

HUB PORTUALE ravenna



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico centro settentrionale



APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI,
NUOVO TERMINAL IN PENISOLA TRATTAROLI E
RIUTILIZZO MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE
AL P.R.P VIGENTE 2007 - I FASE - PORTO DI RAVENNA

PROGETTO ESECUTIVO

oggetto

file

codice

scala

Revisione

data

causale

redatto

verificato

approvato

responsabile delle Integrazioni Specialistiche: **Ing. Lucia de Angelis**

responsabile del Procedimento: **Ing. Matteo Graziani**

committente

contraente generale



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico centro settentrionale

Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centro Settentrionale
Via Antico Squero, 31
48122 Ravenna



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

Consorzio Stabile Grandi Lavori Srl
Piazza del Popolo 18
00187 Roma



**Dredging
International**

DEME - Dredging International NV
Haven 1025 - Scheldedijk 30
2070 Zwijndrecht - Belgium

progettisti



Technital S.p.A.
Via Carlo Cattaneo, 20
37121 Verona

Direttore Tecnico
Dott. Ing. Filippo Busola



F&M Ingegneria SpA
Via Bevedere 8/10
30035 Mirano (VE)

Direttore Tecnico
Dott. Ing. Tommaso Tassi



SISPI srl
Via Filangieri 11
80121 Napoli

Direttore Tecnico
Dott. Ing. Marco Di Stefano

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
2.1.1	LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI.....	3
2.1.2	NORME E ISTRUZIONI NAZIONALI	3
2.1.3	NORMATIVA EUROPEA ED INTERNAZIONALE	3
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI	5
3.1	ANALISI DEL PROGETTO ORIGINARIO	5
3.2	PROVE SUI MATERIALI ESISTENTI	6
3.2.1	PROVE SUI MATERIALI ESEGUITE IN FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA	6
3.2.2	PROVE SUI MATERIALI ESEGUITE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA.....	6
3.3	LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DI PROGETTO	9
4.1	CALCESTRUZZI PER LE OPERE IN C.A.	9
4.1.1	CARATTERISTICHE MECCANICHE	9
4.1.2	CLASSE D'ESPOSIZIONE E CLASSE DI CONSISTENZA.....	10
4.1.3	QUALITÀ DEI COMPONENTI	11
4.1.4	RIPRESE DI GETTO	11
4.1.5	RIEPILOGO DELLE CARATTERISTICHE DI PROGETTO	11
4.2	ACCIAIO	12
4.2.1	ACCIAIO PER ARMATURA C.A.	12
4.2.2	ACCIAIO PER I TIRANTI DI ANCORAGGIO	12

1 PREMESSA

Nella presente relazione sono riportate le tipologie e le caratteristiche dei materiali che saranno utilizzati nell'intervento di adeguamento previsto per la banchina Docks Piomboni Nord (Banchina "BAM") nell'ambito del progetto esecutivo "Approfondimento Canali Candiano e Baiona, adeguamento banchine operative esistenti, Nuovo Terminal in penisola Trattaroli e riutilizzo del materiale estratto in attuazione al P.R.G. vigente 2007 – I Fase – Porto di Ravenna".

