

# Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centro Settentrionale

Porto di Civitavecchia  
Porto di Fiumicino  
Porto di Gaeta

## PROGETTO ESECUTIVO PRIMO LOTTO FUNZIONALE OPERE STRATEGICHE (IIStralcio): PONTILE II DARSENA TRAGHETTI

**IL PRESIDENTE**  
Avv. Francesco Maria di Majo

**IL SEGRETARIO GENERALE**  
Dott.ssa Roberta Macii

**IL PROGETTISTA E COORDINATORE DELLA  
PROGETTAZIONE**

Dott. Ing. Giuseppe Solinas



**IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

Dott. Ing. Maurizio Marini

Collaboratori APC

geom. Vittorio Lauro  
geom. Jacopo Turchetti  
arch. Marco Vettrai  
ing. Fabio Candido Poleggi

### RELAZIONE GENERALE

ELABORATO

# RG

CODICE PROGETTO: CV PE OM TT 01 18

SCALA:

REV.	DATA	Descr.
0	LUGLIO 2018	
1	OTTOBRE 2018	Adeguamento ai rapporti di Verifica Preventiva ai sensi dell'Art.26 D.Lgs 50/2016
RIF.DIS.	U:11 CIVITAVECCHIA\PROG DISEGNO\DT\SO PERE DI COMPLETAMENTO\PONTILE 2\PROGETTO PDF X VERIFICA\REV 01\TAVOLE\TESTATINE.DWG	

## INDICE

<b>1. DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE .....</b>	<b>2</b>
1.1. Descrizione dell'intervento .....	2
1.2. Sintesi delle indagini eseguite .....	3
1.3. Tipologia e dimensioni principali dell'opera .....	8
1.4. Arredi di banchina.....	12
1.5. Tubi corrugati per impianti .....	16
<b>2. MATERIALI STRUTTURALI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>17</b>
2.1. Concetti generali .....	17
2.2. Calcestruzzi .....	17
2.2.1. Caratteristiche dei calcestruzzi.....	19
2.3. Acciaio .....	20
2.3.1. Caratteristiche degli acciai .....	20
2.4. Legami costitutivi dei materiali utilizzati .....	20
2.4.1. Conglomerato cementizio .....	20
2.4.2. Acciaio da cemento armato.....	21
<b>3. CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITA' DEI RISULTATI.....</b>	<b>22</b>
<b>4. VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA' .....</b>	<b>23</b>
<b>5. ACUSTICA E POLVERI.....</b>	<b>26</b>

## 1. DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE

### 1.1. Descrizione dell'intervento

L'intervento di realizzazione del Pontile N.2 rientra all'interno della pianificazione della costruenda Darsena Traghetti e Servizi, e si colloca tra quelle opere previste nell'ambito del PRP volte alla differenziazione dei traffici e delle destinazioni d'uso degli accosti e delle aree. La differenziazione permetterà la netta separazione dell'ambito portuale nei due subambiti caratterizzanti appresso riportati:

- 1) Subambito Porto Storico, d'interazione porto città;
- 2) Subambito Porto Operativo, destinato al traffico dei passeggeri e delle merci.

Tutto il complesso di opere consentirà di omogeneizzare le destinazioni d'utilizzo delle diverse zone del porto, di allontanare dal centro cittadino le zone del porto operativo e di completare la trasformazione del Porto Storico in luogo di grande valenza turistica e culturale.

Inoltre, tale nuova disposizione, rispetto all'attuale situazione che vede i traghetti collocati nella zona più lontana dall'imboccatura, viene incontro all'esigenza di minimizzare i tempi di ingresso/uscita ed ormeggio/disormeggio dei traghetti in modo tale da poter disporre dei vari accosti più volte nell'arco della giornata ed avere un ottimale utilizzo della stessa infrastruttura marittima.

Diversamente dall'opera di difesa esterna e dalle opere di banchinamento interno della darsena, infrastrutture costituite prevalentemente da cassoni in calcestruzzo armato, già realizzate e recentemente collaudate, il pontile N.2, oggetto di questa progettazione esecutiva, è costituito da una struttura a giorno formata da un impalcato in conglomerato cementizio armato su pali di grande diametro.

Nello specifico i pali saranno del tipo trivellato, avranno un diametro pari a  $\Phi 1500$  mm e si spingeranno fino alla profondità di -30 m. Il tratto libero in acqua sarà confinato da un tubo in acciaio dello spessore di 14 mm la cui lunghezza sarà spinta sino a quota -11,70 m dal l.m.m. per garantire un idoneo innesto sul sedime.

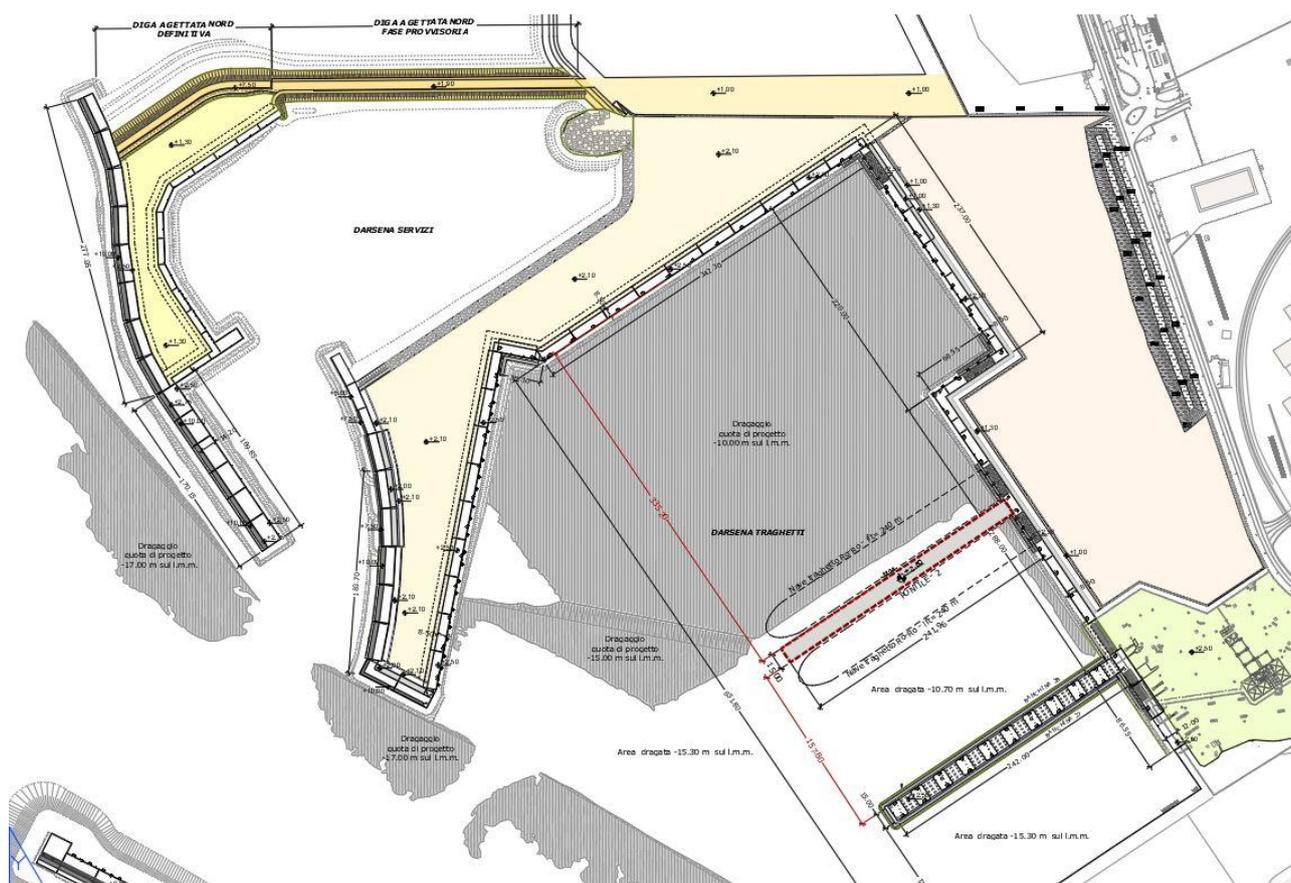
Tale soluzione tecnica adottata per la realizzazione dei pontili per l'approdo delle navi traghetto consente di non interferire con il ricambio delle acque portuali, vista la ridotta resistenza offerta dai pali alla circolazione idraulica interna alla darsena.

