



Autorità di Sistema Portuale
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,
Termini Imerese, Trapani,
Porto Empedocle

AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SICILIA OCCIDENTALE

PORTO DI PALERMO - Lavori di completamento per la messa in sicurezza del bacino
di carenaggio 150.000 tpl - 1° lotto funzionale – CUP: I77G19000070007.

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTISTA E COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN PROGETTAZIONE:



via AUSONIA, 58 - 30015 CHIOGGIA (VE) - Tel. (041)4967286

Progettista incaricato e coordinatore:
Cirillo Dott. Ing. FONTOLAN

Iscritto all' ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA AL N. 2376

Firma: _____

RUP:

Ing. Salvatore Acquista

Progettazione specialistica:

Studi Ambientali



CODICE:

B.STR.01

OGGETTO: Lotto B - Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica - Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano - Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile - Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche - Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro - Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

RELAZIONE TECNICA SUL RIEMPIMENTO DELLO SCALO ESISTENTE E MURI DI CONTENIMENTO

SCALA:

DATA: 04-01-2021

Revisione: 00

SPAZIO PER I VISTI:

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale

**COMUNE PALERMO
PROVINCIA DI PALERMO**

LAVORI DI COMPLETAMENTO PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL BACINO DI CARENAGGIO 150.000 TPL 1° LOTTO FUNZIONALE

LOTTO B - Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA SUL RIEMPIMENTO DELLO SCALO ESISTENTE E MURI DI CONTENIMENTO

Rev.00

INDICE

1. PREMESSA	3
2. STATO DI PROGETTO E FUNZIONALITÀ DELL'INTERVENTO	6
A) FASI DI LAVORO.....	6
3. STRUTTURE ED OPERE D'ARTE	8
B) MODELLO FEM.....	8
C) NORMATIVE.....	9
D) MATERIALI	12
E) COPRIFERRO	13
F) ANALISI DEI CARICHI	14
G) COMBINAZIONE DELLE AZIONI	18
4. RIEMPIMENTO SCALO ESISTENTE	21
5. VERIFICHE MURI DI SOSTEGNO.....	22
H) MURO FRONTALE.....	22
<i>VERIFICA D'EQUILIBRIO</i>	<i>24</i>
<i>VERIFICA A FLESSIONE.....</i>	<i>25</i>
<i>VERIFICA A TAGLIO</i>	<i>29</i>
I) MURI LATERALI	34
<i>MURO LATERALE 1</i>	<i>37</i>
<i>MURO LATERALE 2.....</i>	<i>41</i>
<i>MURO LATERALE 3.....</i>	<i>45</i>
<i>VERIFICA A SCORRIMENTO LONGITUDINALE MURI LATERALI.....</i>	<i>50</i>
<i>FERRI TRASMISSIONE SFORZI.....</i>	<i>51</i>

1. PREMESSA

Il presente progetto si inquadra nell'ambito del *Piano Operativo Triennale 2017-2019* dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale (AdSP) che prevede la realizzazione di numerosi interventi rivolti al riassetto generale del Porto di Palermo, tra i quali si evidenzia la realizzazione di specifiche opere infrastrutturali relative al comparto industriale, in particolare il completamento del bacino da 150.000 tpl e la concentrazione delle attività cantieristiche e dei gradi bacini nella medesima area portuale, contribuendo così a favorire il mantenimento e lo sviluppo della locale capacità produttiva.

Nell'ambito del *Piano Operativo Triennale* sopra citato è previsto l'intervento di messa in sicurezza del Porto di Palermo oggetto del finanziamento di euro 39.000.000,00 da parte del *Fondo di Sviluppo e Coesione 2014-2020*.

Quest'ultimo è articolato in tre principali interventi:

- I. Demolizione pennello esistente interferente con ingresso/uscita navi al nuovo bacino da 150.000 tpl – Demolizione “avanti scalo” sommerso e dragaggio fondali
- II. Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – **Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano** – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq – Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge
- III. Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna alle banchine per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28.12.2018.

A loro volta gli interventi sopra citati sono stati suddivisi nelle seguenti sotto-fasi:

- Demolizione pennello esistente interferente con ingresso/uscita navi al nuovo bacino da 150.000 tpl;
- Demolizione “avanti scalo” sommerso e dragaggio fondali;
- Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica;
- **Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano;**
- Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq;
- Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile;
- Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche;
- Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro;
- Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge.

L'obiettivo di valorizzazione e sviluppo del Porto di Palermo e della sua cantieristica del *Piano Operativo Triennale* è stato recepito dal Piano di Sviluppo Industriale (PSV) di Fincantieri S.p.A. che prevede un forte aggiornamento tecnologico dei principali impianti di produzione e una forte razionalizzazione dei flussi produttivi. L'attuazione del PSV e le conseguenti potenziali ricadute sulla capacità di attrarre nuove commesse per lo Stabilimento Palermitano è strettamente legato allo sviluppo dei progetti citati sopra.

Ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 50/2016 la progettazione si articola secondo tre livelli di successivi approfondimenti tecnici:

- progetto di fattibilità tecnica ed economica;
- progetto definitivo;
- progetto esecutivo.

Il presente elaborato fa parte della documentazione del Progetto definitivo.

Cenni storici

Il luogo interessato dal presente progetto è situato nel comune di Palermo, all'interno del Cantiere Navale della Società Fincantieri S.p.A, in via Dei Cantieri n. 75.

Lo stabilimento di Palermo, fu fondato nel 1897 dalla Famiglia Florio che lo fondò vicino al vecchio Arsenale borbonico, modificando per sempre le fattezze della città ed il suo tessuto lavorativo e sociale. Ai primi del '900, l'impresa siciliana confluisce poi nella società Cantieri Navali Riuniti, siglando un gemellaggio con i cantieri di Ancona e Muggiano. È proprio dal lavoro e dalle varie commesse portate a termine in quegli anni, che oggi si può intuire tutto il prestigio dei Cantieri navali palermitani: la nave reale Savoia nel 1925; quattro caccia torpedinieri e un incrociatore, che combatterono durante la Seconda Guerra mondiale; i lavori alla corazzata Giulio Cesare nel 1948. Poi, nei decenni successivi, tantissime navi passeggeri per la Tirrenia, navi cargo, petroliere e traghetti ancora oggi in esercizio.

Oggi l'area del Cantiere si estende su una superficie pari a circa 193.000 mq ed è sito alle pendici di Monte Pellegrino, occupando quasi interamente la zona nord dell'area portuale.

Il sito di intervento nello specifico ricade in parte nel territorio di competenza dell'Autorità Portuale (ora Autorità di Sistema del mare di Sicilia Occidentale – A.d.S.P.M.S.O.).

2. STATO DI PROGETTO E FUNZIONALITÀ DELL'INTERVENTO

Lo scalo-bacino presenta una larghezza di circa 56 m, lunghezza lato lungo di 320 m e lunghezza lato corto 280 m, con una superficie in pianta di circa 16.800 mq. Ad oggi rappresenta zona di lavorazione/premontaggio del cantiere navale.

Le quote altimetriche variano da + 3,20 m s.l.m.m. in testa allo scalo a – 4,75 m s.l.m.m fondo scalo (fronte barca-porta).

In testa allo scalo è presente un piano di lavoro grigliato (soletta in c.a. armata con profilati metallici, sp. 55 cm) che occupa una superficie di circa 3.836 mq.

Scopo di questa fase è quello di creare un riempimento in “tout-venant” ben costipato in modo da portare il piano di lavoro ad una quota pari a +2,20 ms.l.m.m con pendenze a schiena d'asino (per garantire il regolare deflusso delle acque meteoriche e derivanti dalle lavorazioni) per poi, nella fase successiva, costruire la soletta ad alta portanza.

Per confinare il riempimento allo scopo di non creare danni alle strutture e sottostrutture esistenti (delle quali non si hanno informazioni precise), si procede prima della fase di riempimento, alla creazione di tre muri di sostegno (due laterali ad altezza variabile della lunghezza di 80m ed una frontale della lunghezza di 54m). Questi muri in c.a. sono collegati alla platea esistente tramite tacchi di taglio in acciaio.

È bene sottolineare che all'atto del riempimento, le opere/attrezzature site all'interno dello scalo-bacino utilizzate dal sito produttivo, non risulteranno interferenti in quanto oggetto di preliminare dismissione e demolizione.

a) FASI DI LAVORO

Di seguito si riportano le principali fasi di lavoro:

1. Dismissione e demolizione opere ed attrezzature esistenti ed interferenti all'interno del bacino;
2. Carotaggio soletta esistente e successiva infissione tacchi di taglio in acciaio;
3. Realizzazione colonne di *jet-grouting* parte terminale soletta esistente con disposizione a quinconce e diametro 120cm;

4. Costruzione muri di sostegno in c.a.;
5. Riempimento del bacino con tout-venant. Il materiale verrà steso per strati dando alla colmata una sagomatura a schiena d'asino. La compattazione del materiale dovrà essere tale da garantire un modulo di elasticità $E = 180$ MPa;
6. Riempimento della zona di testa del bacino (tav. B.SP.02, Area1, Area2, Area3, Area4) con misto granulare a sagomare il piano di posa per la soletta ad alta portata da costruire negli interventi successivi

N.B.: la costruzione dei muri di sostegno avviene con la barca-porta chiusa poiché il piano di posa dei muri è al di sotto del livello del mare.

Durante la fase di riempimento, bisognerà tenere in considerazione l'eventuale posa di tubazioni per il passaggio delle acque e degli impianti.

3. STRUTTURE ED OPERE D'ARTE

Il muro di sostegno frontale del riempimento dello scalo bacino prevede un paramento verticale di spessore 2.5m e un'altezza di 7.5m ca. Tale muro presenta alla base una zattera di fondazione di 1.5m di spessore e 7,55m di larghezza. Complessivamente il muro ha una lunghezza di 54m a coprire interamente il fronte-bacino lato mare. Alle estremità è collegato ai due muri di sostegno laterali di altezza e sezione variabile (da 150 a 80cm) con una zattera da 4 a 3 metri di lunghezza; l'estensione totale di tali muri è di 80m.

Essi sono dimensionati per sostenere i carichi derivanti dalle spinte dei sovraccarichi in esercizio della nave in costruzione nel bacino oltre che dalle spinte del riempimento in tout-venant e dalle azioni di urto e tiro delle bitte.

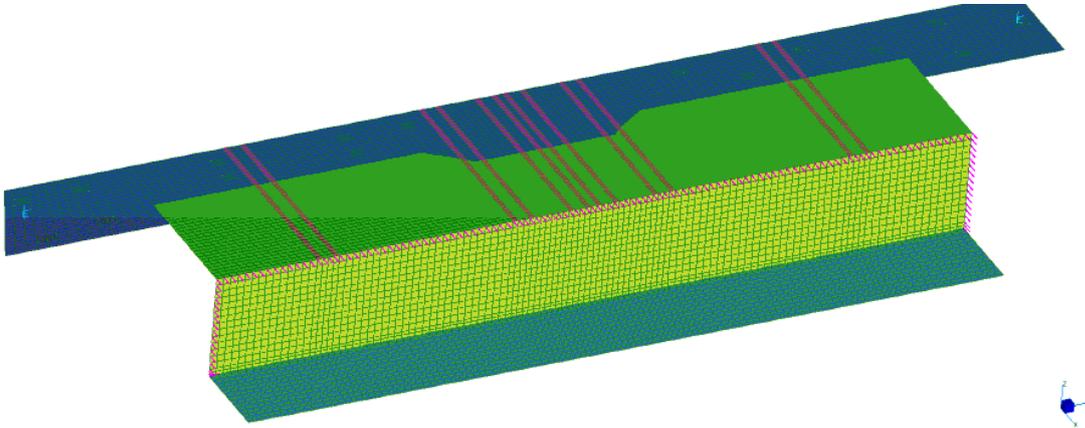
In esercizio, la struttura del muro risulta solidarizzata con la platea esistente tramite tacchi di taglio ogni 2m (disposti in tutti i tre muri) che hanno il compito di contrastare lo scorrimento dei muri, di assorbire gli urti provocati dal bacino galleggiante e di distribuire le forze (generate dalla spinta del riempimento, della nave in costruzione e dal tiro delle bitte) ad una porzione più ampia possibile di platea. Il muro frontale fungerà da appoggio per la soletta di nuova costruzione; invece i muri laterali sono in continuità con la nuova soletta per i primi 11 metri per facilitare la trasmissione del tiro delle bitte e del riempimento agli ancoraggi metallici.

b) MODELLO FEM

Per il dimensionamento del muro frontale si è fatto uso di un modello tridimensionale agli elementi finiti di cui si riporta una vista d'insieme. Già in questa fase, cautelativamente, sono stati considerati tutti i carichi che dovrà sostenere il muro una volta conclusa l'esecuzione dei lavori.