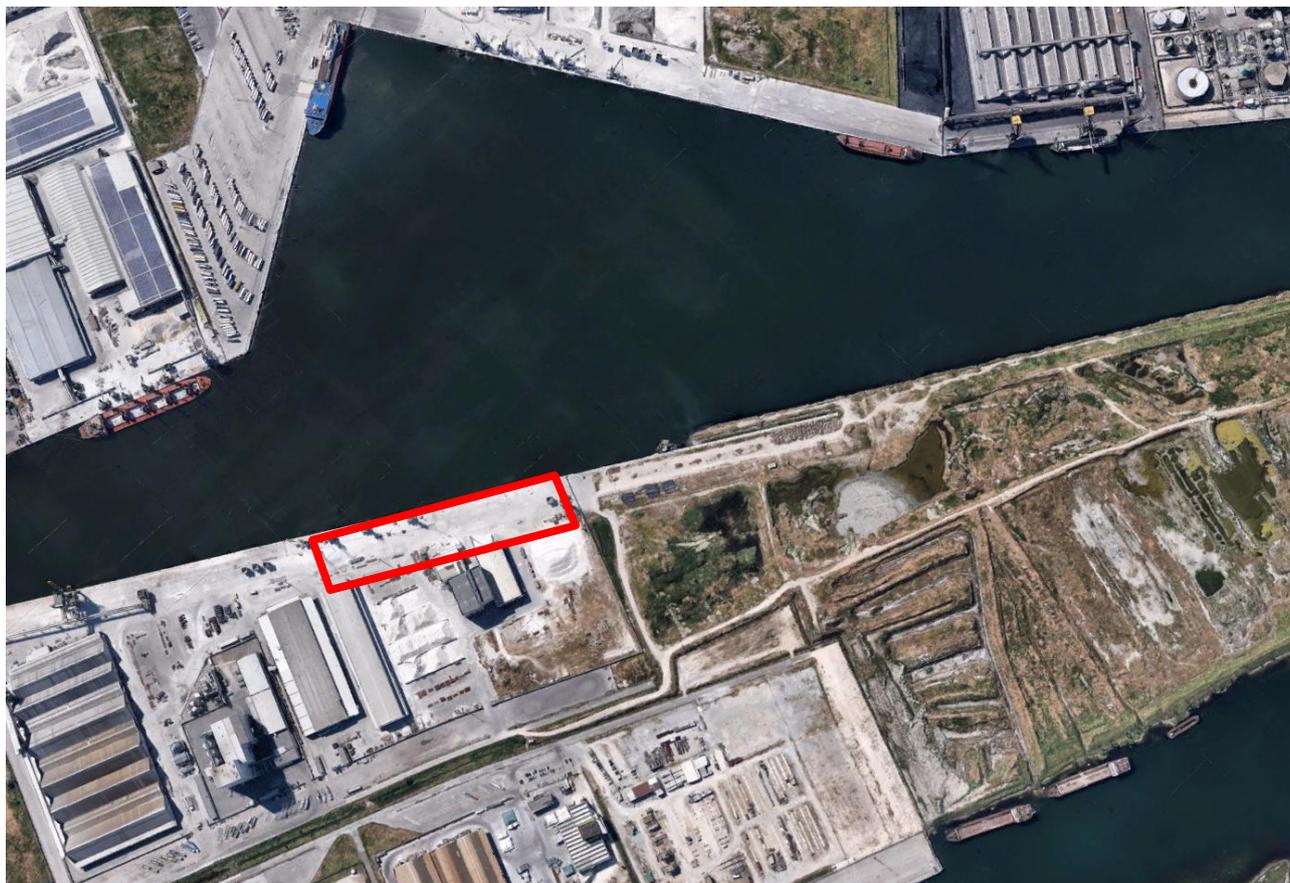


Figura 1 – Inquadramento banchina Docks Piomboni Nord

Il progetto di intervento sul banchinamento, agendo su una struttura completamente realizzata e introducendo significative variazioni delle sollecitazioni, va inquadrato nell'ambito degli interventi di adeguamento di strutture esistenti, ai sensi delle previsioni del capitolo 8 "Costruzioni esistenti" delle Norme vigenti (DM 17 gennaio 2018).

In particolare, ai sensi del § 8.5.3, per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali esistenti e del loro stato di degrado, ci si è basati sulla documentazione esistente (progetto originario), nonché su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali.

Nel proseguo della presente è riportata la caratterizzazione meccanica dei materiali esistenti. Segue una descrizione dettagliata dei materiali utilizzati negli interventi di adeguamento delle strutture.

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto strutturale degli interventi è stato condotto nell'ambito del Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite. Si è fatto riferimento, nella progettazione, alla vigente normativa italiana ed in particolare a:

- L. 5.11.1971, n° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- D.M. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circ. Min. n. 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Norma di prodotto (marcatatura CE)

Circa le indicazioni applicative considerate per l'ottenimento dei requisiti prestazionali prescritti nel DM del 17/01/2018, ci si è riferiti, quando non direttamente alle indicazioni delle Norme Tecniche stesse, a normative di comprovata validità e ad altri documenti tecnici elencati nel seguito.