Il presente progetto è una parte componente del più ampio "*Opere Strategiche I° Lotto funzionale per il Porto di Civitavecchia, prolungamento antemurale C.Colombo, darsena servizi e darsena traghetti*" già oggetto di validazione nella sua interezza da parte della società Italsocotec S.p.a.,

come è facile desumere dal verbale di validazione del progetto esecutivo del 05.12.2011 che si allega in fondo alla presente relazione.



*Aerofotogrammetrico del Porto di Civitavecchia (Anno 2015)*



***Planimetria di progetto del Pontile***

La presente project review si è resa necessaria al fine di adeguare il progetto alle mutate condizioni al contorno quali:

- variate normativa di settore D.M. 17.01.2018 “aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”, D.Lgs 50.2016 “codice dei contratti pubblici”;
- aggiornamento dei prezzi rispetto al progetto complessivo originario andato in gara “Opere Strategiche I° Lotto funzionale per il Porto di Civitavecchia”;
- ottimizzazione delle geometrie inerenti l’impalcato finalizzate a migliorare le condizioni di durabilità e di esecuzione.

In particolare le modifiche geometriche strutturali hanno riguardato sostanzialmente la riprogettazione delle dalle prefabbricate tralicciate, infatti, nel vecchio progetto esecutivo gli spessori di calcestruzzo a protezione delle armature erano di soli 2cm, quindi, tali da non risultare conformi agli spessori minimi previsti nella circolare n° 617 del 02/2009 per la specifica tipologia di condizioni al contorno di riferimento “ambiente molto aggressivo”.

Pertanto, il nuovo spessore della soletta prefabbricata, seppur considerata nei modelli di calcolo come semplice cassero a perdere, è stato opportunamente incrementato sino a 9 cm al fine di rispettare i prescritti valori di copriferro, indipendentemente dalla necessità che le armature d'intradosso, inglobate nella dala, svolgessero o meno una funzione statica anche nella fase d'esercizio del pontile.

Allo stesso modo, è stato opportunamente incrementato lo spessore di copriferro nella parte di estradosso della soletta finita portando il relativo valore da 4,0 cm a 5,0 cm così come previsto dalla relativa circolare di riferimento per le specifiche condizioni al contorno (sia ambientali sia di vita nominale della infrastruttura Tipo 3 Tabella 2.4.I delle N.T.C.).

In aggiunta a quanto sopra, negli elaborati grafici è stata modificata la disposizione planometrica delle armature integrative inferiori, poste incrociate secondo le due direzioni principali, in modo da avere sempre i giusti valori di copriferro finalizzati all'esito positivo delle verifiche dei minimi valori di ricoprimento di calcestruzzo e degli stati limite d'esercizio relativamente agli aspetti della durabilità.

La nuova disposizione delle barre d'armatura, infatti, è stata pensata in modo tale da garantire alle barre disposte trasversalmente al verso di tessitura delle dale un copriferro di 2,0 cm in aggiunta alla protezione offerta dallo spessore delle lastre tralicciate considerate, per quella particolare direzione, come semplice cassero a perdere ed ulteriore spessore protettivo. Livello di protezione che è stato poi mantenuto anche in corrispondenza dei tratti di giunzione tra le dale adiacenti, grazie all'accorgimento che prevede la rastremazione del bordo lungo il tratto longitudinale. Necessità non ravvisata per le altre barre in direzione ortogonale in quanto protette da un ulteriore copriferro di 2,0 cm dovuto allo spessore delle barre costituenti lo strato inferiore.

Vista l'importanza dell'opera e le particolari condizioni d'esercizio non si è tenuto conto delle possibili riduzioni di spessore del copriferro ammesse, dalle *"Istruzioni per l'Applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/1/2008"*, per elementi strutturali prefabbricati prodotti in controllo di qualità e per armature autoprotette (barre di acciaio zincato a caldo).

Logicamente gli incrementi di spessore delle solette, sia di quella prefabbricata a perdere sia di quella superiore gettata in opera, hanno determinato, nelle diverse fasi costruttive e di esercizio, i conseguenziali incrementi dei carichi da peso proprio e delle corrispondenti sollecitazioni. Incrementi che hanno richiesto l'adeguamento dei calibri e dei quantitativi delle barre d'armatura e la rielaborazione delle verifiche strutturali relativamente agli stati limite sia limite sia di esercizio.

Le scelte progettuali hanno tenuto conto delle disposizioni di cui all'allegato IV del D.Lgs. 81/08, garantendo, per l'esecuzione delle attività previste, luoghi di lavoro adeguatamente sicuri e rispondenti alle condizioni minime richieste dalla normativa. Con specifico riferimento al contesto in cui va a collocarsi l'opera, l'elaborato Piano di Sicurezza e Coordinamento, al quale si rimanda, riporta in maniera esaustiva i rischi derivanti dal contesto in cui si colloca l'area di cantiere, con particolare riferimento ai rischi presenti.

Tutti i luoghi di lavoro e di passaggio sono stati concepiti garantendo la difesa contro i rischi propri del contesto (cfr. rischio di caduta in mare o rischio di investimento) ed attuando, laddove non eliminabili, misure di protezione adeguate (come ad esempio misure di protezione collettiva piuttosto che individuale).

## 1.2 Sintesi delle indagini eseguite

Per quanto riguarda gli accertamenti messi in campo per ridurre la possibilità degli imprevisti, non è stato ritenuto necessario eseguire ulteriori indagini e rilievi, oltre quelli già effettuati nella stesura del precedente progetto esecutivo e perizia di variante, in quanto le condizioni al contorno si ritengono ormai sufficientemente ispezionate.

Tale asserzione è da ritenersi valida in termini di investigazione:

- topografica (rilievi eseguiti e testati dallo stesso ufficio tecnico);
- batimorfologica (rilievi di seconda pianta certificati da tecnico mareografo ufficiale);
- geologica e geotecnica (i valori assunti per il dimensionamento geotecnico risultano inviluppare in modo cautelativo le risultanze delle indagini conoscitive);
- meteomarina (l'opera risulta all'interno di uno specchio acqueo idoneamente protetto ormai operativo da qualche anno).

A proposito di quest'ultimo punto, essendo ormai passati alcuni anni dalla ultimazione dell'infrastruttura marittima, così come si presenta nella attuale configurazione, risulta ampiamente confermato che gli stati di agitazione residua del moto ondoso rilevati in corrispondenza della ubicazione dell'opera non hanno fatto altro che confermare le valutazioni qualitative e quantitative elaborate in sede di progetto principale.

Per la ricostruzione stratigrafica e geotecnica si è tenuto conto dei sondaggi eseguiti durante le fasi di progettazione definitiva delle Opere Strategiche (GT- anno 2003) integrati dalle perforazioni SD5

- SD6 - SD7, SP1 e SS1 - SS2 - SS3 - SS4 (anno 2012) e di quelli eseguiti sulla cassa di colmata (SV3 e SV4- anno 2018).

La loro ubicazione é schematicamente riportata nella seguente figura.



### *Ubicazione delle indagini utilizzate per il modello geologico locale*

Per la modellazione sismica è stata eseguita una specifica campagna con tecnica MASW articolata in 3 stendimenti.

Tale indagine ha consentito di individuare la  $V_{seq}$  e pertanto la categoria sismica dei terreni.

In corrispondenza del Pontile 2, considerata la quota di fondale dragato a -10.7 m slm, risultano presenti spessori residui di panchina di ordine metrico solamente nel tratto di testata ed in quello mediano dell'opera.

Queste formazioni sono sovrapposte ai limi argillosi grigi ("AG") ed, in profondità, alle sabbie limose grigie fossilifere ("Sf").

Nel tratto prossimo alla radice sono presenti essenzialmente terreni sabbiosi giallastri ("S") localmente intercalati a livelli limo-argillosi e sovrapposte alle sabbie grigie fossilifere ("Sf").

### 1.3. Tipologia e dimensioni principali dell'opera

Il pontile presenterà una lunghezza del fronte di accosto pari a circa 242.50 m e sarà costituito da 8 conci di 29.90 m di lunghezza e di 15 m di larghezza, collegati tra di loro ed alla banchina di riva mediante un giunto strutturale di 22.5cm di larghezza.