Il modello risulta fedele alla geometria riportata negli elaborati grafici di progetto e ricomprende i pali, la banchina, la soletta di collegamento e il muro di contenimento. Il manufatto è stato schematizzato mediante elementi tipo *plate*, con spessore pari alla sezione resistente del componente strutturale, per valutare efficacemente gli effetti dei carichi concentrati e distribuiti a cui è soggetto. I pali di fondazione sono modellati

tramite elementi tipo *beam* con sezione equivalente alla sezione netta di calcestruzzo. Il contributo irrigidente del tubo in acciaio non è stato considerato in via cautelativa.



Modello FEM dell'insieme banchina-muro di sostegno

I vincoli inseriti nel modello sono unicamente di tipo traslazionale:

- Vincolo traslazionale applicato alla base del muro di sostegno che simuli l'interazione con la sottostante soletta esistente (molle traslazionali alla Winkler);
- Vincoli applicati ai bordi ai nodi degli elementi di tipo *beam* costituenti i pali (molle alla Winkler bidirezionali la cui rigidezza è definita in funzione della stratigrafia emersa dalla relazione geologica).
- Vincoli di appoggio in sommità al muro di sostegno che simulano la presenza della soletta, la quale impedisce gli spostamenti fuori piano del muro in tale posizione.

In questa fase si è tenuto in considerazione il solo dimensionamento e la verifica del muro frontale (e non delle opere delle fasi successive).

c) NORMATIVE

Il progetto della soletta e dei cunicoli è stato effettuato secondo il metodo degli stati limite ultimi nel rispetto della normativa vigente e dei criteri della scienza delle costruzioni.

Si è fatto riferimento alle seguenti normative:

- Legge n. 1086 del 5 Novembre 1971. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica";

AZIONI

- "Nuove norme tecniche per le costruzioni" NTC emanate con Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018;
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Istruzioni per la valutazione delle Azioni sulle Costruzioni. (C.N.R. 10012/85);
- Eurocodice 1. "Basi della progettazione ed azioni sulle strutture";
- BS 6491-1-2 Maritime works – Part 1-2: General — Code of practice for assessment of actions;
- BS 6349-4:2014 Maritime works. Code of practice for design of fendering and mooring systems.

STRUTTURE IN ACCIAIO E C.A.

- "Nuove norme tecniche per le costruzioni" NTC emanate con Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018;
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Eurocodice 0 "Criteri generali di progettazione strutturale";
- Eurocodice 2 "Progettazione delle strutture di calcestruzzo";
- Eurocodice 3 Parte 1-1 "Progettazione delle strutture di acciaio: regole generali e regole per gli edifici";
- UNI EN 1992-4:2018 Eurocodice 2 parte 4 "Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo".

ZONE SISMICHE

- "Nuove norme tecniche per le costruzioni" NTC emanate con Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018;
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Eurocodice 8. "Regole progettuali per le strutture antisismiche";
- Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Deliberazione n. 408 del 19 dicembre 2003 - "Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274".

OPERE DI SOSTEGNO DELLE TERRE E OPERE DI FONDAZIONE

- "Nuove norme tecniche per le costruzioni" NTC emanate con Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018;
- D.M. LL.PP. 11/03/88 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Eurocodice 7 Parte 1 "Progettazione geotecnica: parte generale".

MATERIALI

- Regolamento dei prodotti da costruzione (Reg. UE 305/11);
- UNI EN 206:2016 "Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- UNI 11104:2016: "Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206";
- UNI EN 1090: "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio";

- D.M 11/10/2017: “Criteri ambientali minimi per l’affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici”. "Nuove norme tecniche per le costruzioni" NTC emanate con Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018.

d) MATERIALI

Calcestruzzo

Classe C35/45

Resistenza cubica caratteristica a compressione: $R_{ck} \geq 45 \text{ MPa}$

Resistenza cilindrica caratteristica a compressione: $f_{ck} \geq 35 \text{ MPa}$

Valor medio resistenza cilindrica: $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 43 \text{ MPa}$

Modulo di elasticità secante: $E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 34077 \text{ MPa}$

Resistenza media a trazione semplice: $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} = 3.2 \text{ MPa}$

Resistenza a trazione corrispondente al frattile 5%: $f_{ctk,0.05} = 0.7 f_{ctm} = 2.2 \text{ MPa}$

Resistenza a trazione corrispondente al frattile 95%: $f_{ctk,0.95} = 1.3 f_{ctm} = 4.2 \text{ MPa}$

Classe di esposizione ambientale XS3

Classe di consistenza: S5

Rapporto a/c: 0.50

D. max inerti: 3 cm

coefficiente di sicurezza per la verifica $\gamma_M = 1.50$

Acciaio per c.a. (barre e retti elettrosoldate tipo HD)

B450C: $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$

Caratteristiche di resistenza SLU $f_{sd} = 391.30 \text{ MPa}$

Caratteristiche di resistenza SLE $0.80 \cdot f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

coefficiente di sicurezza per la verifica $\gamma_M = 1.15$

Acciaio da carpenteria

S355 JR secondo UNI EN 10219-2 $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$ $t \leq 16 \text{ mm}$

$f_{yk} = 345 \text{ MPa}$ $40 < t \leq 40 \text{ mm}$

Tensione di rottura nominale $f_{tk} = 510 \text{ MPa}$

Modulo Elastico $E_s = 210000 \text{ Mpa}$

coefficiente di sicurezza per la verifica $\gamma_{M1} = 1.05$

coefficiente di sicurezza per la verifica $\gamma_{M2} = 1.25$

e) COPRIFERRO

Le dimensioni minime del copriferro delle strutture vengono definite secondo normativa vigente:

4.1.2.2.4.2 Condizioni ambientali

Ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche e della protezione contro il degrado del calcestruzzo, le condizioni ambientali possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III con riferimento alle classi di esposizione definite nelle *Linee Guida per il calcestruzzo strutturale* emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nonché nella UNI EN 206:2016 .

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

C4.1.6.1.3 Copriferro e interferro

Con riferimento al § 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato in Tabella C4.1.IV, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.IV delle NTC. I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. (fili, trecce e trefoli), e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti,...) o monodimensionale (travi, pilastri,...).

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

I valori della Tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2 secondo la Tabella 2.4.I delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (Tipo 3 secondo la citata Tabella 2.4.I) i valori della Tabella C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} , i valori della tabella sono da aumentare di 5 mm. Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di 5 mm.

Per acciai inossidabili o in caso di adozione di altre misure protettive contro la corrosione e verso i vani interni chiusi di solai alleggeriti (alveolari, predalles, ecc.), i copriferri potranno essere ridotti in base a documentazioni di comprovata validità.

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

C_{min}	C_0	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} < C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} < C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima C_{min} indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

Nel caso in esame, classe esposizione XS3 (ambiente molto aggressivo), elementi a piastra armati con barre da c.a. (le dimensioni dei muri consentono tale assunzione), calcestruzzo classe C35/45, il copriferro minimo risulta pari a 40mm. Si prescrive, considerando le tolleranze di posa, un copriferro minimo netto pari a $40+10 = 50$ mm.

f) ANALISI DEI CARICHI

Di seguito i carichi considerati per il dimensionamento e la verifica dei muri:

Peso proprio:

Il peso proprio degli elementi strutturali è stato considerato tramite il volume e la densità (viene invece lasciato al solutore nel caso del muro frontale una volta definito il peso per unità di volume del calcestruzzo pari a 25,00 kN/m³);

Peso terreno a tergo:

Il peso proprio del tout-venant di riempimento è assunto pari a 20,00 kN/m³. Si considera che generi una spinta triangolare sui muri;

Peso della nuova soletta:

Il peso della nuova soletta viene considerata assumendo uno spessore strutturale costante di 100cm e 10cm di sezione non strutturale;

Sovraccarico accidentale:

Viene considerato un sovraccarico accidentale pari a 15ton/m² applicato alle fasce più esterne della soletta;

Carico Tredle:

Si considerano i *tredle* nelle due configurazioni di carico (da 300 ton o da 400ton) in sostituzione al carico trasmesso dai carrelli;

Carico Puntelli:

Secondo le due configurazioni di carico, vengono considerati dei puntelli (da 300ton o 400ton) che sostituiscono il carico dei carrelli e dei *tredle*;

Tiro bitte:

300ton agenti in direzione longitudinale allo sviluppo dei muri laterali.

Carico bacino galleggiante:

Il bacino galleggiante arriverà in accosto frontale alla banchina e sarà mantenuto verticalmente in posizione tramite un sistema a controllo elettronico che registra la variazione di carico in entrata/uscita dal bacino galleggiante modificando, tramite un sistema di zavorre, la quota dello stesso. In questo modo si garantisce il mantenimento della quota di progetto durante tutte le operazioni di varo. Il sistema di controllo elettronico avviene tramite due celle di carico previste in banchina che lavoreranno a trazione (lato banchina), per un carico di 200ton ciascuna.

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

Carico verticale del carro varo:

Carro varo tipo 1

Peso di ciascun carrello

Q= 300 ton (75ton a ruota)

Impronta ruota 60x35cm

Interassi 100x150cm

Carro varo tipo 2

Peso di ciascun carrello

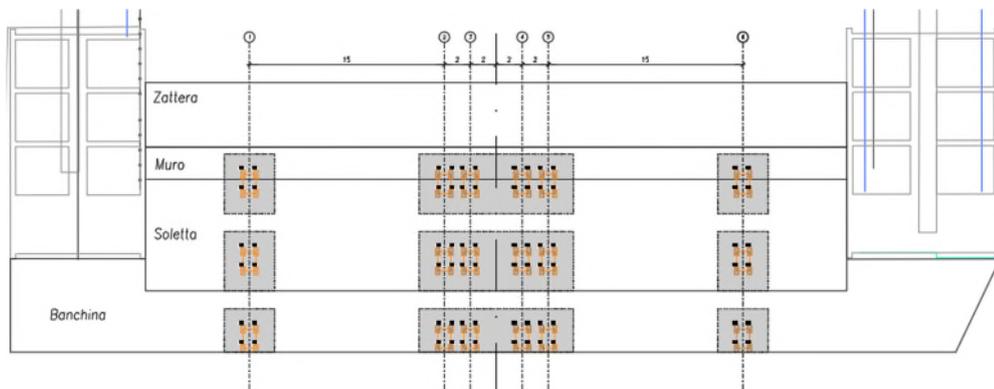
Q= 200 ton (50ton a ruota)

Impronta ruota 50x40cm

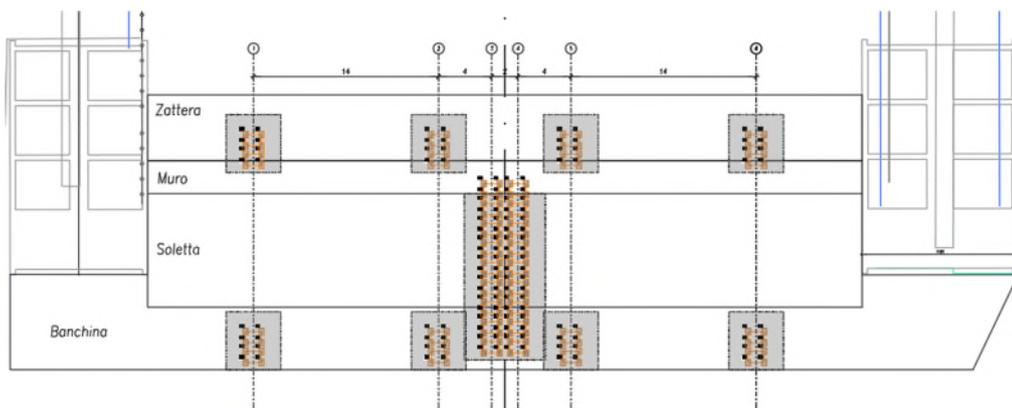
Interassi 120x85cm

Impronta dei carichi verticali del carro varo

La posizione di ciascun carrello è funzione della tipologia di carro varo adottata. Nella presente relazione si sono considerate due tipologie di carro varo al fine di determinare quale sia la condizione peggiore e dimensionante del manufatto



Schema in pianta del carro varo con carrelli da 300ton



Schema in pianta del carro varo con carrelli da 200ton

Le diverse fasi di attraversamento del carro varo sul presente manufatto sono state considerate mediante specifiche combinazioni di carico; in questa fase sono state prese in considerazione solo le sollecitazioni generate sui muri.

