



INTERVENTI PER IL DRAGAGGIO DI 2,3 M m³ DI SEDIMENTI IN AREA MOLO POLISETTORIALE PER LA REALIZZAZIONE DI UN PRIMO LOTTO DELLA CASSA DI COLMATA FUNZIONALE ALL'AMPLIAMENTO DEL V SPORGENTE DEL PORTO DI TARANTO

Progetto Esecutivo

MARGINAMENTO A MARE

Relazione di calcolo allineamento "AB"

SCALA:

CODICE PROGETTO		CODICE ELABORATO								REV	REP
PUG102		PE	STR	MM	00	PA	RE	01	B	511	

REVISIONI	REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	B	Maggio 2016	Nota A.P. Prot. U. 0006807 22/04/2016	Lotti ing/iLS studio		
	A	Gennaio 2016	Emissione	Lotti ing/iLS studio		

Progettisti indicati - R.T.P.:

MANDATARIA **LSTT^{SpA}** ingegneria
MANDANTE **ingLuigiSeverini.studio** Ingegneria Italiana

IL PROGETTISTA



Impresa:



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

INDICE

1	PREMESSA	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
3.1	CALCESTRUZZO	6
3.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE	7
3.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA	7
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	8
5	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	10
5.1	VITA NOMINALE	10
5.2	CLASSE D'USO	10
5.3	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	10
5.4	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	11
6	CRITERI DI VERIFICA	13
7	METODO DI ANALISI – VERIFICHE GEOTECNICHE DELLA PARATIA	17
7.1	CODICE DI CALCOLO E MODELLAZIONE	17
7.2	ANALISI A BREVE E A LUNGO TERMINE	23
7.3	CARICHI	24
7.4	FASI DI CALCOLO	27
7.5	RISULTATI DELLE ANALISI	30
8	METODO DI ANALISI – VERIFICA STRUTTURALE MONOPALO	38
8.1	SEZIONE TIPO "1"	38
8.1.1	Risultati: diagrammi di involuppo	39
8.1.2	Sollecitazioni di verifica e sezioni di calcolo	45
8.1.3	Verifica di deformabilità	46
8.1.4	Verifiche strutturali	46
8.2	SEZIONE TIPO "2"	57

8.2.1	Risultati: diagrammi di involuppo	58
8.2.2	Sollecitazioni di verifica e sezioni di calcolo	64
8.2.3	Verifica di deformabilità.....	65
8.2.4	Verifiche strutturali	65
8.3	SEZIONE TIPO "3"	78
8.3.1	Risultati: diagrammi di involuppo	79
8.3.2	Sollecitazioni di verifica e sezioni di calcolo	85
8.3.3	Verifica di deformabilità.....	86
8.3.4	Verifiche strutturali	86
8.4	SEZIONE TIPO "4"	97
8.4.1	Risultati: diagrammi di involuppo	98
8.4.2	Sollecitazioni di verifica e sezioni di calcolo	104
8.4.3	Verifica di deformabilità.....	105
8.4.4	Verifiche strutturali	105
9	METODO DI ANALISI – VERIFICA STRUTTURALE DIAFRAMMA	116
9.1	DESCRIZIONE MODELLO DI CALCOLO	116
9.2	CODICE DI CALCOLO	119
9.3	FASI COSTRUTTIVE.....	124
9.4	ANALISI DEI CARICHI DEI DIAFRAMMI	126
9.4.1	Diagramma di pressioni esterne.....	126
9.4.2	Diagramma di pressioni interne.....	130
9.4.3	Distorsioni di progetto	131
9.5	COMBINAZIONE DEI CARICHI ELEMENTARI.....	132
9.6	RISULTATI – STATO TENSIONALE DIAFRAMMA – SEZ. 1	133
9.6.1	Stato di tensione assiale	133
9.6.1.1	Stato tensionale prodotto dalle pressioni	134
9.6.1.2	Stato tensionale prodotto dalle distorsioni	136
9.6.2	Stato di tensione tangenziale	138
9.6.2.1	Stato tensionale prodotto dalle pressioni sulle lamiere	138
9.6.2.2	Stato tensionale prodotto dalle distorsioni	140
9.6.3	Verifica dello stato tensionale assiale sulle lamiere	142
9.6.4	Verifica dello stato tensionale tangenziale sugli irrigidimenti	144
9.6.5	Verifica eformabilità in esercizio (SLE)	145