Ciascun concio tipo sarà realizzato con fondazioni profonde costituite da 15 pali di diametro  $\Phi$  pari a 1500 mm, muniti, per la parte compresa tra la quota di +0.22 m s.l.m. e la profondità di -11.70m s.l.m., di una camicia in acciaio dello spessore di 14 mm. I pali saranno trivellati e raggiungeranno la profondità di -30 m s.l.m. Gli stessi saranno disposti lungo 3 allineamenti in direzione longitudinale e 5 allineamenti in direzione trasversale, a formare 8 maglie di 6,90 m di lunghezza e di 6.35 m di larghezza.

Come è possibile rilevare dagli elaborati progettuali, i pulvini prefabbricati in calcestruzzo armato, di dimensioni massime pari a 2.30x.40x2.30 m (LxHxP), saranno posizionati in corrispondenza di ciascun palo, ricoprendone parzialmente la testa posta a quota di +0.29m s.l.m..

L'impalcato, il cui estradosso raggiungerà i +2.50 m sul l.m.m., sarà costituito da elementi prefabbricati, che, posizionati in opera, saranno solidarizzati da getti di completamento eseguiti in più fasi.

Per il concio tipo, tali elementi prefabbricati possono essere suddivisi in:

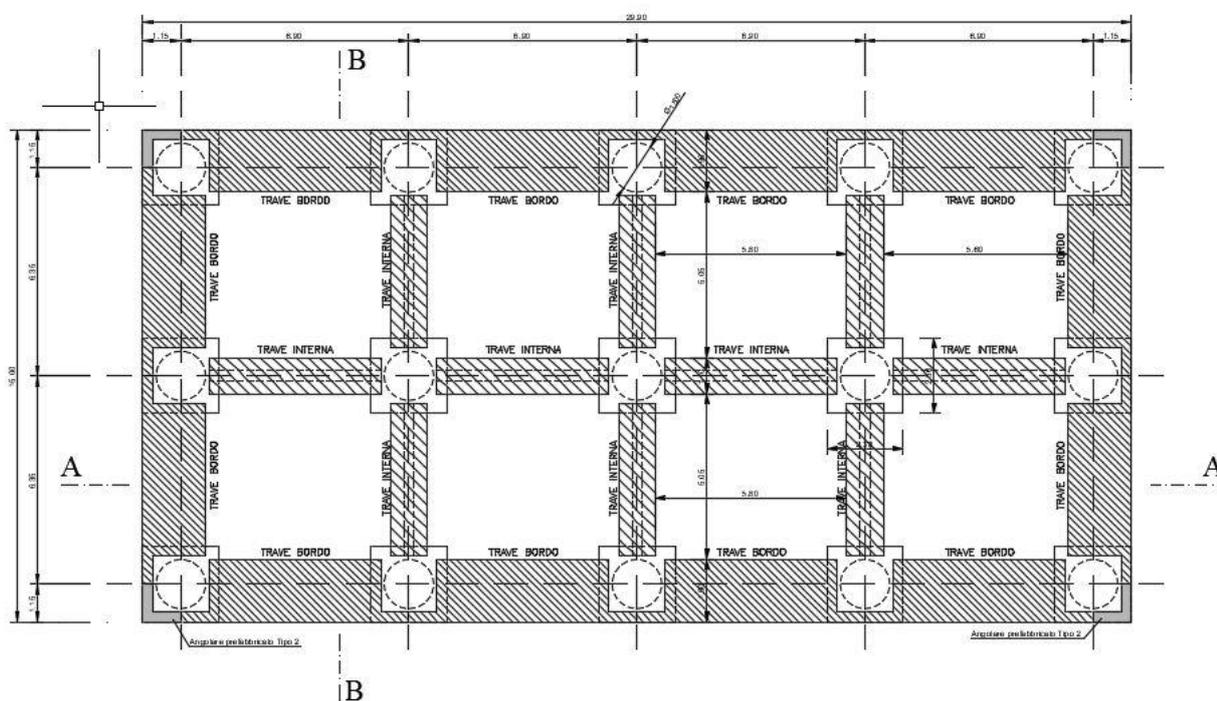
- 12 travi di bordo, dette scatolari perché presentano una sezione trasversale cava, con dimensioni massime pari a 1.45x1.90 m (HxP). Le travi, appoggiate sui pulvini, saranno disposte sui lati esterni delle 8 maglie;
- 10 travi a doppio T, di dimensioni trasversali pari a 1.45x1.10 m (HxP), con un'anima da 0.30 m di spessore; tutte le ali della trave a doppio T avranno una larghezza pari a 0.40 m e presenteranno un'altezza compresa tra 0.25 m, nel punto di minimo, e 0.30 m in corrispondenza dell'anima;
- 4 angolari prefabbricati, ciascuno dei quali, compreso tra due travi scatolari, sarà ubicato in corrispondenza degli angoli del concio tipo;
- 16 predalles tralicciate di due differenti tipologie, che, appoggiate sulle predette travi a formare un fondo continuo ed autoportante, fungeranno da cassero per il getto di completamento della sovrastruttura. Tutte le predalles saranno disposte secondo il lato minore delle 8 maglie e presenteranno una lunghezza pari a 5.25 m. Le predalles del Tipo 1 saranno disposte sulle maglie esterne del concio tipo e presenteranno una larghezza di 2.90 m, mentre le predalles del Tipo 2 saranno disposte sulle maglie interne del concio tipo e presenteranno una larghezza di 3.00 m.

Poiché la precedente classificazione fornisce indicazioni generali circa ciascun elemento prefabbricato, per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati progettuali. Così come indicato negli stessi, la sovrastruttura sarà dotata di bitte in acciaio da 200 t di tiro nominale, di parabordi cilindrici tipo 1000x500 di lunghezza 1.5m, di predisposizione per parabordi a doppia ruota (non previsti nel presente appalto) posizionati ai vertici estremi del pontile, di scalette alla marinara e di anelloni per l'ormeggio in acciaio inox.

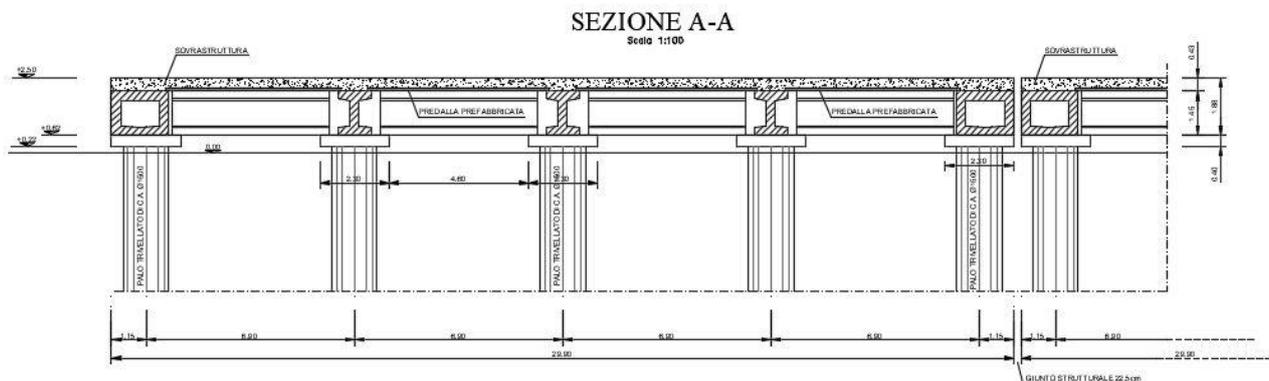
I pali trivellati, gli elementi prefabbricati, i getti in opera di completamento e la sovrastruttura saranno realizzati con calcestruzzo avente resistenza caratteristica  $R_{ck}$  45N/mm<sup>2</sup>, classe di esposizione XS3 e presenteranno armature in acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C, zincato a caldo per l'intera lunghezza delle barre se posizionate anche solo parzialmente ad una quota superiore rispetto a -2,50 m s.l.m.