In particolare, per quel che riguarda le Verifiche Strutturali, le indicazioni fornite dagli Eurocodici, con le relative Appendici Nazionali, costituiscono indicazioni di comprovata validità e forniscono il sistematico supporto applicativo delle norme.

2.1.1 Leggi, Decreti e Circolari

- L. 5.11.1971, n° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- L. 2.02.1974, n° 64 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circ. Min. n. 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977) – “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”.
- Associazione Geotecnica Italiana (1984) – “Raccomandazioni sui pali di fondazione”.
- Associazione Geotecnica Italiana (2012) – “Jetgrouting. Raccomandazioni”.
- Raccomandazioni A.I.C.A.P., A.G.I. (2012) – “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce”.

2.1.2 Norme e Istruzioni Nazionali

- UNI EN 206-1 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione produzione e conformità”.
- UNI 11104 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- UNI EN 13369 – “Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo”.
- UNI EN 13225 – “Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi strutturali lineari”.
- UNI EN 14992 – “Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi da parete”.
- UNI EN 13747 – “Prodotti prefabbricati di calcestruzzo- Lastre per solai”.

2.1.3 Normativa Europea ed Internazionale

- UNI EN 1990 - Eurocodice 0 – “Criteri generali di progettazione strutturale”.
- UNI EN 1991 - Eurocodice 1 – “Azioni sulle strutture”.
- UNI EN 1992 - Eurocodice 2 – “Progettazione delle strutture di calcestruzzo”.
- UNI EN 1993 - Eurocodice 3 – “Progettazione delle strutture di acciaio”.
- UNI EN 1994 - Eurocodice 4 – “Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo”.

- UNI EN 1997 - Eurocodice 7 – “Progettazione geotecnica”.
- UNI EN 1998 - Eurocodice 8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”.
- BS6349 – “Maritime works”
- Recommendation of the Committee for Waterfront Structures EAU, Sixth English Edition (EAU 1990)
- PIANC 2002 – “Guidlines for the Design of Fenders Systems”

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI

3.1 ANALISI DEL PROGETTO ORIGINARIO

Per quanto riguarda i materiali, dalla relazione di calcolo si evince che sono stati utilizzati i seguenti materiali:

- Calcestruzzi:
 - o per travi di coronamento $R_{ck} = 30 \text{ MPa}$;
 - o per piastre di ancoraggio $R_{ck} = 35 \text{ MPa}$;
- Acciai:
 - o per armature lente ad aderenza migliorata: FeB 44k per $\varnothing < 26 \text{ mm}$ e FeB 38 k per $\varnothing > 26 \text{ mm}$;
 - o per tiranti di ancoraggio: trefoli compattati (TS 0,7", $A_{\text{ref.}} = 223 \text{ mm}^2$), inguainati ed ingrassati in vipla con $f_{p(1)k} = 1.500 \text{ MPa}$ $f_{ptk} = 1.700 \text{ MPa}$;
 - o per palancole: $f_y > 390 \text{ MPa}$; $f_t > 490 \text{ MPa}$

I Progettisti del definitivo posto a base d'appalto hanno inoltre reperito dei certificati di fornitura dei palancolati che confermano il tipo di palancola principale (HZ975 A) e le caratteristiche nominali dell'acciaio (S390GP), come mostrato nello stralcio del documento di Figura 2.

Verkaufsstelle : ISPC 56, route de Luxembourg L-4221 Esch-sur-Alzette		Walzwerk : PROFILARBED Differdange	Zeugnis Nr X 136232 Lieferscheinnummer 136232 vom 4. Februar 2002 PROFILARBED Société Anonyme 56, rue de Luxembourg, L-4221 Esch-sur-Alzette R.C. Luxembourg Section B-41983			
A09 Unsere Zeichen : 02BA140201 A07 Ihre Zeichen : 02BH140201 09.01.2002 Verbraucher : PROFILARBED DIFFERDANGE		PROFILARBED DIFFERDANGE Boîte postale 60 4501 DIFFERDANGE				
S390 GP NACH EN 10248-1/95						
B02 Werkzeugzeugnis nach EN 10204/2.2.						
A02						
B01	B04	B10				
Bst.Pos.	Produkt	Länge	Gewicht	Bü.	Stück	
000010	HZ 975 A EINZELBOHLE	28.500 mm	99,645 to		15	
Schmelzanalyse (%)						
	C	Mn	P	S	Si	N
Min						
Max	0,24	1,60	0,040	0,040	0,55	0,012
000010	0,13	1,34	0,016	0,022	0,20	0,008
Zugversuch						
	N/mm ²		N/mm ² 5,65VS			
	ReH	Rm	A(%)			
	[C11]	[F12]	[C13]			
Min	390	490	20,00			
Max	440	547	26,33			
000010						