9.7	RISULTATI – STATO TENSIONALE DIAFRAMMA – SEZ. 2	146
9.7.1	Stato di tensione assiale	147
9.7.1.1	Stato tensionale prodotto dalle pressioni	147
9.7.1.2	Stato tensionale prodotto dalle distorsioni	149
9.7.2	Stato di tensione tangenziale	151
9.7.2.1	Stato tensionale prodotto dalle pressioni sulle lamiere	151
9.7.2.2	Stato tensionale prodotto dalle distorsioni	153
9.7.3	Verifica dello stato tensionale assiale sulle lamiere	155
9.7.4	Verifica dello stato tensionale tangenziale sugli irrigidimenti	157
9.7.5	Verifica di deformabilità in esercizio (SLE)	158
9.8	RISULTATI – STATO TENSIONALE DIAFRAMMA – SEZ. 3	159
9.8.1	Stato di tensione assiale	159
9.8.1.1	Stato tensionale prodotto dalle pressioni	160
9.8.1.2	Stato tensionale prodotto dalle distorsioni	162
9.8.2	Stato di tensione tangenziale	164
9.8.2.1	Stato tensionale prodotto dalle pressioni sulle lamiere	164
9.8.2.2	Stato tensionale prodotto dalle distorsioni	166
9.8.3	Verifica dello stato tensionale assiale sulle lamiere	168
9.8.4	Verifica dello stato tensionale tangenziale sugli irrigidimenti	170
9.8.5	Verifica di deformabilità in esercizio (SLE)	171
9.9	RISULTATI – STATO TENSIONALE DIAFRAMMA – SEZ. 4	172
9.9.1	Stato di tensione assiale	172
9.9.1.1	Stato tensionale prodotto dalle pressioni	173
9.9.1.2	Stato tensionale prodotto dalle distorsioni	175
9.9.2	Stato di tensione tangenziale	177
9.9.2.1	Stato tensionale prodotto dalle pressioni sulle lamiere	177
9.9.2.2	Stato tensionale prodotto dalle distorsioni	179
9.9.3	Verifica dello stato tensionale assiale sulle lamiere	181
9.9.4	Verifica dello stato tensionale tangenziale sugli irrigidimenti	183
9.9.5	Verifica di deformabilità in esercizio (SLE).....	184
10	METODO DI ANALISI – VERIFICA STRUTTURALE GARGAME	185
10.1	DESCRIZIONE	185
10.2	MODELLO DI CALCOLO	186
10.3	SOLLECITAZIONI	193
10.4	VERIFICHE	197



ingLuigiSeverini.studio
Ingegneria Italiana



11	TRAVI DI COLLEGAMENTO BINARI DELLA GRU	201
11.1	SOLLECITAZIONI MASSIME	202
11.2	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	202



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

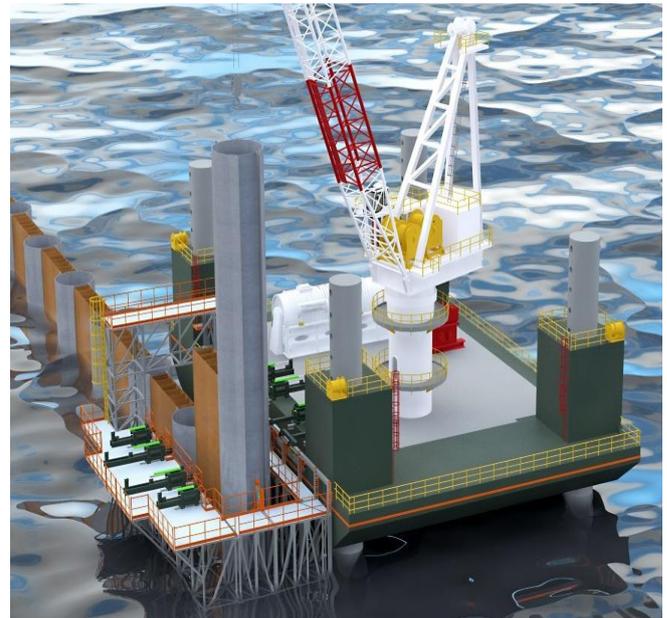
Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

1 PREMESSA

La presente relazione illustra le verifiche della paratia sulla tratta AB nell'ambito del marginamento a mare da realizzare per i lavori denominati "Interventi per il dragaggio di 2,3 Mm³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V sporgente del Porto di Taranto".