PIANTA IMPALCATO TIPO

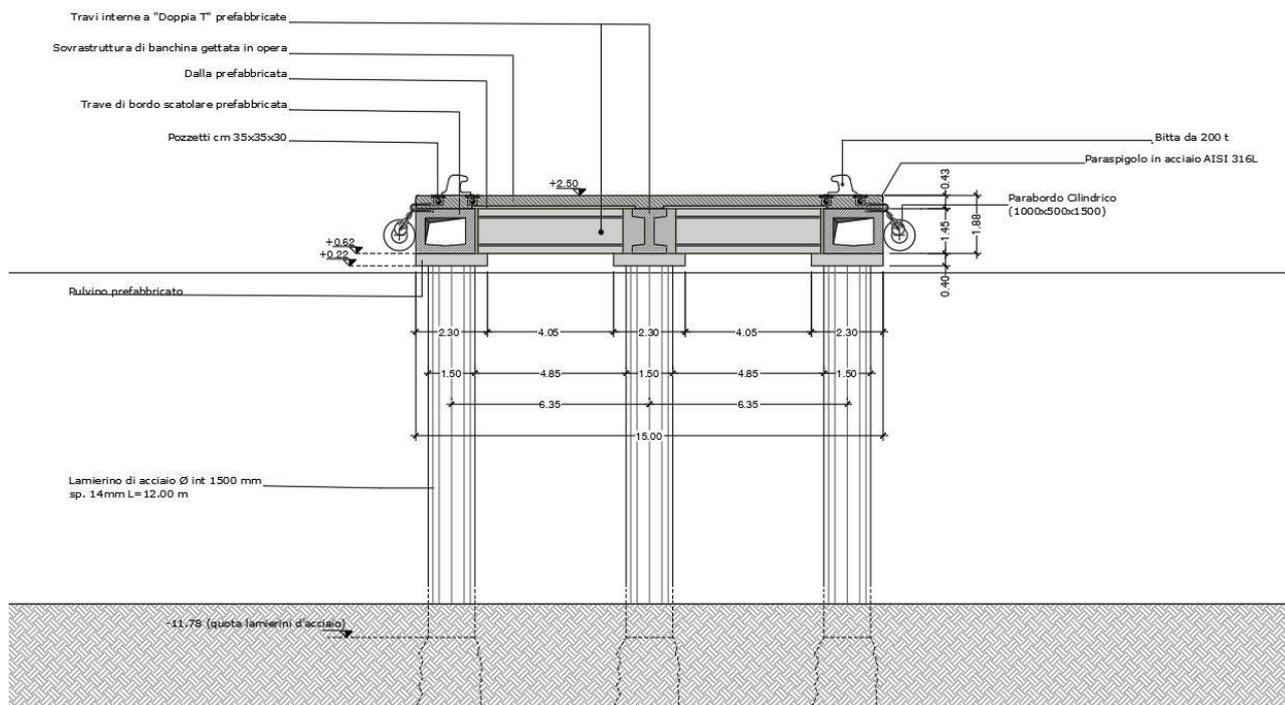
Scala 1:100







*Sezione longitudinale e impalcato tipo*



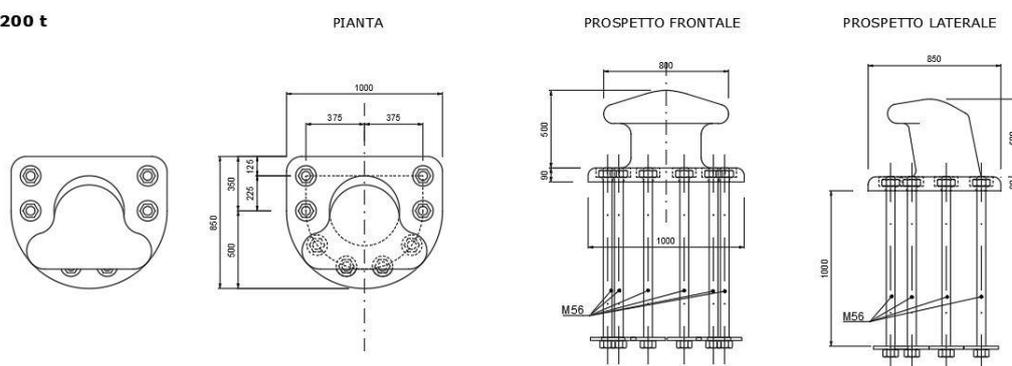
*Sezione trasversale impalcato tipo*

## 1.4. Arredi di banchina

Lungo la banchina saranno predisposti simmetricamente su entrambi i lati i seguenti arredi di banchina:

- N.8 bitte da 200ton (vedi figura seguente) con un passo di circa 30.125m che salirà fino a 37m sull'impalcato di testata (sugli impalcati da 1 a 7 le bitte saranno posizionate in corrispondenza della fila centrale di pali, mentre sul N.8 saranno installate sulla quarta fila di pali in modo tale da essere posizionate più vicine alla testata del pontile);

**Bitta Tipo da ormeggio da 200 t**  
Scala 1:25



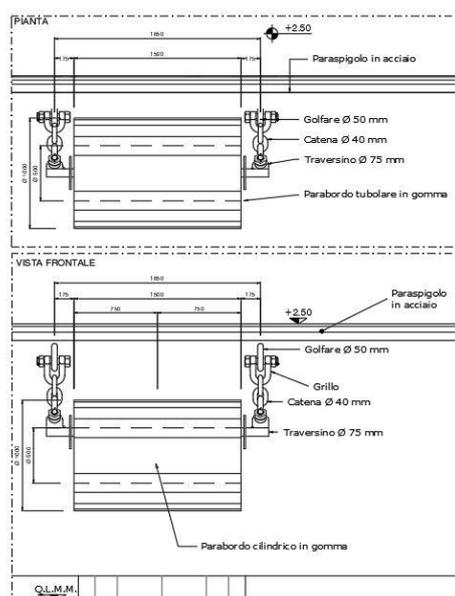
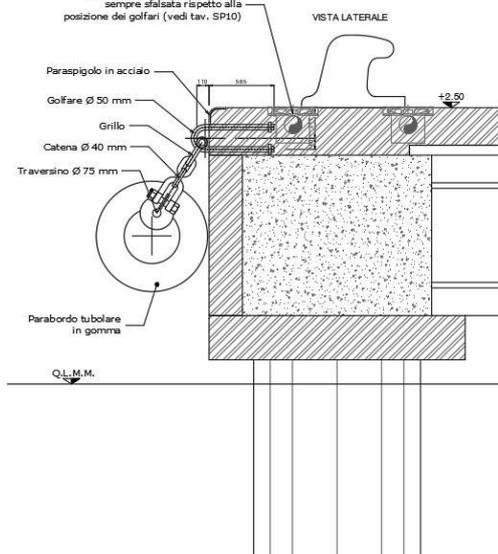
*Particolare della bitta da 200ton*

- N.32 parabordi cilindrici tipo 1000x500 di lunghezza 1.5m (vedi figura successiva) posizionati su entrambi i lati in corrispondenza della seconda e quarta fila di pali;