Spinta orizzontale del carro varo sul muro di sostegno frontale

La spinta del carro varo è schematizzata mediante la teoria della elasticità di Bousinnesq corretta opportunamente da prove sperimentali. Si riporta in riassunto la definizione delle spinte orizzontali derivanti dal transito del carro varo in prossimità del muro stesso:

Carrelli 200ton

	1°asse	2°asse	3°asse	4°asse	5°asse	6°asse	7°asse	8°asse	9°asse	Ai lati	Ai lati	
n	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	
Q tot	3924	3924	3924	3924	3924	3924	3924	3924	3924	1962	1962 kN	
L1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2 m	
L2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 m	
L3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 m	
L tot	6	6	6	6	6	6	6	6	6	2.8	2.8 m	
Q L	654	654	654	654	654	654	654	654	654	701	701 kN/m	
m	0.15	0.35	0.55	0.75	0.95	1.15	1.35	1.55	1.75	0.06	0.26 -	
X	1.16	2.66	4.16	5.66	7.16	8.66	10.16	11.66	13.16	0.45	1.95 m	
Pa	359.70	359.70	320.08	266.68	218.98	179.39	147.63	122.49	102.62	385.39	385.39 kN/m	
n	Z (m)	σ_h (kN/m)										
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.1	0.75	60.3	60.3	34.0	18.9	12.0	8.2	6.0	4.6	3.6	64.7	64.7
0.2	1.5	87.2	87.2	56.8	34.2	22.5	15.8	11.7	8.9	7.1	93.4	93.4
0.3	2.25	83.7	83.7	65.1	43.8	30.4	22.0	16.6	12.9	10.3	89.7	89.7
0.4	3	68.1	68.1	62.8	47.8	35.4	26.7	20.6	16.2	13.1	73.0	73.0
0.5	3.75	51.9	51.9	55.2	47.3	37.7	29.7	23.6	19.0	15.5	55.6	55.6
0.6	4.5	38.7	38.7	46.2	44.1	37.8	31.1	25.5	21.0	17.4	41.5	41.5
0.7	5.25	28.9	28.9	37.8	39.6	36.3	31.3	26.5	22.3	18.9	31.0	31.0
0.8	6	21.8	21.8	30.6	34.8	33.8	30.6	26.7	23.1	19.9	23.4	23.4
0.9	6.75	16.7	16.7	24.7	30.1	30.9	29.2	26.3	23.3	20.5	17.9	17.9
1	7.5	13.0	13.0	20.1	25.8	27.8	27.3	25.5	23.1	20.7	13.9	13.9
R		1429.8	1429.8	1560.3	1496.7	1339.5	1160.8	992.8	846.7	723.7	1531.9	1531.9
		4.46	4.46	3.90	3.42	3.10	2.89	2.75	2.65	2.57	4.46	4.46 m

Dove Pa indica la risultante delle forze applicate ed R la distanza dalla base del muro di sostegno. Si è ipotizzato che il contributo della spinta laterale avvenga sino ad un carrello posto a circa 13metri di distanza dal profilo del muro. Si è inoltre considerata anche la spinta derivante dai carrelli laterali.

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

Carrelli 300ton

n	4	4	4	1	1	1
Q tot	11772	11772	11772	2943	2943	2943 kN
L1	2	2	2	2	2	2 m
L2	0	0	0	0	0	0 m
L3	0	0	0	0	0	0 m
L tot	12	12	12	3	3	3 m
Q L	981	981	981	981	981	981 kN/m
m	0.14	0.94	1.74	0.14	0.94	1.74 -
X	1.05	7.05	13.05	1.05	7.05	13.05 m
Pa	539.55	333.32	103.92	539.55	222.21	103.92 kN/m

n	Z (m)	σ_h (kN/m)					
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1	0.75	90.5	18.5	5.5	90.5	18.5	5.5
0.2	1.5	130.8	34.7	10.8	130.8	34.7	10.8
0.3	2.25	125.6	46.8	15.6	125.6	46.8	15.6
0.4	3	102.2	54.3	20.0	102.2	54.3	20.0
0.5	3.75	77.8	57.6	23.6	77.8	57.6	23.6
0.6	4.5	58.0	57.4	26.5	58.0	57.4	26.5
0.7	5.25	43.3	54.9	28.7	43.3	54.9	28.7
0.8	6	32.7	51.0	30.1	32.7	51.0	30.1
0.9	6.75	25.0	46.4	31.0	25.0	46.4	31.0
1	7.5	19.4	41.7	31.2	19.4	41.7	31.2
R		2144.6	2028.5	1098.0	2144.6	2028.5	1098.0
		4.46	3.12	2.58	4.46	3.12	2.58 m

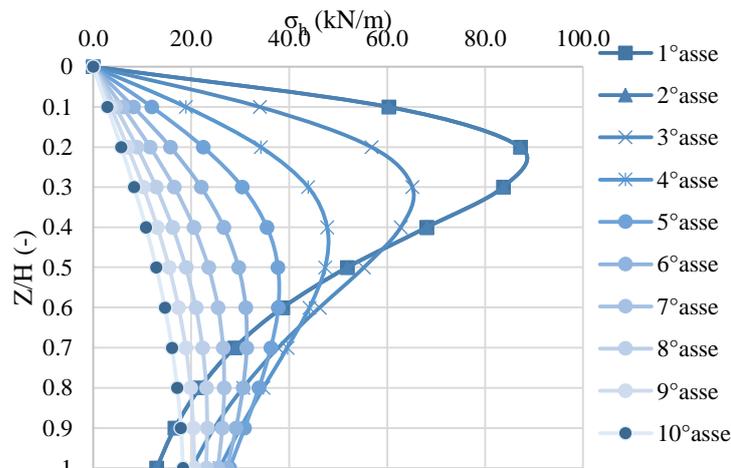


Diagramma di spinta carrelli 200ton

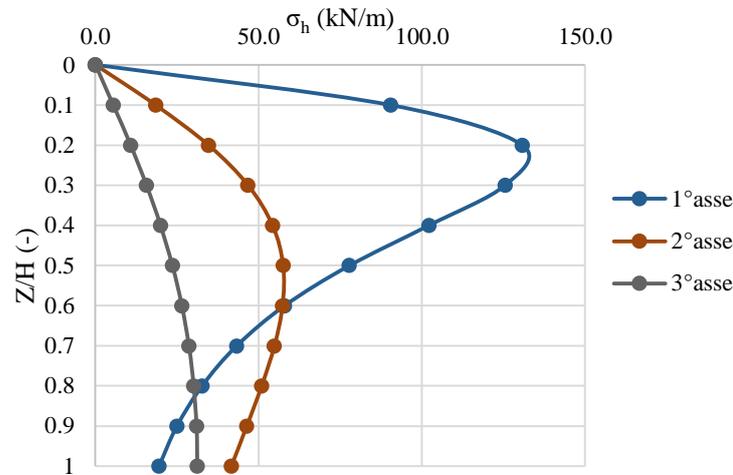


Diagramma di spinta carrelli 300ton

Analogo procedimento è stato utilizzato per il calcolo delle spinte dei carrelli laterali sui due muri laterali.

N.B.: Prima del progetto esecutivo sarà necessario definire il sistema di varo previsto per l'opera in questione, in modo da poter effettuare le verifiche secondo la corrispondente configurazione di carico (quella da 300 ton o quella da 200ton).

g) COMBINAZIONE DELLE AZIONI

I carichi agenti sul manufatto sono stati combinati allo SLU e SLE in accordo con le prescrizioni delle NTC 2018 e in modo da ottenere la condizione più sfavorevole a seconda dell'elemento strutturale investigato.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Con:

- G₁ peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G₂ peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- Q azioni variabili;
- E azioni sismiche.

Nelle combinazioni sono indicati con il pedice k i valori caratteristici, senza pedice k i valori nominali.

I valori dei coefficienti di combinazione sono riportati:

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Valori dei coefficienti di combinazione STR

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti γ_F riportati nella colonna EQU della Tabella 2.6.I:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Valori dei coefficienti di combinazione EQU

4. RIEMPIMENTO SCALO ESISTENTE

Per quanto riguarda il materiale di riempimento dello scalo esistente, per la modellazione ed analisi agli elementi finiti si andranno a considerare due tipologie di vincolo alla Winkler, uno (a) nella zona di testa dove la fondazione esistente è costituita dalla sola platea dello scalo, e un altro (b) nella zona in cui la platea poggia sui pali:

a) $k_w = 2,50 \text{ kg/cm}^3$;

b) $k_w = 3,50 \text{ kg/cm}^3$.

Gli spessori di tout-venant dovranno essere opportunamente compattati e saranno previste opportune prove su piastre, secondo normativa vigente, affinché sia verificata la condizione che il materiale steso assicuri un modulo elastico $E=180 \text{ MPa}$.

5. VERIFICHE MURI DI SOSTEGNO

Si riportano di seguito le verifiche dei tre muri di sostegno.

Sono state eseguite delle verifiche agli SLU per le strutture in c.a. ed in acciaio e, in aggiunta sono state fatte delle verifiche globali di equilibrio per il ribaltamento e lo scorrimento nelle due direzioni dei muri.

h) MURO FRONTALE

Il muro frontale ha una lunghezza totale pari a 54m, un'altezza costante di 7,5m ed una sezione di 2,5m; il piede di fondazione del muro ha dimensioni 7,55x1,5m.