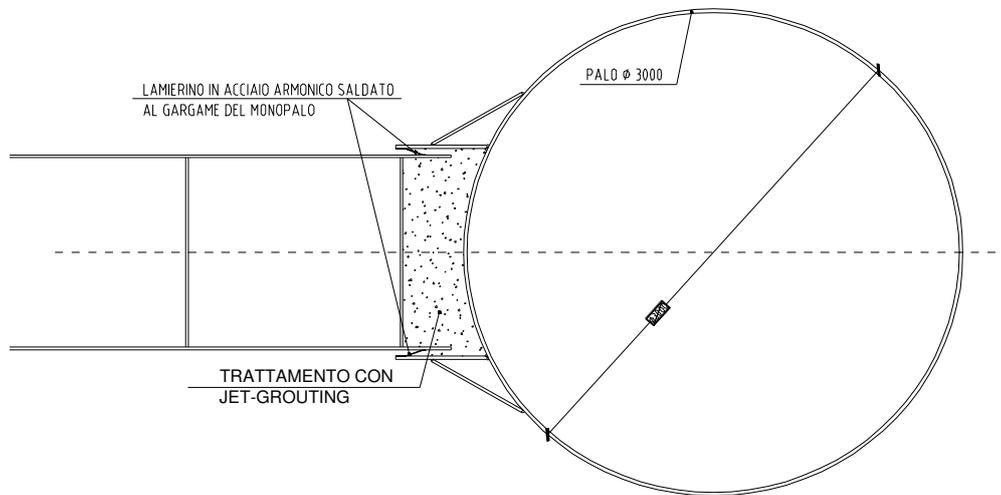
La soluzione progettata per il confinamento a mare della cassa di colmata prevede una struttura semplificata ad andamento lineare rettilineo lungo i due lati a mare. Tale struttura stagna (cofferdam), è costituita da una sequenza di monopali in acciaio di grande diametro e di diaframmi a doppia parete stagna sempre in acciaio. I monopali, profondamente infissi nelle argille impermeabili grigio-azzurre (lunghezze di infissione di circa 12 metri mediante vibroinfissore), assolvono, sin dalle prime fasi di costruzione, alle esigenze di resistenza strutturale necessaria. I monopali sono dotati di nervature verticali aventi funzione di guide strutturali nelle quali vengono inseriti



diaframmi a mo' di "cassetto".

In corso di esecuzione verrà messa in opera una strumentazione per il controllo geotecnico e strutturale.

Il collegamento-guida tra monopalo e diaframma deve avere una tenuta idraulica garantita fino alla quota di +2.0 m s.l.m.m. (quota costituente l'estradosso del marginamento).



Collegamento diaframma-monopalo

L'andamento lineare e rettilineo della struttura consente l'utilizzo di semplici dime di montaggio che, per loro stessa conformazione, velocizzano e semplificano l'allineamento dell'intera opera.

L'interasse di ogni modulo, palo-diaframma, è di 8.90 m. I monopali verranno infissi alla profondità necessaria a garantire una adeguata portanza, variabile a seconda delle stratigrafie puntuali che verranno riscontrate in sede di progettazione. I diaframmi verranno infissi invece per almeno due metri nelle argille grigio-azzurre.

Il confinamento che si propone, prevede inoltre la realizzazione di una struttura di coronamento in c.a., posta in testa sino a quota + 3,50 m s.l.m.m., progettata per il lato sud-est (tratta AB), come trave di banchina portuale finita.

Sulla tratta BC la trave di banchina non è prevista, in previsione di un futuro allargamento della cassa di colmata.

In futuro la cassa di colmata dovrà essere utilizzata come "Banchina Portuale", pertanto verranno montati due binari per accogliere la gru Transtainer, uno situato in asse marginamento a mare e l'altro posizionato a 30.48 m (scartamento delle rotaie) lato terra. Quest'ultimo binario è fondato su una doppia fila di pali ϕ 1200, disposti a 3.60 m una fila dall'altra (in senso trasversale alla rotaia), ogni coppia di pali è collegata con un plinto di dimensioni in pianta (5.40*2.40) m e sono posti ad un interasse in senso longitudinale di 5.95 m, a loro volta sono collegati longitudinalmente con una trave in cls armato sulla quale è poggiata la rotaia della gru.

Le tolleranze dello scartamento ammesse per l'esercizio delle gru impongono la realizzazione di travi di collegamento (1.50 m x 0.75 m) tra le due strutture lato terra e lato mare al fine di impedire spostamenti relativi tra i due binari. Queste travi sono realizzate con interasse di 17.80 m.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

La presenza di tale trave si è resa necessaria al fine di limitare gli spostamenti trasversali tra le rotaie in fase di esercizio ed inoltre per trasferire parte del tiro delle bitte ai pali lato terra.

Pertanto, è indispensabile che prima del dragaggio a valle del marginamento a mare (-16.50 m s.l.m.) vengano realizzate le opere a monte del marginamento e cioè pali ϕ 1200 mm, plinti testa pali, travi longitudinale e travi trasversali che collegano i monopali del marginamento a mare con i pali lato terra.