**Parabordo tipo Cilindrici 1000x 500x 15000**

Scala 1:25

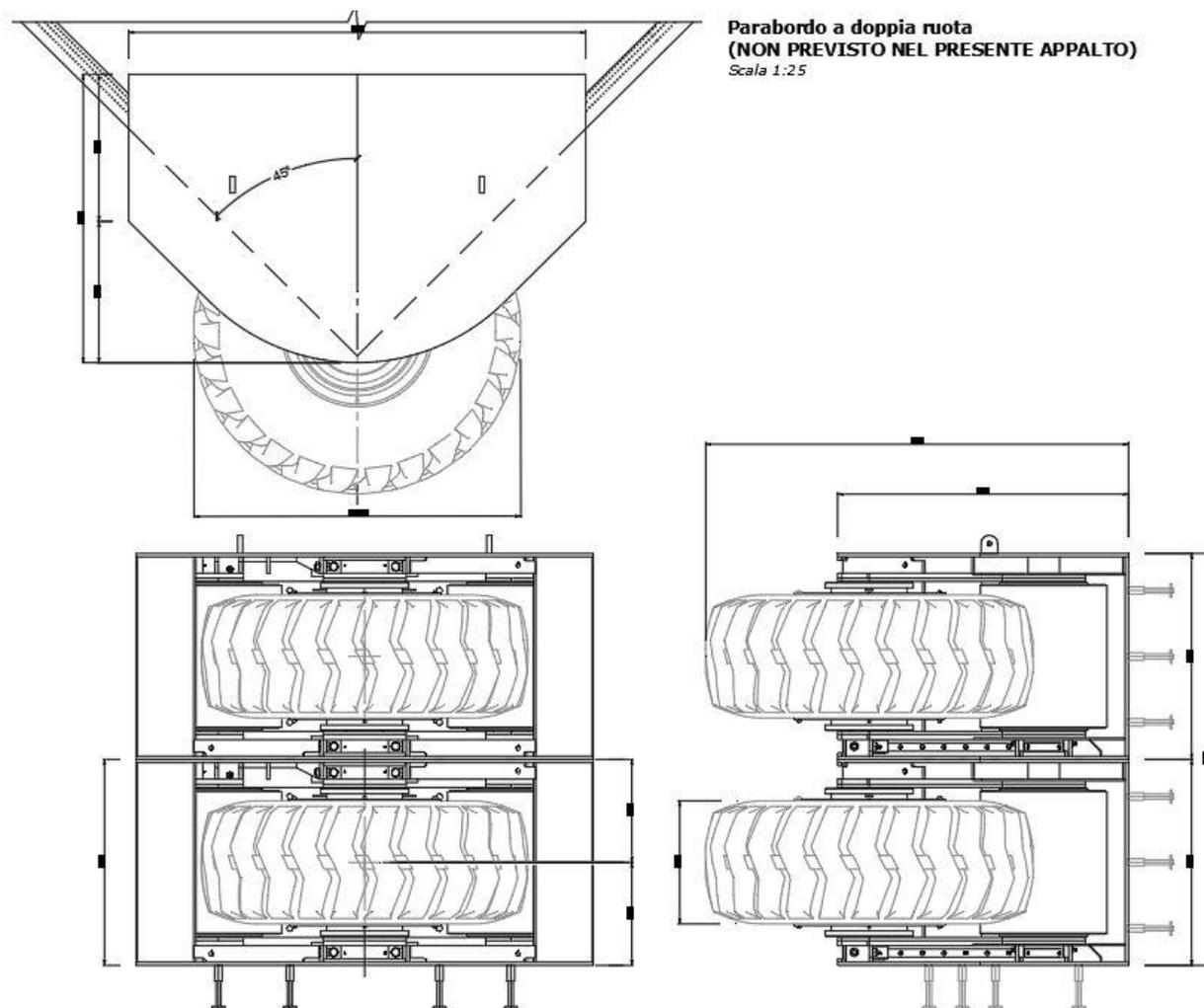
N.B.=La posizione dei pozzetti è sempre sfalsata rispetto alla posizione dei golfari (vedi tav. SP10)



*Particolare del parabordo*



- Predisposizione per N.2 parabordi a doppia ruota (non oggetto del presente appalto) posizionati in testata della banchina aventi funzione di proteggere la nave contro eventuali urti sullo spigolo della banchina.



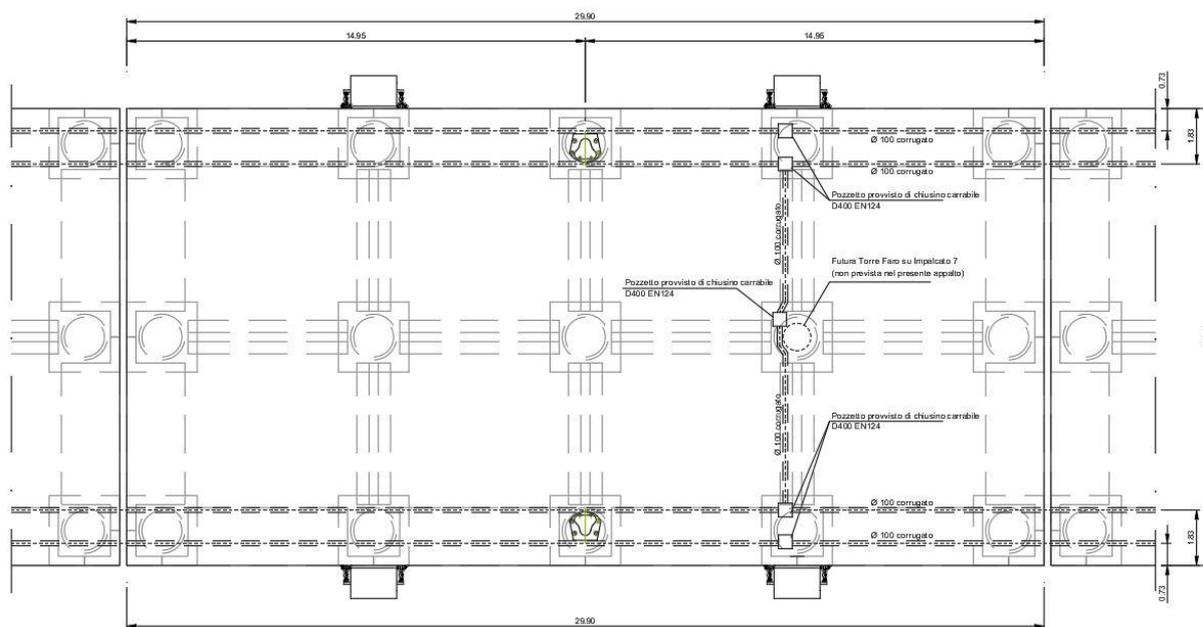
*Particolare parabordi a doppia ruota da posizionare in testata all'opera*

Di seguito si riporta una planimetria con la disposizione dei vari arredi di banchina e per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.



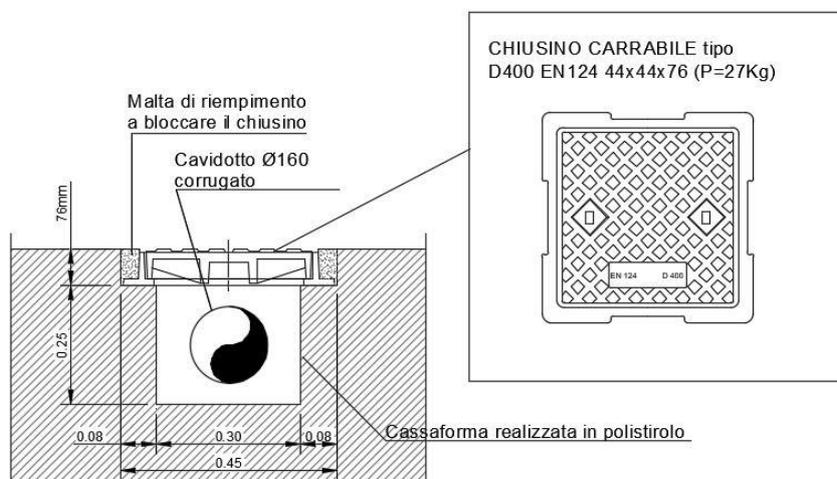
## 1.5. Tubi corrugati per impianti

Al fine di consentire il passaggio di eventuali impianti, saranno predisposti due file di tubi corrugati  $\Phi 160$  su entrambi i lati correnti su tutta la lunghezza del pontile e un attraversamento trasversale su ogni impalcato. Si riporta una figura dei cavedi in corrispondenza di un impalcato tipo.



*Disposizione tubi corrugati per gli impianti su impalcato 2 e 7*

Tali predisposizioni saranno create all'interno dello spessore della soletta in c.a., così come i pozzetti di ispezione realizzati con cassetta mediante blocchi di polistirolo o normali casseforme e sormontati da un chiusino carrabile come mostrato nella successiva Figura.



*Particolare dei pozzetti dell'impalcato*

## 2. MATERIALI E COMPONENTI STRUTTURALI DI RIFERIMENTO

### 2.1. Concetti generali

Nel presente capitolo sono riportati i materiali e gli elementi strutturali utilizzati per comporre l'opera oggetto della progettazione.

L'unità di misura impiegata nella definizione delle caratteristiche prestazionali in genere ed in particolare delle resistenze dei materiali è il  $\text{Mpa} = \text{N/mm}^2$ .