Figura 2 – Stralcio del certificato di fornitura delle palancole

3.2 PROVE SUI MATERIALI ESISTENTI

3.2.1 Prove sui materiali eseguite in fase di progettazione definitiva

In fase di progettazione definitiva per definire la qualità dei materiali presenti e lo stato di conservazione dell'opera è stata realizzata una campagna di indagine costituita da:

- prelievo di un fazzoletto di palancola metallica per valutazione della qualità dell'acciaio con prova di trazione;
- misura dello spessore del palancolato metallico con tecniche ultrasoniche.

I risultati analitici sono presenti nelle relative relazioni di indagine.

In sintesi risulta che:

- la prova di trazione sull'acciaio del palancolato indica un carico di snervamento di $f_y = 354$ MPa, un carico di rottura $f_t = 488$ MPa ed un allungamento a rottura del 34,5%;
- lo stato di corrosione della palancola indica spessori superiori ai valori nominali per entrambe le verticali indagate (vedi Tabella 1).

Tabella 1. Misura ultrasonica dello spessore dei palancolati metallici HZ

BANCHINA INDAGATA		Palancola HZ	Spessore nominale (mm)	Anno di Installazione	Anni di esposizione all'ambiente	Misura ultrasonica spessori acciaio dei palancolati					
						Spessore (mm)					
						Misura su fazzoletto	Profondità (da l.m.m.)				
-0,50	-2,50	-4,50	-6,50	-8,50							
PALANCOLE Docks Piomboni nord (Sez.19)	Punto 11-Bitta 18	HZ975A	17	2002	15	-	18,7	18,4	18,3	18,4	18,5
	Punto 12-Bitta 17					18,3	18,5	18,4	18,4	18,4	18,4

3.2.2 Prove sui materiali eseguite in fase di progettazione esecutiva

Ai fini della caratterizzazione meccanica dei materiali esistenti, in fase di progettazione esecutiva sono state eseguite prove sui materiali aggiuntive in corrispondenza della trave di coronamento, sulla quale non sono previsti interventi di consolidamento.

Le prove sui materiali aggiuntive eseguite sono le seguenti:

- Prelievo di n.4 carote in cls da sottoporre a prova di compressione e prova di profondità di penetrazione degli ioni di cloruro;
- Prelievo di n. 2 barre d'armatura $\varnothing 16$ da sottoporre a prova di trazione dell'acciaio

Si riportano di seguito degli stralci dei rapporti di prova contenenti i risultati.

Risultati delle prove: DOCKS

Prova di compressione delle carote.

Esame visivo dei provini.

Provino [n.]	Condizione di umidità della superficie al momento della prova	Profondità di carbonatazione [cm]
C1 Banchina	asciutta	0,5
C2 Banchina	asciutta	0,5
C3 Banchina	asciutta	0,5
C4 Banchina	asciutta	0,5

Risultati prova di compressione (Data di prelievo: 09/12/2020; Data della prova: 17/12/2020).

Provino [n.]	Posizione in opera	Diametro D [mm]	Altezza H [mm]	Rapporto H/D	Area [mm ²]	Peso [g]	Massa volumica [kg/m ³]	Carico di rottura [kN]	Resistenza a compressione della carota f _{cc} [N/mm ²]
C1	Banchina	99,3	99,3	1,00	7740	1688	2196	363,7	47,0
C2	Banchina	99,3	99,3	1,00	7740	1728	2248	360,8	46,6
C3	Banchina	99,3	99,3	1,00	7740	1756	2285	364,0	47,0
C4	Banchina	99,3	99,3	1,00	7740	1705	2218	401,1	51,8

Prova di trazione dell'acciaio.