Le paratie che andremo a dimensionare in questa relazione, dovranno prevedere tutte le fasi realizzative sopra esposte anche se oggetto di futuro appalto.

Tali opere sono state dimensionate in modo tale da contenere gli spostamenti e le sollecitazioni massime.

La soluzione di seguito studiata prevede alcune fasi che derivano dalle modalità di dragaggio e di conferimento del materiale dragato in cassa.

Dopo l'infissione di tutti i monopali ed i diaframmi e la contemporanea sigillatura tra gargame e diafamma, vengono avviate le attività di dragaggio e si procede con il conferimento dei sedimenti dragati nella cassa di colmata.

Si procede quindi allo svuotamento ed al getto dei pali, mentre i diaframmi vengono riempiti di materiale arido fino alla quota prevista. Successivamente viene realizzata la trave testa pali che funge da banchina in fase finale.

Per una descrizione più dettagliata si vedano le fasi costruttive di seguito riportate.

Nel presente documento vengono studiati i diaframmi e i monopali che verranno realizzati nel tratto AB del marginamento a mare.

In particolare il tratto AB è stato suddiviso nelle 4 sezioni di calcolo riportate in figura e di seguito descritte:

Sez. 1: sondaggio M15 con fondo del fango a quota -9.00 m.s.l.m. e la quota dell'argilla grigia azzurra a -25.50 m.s.l.m. (Monopali di altezza pari a 2.00 m+1.50 m+37.00 m =40.5 m; Diaframma di altezza pari a 2.00 m+25.50 m+2.00 m = 29.5 m);

Sez. 2: sondaggi M16 –M17 con fondo del fango a quota -9.50 m.s.l.m. e la quota dell'argilla grigia azzurra a -23.00 m.s.l.m. (Monopali di altezza pari a 2.00 m+1.50 m+35.00 m =38.5 m; Diaframma di altezza pari a 2.00 m+23.00 m+2.00 m = 27.0 m);

Sez. 3: sondaggi M18 – M20 con fondo del fango a quota -9.00 m.s.l.m. e la quota dell'argilla grigia azzurra a -21.00 m.s.l.m. (Monopali di altezza pari a 2.00 m+1.50 m+34.00 m =37.5 m; Diaframma di altezza pari a 2.00 m+21.00 m+2.00 m = 25.0 m);


Autorità Portuale di Taranto

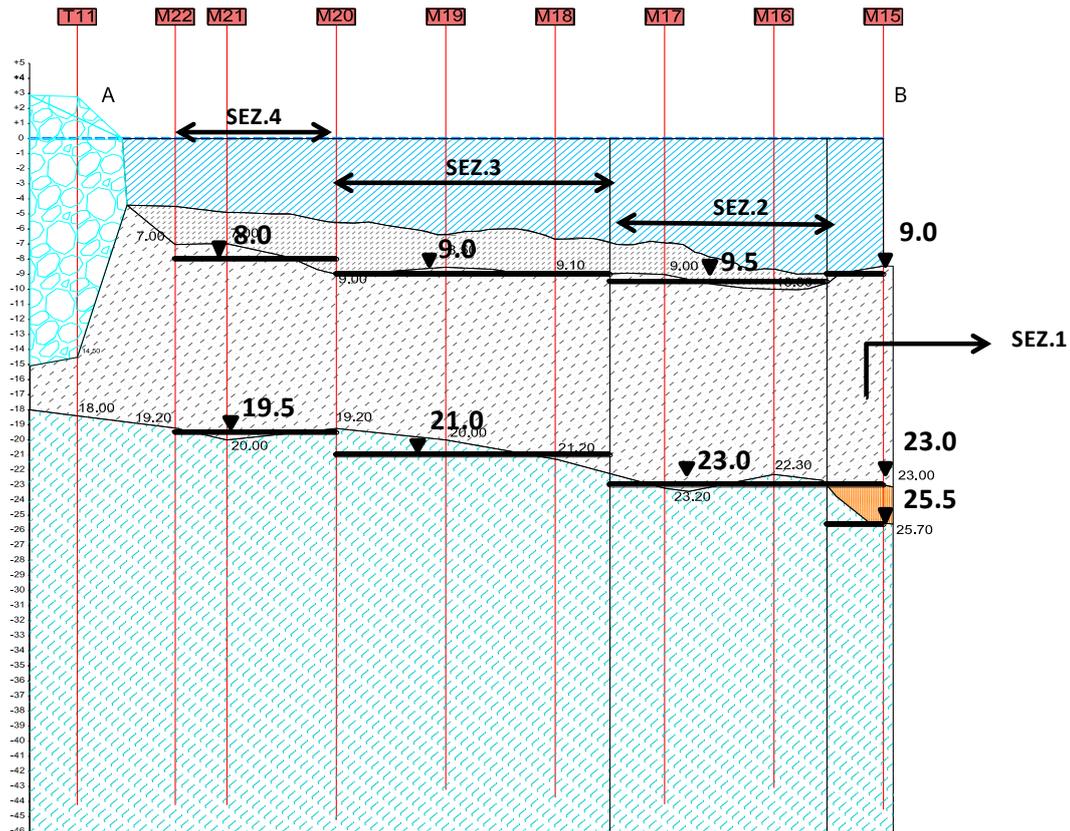
Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