Al fine di meglio chiarire l'opera nel suo complesso, va comunque specificato che: nella struttura in esame le componenti prefabbricate non derivano da una produzione seriale reperibile sul mercato, ma sono da ritenersi elementi costruttivi di produzione occasionale destinati alla composizione di un'opera puntuale a seguito di una specifica ordinazione e progettazione eseguita in base alla vigente normativa di settore e sotto il controllo e la responsabilità dei soggetti incaricati della sicurezza dell'esecuzione delle opere di costruzione designati ai sensi delle normative nazionali applicabili.

In base all'ultimo comma dell'art. 11.8.1 "*Generalità*" delle N.T.C. 2018, gli elementi costruttivi di produzione occasionale devono essere comunque realizzati attraverso processi sottoposti ad un preciso ed univoco sistema di controllo della produzione. Pertanto, lo Stabilimento, gli Impianti ed i relativi controlli di produzione dovranno sottostare ai requisiti minimi ed alle condizioni generali previste ai punti 11.8.2 e 11.8.3.

Inoltre le opere dovranno sottostare ad un preciso protocollo di produzione che verrà concordato tra D.L. e Responsabile Tecnico dello stabilimento di Produzione, dal quale dovranno chiaramente emergere tutte le procedure relative ai controlli qualitativi, dimensionali e prestazionali dei materiali e degli elementi che saranno oggetto della produzione.

Tutti i prodotti utilizzati nel presente appalto, pertanto, dovranno rispettare quanto dettato dalle NTC-2018 cap11 in materia di DoP ed eventualmente di marcatura CE.

Inoltre, gli elementi non realizzati in opera dovranno essere posizionati con la massima precisione secondo quanto indicato negli elaborati progettuali. I mezzi di sollevamento dovranno essere proporzionati nel rispetto delle vigenti norme antinfortunistiche per la massima prestazione prevista nel programma di montaggio; inoltre nella fase di messa in opera dell'elemento prefabbricato fino al contatto con gli appoggi, devono avere velocità di posa commisurata con le caratteristiche del piano di appoggio e con quella dell'elemento stesso. La velocità di discesa deve essere tale da poter considerare non influenti le forze dinamiche di urto.

Le tolleranze relative alle dimensioni principali degli elementi prefabbricati dovranno essere

conformi a quanto indicato dalla UNI EN 13225. Le misurazioni dovranno essere eseguite secondo il punto 5.2 della EN 13369:2018. Tutti i riferimenti normativi da rispettare sono riportati nel capitolato speciale d'appalto.

## 2.2. Calcestruzzi

La struttura sarà realizzata attraverso l'impiego di calcestruzzo cementizio armato con classe di resistenza C35/45, classe di esposizione XS3 e con armature di acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C zincati a caldo, salvo ove diversamente specificato (le armature dei pali al di sotto di una quota -2.50m s.l.m.m.).

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) attribuiscono al progettista il compito di determinare il quadro ambientale di degrado dei materiali e introducono nei principi fondamentali l'importanza dello studio dell'ambiente con le relative aggressioni sulle opere in calcestruzzo armato, al fine di garantire il raggiungimento della vita nominale prevista.

Per "vita nominale" si intende il tempo durante il quale le strutture e/o i materiali conservano le loro prestazioni iniziali mantenendo il livello di sicurezza e di efficienza funzionale di progetto. In questa ottica viene ricalcato il concetto di durabilità, vale a dire la capacità di conservazione delle caratteristiche fisico-meccaniche delle strutture per tutta la vita di servizio prevista in progetto senza dover far ricorso a interventi di manutenzione straordinaria. Tale obiettivo viene raggiunto anche attraverso una prescrizione corretta delle regole di maturazione, una cadenza temporale dei necessari monitoraggi sulle opere, o su particolari di esse, e azioni manutentive preventive.

Tale procedimento si esplica nella definizione sia delle caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (in termini di materiali costituenti e resistenza meccanica) sia del valore dei copriferri idonei a fronteggiare le aggressioni ambientali, assicurando pienamente la durabilità dell'opera.

Nello specifico sono definiti: il rapporto a/c massimo, il contenuto minimo di cemento per mc di conglomerato e la resistenza caratteristica minima; vale la pena di sottolineare l'importanza di quest'ultima specifica in quanto non rappresenta soltanto il parametro che sta alla base delle successive considerazioni e verifiche statiche, ma sostanzialmente è l'unica proprietà controllabile in cantiere durante le fasi esecutive.

Le classi di esposizione cui fare riferimento in Italia sono riportate nella norma UNI 11104 e nelle linee guida sul calcestruzzo strutturale. La prima colonna identifica la classe con una sigla in lettere (X0-XC-XD-XS-XF-XA) e le relative sottoclassi ponendo un numero dopo tale sigla; nella seconda colonna è descritto l'ambiente che rientra in una determinata classe; mentre nella terza colonna sono riportati gli esempi più comuni di strutture o parti di esse compresi nella classe.

Verrà quindi utilizzato un calcestruzzo con le seguenti peculiarità:

- classe di consistenza S4;
- diametro massimo degli aggregati 32mm;
- classe di esposizione ambientale XS3;
- classe di resistenza a compressione C35/45.

4. Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
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 PROSSIMITA' DEL MARE.
XS2	PERMANENTEMENTE SOMMERSO	CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO DI STRUTTURE MARINE COMPLETAMENTE IMMERSO IN ACQUA.
XS3	ZONE ESPOSTE AGLI SPRUZZI OPPURE ALLA MAREA	CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO O PRECOMPRESSO CON ELEMENTI STRUTTURALI ESPOSTI ALLA BATTIGIA O ALLE ZONE SOGETTE AGLI SPRUZZI ED ONDE DEL MARE.

### 2.2.1. Caratteristiche dei calcestruzzi

Per la struttura oggetto della presente relazione verrà utilizzato un calcestruzzo del tipo:

#### Calcestruzzo classe C35/45

- 360 kg/mc di cemento Portland 425 ;
- Rapporto massimo a/c=0.45;
- Classe di esposizione XS3
- Classe di consistenza S4;
- Diametro massimo degli aggregati 32mm;

#### CARATTERISTICHE MECCANICHE

$$R_{ck}=45 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{cls,max} = 2500 \text{ Kg/m}^3$$

$$f_{ck}= 0.83 \times 45 = 37.35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd}= 0.83 \times 37.35 / 1.5 = 21.16 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm}= f_{ck} + 8.00 = 45.35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm}= 0.3 * f_{ck}^{2/3} = 0.3 * 37.35^{2/3} = 3.35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk}= 0.7 * f_{ctm} = 0.7 * 3.35 = 2.35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{dfd}= f_{ctk} / 1.5 = 2.35 / 1.5 = 1.57 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza Caratteristica cubica a Compressione

Peso specifico (Densità)

Resistenza Caratt. Cilindrica a Compressione

Resistenza di Calcolo a compressione

Resistenza Cilindrica media a Compressione

Resistenza media a Trazione

Resistenza Caratteristica a Trazione

Resistenza di Calcolo a Trazione

$$E_{cm} = 22000 * [f_{cm}/10]^{2/3} = 34625 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{bk} = 2.25 * f_{cfk} = 2.25 * 2.35 = 5.29 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{bd} = f_{bk} / 1.5 = 5.29 / 1.5 = 3.53 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico istantaneo

Resistenza Tangenziale Caratt. di aderenza

Resistenza Tangenziale di Aderenza di Calcolo

## 2.3. Acciaio

Gli acciai utilizzati per la struttura oggetto della presente relazione sono i seguenti:

### 2.3.1. Caratteristiche degli acciai

#### 2.2.2.1. Acciaio per cemento armato

##### Acciaio in barre ad ad. migl. per cemento armato B450C

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$\nu = 0.3$$

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } C^{-1}$$

$$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$$

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

$$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 450 / 1.15 = 391 \text{ N/mm}^2$$

Modulo di elasticità

Coefficiente di Poisson (deformabilità trasversale)

Coeff. Dilatazione termica

Massa Volumica

Tensione caratteristica di rottura

Tensione caratteristica di snervamento

Tensione caratteristica di snervamento

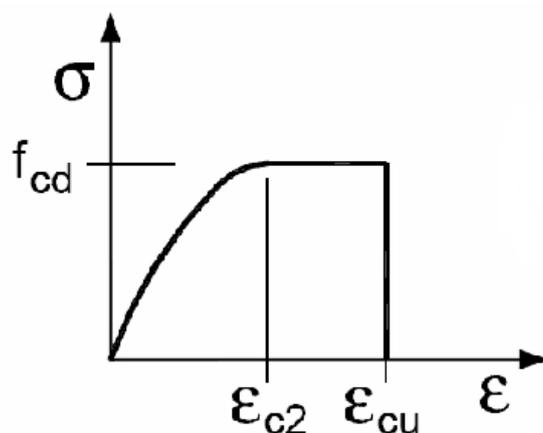
## 2.4. Legami costitutivi dei materiali utilizzati

In questo paragrafo sono riportati i legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni.