Questo muro è armato in modo diverso a seconda che si tratti della zona centrale (35 metri centrali) o delle due zone laterali:

Ferri muro faccia interna/lato riempimento:

- Ferri verticali zone esterne: **1 ϕ 26/20cm + 1 ϕ 26/40cm;**
- Ferri verticali zona interna: **1 ϕ 26/20cm + 1 ϕ 26/40cm e 1 ϕ 26/20cm** su due strati;
- Ferri orizzontali: **1 ϕ 26/20cm;**

Ferri muro faccia esterna/lato mare:

- Ferri verticali: **1 ϕ 26/20cm + 1 ϕ 26/40cm;**
- Ferri orizzontali: **1 ϕ 26/20cm.**

Ganci zone esterne: **ϕ 16/20x40cm;**

Ganci zona interna: **25 ϕ 16/m²;**

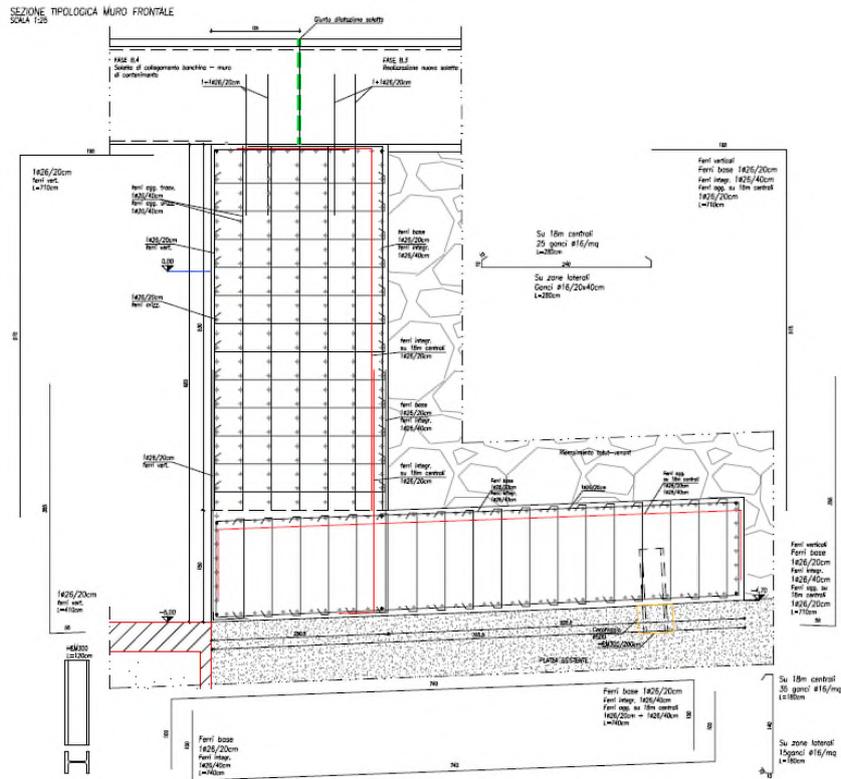
Ferri fondazione/piede:

- Ferri verticali/lato corto zone esterne: **1 ϕ 26/20cm + 1 ϕ 26/40cm;**
- Ferri verticali/lato corto zona interna: **1 ϕ 26/20cm + 1 ϕ 26/40cm e 1 ϕ 26/20cm + 1 ϕ 26/40cm** su due strati;
- Ferri orizzontali: **1 ϕ 26/20cm;**

Ganci zone esterne: **9 ϕ 16/m²;**

Ganci zona interna: **18 ϕ 16/m²;**

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge



Armature muro frontale

Per una più completa comprensione si rimanda alle tavole di progetto.

Su questo elemento agiscono azioni differenti durante le varie fasi di avanzamento dei lavori:

- Nella fase di costruzione del muro e del riempimento il muro viene sollecitato solo dalla spinta del riempimento;
- Nella fase di costruzione della soletta, sarà sollecitato dalla spinta del riempimento e dalla soletta di spessore 1,5m;
- In fase successiva, sarà sollecitato anche dalle azioni prodotte dalle travi della banchina;
- Durante l'esercizio il muro verrà sollecitato, oltre che dalle azioni sopra descritte, anche dalla presenza della nave in costruzione o in transito e/o dai mezzi utilizzati per la costruzione.

Le verifiche sotto riportate sono riferite alle configurazioni di carico più gravose.

VERIFICA D'EQUILIBRIO

La situazione più critica è quella in cui il muro di sostegno sarà soggetto alla sola spinta del materiale di riempimento del bacino. Il momento stabilizzante sarà definito dal peso proprio del manufatto ed il peso proprio del materiale di riporto al di sopra della zattera.

Verifica stato limite di equilibrio (EQU) a ribaltamento e scorrimento;

Verifica ribaltamento: EQU

Componente	Dimensione	Valore	U.m.	γ_g	Totale
Tout venant	Peso specifico:	20.00	kN/m ³		
	Altezza	6.23	m		
	Larghezza	5.00	m		
	Braccio di leva	2.50	m		
	Forza verticale risultante	560	kN/m		
	Momento totale	1401	kNm/m		
Base muro	Peso specifico:	25.00	kN/m ³		
	Altezza soletta	1.00	m		
	Larghezza soletta	7.55	m		
	Braccio di leva	3.78	m		
	Forza verticale risultante	189	kN/m		
	Momento totale	713	kNm/m		
Muro di sostegno	Peso specifico:	25.00	kN/m ³		
	Altezza setti	6.40	m		
	Larghezza setti	2.50	m		
	Braccio di leva	3.20	m		
	Forza verticale risultante	400	kN/m		
	Momento totale	1280	kNm/m		
Momento stabilizzante totale		3393.16	kN/m	x 0.9	3053.84 kN/m
Spinta terreno di riporto	Quota fondo platea	7.50	m		
	Spinta fondo soletta	44.55	kN/m ²		
	Braccio di leva	2.50	m		
	Forza orizzontale risultante	167	kN/m		
	Momento instabilizzante totale		417.66	kN/m	x 1.1

La verifica a ribaltamento è soddisfatta col solo peso proprio del muro e del riempimento sopra il piede di fondazione.

Per quanto riguarda lo scorrimento viene considerato il caso in cui ci siano tacchi di taglio HEM300/200cm che contrastano il moto.

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

La forza totale da applicare al muro deriva, nella configurazione più gravosa, dalla spinta delle terre, dal sovraccarico accidentale (15ton/mq) e dalla soletta sp.150cm par a 22140kN totali.

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO DEL MURO LATERALE CON ATTRITO E TACCHI DI TAGLIO AGLI SLU IN DIREZIONE LONGITUDINALE DEL MURO			
W tot	2043 kN/m	peso totale gravante sulla fondazione	
Rw	541 kN/m	Attrito terreno-fondazione	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 = considera attrito 0 = non considera attrito
Finclinazione	-71 kN/m	forza instab	
angolo inclinazione	2 deg	angolo inclinazione piano di posa	
F inst aggiuntiva	22140 kN	forza instabilizzante aggiuntiva totale dovuta a forse esterne non amplificata	
L muro	54 m	lunghezza long muro	
Tacchi di taglio			
n tot tacchi taglio su L m	25		
res un tacco taglio	1360 kN/m	min tra resistenza trave e cls	1768 vrd HEM300 (da Profili)
Res tot tacchi taglio	34000 kN		1360 Comp Rd cls
interasse tacchi	→ 2,16 m		10 sigma amm cls [Mpa] 340 L1 HE [mm] 400 L2 HE [mm]
Fs	34000 kN	Forza stabilizzante allo scorrimento su L metri	
Fi	33210 kN	Forza instabilizzante allo scorrimento su L metri	
Fs/Fi	1,024	OK	verifica a scorrimento

Verifica a scorrimento muro frontale con tacchi di taglio

La verifica risulta soddisfatta con tacchi di taglio a passo 2m.

VERIFICA A FLESSIONE

Le sollecitazioni agli SLU sul muro frontale sono derivate dal modello fem.

Le sollecitazioni sulle due porzioni sono:

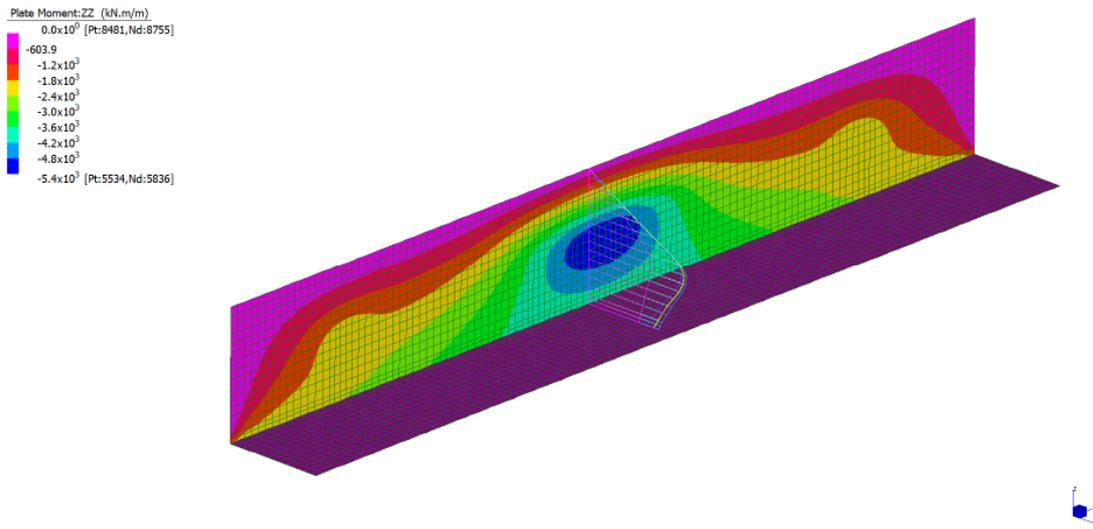
$$M_{zz,parte\ centrale,muro} = 5400\text{ kNm/m}$$

$$M_{zz,parti\ laterali,muro} = 3000\text{ kNm/m}$$

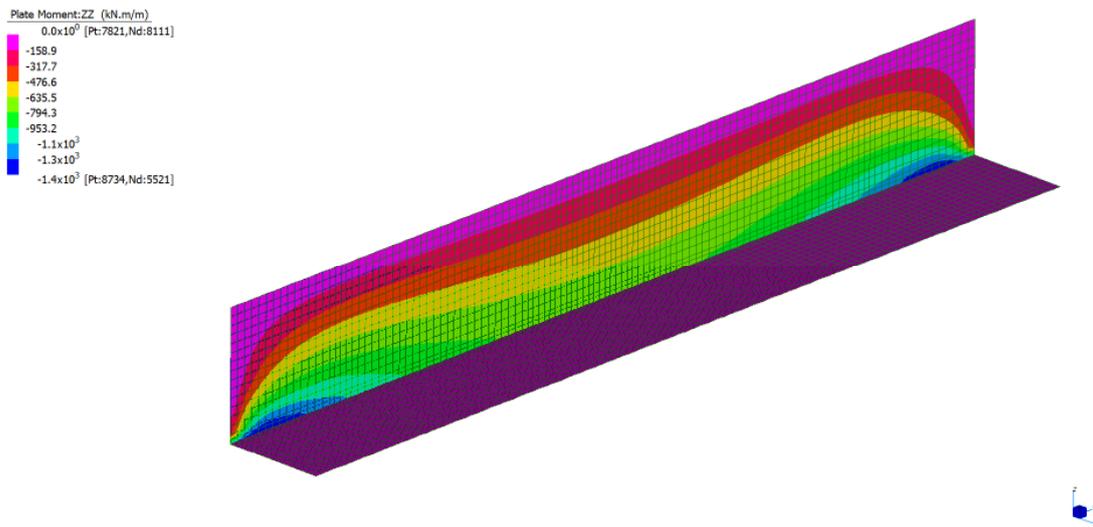
$$M_{zz,parte\ centrale,fond} = 3600\text{ kNm/m}$$

$$M_{zz,parti\ lateralfond} = 1800\text{ kNm/m}$$

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge



Inviluppo SLU min



Inviluppo SLU max

Le verifica zona centrale:

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro frontale elevaz

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: muro frontale

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	250	1	26,55	6
			2	37,17	244
			3	26,55	234

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{xRd} 5,855 kNm

Materiali

B450C C35/45

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19,83 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 13,5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,8
τ_{c1} 2,257

σ_c -19,83 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,176 ‰
ε_s 67,5 ‰
d 244 cm
x 10,96 x/d 0,04493
δ 0,7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Verifica a flessione muro elevazione parte centrale

$M_{rd}/M_{ed} = 5855 \text{ kNm/m} / 5400 \text{ kNm/m} = 1,08$

Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro frontale fond 40m centrali

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: muro frontale

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 5 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	26,55	6
			2	10,62	6
			3	26,55	144
			4	10,62	144
			5	37,17	134

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 3,894 kNm

Materiali

B450C C35/45

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19,83 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 13,5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,8
τ_{c1} 2,257

σ_c -19,83 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 42,98 ‰
d 144 cm
x 10,84 x/d 0,07531
δ 0,7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Verifica a flessione piede fondaz. parte centrale

$M_{rd}/M_{ed} = 3894 \text{ kNm/m} / 3600 \text{ kNm/m} = 1,08$

Verifica soddisfatta.