 Relazione di calcolo allineamento
 "AB"

 Data: 05/2016
 Rev. B
 c.d.c.: C296A
 511B

Sez. 4: sondaggi M20 – M22 con fondo del fango a quota -8.00 m.s.l.m. e la quota dell'argilla grigia azzurra a -19.50 m.s.l.m. (Monopali di altezza pari a 2.00 m+1.50 m+32.00 m =35.50 m; Diaframma di altezza pari a 2.00 m+19.50 m+2.00 m = 23.5 m);

LATO AB



Sezioni di calcolo della tratta A-B

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- CNR 10011/97, “Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”;
- CNR 10016/2000, “Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l’impiego nelle costruzioni”;
- CNR 10018/1999, “Apparecchi d’appoggio per le costruzioni – Istruzioni per l’impiego”;
- CNR 10030/93, “Anime irrigidite di travi a parete piena”;
- UNI EN 1991-1-5:2004 “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche”;
- UNI EN 1992-1-1:2005, “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - parte 1 - Regole generali e regole per edifici”;
- UNI EN 1993-1-1:2005, “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN UNI EN 1993-1-5:2007, “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra”;
- UNI EN 1994-2:2006, “Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti”;
- UNI EN 1998-2:2006, “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 2: Ponti”;
- Model Code 1990, CEB-FIP.
- Raccomandazioni A.I.C.A.P. “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce”, Maggio 1993.
- Linee guida A.G.I. “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”, 2005.
- “Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe Marittime” del 23/Sett./1994 n° 156.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo e per la definizione della classe di resistenza di queste ultime in funzione delle condizioni ambientali, si farà riferimento alle indicazioni contenute nelle norme UNI EN 206-1. Si elencano di seguito le classi di calcestruzzo adottate per tipologia di membratura:

CALCESTRUZZO PER MAGRONE

Classe di resistenza:

C12/15

Resistenza a compressione cubica caratteristica:

$$R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$$

CALCESTRUZZO PER PALI GETTATI IN OPERA

Classe di resistenza:

C28/35

Resistenza a compressione cubica caratteristica:

$$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$$

Valore medio del modulo elastico:

$$E_c = 32588 \text{ N/mm}^2$$

CALCESTRUZZO PER CORDOLI GETTATI IN OPERA

Classe di resistenza:

C35/45

Resistenza a compressione cubica caratteristica:

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

Valore medio del modulo elastico:

$$E_c = 34625 \text{ N/mm}^2$$

3.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Tipo:	B450C
Tensione di snervamento caratteristica:	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico:	$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

3.3 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Tipo:	S355JR
Peso specifico :	$\gamma_a = 78.50 \text{ kN/mc}$
Tensione nominale di snervamento	$f_{y \text{ nom}} = 355 \text{ N/mm}^2$

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Lungo il lato AB della cassa di colmata, il fondale marino è caratterizzato dalla seguente sequenza stratigrafica:

- Terreni di riporto (R): composti da ciottoli e blocchi sub-angolari di varie dimensioni di natura calcarea e scorie di loppa in matrice sabbioso-ghiaiosa, sono presenti solo in corrispondenza dell'area denominata Ex Yard Belleli.
- Depositi fangosi (F): di proprietà meccaniche così scadenti da non poter essere caratterizzati dal punto di vista geotecnico, sono presenti con continuità lungo il lato AB (ad eccezione del vertice B), con spessori variabili tra 1,3 m e 3,3 m circa.
- Depositi limoso argillosi (DLA): costituiti da limo e argilla con percentuali trascurabili di sabbia, di bassa permeabilità e modeste proprietà meccaniche, hanno spessore compreso tra 10 e 15 metri circa.
- Depositi sabbiosi e ghiaiosi (DLS): costituiti da materiale incoerente, con un grado di addensamento medio-basso (DR stimabile mediamente intorno al 40 %), sono presenti solo in corrispondenza del vertice B, con uno spessore di circa 2,5 m.
- Depositi argillosi (DA): costituiti da argille verosimilmente sovra-consolidate, di ridotta permeabilità e buone caratteristiche meccaniche, sono stati rinvenuti fino alle massime profondità indagate a partire da quote variabili tra circa - 19 m s.l.m. (vertice A) e circa - 26 m s.l.m. (vertice B).