Le tensioni sono espresse in MPa.

### 2.4.1. Conglomerato cementizio

Nella figura di seguito sono rappresentati i modelli  $\sigma$ - $\epsilon$  per il calcestruzzo: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo; (c) rettangolo (stress block).



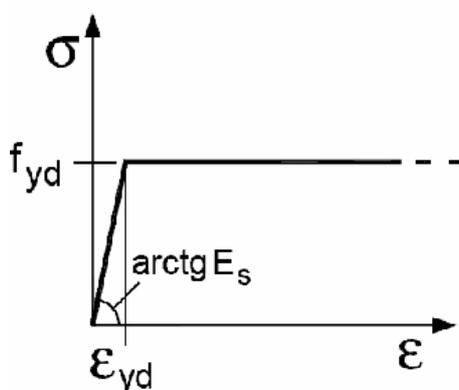
*Legami costitutivi del calcestruzzo utilizzato*

In particolare, si è posto:

$\epsilon_{c2}$	$\epsilon_{cu}$
0,20%	0,35%

### 2.4.2. Acciaio da cemento armato

Di seguito è riportato il grafico del legame costitutivo dell'acciaio B450C e le sue caratteristiche



*Legame costitutivo acciaio*

### **Acciaio ordinario per elementi in c.a. e c.a.p. Tipo B450C**

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq 450$
Tensione caratteristica di rottura	$f_t$	$\geq 540$
	$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$
		$< 1,35$
	$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$
Allungamento A5 %	$(A_{gt})_k$	$\geq 7,5$

### 3. CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITA' DEI RISULTATI

La struttura dei cinque tratti è stata modellata mediante idoneo software di calcolo prodotto dalla Softing S.r.l.

L'affidabilità dei codici utilizzati è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

Si allegano alla presente i test sui casi prova forniti dalla Softing s.r.l a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, di cui la Softing in <http://www.softing.it> . Si allega, inoltre, insieme alle altre relazioni di progetto un fascicolo contenente tutti i manuali di validazione forniti dalle software-house ai proprietari di licenza autorizzata.

I software sono inoltre dotati di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

#### **4. VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'**

I software utilizzati permettono di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali pressioni, sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

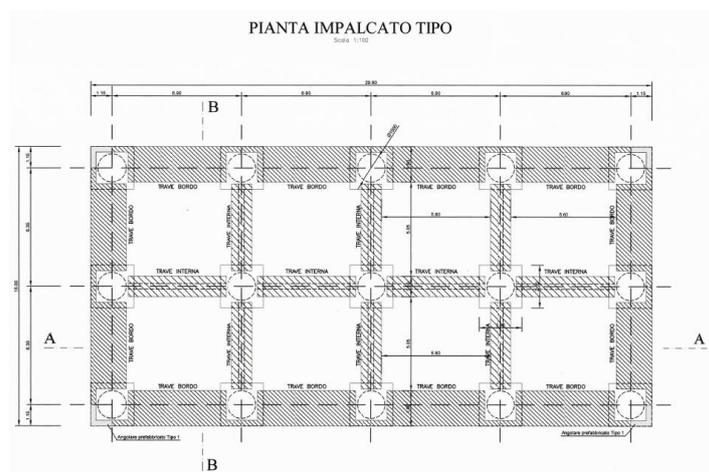
Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Le sollecitazioni ottenute sulle piastre per i carichi orizzontali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a piastra a mensola.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

Si procede comunque alla valutazione manuale dello sforzo normale dell'elemento associato al palo centrale nel caso del carico variabile di 20kN/mq.

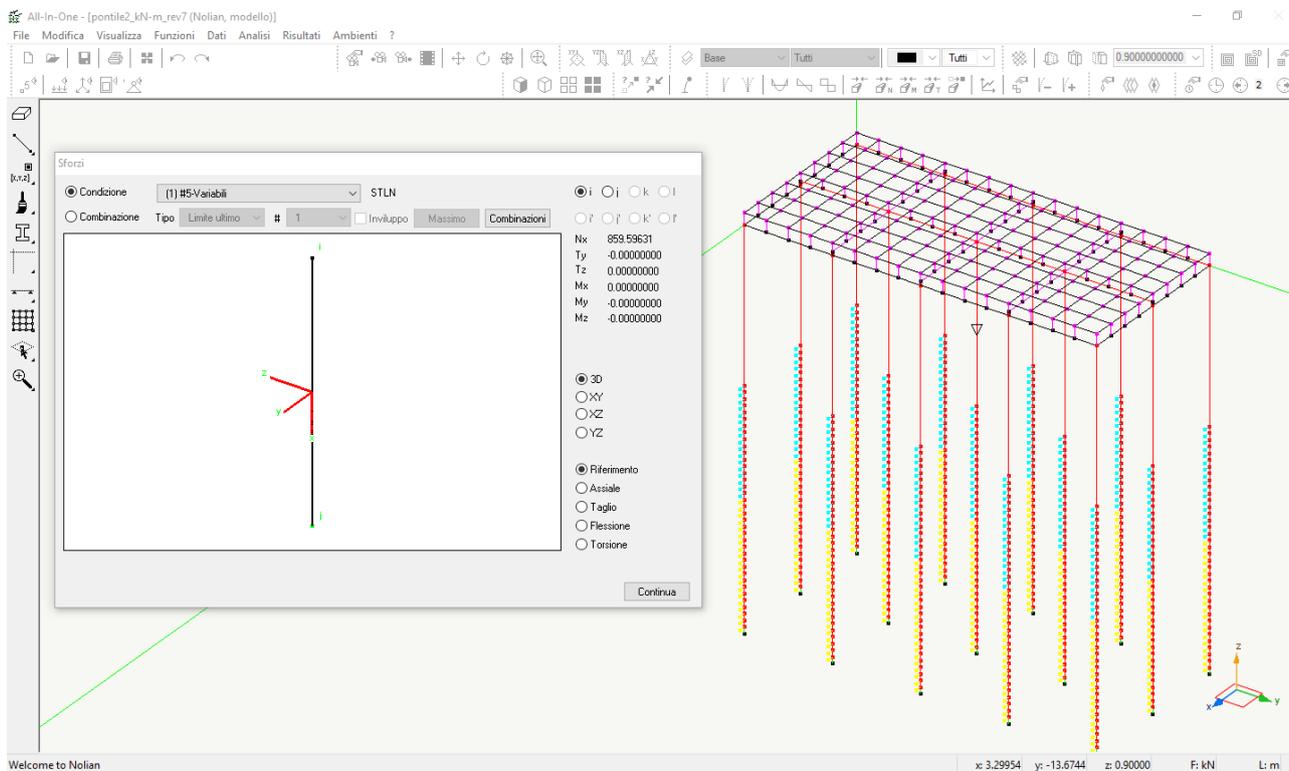


L'area di influenza del palo centrale è di  $A=6.90 \times 6.35=43.815 \text{mq}$