Punto di prelievo dei campioni.

Sigla	Posizione in opera	Nota
F1	Banchina	Barra ad aderenza migliorata
F2	Banchina	Barra ad aderenza migliorata

Trazione barre d'acciaio (Data di prelievo: 09/12/2020, Data della prova: 18/12/2020).

N.	Diametro reale [mm]	Sezione resistente [mm ²]	Allungamento a carico max A _{gt} [%]	Tensione di snervamento f _y [N/mm ²]	Tensione di rottura f _t [N/mm ²]	Rapporto f _t /f _y	Peso unitario [g/m]
F1	16,1	203,2	13,7	531,7	646,7	1,22	1595
F2	16,3	208,7	11,2	535,2	629,2	1,18	1638

Prova di profondità di penetrazione degli ioni cloruro.

Provino [n.]	Data inizio prova [gg/mm/aa]	Data fine prova [gg/mm/aa]	Profondità richiesta			Profondità media rilevata [cm]
			1,5	3,0	4,5	
IC1 Banchina	11/02/2021	18/02/2021	SI	SI	NO	3,4
IC2 Banchina	11/02/2021	18/02/2021	SI	SI	NO	3,5
IC3 Banchina	11/02/2021	18/02/2021	SI	SI	NO	3,5

Nota. (*) profondità di penetrazione dello ione cloruro;
(SI) a questa profondità richiesta vi è penetrazione dello ione cloruro.
(NO) a questa profondità richiesta non vi è penetrazione dello ione cloruro.



Figura 3 - Stralcio rapporto di prova sui materiali esistenti

I risultati delle prove a schiacciamento delle carote in cls hanno dato esito positivo, con valori della resistenza a compressione della carota sempre superiore ai 45 N/mm².

Anche le prove a trazione delle barre di armatura ad aderenza migliorata hanno dato esito positivo, con valori di resistenza superiori ai valori caratteristici dell'acciaio B450 C.

3.3 LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA

Il paragrafo §C8.5.4 della Circolare applicativa delle Norme vigenti fornisce una guida alla stima dei fattori di confidenza da utilizzare in relazione al livello di conoscenza raggiunto. Anche se riferita principalmente agli edifici, la Circolare applicativa fornisce comunque un riferimento anche per il caso in esame. La Tabella 1 ripresa dalla Circolare stessa suggerisce, per le costruzioni in calcestruzzo armato ed acciaio, i seguenti fattori di confidenza da adottare in relazione a tre livelli di conoscenza: conoscenza limitata (LC1), conoscenza adeguata (LC2), conoscenza accurata (LC3).

Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

Per il caso della banchina Docks Piomboni si ritiene che il livello di conoscenza raggiunto (LC3) con i dati reperiti e le prove effettuate ("estese") sia tale da poter assumere i valori di resistenza dei materiali medie, con Fattore di Confidenza unitario (FC = 1).

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DI PROGETTO

Per gli interventi di progetto è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali:

- Conglomerato cementizio classe di resistenza C35/45 classe di esposizione XS3 per la realizzazione delle opere in c.a.;
- Acciaio in barre tipo B 450 C per le armature delle opere in c.a.;
- Acciaio acciaio da precompressione tipo Dywidag Y1050H per i tiranti di ancoraggio.

Si riporta di seguito una descrizione dettagliata dei materiali utilizzati negli interventi di progetto.

4.1 CALCESTRUZZI PER LE OPERE IN C.A.

Ai sensi della disciplina per le opere in conglomerato cementizio armato (Legge 05/10/71 n. 1086 pubblicata in G.U. n. 321 art.4 capo B), si riportano di seguito le caratteristiche, la qualità e le dosature dei materiali che verranno impiegati per le opere del progetto in questione, determinati in conformità al D.M. 17/01/2018.