Per il dimensionamento dell'opera di confinamento a mare lungo il lato AB della cassa, il materiale di riporto (R) non è da tenere in conto, perché non ricade nel cosiddetto *volume significativo* dei terreni interagenti con l'opera (esso infatti, come detto, è presente soltanto in corrispondenza del vertice A, nella zona prospiciente all'area denominata "Ex Yard Belleli"); i depositi fangosi (F), invece, ricadono nel *volume significativo* dell'opera di marginamento, ma non essendo possibile caratterizzarli dal punto di vista geotecnico, non si può fare altro che tenere conto della relativa presenza attraverso un abbassamento del fondale marino, di entità pari proprio allo spessore del fango.

Per i rimanenti depositi (DLA, DLS e DA), i parametri geotecnici desunti dalla Relazione Geotecnica, alla quale si rimanda per ogni dettaglio, sono riassunti nel prospetto seguente:

Terreno	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	c_u [kPa]	E' [MPa]
---------	----------------------------------	---------------	-------------------	----------------	---------------



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

DLA	17.5	13	24	$10.5+1.5 \cdot (z - 9)$	$5.7+0.82 \cdot (z - 9)$
DLS	18.0	0	35	-	60.0
DA	19.0	25	25	$120+9 \cdot (z - 20)$	$33+7.5 \cdot (z - 20)$



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

5 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

5.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Nel presente caso l'opera viene inserita nella seguente tipologia di costruzione :

3) Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica

La cui vita nominale è pari a :100 anni.

5.2 CLASSE D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un' interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso:

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso..

Il coefficiente d'uso è pari a : 1.50.

5.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione al periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso Cu.

Pertanto VR = 150 anni

5.4 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

- ❖ Individuazione della Pericolosità sismica del sito

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

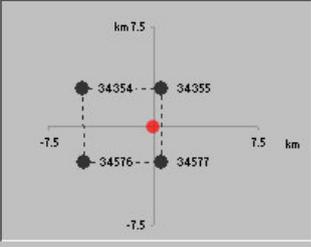
Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

- ❖ Parametri caratterizzanti l'azione sismica associati a ciascun Stato Limite.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	90	0.0496	2.430	0.333
SLD	151	0.0627	2.532	0.336
SLV	1424	0.1606	2.526	0.336
SLC	2475	0.1957	2.533	0.335

❖ Determinazione dell'azione sismica di Progetto (SLV)

a_g (g) (SLV)	0.1606
Risposta Sismica Locale	
Categoria di sottosuolo	C(*)
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.46
Categoria Topografica	T1
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$)	0.234

(*) Come illustrato nella "Relazione Tecnica Indagini Sismiche" (Elab. n. PUG102-PE-GET-IG-00-00-IN-19-A, facente parte della documentazione relativa alle indagini propedeutiche alla Progettazione Esecutiva), sono stati eseguiti 25 stendimenti consecutivi coprendo tutto lo sviluppo dell'opera. Si rimanda alla citata relazione per tutti i dettagli relativi alle modalità di esecuzione delle prove ed al riepilogo dei valori delle onde di taglio registrate. L'indagine ha fornito risultati che collocano i terreni nella **categoria C** ai sensi del D.M 14 gennaio 2008

**Autorità Portuale di Taranto**

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

6 CRITERI DI VERIFICA

Per le opere di sostegno flessibili, le norme vigenti (NTC 2008) prescrivono le seguenti verifiche:

- SLU di tipo strutturale (STR)
 - o raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
 - o raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
 - o raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;
- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)
 - o collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
 - o collasso per carico limite verticale;
 - o sfilamento di uno o più ancoraggi;
 - o instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
 - o instabilità del fondo scavo per sollevamento;
 - o sifonamento del fondo scavo;
 - o instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- SLE:
 - o compatibilità degli spostamenti dell'opera e del terreno a tergo con la funzionalità dell'opera stessa e di eventuali manufatti al contorno.

Con riferimento alle verifiche SLU, tenuto conto della tipologia di opera in esame, occorre verificare che le sollecitazioni nei monopali e nei diaframmi costituenti il marginamento siano inferiori alle resistenze di progetto dei singoli elementi (verifiche STR) e che la profondità di infissione dei monopali sia sufficiente a garantire, in ciascuna fase di costruzione, la stabilità del marginamento stesso (verifica GEO). Tali verifiche devono essere effettuate considerando le combinazioni di coefficienti dell'Approccio 1: rispettivamente (A1+M1+R1) per le verifiche strutturali e (A2+M2+R2) per le verifiche geotecniche, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{G3}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 6.2.I delle NTC2008. Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

Tabella 6.2.II delle NTC 2008. Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 6.5.I delle NTC 2008. Coefficienti parziali sulle resistenze per le verifiche SLU delle opere di sostegno.