Lo sforzo normale dovuto ai carichi variabili è di

$$N=20 \times 43.815=876.3 \text{kN}$$

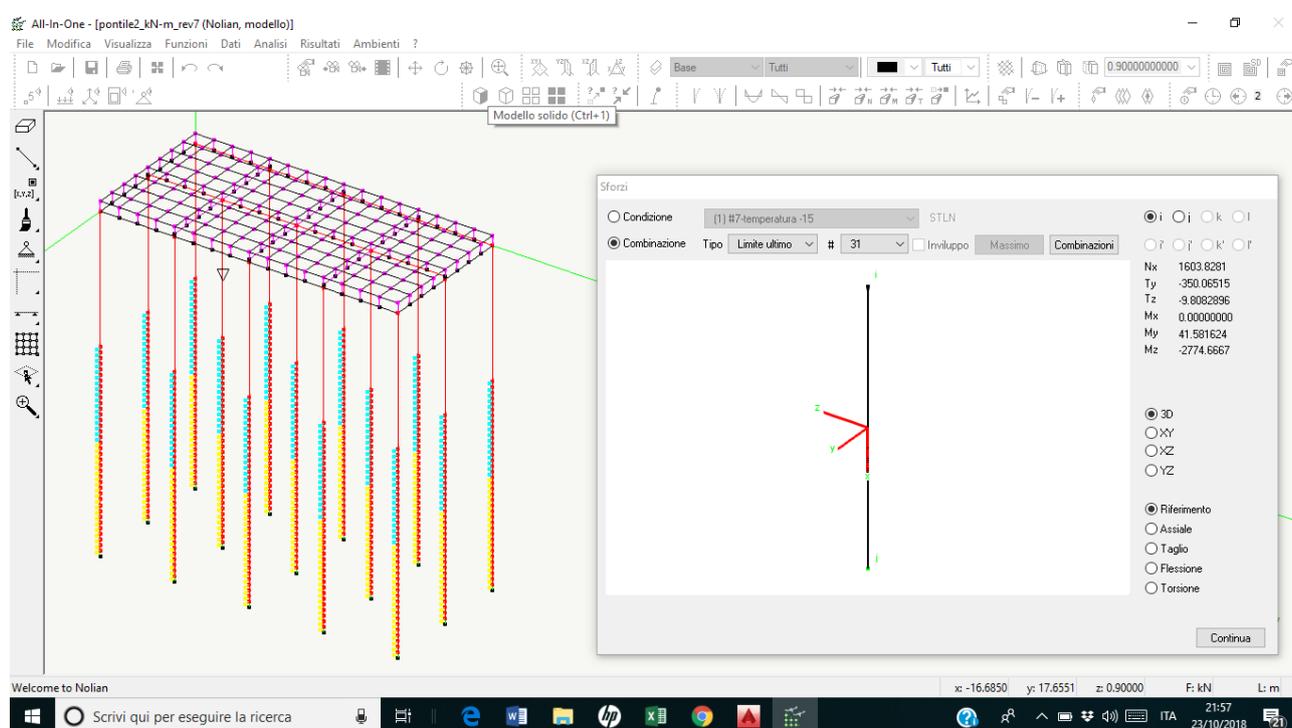
Il programma di calcolo come si vede dalla figura riportata in seguito fornisce uno sforzo normale per il carico variabile di 859.56kN



$$N_{prog}=859.56 \text{kN}$$

Si può pertanto concludere che lo scostamento del  $876.3/859.6=1.01942$  e cioè dell' 1.942% è accettabile vista anche la ripartizione a soletta della piastra.

Per quanto riguarda la verifica per le azioni orizzontali agenti sugli elementi delle fondazioni profonde, la sollecitazione dimensionante è la combinazione n. 31 nella quale, l'azione del tiro alla bitta è moltiplicato per 1.5 e il forze di ormeggio sono moltiplicate per  $1.5*0.6=0.9$  quindi la sollecitazione totale di taglio è di  $1.5x2.500+0.9x1620=5208$  e quella agente sul singolo palo sarà di  $5208/15=347.2$  KN. Tale valore risulta essere molto prossimo a quello del programma di calcolo pari, come si vede nella figura che segue a 350kN; pertanto lo scostamento è di solo lo 0.86%.



In conclusione, le calcolazioni effettuate manualmente hanno confermato come il calcolo automatizzato sia corretto. Infatti nel calcolo dello sforzo normale lo scostamento del valore determinate manualmente risulta essere pari a  $876.3/859.6=1.01942$ , cioè dell' 1.942% e quindi accettabile, vista anche la ripartizione a piastra della soletta.

Analogamente il valore del taglio della combinazione n. 31 per lo SLU, ha uno scostamento di  $(350/347=1.0086)$  e cioè dello 0.86%.

Tali calcolazioni fanno ritenere il calcolo accettabile.

## 5. ACUSTICA E POLVERI

La compatibilità ambientale del progetto di cui trattasi, che è parte integrante del così detto “I lotto Funzionale delle Opere Strategiche per il Porto di Civitavecchia”, è stata asseverata dal C.I.P E con Delibere nn. 104/2007 e 2/2008, per come altresì successivamente determinato dal MATTM, con Provvedimenti Direttoriali U. PROT DVA-2014-15194 del 21/05/2014 e Uprot.DVA-DEC-2017-00003 del 12.01.2017, nell’ambito della Verifica di Attuazione (ex art. 185 commi 6 e 7 del D.lgs 163/2006), così come previsto per le infrastrutture strategiche di cui alla Legge 21 dicembre 2001, n. 443.

Nello SIA di cui ai citati atti autorizzativi, sono state rilevati nonché valutati i potenziali impatti correlati alla pluralità di sorgenti immissive, anche in riferimento al Piano di Zonizzazione acustica del comune di Civitavecchia.

Verranno definite, con il supporto tecnico scientifico di ARPA Lazio, in virtù di un Protocollo d’Intesa sottoscritto in data 20.02.2009, le modalità operative, la frequenza, i metodi di analisi e i tempi di attuazione dei monitoraggi relativi alla qualità dell’aria e del clima acustico, nel rispetto di tutte le prescrizioni/condizioni di cui ai citati atti autorizzativi e Provvedimenti Direttoriali.

**OPERE STRATEGICHE I° LOTTO FUNZIONALE PER IL PORTO DI  
CIVITAVECCHIA, "PROLUNGAMENTO ANTEMURALE CRISTOFORO  
COLOMBO, DARSENA SERVIZI E DARSENA TRAGHETTI."**

**VERBALE DI VALIDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO**

*(ai sensi degli artt. 54 comma 7 e 55 comma 1 del D.P.R. n. 207/2010)*

Il sottoscritto **Dott. Ing. Maurizio IEVOLELLA**, Responsabile Unico del Procedimento del progetto relativo ai lavori in epigrafe, in ottemperanza al disposto dell' art. 112 del DLgs 163/06 e s.m.i. e del relativo Regolamento di cui al D.P.R. n. 207/2010, ha proceduto alla verifica del progetto esecutivo sopra menzionato, avvalendosi del supporto dell' Organismo di Ispezione (O.d.I.) **ITALSOCOTEC S.p.A.** (accreditamento ACCREDIA N° 008E rev. 7, ai sensi della Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17020).

L'obiettivo del controllo eseguito è stato quello di verificare che il progetto esecutivo fosse conforme alla normativa vigente e che rispondesse ai singoli punti elencati agli artt. 52 e 53 del D.P.R. n° 207/2010.

In considerazione delle risultanze indicate nel **Rapporto d'Ispezione Finale n° C285-000-RF-0001** emesso da **ITALSOCOTEC S.p.A.** in data **28/11/2011** e dei documenti dallo stesso richiamati, nonché sulla base dei chiarimenti e delle conferme ribadite dai Progettisti (vedasi schede di ispezione progetto n° **C285-000-SP-0001-1**, **C285-000-SP-0002-1**, **C285-000-SP-0003-1** e **C285-000-SP-0004-1**) durante i contraddittori avvenuti, con il presente verbale si ritiene che il progetto esecutivo in epigrafe è **conforme** alla normativa vigente, ai sensi dell' art. 112 del DLgs 163/06.

Per quanto sopra riportato, il progetto esecutivo delle *Opere Strategiche I° Lotto Funzionale per il Porto di Civitavecchia, "Prolungamento Antemurale C.Colombo Darsena Servizi e Darsena Traghetti"* si ritiene:

**VALIDATO**

ai sensi dell'art. 55 comma 1 del D.P.R. 207 del 2010.

Civitavecchia Il 05/12/2011

www.portidiroma.it

00053 Civitavecchia  
Molo Vespucci, snc  
tel. 0766 366 201  
fax 0766 366 243

00054 Fiumicino  
Piazzale Mediterraneo, snc  
tel. 06 65047931  
fax 06 6506839

04024 Gaeta  
Lungomare Caboto  
tel. 0771 471096  
fax 0771 712664

Il Responsabile del Procedimento  
**Dott. Ing. Maurizio Ievolella**