4.1.1 Caratteristiche meccaniche

Per le opere in calcestruzzo armato di progetto verrà utilizzato un calcestruzzo con classe di resistenza C35/45 avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

- | | |
|---|---|
| • Modulo di elasticità: | $E = 34625 \text{ MPa}$ |
| • Peso specifico: | $\gamma = 2500 \text{ kg/m}^3$ |
| • Coefficiente di dilatazione termica | $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ |
| • Resistenza caratteristica cubica a compressione a 28 giorni | $R_{ck} = 45 \text{ MPa}$ |
| • Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni | $f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 37.35 \text{ MPa}$ |
| • Resistenza media a trazione semplice (assiale) | $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ MPa}$ |
| • Valore caratteristico della resistenza a trazione | $f_{ctk} = 0.70 f_{ctm} = 2.35 \text{ MPa}$ |
| • Resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} = 0.57 f_{ck} = 21.17 \text{ MPa}$ |
| • Resistenza di calcolo a trazione | $f_{ctd} = f_{ctk} / 1.50 = 1.56 \text{ MPa}$ |

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al § 4.1.2.1.2.1 del D.M. 17 gennaio 2018.

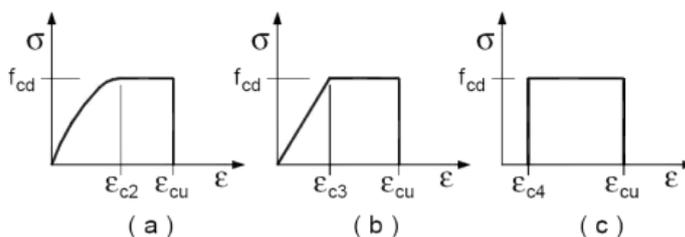


Figura 4 - Diagrammi di calcolo tensione - deformazione del calcestruzzo

La deformazione massima $\epsilon_{c \max}$ è assunta pari a 0.0035.

4.1.2 Classe d'esposizione e classe di consistenza

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Nel caso in oggetto si hanno condizioni ambientali molto aggressive. Per le opere in oggetto saranno dunque utilizzati calcestruzzi aventi la seguente classe d'esposizione XS3 – Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea.

Vengono di seguito riepilogate le caratteristiche dei calcestruzzi utilizzati

Classe	Ambiente di esposizione	Esempi informativi	Rapporto max acqua/cemento	Dosaggio minimo cemento [kg/m ³]	Minima classe resistenza
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità	0,45 (UNI 11104)	340 (UNI 11104)	C32/40 (UNI 11104)
			0,50 (UNI EN 206-1)	300 (UNI EN 206-1)	C30/37 (UNI EN 206-1)
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua	0,45 (UNI 11104)	360 (UNI 11104)	C35/45 (UNI 11104)
			0,45 (UNI EN 206-1)	320 (UNI EN 206-1)	C35/45 (UNI EN 206-1)
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti, alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45 (UNI 11104)	360 (UNI 11104)	C35/45 (UNI 11104)
			0,45 (UNI EN 206-1)	340 (UNI EN 206-1)	C35/45 (UNI EN 206-1)

Tabella 2 - Ambiente esposto a cloruri presenti nell'acqua di mare

Per le opere in oggetto verrà utilizzato un calcestruzzo di consistenza fluida, ovvero di classe di consistenza S4.

4.1.3 Qualità dei componenti

I componenti utilizzati nel confezionamento del calcestruzzo dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Devono impiegarsi i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197, ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo, nonché conformi alle prescrizioni di cui alla legge n°595 del 26 maggio 1965. È escluso l'impiego di cementi alluminosi;
- Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.
- È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, che devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1;
- Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria. Essi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2;
- L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere limpida, priva di sali (cloruri e solfuri) in percentuali dannose e non deve essere aggressiva. L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, deve essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

4.1.4 Riprese di getto

Le riprese di getto devono essere precedute dalla demolizione dello strato corticale della struttura esistente in modo da generare una superficie con asperità di almeno 5 mm e da un'accurata pulizia della superficie interessata con l'impiego di acqua od aria in pressione, con asportazione totale di eventuali parti mobili, polvere e lattice di cemento e successivamente abbondantemente bagnate, al fine di evitare possibili futuri distacchi e discontinuità lungo la superficie di ripresa stessa.

Si dovrà però anche eliminare ogni eventuale ristagno di acqua. Prima di procedere al getto, la superficie sarà trattata con resina epossidica tipo EPORIP della Mapei S.p.A. o similare.