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

Verifica zone laterali:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro frontale elevaz lati

Titolo: muro frontale

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	250	1	26,55	6
			2	37,17	244

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali:

- B450C: ϵ_{su} 67,5‰, f_{yd} 391,3 N/mm², E_s 200.000 N/mm², E_s/E_c 15, ϵ_{syd} 1,957‰, $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²
- C35/45: ϵ_{c2} 2‰, ϵ_{cu} 3,5, f_{cd} 19,83, f_{cc}/f_{cd} 0,8, $\sigma_{c,adm}$ 13,5, τ_{c1} 2,257

Calcolo: S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

M_{xRd} 3,494 kNm

σ_c -19,83 N/mm², σ_s 391,3 N/mm², ϵ_c 2,298‰, ϵ_s 67,5‰, d 244 cm, x 8,034, x/d 0,03293, δ 0,7

Verifica a flessione muro elevazione parti laterali

$$Mrd/Med = 3494\text{kNm/m}/3000\text{kNm/m} = 1,16$$

Verifica sodisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro frontale fond

Titolo: muro frontale

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	26,55	6
			2	10,62	6
			3	26,55	144
			4	10,62	144

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali:

- B450C: ϵ_{su} 67,5‰, f_{yd} 391,3 N/mm², E_s 200.000 N/mm², E_s/E_c 15, ϵ_{syd} 1,957‰, $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²
- C35/45: ϵ_{c2} 2‰, ϵ_{cu} 3,5, f_{cd} 19,83, f_{cc}/f_{cd} 0,8, $\sigma_{c,adm}$ 13,5, τ_{c1} 2,257

Calcolo: S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

M_{xRd} 2,041 kNm

σ_c -19,83 N/mm², σ_s 391,3 N/mm², ϵ_c 3,413‰, ϵ_s 67,5‰, d 144 cm, x 6,931, x/d 0,04813, δ 0,7

Verifica a flessione piede fond. parti laterali

$$Mrd/Med = 2041\text{kNm/m}/1800\text{kNm/m} = 1,13$$

Verifica soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO

Le sollecitazioni agli SLU sul muro frontale sono derivate dal modello fem.

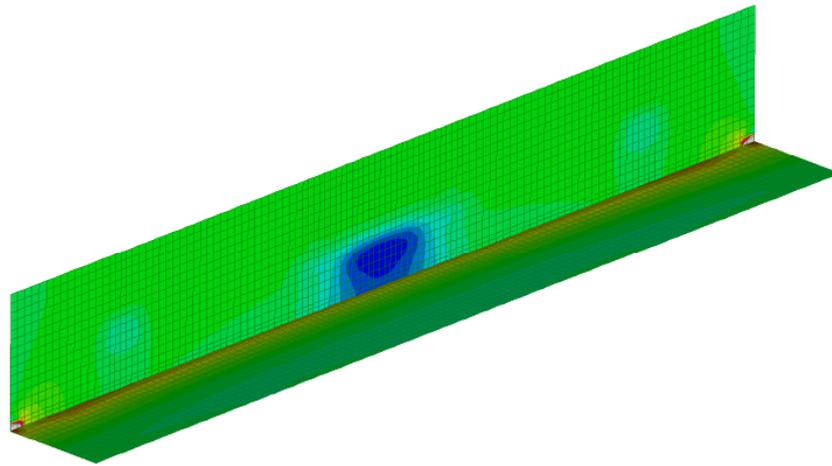
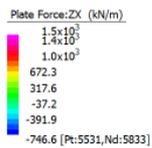
Le sollecitazioni sulle due porzioni sono:

$$T_{zx, \text{parte centrale, muro}} = 3000 \text{ kN/m}$$

$$M_{zx, \text{parti laterali, muro}} = 1400 \text{ kN/m}$$

$$T_{zx, \text{parte centrale, fond}} = 3000 \text{ kN/m}$$

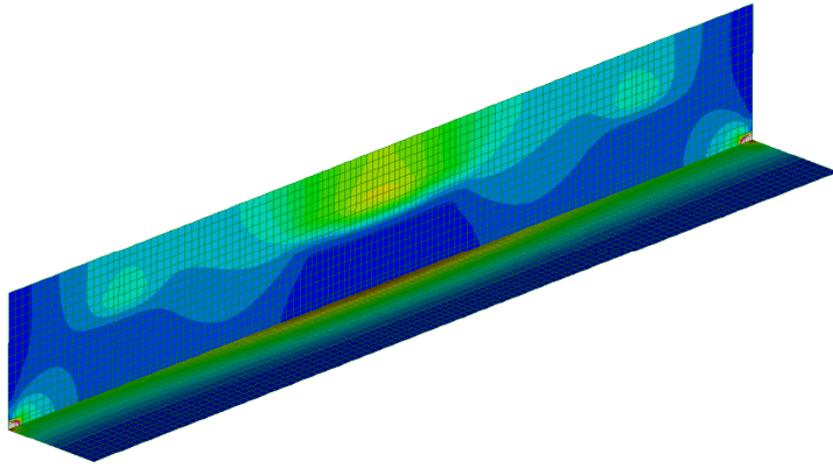
$$M_{zx, \text{parti laterali, fond}} = 1400 \text{ kN/m}$$



Inviluppo min

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

Plate Force:ZX (kN/m)
3.0x10³
2.8x10³
2.4x10³
1.9x10³
1.4x10³
927.5
449.2
-29.1 [Pt:62,Nd:7924]



Involuppo max

Verifica a taglio zona centrale:

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

geometria:		
H =	2500 mm	altezza elemento
b =	1000 mm	larghezza elemento
c =	50 mm	copriferro ambo i lati
d =	2450 mm	altezza utile
Asl =	3717 mmq	area arm long trazione Morsch
ρ =	0,0015	
k =	1,29	
N =	0 kN	sforzo normale di compressione
σ_{cp} =	0,00 MPa	tensione media di compressione nella sezione
materiali:		
R_{ck} =	45 MPa	F_{yk} = 450 MPa
f_{ck} =	37 MPa	f_{yd} = 391 MPa
f_{cd} =	21,17 MPa	
f'_{cd} =	10,58 MPa	
f_{ctm} =	3,35 MPa	
f_{ctk} =	2,35 MPa	
f_{ctd} =	1,6 MPa	
v_{min} =	0,31	
verifica resistenza a taglio senza armatura specifica		
V_{sd} =	3000 kN	V_{Rd1} = 764 kN
α =	90 °	angolo inclinazione armatura
$\sin\alpha$ =	1	
$\text{ctg}\alpha$ =	0	
θ =	45 °	angolo inclinazione puntoni di cls
$\text{ctg}\theta$ =	1,0	
Φ =	16 mm	diametro staffe
n° =	5	n°bracci delle staffe
A_{sw} =	1005 mmq	area staffe
s =	200 mm	passo staffe
V_{Rsd} =	4337 kN	contributo a taglio trazione
α_c =	1,00	coefficiente maggiorativo
V_{Rcd} =	11667 kN	contributo a taglio compressione
V_{sd} =	3000 kN	V_{Rsd} = 4337 kN

Verifica a taglio zona centrale elevazione

$$\text{Trd}/\text{Ted} = 4337\text{kN/m}/3000\text{kN/m} = 1,44$$

Verifica sodisfatta.

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

geometria:		
H =	1500 mm	altezza elemento
b =	1000 mm	larghezza elemento
c =	45 mm	copriferro ambo i lati
d =	1455 mm	altezza utile
Asl =	5309 mmq	area arm long trazione Morsch
ρ =	0,0036	
k =	1,37	
N =	0 kN	sforzo normale di compressione
σ_{cp} =	0,00 MPa	tensione media di compressione nella sezione
materiali:		
R_{ck} =	45 MPa	F_{yk} = 450 MPa
f_{ck} =	37 MPa	f_{yd} = 391 MPa
f_{cd} =	21,17 MPa	
f'_{cd} =	10,58 MPa	
f_{ctm} =	3,35 MPa	
f_{ctk} =	2,35 MPa	
f_{ctd} =	1,6 MPa	
v_{min} =	0,34	
verifica resistenza a taglio senza armatura specifica		
V_{sd} =	3000 kN	V_{Rd1} = 572 kN
α =	90 °	angolo inclinazione armatura
$\sin\alpha$ =	1	
$\text{ctg}\alpha$ =	0	
θ =	45 °	angolo inclinazione puntoni di cls
$\text{ctg}\theta$ =	1,0	
Φ =	16 mm	diametro staffe
n° =	7	n°bracci delle staffe
A_{sw} =	1407 mmq	area staffe
s =	200 mm	passo staffe
V_{Rsd} =	3606 kN	contributo a taglio trazione
α_c =	1,00	coefficiente maggiorativo
V_{Rcd} =	6929 kN	contributo a taglio compressione
V_{sd} =	3000 kN	V_{Rsd} = 3606 kN

Verifica a taglio zona centrale piede fond.

$$\text{Trd}/\text{Ted} = 3606\text{kN/m}/3000\text{kN/m} = 1,20$$

Verifica sodisfatta

Verifica a taglio zone laterali:

geometria:	
H =	2500 mm altezza elemento
b =	1000 mm larghezza elemento
c =	50 mm copriferro ambo i lati
d =	2450 mm altezza utile
Asl =	3717 mmq area arm long trazione Morsch
$\rho =$	0,0015
k =	1,29
N =	0 kN sforzo normale di compressione
$\sigma_{cp} =$	0,00 MPa tensione media di compressione nella sezione
materiali:	
$R_{ck} =$	45 MPa
$f_{ck} =$	37 MPa
$f_{cd} =$	21,17 MPa
$f'_{cd} =$	10,58 MPa
$f_{ctm} =$	3,35 MPa
$f_{ctk} =$	2,35 MPa
$f_{ctd} =$	1,6 MPa
$v_{min} =$	0,31
$F_{yk} =$	450 MPa
$f_{yd} =$	391 MPa
verifica resistenza a taglio senza armatura specifica	
$V_{sd} =$	1400 kN > $V_{Rd1} =$ 764 kN
$\alpha =$	90 ° angolo inclinazione armatura
$\sin\alpha =$	1
$\text{ctg}\alpha =$	0
$\theta =$	45 ° angolo inclinazione punti di cls
$\text{ctg}\theta =$	1,0
$\Phi =$	16 mm diametro staffe
$n =$	5 n°bracci delle staffe
$A_{sw} =$	1005 mmq area staffe
$s =$	400 mm passo staffe
$V_{Rsd} =$	2169 kN contributo a taglio trazione
$\alpha_c =$	1,00 coefficiente maggiorativo
$V_{Rcd} =$	11667 kN contributo a taglio compressione
$V_{sd} =$	1400 kN < $V_{Rsd} =$ 2169 kN

Verifica a taglio zone laterali elevazione

$$\text{Trd/Ted} = 2169\text{kN/m}/1400\text{kN/m} = 1,55$$

Verifica soddisfatta.

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

geometria:		
H =	1500 mm	altezza elemento
b =	1000 mm	larghezza elemento
c =	45 mm	copriferro ambo i lati
d =	1455 mm	altezza utile
Asl =	5309 mmq	area arm long trazione Morsch
ρ =	0,0036	
k =	1,37	
N =	0 kN	sforzo normale di compressione
σ_{cp} =	0,00 MPa	tensione media di compressione nella sezione
materiali:		
R_{ck} =	45 MPa	F_{yk} = 450 MPa
f_{ck} =	37 MPa	f_{vd} = 391 MPa
f_{cd} =	21,17 MPa	
f'_{cd} =	10,58 MPa	
f_{ctm} =	3,35 MPa	
f_{ctk} =	2,35 MPa	
f_{ctd} =	1,6 MPa	
v_{min} =	0,34	
verifica resistenza a taglio senza armatura specifica		
V_{sd} =	1400 kN	V_{Rd1} = 572 kN
α =	90 °	angolo inclinazione armatura
$\sin\alpha$ =	1	
$\text{ctg}\alpha$ =	0	
θ =	45 °	angolo inclinazione puntoni di cls
$\text{ctg}\theta$ =	1,0	
Φ =	16 mm	diámetro staffe
n° =	3	n°bracci delle staffe
A_{sw} =	603 mmq	area staffe
s =	200 mm	passo staffe
V_{Rsd} =	1545 kN	contributo a taglio trazione
α_c =	1,00	coefficiente maggiorativo
V_{Rcd} =	6929 kN	contributo a taglio compressione
V_{sd} =	1400 kN	V_{Rsd} = 1545 kN

Verifica a taglio zone laterali piede fond.

$$\text{Trd/Ted} = 1545\text{kN/m}/1400\text{kN/m} = 1,10$$

Verifica sodisfatta.

