione di un muro provvisorio a mensola in c.a. che sarà sostituito in fase 2 con il massiccio di coronamento definitivo. Il muro provvisorio dovrà essere costruito in conglomerato cementizio armato avente classe di resistenza C35/45 e d'esposizione XS3. Il muro provvisorio sarà costituito da elementi prefabbricati e da una parte di completamento mediante getto in opera.

3.3.1 Calcestruzzo

3.3.1.1 Cemento

Il conglomerato cementizio dei muri provvisori in c.a. sarà confezionato con cemento d'alto forno CEM IIIA (costituito esclusivamente di clinker di cemento Portland e loppa granulata d'alto forno in percentuale 35-65%).

3.3.1.2 Acqua d'impasto

L'idoneità dell'acqua di miscelazione è stabilita dalla conformità alla norma EN 1008: 1997. In particolare, deve essere utilizzata acqua pulita, esente da limo, materia organica, alcali, ardesia e altre impurità. Sarà ottenuta da una fonte di acqua potabile o da una fonte approvata. È vietato inoltre l'impiego di acque piovane. Nella determinazione della quantità d'acqua per l'impasto dovrà essere tenuto conto anche di quella contenuta negli inerti; pertanto, dovrà essere controllata l'umidità degli inerti e dedurre l'acqua risultante dalla quantità totale calcolata per l'impasto.

3.3.1.3 Aggregati

Gli inerti naturali e di frantumazione saranno costituiti da elementi non gelivi, non friabili e privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso e di sostanze comunque nocive all'indurimento del conglomerato ed alla buona conservazione delle armature; la ghiaia ed il pietrisco avranno dimensioni le massime indicate negli elaborati di progetto ed in genere compatibili con le dimensioni delle sezioni strutturali e della gabbia d'armatura. Gli inerti devono essere approvvigionati per classi granulometriche (non meno di tre classi) e depositati in luogo adatto, in silos o in cumuli ben distinti.

3.3.2 Caratteristiche resistenti del calcestruzzo C35/45 dei muri provvisori (Rck 45)

Nel presente paragrafo si riportano i principali parametri meccanici del calcestruzzo impiegato per i muri provvisori in c.a.

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

- $R_{ck} = 45 \text{ MPa}$
- $f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 37,35 \text{ MPa}$
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45,35 \text{ MPa}$
- $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21,17 \text{ MPa}$

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

- $f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,35 \text{ MPa}$
- $f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 2,35 \text{ MPa}$
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,56 \text{ MPa}$

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo

- $f_{bk} = 2,25 \times \eta \times f_{ctk} = 5,29 \text{ MPa}$
- $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3,53 \text{ MPa}$

Modulo di elasticità, coeff. di Poisson, coeff. dilatazione termica

- $E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 34625 \text{ MPa}$
- $\nu_{cls\text{fess.}} = 0$
- $\nu_{cls\text{ non fess.}} = 0,2$
- $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

- $\sigma_c = 0,60 \times f_{ck} = 22,41 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica
- $\sigma_c = 0,45 \times f_{ck} = 16,81 \text{ MPa}$ per combinazione quasi permanente

Pesi di volume

- $\gamma_{ca} = 25,00 \text{ kN/m}^3$ calcestruzzo armato

Altre caratteristiche cemento armato

- Classe di esposizione XS3
- Rapporto A/C < 0,45
- Diametro massimo inerte 32 mm
- Copriferro minimo 50 mm

Valore massimo di apertura delle fessure

- $W_1 = 0,20 \text{ mm}$ (condizioni ambientali molto aggressive e armatura poco sensibile)

3.3.3 Acciaio per cemento armato B450C

Per opere in calcestruzzo armato si userà acciaio in barre del tipo B450C (ad aderenza migliorata) avente una tensione caratteristica di snervamento minima garantita di 450,00 N/mm² ed una tensione caratteristica a rottura minima garantita di 540,00 N/mm².