In presenza di sisma, le NTC consentono di tener conto dell'azione dinamica attraverso approcci pseudo statici, ovvero attraverso la definizione di forze statiche equivalenti all'azione dinamica. In mancanza di studi specifici, la componente verticale dell'accelerazione equivalente da considerare nei metodi pseudo statici può essere considerata nulla; la componente orizzontale dell'accelerazione equivalente, invece, si può esprimere in funzione dell'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per la paratia:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

in cui:

- α è un coefficiente riduttivo, funzione dell'altezza complessiva della paratia, che tiene conto della deformabilità del terreno con essa interagente;

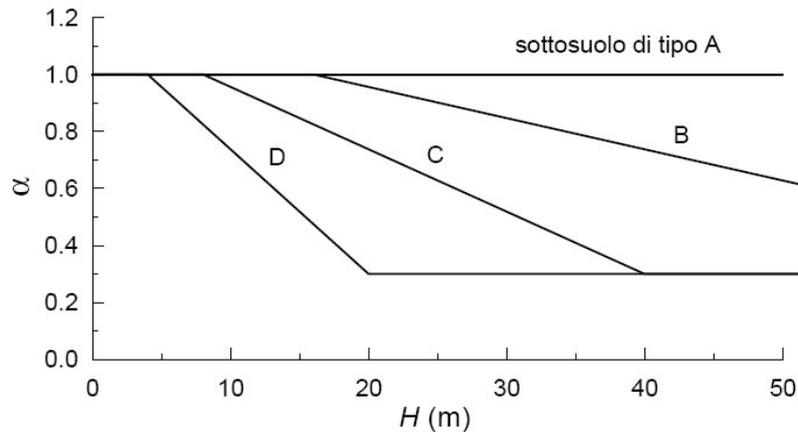


Figura 7.11.2 delle NTC 2008. Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità

- β è un coefficiente riduttivo che tiene conto della capacità della paratia di subire spostamenti senza che questi comportino cadute di resistenza (Figura 13); lo spostamento massimo u_s deve comunque risultare $\leq 0,005 \times H$;

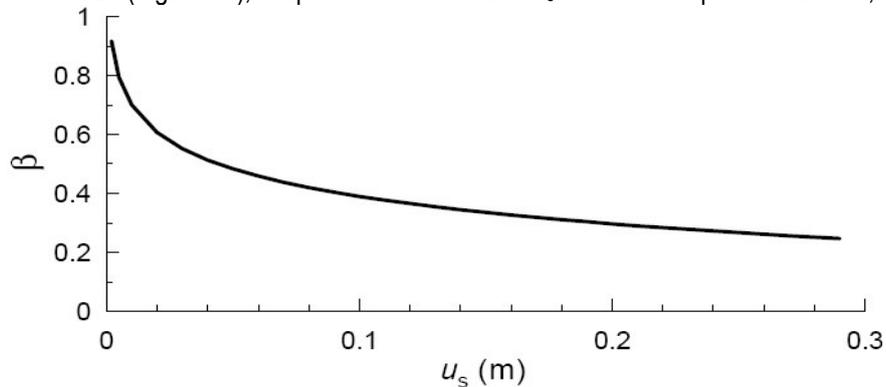


Figura 7.11.3 delle NTC 2008. Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento

Se $\alpha \times \beta \leq 0,2$ deve assumersi $k_h = 0,2 \times a_{max}/g$.

Tenuto conto della categoria di sottosuolo (C, come indicato nel precedente paragrafo) e delle altezze dei monopali da considerare (non inferiori a 35-36 m), si ricade proprio in questo ultimo caso; pertanto, si è assunto:

$$k_h = 0,2 \times a_{\max} / g = 0,047.$$

Allo scopo di controllare che l'opera in progetto soddisfacesse le verifiche di cui sopra, sono state condotte le analisi numeriche con il metodo degli elementi finiti (analisi FEM) descritte nei successivi paragrafi.

Le analisi sono state condotte con riferimento alla combinazione di coefficienti (A1+M1+R1); è stato così possibile confrontare direttamente le sollecitazioni ottenute nelle diverse fasi di calcolo con la resistenza di progetto dei singoli elementi strutturali costituenti il marginamento, per le verifiche riportate nei paragrafi 8 e 9 della presente relazione.