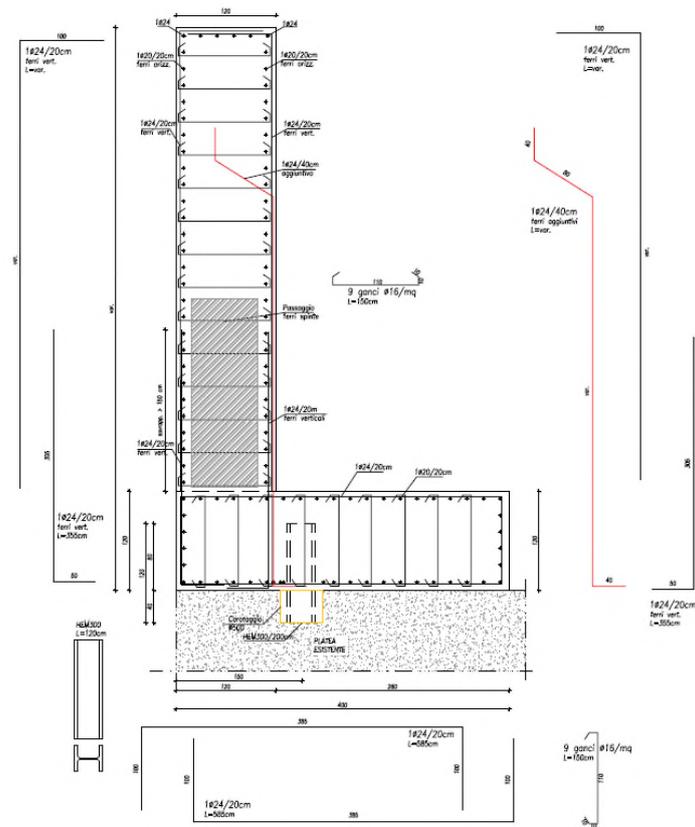
i) MURI LATERALI

I muri laterali hanno una lunghezza totale pari a 80m, un'altezza variabile ed una sezione che varia da 150 a 80cm; il piede di fondazione del muro ha dimensioni variabili. Per una più completa comprensione si rimanda alle tavole di progetto.

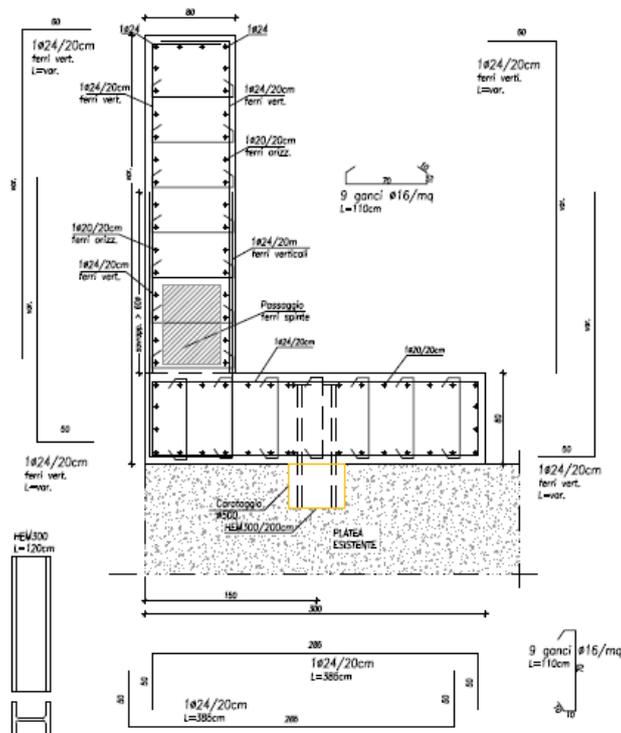
Per contrastare gli effetti di scorrimento nelle due direzioni, si utilizzano tacchi di taglio in acciaio con passo 2 metri su tutta l'estensione dei due muri.

Per facilitare la trasmissione delle forze derivanti dal muro frontale e dalle bitte, questi muri sono collegati per i primi 11m alla soletta tramite dei ferri inclinati che distribuiscono poi tali sollecitazioni per tutto lo sviluppo del muro; tali armature

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bette, verricelli per ormeggio e incaglio barge



Muro laterale 2



Muro laterale 3

Per una più completa comprensione si rimanda alle tavole di progetto.

Questi muri sono sollecitati dalla spinta del riempimento, dai carrelli/tredde e/o dal sovraccarico distribuito (valutando quale dei due sia più gravoso caso per caso) e dal peso proprio della soletta di spessore 110cm (parte strutturale e non strutturale).

MURO LATERALE 1

Questo muro si estende dall'estremità del muro frontale per 20 metri.

VERIFICA D'EQUILIBRIO

Di seguito si riporta la verifica all'equilibrio globale del muro laterale1; gli scorrimenti verso l'esterno sono stati verificati tenendo in considerazione l'azione dell'attrito e dei tacchi di taglio; mentre la forza di scorrimento laterale (verso l'acqua) dovuta al tiro delle bitte e alle spinte sul muro frontale, viene contrastato con i soli tacchi di taglio.

SPINTA DEL TERRENO

H =	5,30 m	altezza totale muro
Φ	35,0 °	angolo di attrito terreno
δ	20,0 °	angolo di attrito terreno-fondazione
γ_d	20,0 kN/mc	peso specifico terreno
k_a	0,27	coeff. di spinta attiva
k_p	3,69	coeff. di spinta passiva

Q₂: spinta del terreno asciutto

g	5,40 kN/mc	gradient intensity Midas
$p = (\gamma_d H_1 k) =$	29 kN/mq	
Taglio alla base	77 kN/m	
Momento alla base	136 kNm/m	

SOVRACCARICO SOLETTA CONTINUA

spessore soletta	1,1 m	
Qk	27,5 kN/mq	carico verticale distribuito sopra il terreno
Q₃: spinta del sovraccarico sul muro	7,43 kN/mq	carico orizzontale distribuito sul muro
Taglio alla base	39 kN/m	
Momento alla base	103 kNm/m	

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

CARICO CARRELLI

Q carrello	4000 kN	carico carrello
i	15 m	interasse tra carrelli
H	6,8 m	altezza muro
X	9,0 m	dist orizz carrello-muro
m	1,3	coefficiente moltiplicativo
coeff Ph	0,64	da tabella
Ph	63,4 kN/m	forza orizzontale
coeff R	0,48	da tabella
R	3,3 m	braccio di applicazione da fondazione
Taglio alla base	63,4 kN/m	
Momento alla base	114,1 kNm/m	

SOVRACCARICO ACCIDENTALE SOPRA TERRENO

Q_k	15 ton/mq	carico verticale distribuito sopra il terreno
Q_k	150 kN/mq	carico verticale distribuito sopra il terreno
Q_3 : spinta del sovraccarico sul muro	40,50 kN/mq	carico orizzontale distribuito sul muro
Taglio alla base	215 kN/m	
Momento alla base	570 kNm/m	

Sollecitazioni SLU sul muro sopra il plinto di fondazione

Y_g	1,3
Y_q	1,5

Taglio SLU	423 kN/m
Momento SLU	1166 kNm/m

NB: Le superfici interna ed esterna del muro sono verticali

h_2	5,30 m	altezza parete
h_3	1,5 m	altezza plinto
h_4	0 m	altezza dente sotto al muro di sostegno
s_2	1,5 m	spessore muro
L_1	2,5 m	Sbalzo fondazione contro terra
L_2	4 m	larghezza totale della fondazione
L_3	0 m	larghezza fondazione lato valle
γ_{cls}	25 kN/mc	peso specifico cls
σ terreno limite	1 kg/cm ²	tensione limite a compressione del terreno

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

VERIFICA A RIBALTAMENTO

Sa	-125 kN/m	spinta del terreno asciutto
Ssol	-170 kN/m	spinta soletta
S carrello	-63,4 kN/m	spinta orizz carrello
Sq	-275 kN/m	spinta del sovraccarico accidentale
Mr	-1796 kNm/m	Momento ribaltante
Wt	265 kN/m	peso terreno sopra fondazione
Mt	729 kNm/m	Momento stabilizzante terreno sopra fond
W1	150 kN/m	peso plinto
M w1	300 kNm/m	Momento stabilizzante plinto
W2	199 kN/m	peso muro
M w2	149 kNm/m	Momento stabilizzante muro
qsol	63 kN/m	sovraccarico soletta
M qsol	173 kNm/m	momento stabilizzante soletta
q acc	375 kN/m	sovraccarico acc
M qacc	1031 kNm/m	momento stabilizzante acc
M stab	2382 kNm/m	momento stabilizzante totale
M stab / Mr	1,326	OK

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO DEL MURO LATERALE CON ATTRITO E TACCHI DI TAGLIO AGLI SLU IN DIREZIONE TRASVERSALE DEL MURO (fuoripiano)			
W tot	1052 kN/m	peso totale gravante sulla fondazione	
Rw	315 kN/m	Attrito terreno-fondazione	1 1= considera attrito 0= non considera attrito
Findclinazione	0 kN/m	forza instab	
angolo inclinazione	0 deg	angolo inclinazione piano di posa	
F inst aggiuntiva	0 kN	forza instabilizzante aggiuntiva totale dovuta a forse esterne	
L muro	20 m	lunghezza long muro	
Tacchi di taglio			
n tot tacchi taglio su L muro	8		
res un tacco taglio	1240 kN/m	min tra resistenza trave e cls	1768 vrd HEM300 (da Profili) 1240 Comp Rd cls
Res tot tacchi taglio	9920 kN		10 sigma amm cls [Mpa] 310 L1 HE [mm] 400 L2 HE [mm]
interasse tacchi taglio	→ 2,50 m		
Fs	16220 kN	Forza stabilizzante allo scorrimento su L metri	
Fi	15920 kN	Forza instabilizzante allo scorrimento su L metri (terreno, acc. ecc..)	
Fs/Fi	1,019	OK	verifica a scorrimento

Le verifiche a ribaltamento e scorrimento sono verificate.

VERIFICA A FLESSIONE

Le sollecitazioni sono:

$$M_{SLU} = 1166 \text{ kNm/m}$$

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

Le verifica riportata riguarda la sezione più sollecitata del muro in elevazione e del piede di fondazione:

Verifica a flessione muro elevazione e piede fondazione

$M_{rd}/M_{ed} = 1744\text{kNm/m}/1166\text{kNm/m} = 1,50$

Verifica soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO

Le sollecitazioni agli SLU sul muro frontale sono derivate dal modello fem.

Le sollecitazioni sulle due porzioni sono:

$T_{SLU} = 423 \text{ kN/m}$

Le verifica riportata riguarda la sezione più sollecitata del muro in elevazione e del piede di fondazione:

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

geometria:		
H =	1500 mm	altezza elemento
b =	1000 mm	larghezza elemento
c =	45 mm	copriferro ambo i lati
d =	1455 mm	altezza utile
Asl =	2262 mmq	area arm long trazione Morsch
ρ =	0,0016	
k =	1,37	
N =	0 kN	sforzo normale di compressione
σ_{cp} =	0,00 MPa	tensione media di compressione nella sezione
materiali:		
R_{ck} =	45 MPa	F_{yk} = 450 MPa
f_{ck} =	37 MPa	f_{vd} = 391 MPa
f_{cd} =	21,17 MPa	
f'_{cd} =	10,58 MPa	
f_{ctm} =	3,35 MPa	
f_{ctk} =	2,35 MPa	
f_{ctd} =	1,6 MPa	
v_{min} =	0,34	
verifica resistenza a taglio senza armatura specifica		
V_{sd} =	423 kN	< V_{Rd1} = 499 kN
α =	90 °	angolo inclinazione armatura
$\sin\alpha$ =	1	
$\text{ctg}\alpha$ =	0	
θ =	45 °	angolo inclinazione puntoni di cls
$\text{ctg}\theta$ =	1,0	
Φ =	16 mm	diametro staffe
n° =	3	n°bracci delle staffe
A_{sw} =	603 mmq	area staffe
s =	400 mm	passo staffe
V_{Rsd} =	773 kN	contributo a taglio trazione
α_c =	1,00	coefficiente maggiorativo
V_{Rcd} =	6929 kN	contributo a taglio compressione
V_{sd} =	423 kN	< V_{Rsd} = 773 kN

Verifica a taglio zona elevaz. efond.

$$\text{Trd}/\text{Ted} = 733\text{kN/m}/423\text{kN/m} = 1,73$$

Verifica sodisfatta.