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Le barre di acciaio ad aderenza migliorata sono caratterizzate dal diametro della barra tonda equipeseante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³. Le barre ad aderenza migliorata devono avere diametro D:

- $6\text{mm} \geq D \geq 40\text{mm}$ per acciaio B450C;
- $5\text{mm} \geq D \geq 10\text{mm}$ per acciaio B450A.

L'uso di acciai in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a 16mm per B450C e fino a 10mm per B450A. Per assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture le armature dovranno essere classificate come poco sensibili agli attacchi chimici.

Per quanto concerne la marchiatura dei prodotti e la documentazione di accompagnamento vale quanto indicato nel D.M. 17.01.2018 – Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni. E nella Circolare Consiglio Superiore Lavori pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" n° 7 del 21 Gennaio 2019.

Non si devono porre in opera armature ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne riducano la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

3.3.3.1 Caratteristiche resistenti dell'acciaio B450C

Di seguito si riportano i principali parametri meccanici dell'acciaio per cemento armato B450C.

Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura

- $f_{ynom} = 450 \text{ MPa}$
- $f_{knom} = 540 \text{ MPa}$

Resistenza di calcolo dell'acciaio

- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio

- $\sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica

3.4 MASSI GUARDIANI IN C.A.

A protezione del piede dei cassoni cellulari T1 da n°2 a n°7 e del cassone cellulare T2 verranno posti in opera n°51 massi guardiani in c.a., di cui n°49 di tipo 1 standard con dimensioni 4,00x2,00x1,00 m, n°1 di tipo 2 con dimensioni 3,04x2,00x1,00 m e n°1 di tipo 3 con dimensioni 2,75x2,00x1,00 m. I massi saranno dotati di fori di sfiato verticali tronco-conici.

Per i massi guardiani sarà previsto l'utilizzo di calcestruzzo avente resistenza caratteristica C 35/45 e classe di esposizione XS3.

3.4.1 Calcestruzzo

3.4.1.1 Cemento

Il conglomerato cementizio dei muri provvisionali in c.a. sarà confezionato con cemento d'alto forno CEM IIIA (costituito esclusivamente di clinker di cemento Portland e loppa granulata d'alto forno in percentuale 35-65%).

3.4.1.2 Acqua d'impasto

L'idoneità dell'acqua di miscelazione è stabilita dalla conformità alla norma EN 1008: 1997. In particolare, deve essere utilizzata acqua pulita, esente da limo, materia organica, alcali, ardesia e altre impurità. Sarà ottenuta da una fonte di acqua potabile o da una fonte approvata. È vietato inoltre l'impiego di acque piovane. Nella determinazione della quantità d'acqua per l'impasto dovrà essere tenuto conto anche di quella contenuta negli inerti; pertanto, dovrà essere controllata l'umidità degli inerti e dedurre l'acqua risultante dalla quantità totale calcolata per l'impasto.

3.4.1.3 Aggregati

Gli inerti naturali e di frantumazione saranno costituiti da elementi non gelivi, non friabili e privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso e di sostanze comunque nocive all'indurimento del conglomerato ed alla buona conservazione delle armature; la ghiaia ed il pietrisco avranno dimensioni le massime indicate negli elaborati di progetto ed in genere compatibili con le dimensioni delle sezioni strutturali e della gabbia d'armatura. Gli inerti devono essere approvvigionati per classi granulometriche (non meno di tre classi) e depositati in luogo adatto, in silos o in cumuli ben distinti.

3.4.2 Caratteristiche resistenti del calcestruzzo C35/45 dei muri provvisionali (Rck 45)

Nel presente paragrafo si riportano i principali parametri meccanici del calcestruzzo impiegato per i muri provvisionali in c.a.