4.1.5 Riepilogo delle caratteristiche di progetto

Nella Tabella 3 si riporta un riepilogo delle prescrizioni sul mix design dei calcestruzzi che saranno utilizzati per la realizzazione delle opere in c.a.

Classe di resistenza	C35/45
Classe di esposizione	XS3
Rapporto massimo a/c	0,45
Classe di consistenza	S4
Dimensione massima aggregato	32 mm
Tipo cemento	Pozzolánico
Classe cemento	42.5 R
Minimo contenuto in cemento	370 Kg/m ³
Ricoprimento minimo	45 mm

Tabella 3 - Prescrizione materiali – calcestruzzi

4.2 ACCIAIO

4.2.1 Acciaio per armatura c.a.

Le barre di armatura delle strutture in c.a. saranno in acciaio tipo B 450 C.

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018, la normativa ha introdotto l'utilizzo di una sola tipologia di acciaio nervato, l'acciaio del tipo B450. In particolare, le barre sono caratterizzate dal diametro ϕ della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7.85 kg/dm^3 .

Gli acciai B450C (profilati a caldo) possono essere impiegati in barre di diametro ϕ compreso tra 6 e 40 mm. Si riportano di seguito le caratteristiche meccaniche di riferimento:

- Modulo di elasticità: $E = 210000 \text{ MPa}$
- Modulo di elasticità tangenziale $G = 80769 \text{ MPa}$
- Peso specifico: $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Coefficiente di dilatazione termica $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Resistenza caratteristica allo snervamento $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
- Resistenza di calcolo allo snervamento $f_{yd} = f_{yk}/1.15 = 391.3 \text{ MPa}$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.3 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. 3.b.

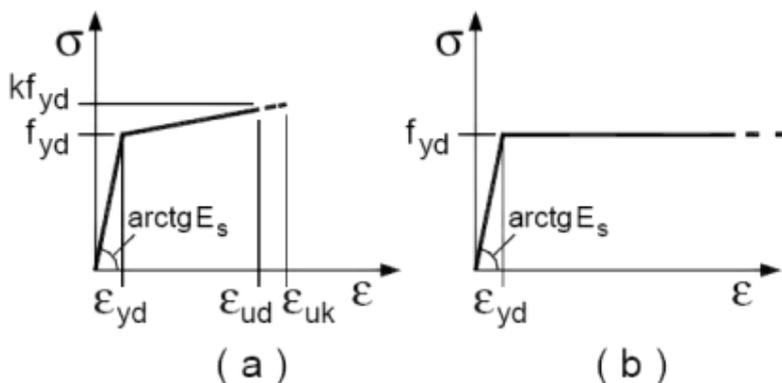


Figura 5 - Legami costitutivi acciaio

Per la trave di coronamento di nuova realizzazione prevista in corrispondenza dello scivolo di allaggio esistente è previsto l'utilizzo di barre di armatura zincate a caldo. Il processo di zincatura sarà eseguito in conformità a quanto indicato dalla UNI EN ISO 1461:1999.

4.2.2 Acciaio per i tiranti di ancoraggio

Le nuove strutture di ancoraggio sono realizzate con tiranti a barra cava di diametro nominale $\phi 90/70$ ($A = 2470 \text{ mm}^2$). Le barre sono in acciaio classe 460 J0 a filettatura continua aventi le seguenti proprietà meccaniche:

Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{0,1k} \geq 460 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{pk} \geq 560 \text{ MPa}$
Carico a snervamento (barre $\phi 90 \text{ mm}$)	$F_{p0,1k} = 1136 \text{ kN}$
Carico ultimo (barre $\phi 90 \text{ mm}$)	$F_{pk} = 1383 \text{ kN}$
Allungamento a rottura	$\geq 10 \%$

Allungamento totale alla forza massima $\geq 5 \%$

Al fine di prevedere un adeguata e duratura resistenza nei confronti della corrosione, si prevede di aumentare lo spessore radiale della barra di acciaio di 2,5 mm. L'area di acciaio aggiuntiva non è stata tenuta in conto nelle verifiche di resistenza.