MURO LATERALE 2

Questo muro si estende per 20 metri.

VERIFICA D'EQUILIBRIO

Di seguito si riporta la verifica all'equilibrio globale del muro laterale2; gli scorrimenti verso l'esterno sono stati verificati tenendo in considerazione l'azione dell'attrito e dei tacchi di taglio; mentre la forza di scorrimento laterale (verso l'acqua) dovuta al tiro delle bitte e alle spinte sul muro frontale, viene contrastato con i soli tacchi di taglio:

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

SPINTA DEL TERRENO

H =	3,70 m	altezza totale muro
Φ	35,0 °	angolo di attrito terreno
δ	20,0 °	angolo di attrito terreno-fondazione
γ_d	20,0 kN/mc	peso specifico terreno
k_a	0,27	coeff. di spinta attiva
k_p	3,69	coeff. di spinta passiva

Q₂: spinta del terreno asciutto

g	5,40 kN/mc	gradient intensity Midas
$p = (\gamma_d H_1 k) =$	20 kN/mq	
Taglio alla base	37 kN/m	
Momento alla base	46 kNm/m	

SOVRACCARICO SOLETTA CONTINUA

spessore soletta	1,1 m	
Qk	27,5 kN/mq	carico verticale distribuito sopra il terreno
Q₃: spinta del sovraccarico sul muro	7,43 kN/mq	carico orizzontale distribuito sul muro
Taglio alla base	27 kN/m	
Momento alla base	50 kNm/m	

CARICO CARRELLI

Q carrello	4000 kN	carico carrello
i	15 m	interasse tra carrelli
H	4,9 m	altezza muro
X	7,0 m	dist orizz carrello-muro
m	1,4	coefficiente moltiplicativo
coeff Ph	0,64	da tabella
Ph	57,7 kN/m	forza orizzontale
coeff R	0,48	da tabella
R	2,4 m	braccio di applicazione da fondazione
Taglio alla base	57,7 kN/m	
Momento alla base	69,2 kNm/m	

SOVRACCARICO ACCIDENTALE SOPRA TERRENO

Qk	15 ton/mq	carico verticale distribuito sopra il terreno
Qk	150 kN/mq	carico verticale distribuito sopra il terreno
Q₃: spinta del sovraccarico sul muro	40,50 kN/mq	carico orizzontale distribuito sul muro
Taglio alla base	150 kN/m	
Momento alla base	278 kNm/m	

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

Sollecitazioni SLU sul muro sopra il plinto di fondazione

Yg	1,3
Yq	1,5
Taglio SLU	273 kN/m
Momento SLU	542 kNm/m

NB: Le superfici interna ed esterna del muro sono verticali

h2	3,70 m	altezza parete
h3	1,2 m	altezza plinto
h4	0 m	altezza dente sotto al muro di sostegno
s2	1,2 m	spessore muro
L1	2,8 m	Sbalzo fondazione contro terra
L2	4 m	larghezza totale della fondazione
L3	0 m	larghezza fondazione lato valle
γ_{cls}	25 kN/mc	peso specifico cls
σ terreno limite	1 kg/cm ²	tensione limite a compressione del terreno

VERIFICA A RIBALTAMENTO

Sa	-65 kN/m	spinta del terreno asciutto
Ssol	-135 kN/m	spinta soletta
S carrello	-57,7 kN/m	spinta orizz carrello
Sq	-198 kN/m	spinta del sovraccarico accidentale
Mr	-922 kNm/m	Momento ribaltante
Wt	207 kN/m	peso terreno sopra fondazione
Mt	538 kNm/m	Momento stabilizzante terreno sopra fond
W1	120 kN/m	peso plinto
M w1	240 kNm/m	Momento stabilizzante plinto
W2	111 kN/m	peso muro
M w2	67 kNm/m	Momento stabilizzante muro
qsol	77 kN/m	sovraccarico soletta
M qsol	200 kNm/m	momento stabilizzante soletta
q acc	420 kN/m	sovraccarico acc
M qacc	1092 kNm/m	momento stabilizzante acc
M stab	2137 kNm/m	momento stabilizzante totale
M stab / Mr	2,318	OK

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO DEL MURO LATERALE CON ATTRITO E TACCHI DI TAGLIO AGLI SLU IN DIREZIONE TRASVERSALE DEL MURO (fuoripiano)			
W tot	935 kN/m	peso totale gravante sulla fondazione	
Rw	247 kN/m	Attrito terreno-fondazione	<input checked="" type="checkbox"/> 1 = considera attrito <input type="checkbox"/> 0 = non considera attrito
Findinazione	-33 kN/m	forza instab	
angolo inclinazione	2 deg	angolo inclinazione piano di posa	
F inst aggiuntiva	0 kN	forza instabilizzante aggiuntiva totale dovuta a forse esterne	
L muro	20 m	lunghezza long muro	
Tacchi di taglio			
n tot tacchi taglio su L muro	7		
res un tacco taglio	1240 kN/m	min tra resistenza trave e cls	1768 vrd HEM300 (da Profili)
Res tot tacchi taglio	8680 kN		1240 Comp Rd cls
interasse tacchi taglio	→ 2,86 m		10 sigma amm cls [Mpa]
			310 L1 HE [mm]
			400 L2 HE [mm]
Fs	13620 kN	Forza stabilizzante allo scorrimento su L metri	
Fi	11140 kN	Forza instabilizzante allo scorrimento su L metri (terreno, acc. ecc.)	
Fs/Fi	1,223	OK	verifica a scorrimento

Le verifiche a ribaltamento e scorrimento sono verificate.

VERIFICA A FLESSIONE

Le sollecitazioni sono:

$$M_{SLU} = 542 \text{ kNm/m}$$

Le verifica riportata riguarda la sezione più sollecitata del muro in elevazione e del piede di fondazione:

Verifica C.A. S.L.U. - File: muro a L2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo:

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	22,62	5,3
			2	22,62	114,7

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 0 kNm
M_{yEd}: 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U. Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C35/45

ε_{su}: 67,5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391,3 N/mm² ε_{cu}: 3,5 ‰
E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 19,83 ‰
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0,8
ε_{syd}: 1,957 ‰ σ_{c,adm}: 13,5
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0,8
τ_{c1}: 2,257

M_{xRd}: 994,5 kN m
σ_c: -19,83 N/mm²
σ_s: 391,3 N/mm²
ε_c: 3,328 ‰
ε_s: 67,5 ‰
d: 114,7 cm
x: 5,389 x/d: 0,04698
δ: 0,7

Verifica a flessione muro elevazione e fondazione

$$M_{rd}/M_{ed} = 994 \text{ kNm/m} / 542 \text{ kNm/m} = 1,83$$

Verifica sodisfatta.

VERIFICA A TAGLIO

Le sollecitazioni agli SLU sul muro frontale sono derivate dal modello fem.

Le sollecitazioni sulle due porzioni sono:

$$T_{SLU} = 273 \text{ kN/m}$$

Le verifiche riportate riguardano la sezione più sollecitata del muro in elevazione e del piede di fondazione:

geometria:			
H =	1200 mm	altezza elemento	
b =	1000 mm	larghezza elemento	
c =	45 mm	copriferro ambo i lati	
d =	1155 mm	altezza utile	
Asl =	2262 mmq	area arm long trazione Morsch	
ρ =	0,0020		
k =	1,42		
N =	0 kN	sforzo normale di compressione	
σ_{cp} =	0,00 MPa	tensione media di compressione nella sezione	
materiali:			
R_{ck} =	45 MPa	F_{yk} =	450 MPa
f_{ck} =	37 MPa	f_{yd} =	391 MPa
f_{cd} =	21,17 MPa		
f_{cd}^* =	10,58 MPa		
f_{ctm} =	3,35 MPa		
f_{ctk} =	2,35 MPa		
f_{ctd} =	1,6 MPa		
v_{min} =	0,36		
verifica resistenza a taglio senza armatura specifica			
V_{sd} =	273 kN	<	V_{Rd1} = 416 kN
α =	90 °	angolo inclinazione armatura	
$\sin\alpha$ =	1		
$\text{ctg}\alpha$ =	0		
θ =	45 °	angolo inclinazione puntoni di cls	
$\text{ctg}\theta$ =	1,0		
ϕ =	16 mm	diametro staffe	
n° =	3	n°bracci delle staffe	
A_{sw} =	603 mmq	area staffe	
s =	400 mm	passo staffe	
V_{Rsd} =	613 kN	contributo a taglio trazione	
α_c =	1,00	coefficiente maggiorativo	
V_{Rcd} =	5500 kN	contributo a taglio compressione	
V_{sd} =	273 kN	<	V_{Rsd} = 613 kN

Verifica a taglio zona elevaz. e piede di fond.

$$Trd/Ted = 613\text{kN/m}/273\text{kN/m} = 2,25$$

Verifica sodisfatta.

MURO LATERALE 3

Questo muro si estende per gli ultimi 40 metri.

VERIFICA D'EQUILIBRIO

Di seguito si riporta la verifica all'equilibrio globale del muro laterale³; gli scorrimenti verso l'esterno sono stati verificati tenendo in considerazione l'azione dell'attrito e dei tacchi di taglio; mentre la forza di scorrimento laterale (verso l'acqua) dovuta al tiro delle bitte e alle spinte sul muro frontale, viene contrastato con i soli tacchi di taglio:

SPINTA DEL TERRENO

H =	3,00 m	altezza totale muro
Φ	35,0 °	angolo di attrito terreno
δ	20,0 °	angolo di attrito terreno-fondazione
γ_d	20,0 kN/mc	peso specifico terreno
k_a	0,27	coeff. di spinta attiva
k_p	3,69	coeff. di spinta passiva

Q_2 : spinta del terreno asciutto

g	5,40 kN/mc	gradient intensity Midas
$p = (\gamma_d H_1 k) =$	16 kN/mq	
Taglio alla base	24 kN/m	
Momento alla base	24 kNm/m	

SOVRACCARICO SOLETTA CONTINUA

spessore soletta	1,1 m	
Q_k	27,5 kN/mq	carico verticale distribuito sopra il terreno
Q_3: spinta del sovraccarico sul muro	7,43 kN/mq	carico orizzontale distribuito sul muro
Taglio alla base	22 kN/m	
Momento alla base	33 kNm/m	

CARICO CARRELLI

Q carrello	4000 kN	carico carrello
i	15 m	interasse tra carrelli
H	3,8 m	altezza muro
X	7,0 m	dist orizz carrello-muro
m	1,8	coefficiente moltiplicativo
coeff Ph	0,64	da tabella
Ph	40,3 kN/m	forza orizzontale
coeff R	0,48	da tabella
R	1,8 m	braccio di applicazione da fondazione
Taglio alla base	40,3 kN/m	
Momento alla base	40,3 kNm/m	

SOVRACCARICO ACCIDENTALE SOPRA TERRENO

Q_k	15 ton/mq	carico verticale distribuito sopra il terreno
Q_k	150 kN/mq	carico verticale distribuito sopra il terreno
Q_3: spinta del sovraccarico sul muro	40,50 kN/mq	carico orizzontale distribuito sul muro
Taglio alla base	122 kN/m	
Momento alla base	183 kNm/m	