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

- $R_{ck} = 45 \text{ MPa}$

MI051P-A-PE-CIV-A-R-0303-0

11/13

R.T.I.:

R.T.P.:

- $f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 37,35 \text{ MPa}$
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45,35 \text{ MPa}$
- $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21,17 \text{ MPa}$

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

- $f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,35 \text{ MPa}$
- $f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 2,35 \text{ MPa}$
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,56 \text{ MPa}$

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo

- $f_{bk} = 2,25 \times \eta \times f_{ctk} = 5,29 \text{ MPa}$
- $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3,53 \text{ MPa}$

Modulo di elasticità, coeff. di Poisson, coeff. dilatazione termica

- $E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 34625 \text{ MPa}$
- $\nu_{clsfess.} = 0$
- $\nu_{cls non fess.} = 0,2$
- $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

- $\sigma_c = 0,60 \times f_{ck} = 22,41 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica
- $\sigma_c = 0,45 \times f_{ck} = 16,81 \text{ MPa}$ per combinazione quasi permanente

Pesi di volume

- $\gamma_{ca} = 25,00 \text{ kN/m}^3$ calcestruzzo armato

Altre caratteristiche cemento armato

- Classe di esposizione XS3
- Rapporto A/C < 0,45
- Diametro massimo inerte 32 mm
- Copriferro minimo 50 mm

Valore massimo di apertura delle fessure

- $W_1 = 0,20 \text{ mm}$ (condizioni ambientali molto aggressive e armatura poco sensibile)

3.4.3 Acciaio per cemento armato B450C

Per opere in calcestruzzo armato si userà acciaio in barre del tipo B450C (ad aderenza migliorata) avente una tensione caratteristica di snervamento minima garantita di 450,00 N/mm² ed una tensione caratteristica a rottura minima garantita di 540,00 N/mm².

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Le barre di acciaio ad aderenza migliorata sono caratterizzate dal diametro della barra tonda equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³. Le barre ad aderenza migliorata devono avere diametro D:

- $6\text{mm} \geq D \geq 40\text{mm}$ per acciaio B450C;
- $5\text{mm} \geq D \geq 10\text{mm}$ per acciaio B450A.

L'uso di acciai in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a 16mm per B450C e fino a 10mm per B450A. Per assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture le armature dovranno essere classificate come poco sensibili agli attacchi chimici.

Per quanto concerne la marchiatura dei prodotti e la documentazione di accompagnamento vale quanto indicato nel D.M. 17.01.2018 – Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni. E nella Circolare Consiglio Superiore Lavori pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” n° 7 del 21 Gennaio 2019.

Non si devono porre in opera armature ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne riducano la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

3.4.3.1 Caratteristiche resistenti dell'acciaio B450C

Di seguito si riportano i principali parametri meccanici dell'acciaio per cemento armato B450C.

Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura

- $f_{ynom} = 450 \text{ MPa}$
- $f_{knom} = 540 \text{ MPa}$

Resistenza di calcolo dell'acciaio

- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio

- $\sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica

3.5 DISPOSITIVI DI TRAINO

I golfari per bloccaggio cavo di traino e le barre saranno in acciaio B450C ad aderenza migliorata, le cui caratteristiche sono riportate nei capitoli e paragrafi precedenti.

Il tubo della bitta di traino sarà in acciaio S275 (UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1) le cui principali caratteristiche meccaniche sono riportate nella tabella seguente.

Densità ρ	kg/m ³	7850
Modulo elastico E	N/mm ²	210000
Coeff. Di Poisson ν	[-]	0,3
Tensione Caratteristica di Snervamento f_{yk}	N/mm ²	275
Tensione Caratteristica di Rottura f_{tk}	N/mm ²	430
Resistenza di progetto f_{yd}	N/mm ²	261,9

Tabella 1 – Caratteristiche dell'acciaio da carpenteria S275

Il tondino F60 passante il tubo della bitta di traino invece sarà in acciaio S355 (UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1) le cui caratteristiche meccaniche sono riportate di seguito.

Tensione Caratteristica di Snervamento f_{yk}	N/mm ²	355
Tensione Caratteristica di Rottura f_{tk}	N/mm ²	510
Resistenza di progetto f_{yd}	N/mm ²	338,1

Tabella 2 - Caratteristiche dell'acciaio da carpenteria S355