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

Sollecitazioni SLU sul muro sopra il plinto di fondazione

Yg	1,3
Yq	1,5
Taglio SLU	214 kN/m
Momento SLU	349 kNm/m

NB: Le superfici interna ed esterna del muro sono verticali

h2	3,00 m	altezza parete
h3	0,8 m	altezza plinto
h4	0 m	altezza dente sotto al muro di sostegno
s2	0,8 m	spessore muro
L1	2,2 m	Sbalzo fondazione contro terra
L2	3 m	larghezza totale della fondazione
L3	0 m	larghezza fondazione lato valle
γ_{cls}	25 kN/mc	peso specifico cls
σ terreno limite	1 kg/cm2	tensione limite a compressione del terreno

VERIFICA A RIBALTAMENTO

Sa	-39 kN/m	spinta del terreno asciutto
Ssol	-105 kN/m	spinta soletta
S carrello	-40,3 kN/m	spinta orizz carrello
Sq	-154 kN/m	spinta del sovraccarico accidentale
Mr	-542 kNm/m	Momento ribaltante
Wt	132 kN/m	peso terreno sopra fondazione
Mt	251 kNm/m	Momento stabilizzante terreno sopra fond
W1	60 kN/m	peso plinto
M w1	90 kNm/m	Momento stabilizzante plinto
W2	60 kN/m	peso muro
M w2	24 kNm/m	Momento stabilizzante muro
qsol	61 kN/m	sovraccarico soletta
M qsol	116 kNm/m	momento stabilizzante soletta
q acc	330 kN/m	sovraccarico acc
M qacc	627 kNm/m	momento stabilizzante acc
M stab	1108 kNm/m	momento stabilizzante totale
M stab / Mr	2,044	OK

Lotto B – Demolizione della parte fuori terra dello scalo esistente e spostamento impiantistica – Riempimento della parte lato mare dello scalo esistente a formare un nuovo piano – Realizzazione di una nuova soletta ad alta portata per un'area di circa 16.000 mq - Realizzazione di banchina con possibilità di incaglio per chiatta semisommersibile – Impianto di trattamento delle acque di prima pioggia e relative vasche – Realizzazione impianti elettrico, illuminazione e fluidi del nuovo piazzale di lavoro – Bitte, verricelli per ormeggio e incaglio barge

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO DEL MURO LATERALE CON ATTRITO E TACCHI DI TAGLIO AGLI SLU			
IN DIREZIONE TRASVERSALE DEL MURO (fuoripiano)			
W tot	643 kN/m	peso totale gravante sulla fondazione	
Rw	171 kN/m	Attrito terreno-fondazione	<input checked="" type="checkbox"/> 1 = considera attrito <input type="checkbox"/> 0 = non considera attrito
Finclinazione	-22 kN/m	forza instab	
angolo inclinazione	2 deg	angolo inclinazione piano di posa	
F inst aggiuntiva	0 kN	forza instabilizzante aggiuntiva totale dovuta a forse esterne	
L muro	40 m	lunghezza long muro	
Tacchi di taglio			
n tot tacchi taglio su L muro	8		
res un tacco taglio	1240 kN/m	min tra resistenza trave e cls	1768 vrd HEM300 (da Profili)
Res tot tacchi taglio	9920 kN		1240 Comp Rd cls
interasse tacchi taglio	→ 5,00 m		10 sigma amm cls [Mpa]
			310 L1 HE [mm]
			400 L2 HE [mm]
Fs	16760 kN	Forza stabilizzante allo scorrimento su L metri	
Fi	16728 kN	Forza instabilizzante allo scorrimento su L metri (terreno, acc. ecc..)	
Fs/Fi	1,002	OK	verifica a scorrimento

Le verifiche a ribaltamento e scorrimento sono verificate.

VERIFICA A FLESSIONE

Le sollecitazioni sono:

$$M_{SLU} = 349 \text{ kNm/m}$$

Le verifica riportata riguarda la sezione più sollecitata del muro in elevazione e del piede di fondazione:

Verifica C.A. S.L.U. - File: muro a l3

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: muro3

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 10 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	50	40	1	4,524	-44	34
2	-50	40	2	4,524	-22	34
3	-50	-40	3	4,524	0	34
4	50	-40	4	4,524	22	34
			5	4,524	44	34
			6	4,524	-44	-34

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord.[cm]: xN 0, yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C35/45

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19,83
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
ε_{syd} 1,957 ‰ C_{c,adm} 13,5
C_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,8
τ_{c1} 2,257

M_{xRd} 635,3 kNm
σ_c -19,83 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 41,06 ‰
d 74 cm
x 5,813 x/d 0,07855
δ 0,7

Metodo di calcolo: S.L.U. + Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Verifica a flessione muro elevazione e piede fondazione

$$M_{rd}/M_{ed} = 635 \text{ kNm/m} / 349 \text{ kNm/m} = 1,82$$

Verifica soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO

Le sollecitazioni agli SLU sul muro frontale sono derivate dal modello fem.

Le sollecitazioni sulle due porzioni sono:

$$T_{SLU} = 273 \text{ kN/m}$$

Le verifica riportata riguarda la sezione più sollecitata del muro in elevazione e del piede di fondazione:

H =	800 mm	altezza elemento
b =	1000 mm	larghezza elemento
c =	45 mm	copriferro ambo i lati
d =	755 mm	altezza utile
Asl =	1810 mmq	area arm long trazione M o rsch
$\rho =$	0,0024	
k =	1,51	
N =	0 kN	sforzo normale di compressione
$\sigma_{cp} =$	0,00 MPa	tensione media di compressione nella sezione
materiali:		
$R_{ck} =$	45 MPa	$F_{vk} =$ 450 MPa
$f_{ck} =$	37 MPa	$f_{yd} =$ 391 MPa
$f_{cd} =$	21,17 MPa	
$f'_{cd} =$	10,58 MPa	
$f_{ctm} =$	3,35 MPa	
$f_{ctk} =$	2,35 MPa	
$f_{ctd} =$	1,6 MPa	
$v_{min} =$	0,40	
verifica resistenza a taglio senza armatura specifica		
$V_{sd} =$	214 kN	< $V_{Rd1} =$ 301 kN
$\alpha =$	90 °	angolo inclinazione armatura
$\sin\alpha =$	1	
$\text{ctg}\alpha =$	0	
$\theta =$	45 °	angolo inclinazione puntoni di cls
$\text{ctg}\theta =$	1,0	
$\Phi =$	16 mm	diametro staffe
$n^\circ =$	3	n°bracci delle staffe
$A_{sw} =$	603 mmq	area staffe
s =	400 mm	passo staffe
$V_{Rsd} =$	401 kN	contributo a taglio trazione
$\alpha_c =$	1,00	coefficiente maggiorativo
$V_{Rcd} =$	3595 kN	contributo a taglio compressione
$V_{sd} =$	214 kN	< $V_{Rsd} =$ 401 kN

Verifica a taglio zona elevaz. e piede fond.

$$Trd/Ted = 401\text{kN/m}/214\text{N/m} = 1,87$$

Verifica soddisfatta.

VERIFICA A SCORRIMENTO LONGITUDINALE MURI LATERALI

Si riporta ora la verifica a scorrimento in direzione longitudinale (verso mare) dei due muri laterali con estensione 80 metri. La resistenza a queste forze instabilizzanti viene affidata totalmente ai tacchi di taglio costituiti da HEM300.

La resistenza del sistema HEM – cls viene calcolata come la più bassa tra quella a taglio della trave di acciaio e quella a compressione del calcestruzzo della platea esistente.

La forza instabilizzante è generata da:

- Tiro bitte: 300 ton;
- Spinta carrelli su muro frontale: questa spinta viene considerata, in questo caso, come divisa equamente tra i due muri laterali. Cautelativamente si considera un'aliquota pari al 75% della forza totale agente: 8413 kN (visto che la spinta orizzontale sulle pareti dovuta al passaggio dei carrelli è impostata ad una quota pari a ca. metà altezza, il carico si ripartirebbe pressoché equamente sul vincolo di base e quello di sommità).

La forza totale (non amplificata) è pari a: $3000+8413 = 11413$ kN

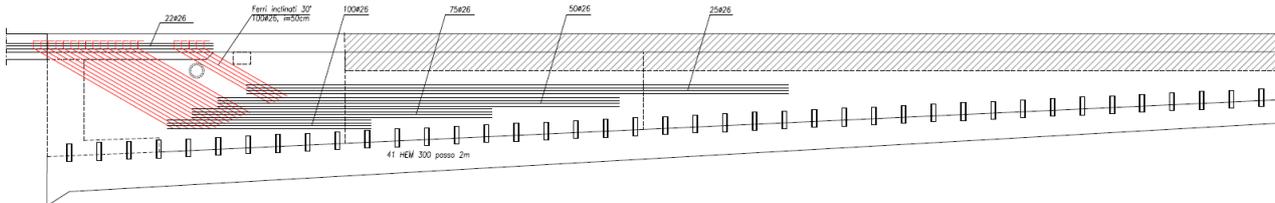
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO DEL MURO LATERALE CON ATTRITO E TACCHI DI TAGLIO AGLI SLU IN DIREZIONE LONGITUDINALE DEL MURO			
W tot	935 kN/m	peso totale gravante sulla fondazione	
Rw	247 kN/m	Attrito terreno-fondazione	<input type="text" value="0"/> 1 = considera attrito 0 = non considera attrito
Finclinazione	-33 kN/m	forza instab	
angolo inclinazione	2 deg	angolo inclinazione piano di posa	
F inst aggiuntiva	11413 kN	forza instabilizzante aggiuntiva totale dovuta a forze esterne non amplificata	
L muro	80 m	lunghezza long muro	
Tacchi di taglio			
n tot tacchi taglio su L m	14		
res un tacco taglio	1240 kN/m	min tra resistenza trave e cls	1768 vrd HEM300 (da Profili)
Res tot tacchi taglio	17360 kN		1240 Comp Rd cls
interasse tacchi	→ 5,71 m		10 sigma amm cls [Mpa]
			310 L1 HE [mm]
			400 L2 HE [mm]
Fs	17360 kN	Forza stabilizzante allo scorrimento su L metri	
Fi	17120 kN	Forza instabilizzante allo scorrimento su L metri	
Fs/Fi	1,014	OK	verifica a scorrimento

La verifica è soddisfatta.

In totale, su ogni muro laterale, si utilizzano tacchi di taglio HEM300/200cm annessi per 40cm nella platea esistente tramite carotaggi diametro 500mm.

FERRI TRASMISSIONE SFORZI

In questo capitolo si riporta una breve descrizione dei ferri che trasmettono gli sforzi derivanti dalle bitte e dal muro frontale ai due muri laterali.



Ferri trasmissione sforzi

La forza che devono trasmettere i 22φ26 che arrivano dalle bitte, è il tiro che viene applicato alle bitte dalla chiatta pari a 300 ton; i ferri inclinati di 30° invece trasmettono il tiro delle bitte e del muro frontale ai muri laterali (in tutto 100φ26/25x50cm); infine, i ferri orizzontali dentro i muri laterali distribuiscono tali sollecitazioni a tutto il muro che di conseguenza viene trasmesso alla platea di fondazione esistente tramite i tacchi di taglio.

La forza a cui devono resistere i ferri delle bitte è:

$$F_{bitte,slu} = 300 \text{ ton} * 1,5 = 4500 \text{ kN}$$

$$A_{s,min} = F_{bitte,slu} / f_{yd} = 4500 \text{ kN} / 391 \text{ Mpa} = 11509 \text{ mm}^2 < 22\phi 26 = 11680 \text{ mm}^2$$

La forza inclinata che i ferri inclinati devono trasmettere è pari a:

$$F_{orizz} = 11413 \text{ kN}$$

$$F_{incli} = 13179 \text{ kN}$$

$$A_{s,min} = F_{incli,slu} / f_{yd} = (13179 * 1,5) \text{ kN} / 391 \text{ Mpa} = 50558 \text{ mm}^2 < 100\phi 26 = 53093 \text{ mm}^2$$

In entrambi i casi le quantità di armatura sono superiori delle quantità minime.

I ferri si prolungano lungo il muro per distribuire gli sforzi così da non creare problemi locali alle strutture sottostanti esistenti.

Chiggia, Gennaio 2021

Il Progettista

FONTOLAN Dott. Ing. CIRILLO