La convergenza delle diverse fasi di calcolo considerate è garanzia della stabilità dell'opera e dunque del corretto dimensionamento geotecnico della profondità di infissione, anche in presenza di carichi amplificati dei coefficienti della colonna A1 della Tabella 6.2.I delle NTC 2008, perciò maggiori di quelli che andrebbero considerati per le verifiche geotecniche (colonna A2 della stessa tabella).

In ogni caso per verificare che la stabilità è garantita con il margine di sicurezza imposto dalle NTC anche rispetto ai parametri di resistenza dei terreni (combinazione A2+M2+R2), si è avuta cura di confrontare la risultante delle spinte mobilitate nel terreno a valle del sistema di marginamento nelle diverse fasi di calcolo con la spinta passiva valutata con le classiche formulazioni della teoria delle spinte, ma con riferimento ai valori dei parametri di resistenza dei terreni ridotti in ragione dei coefficienti indicati nella colonna M2 della Tabella 6.2.II delle NTC 2008 (paragrafo 7.5).


Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

7 METODO DI ANALISI – VERIFICHE GEOTECNICHE DELLA PARATIA

7.1 CODICE DI CALCOLO E MODELLAZIONE

Al fine di verificare il corretto dimensionamento dell'opera di marginamento a mare ai sensi delle norme vigenti, il processo costruttivo della cassa di colmata è stato simulato attraverso analisi numeriche, condotte con il codice di calcolo agli elementi finiti Plaxis 2D (v8.6).

Il programma, sviluppato dai ricercatori della Delft University of Technology, consente di studiare il comportamento del terreno e l'interazione terreno-strutture in problemi geotecnici schematizzabili come "piani".

Rimandando ai manuali per le informazioni di dettaglio sul codice di calcolo utilizzato, di seguito si elencano le scelte operate per le n.4 sezioni di studio descritte in premessa.

La stratigrafia semplificata a cui si è fatto riferimento è la seguente:

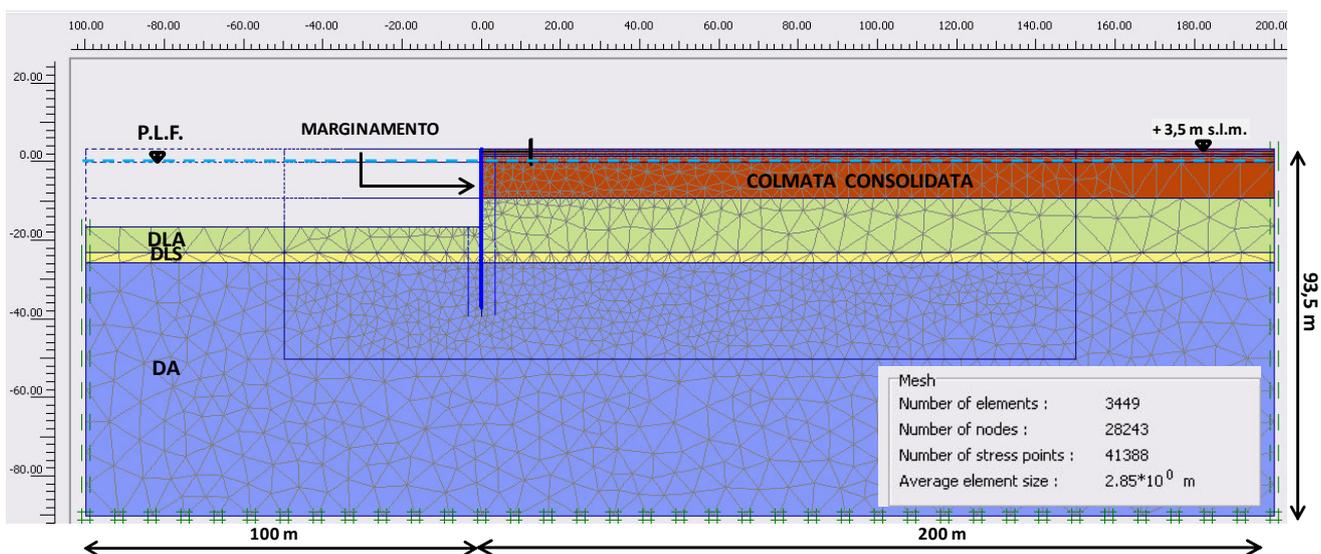
	SEZIONE 1		
	da (m s.l.m.)	a (m s.l.m.)	h (m)
DLA	-9,0	-23,0	14,0
DLS	-23,0	-25,5	2,5
DA	-25,5	-90,0	64,5

	SEZIONE 2			SEZIONE 3			SEZIONE 4		
	da (m s.l.m.)	a (m s.l.m.)	h (m)	da (m s.l.m.)	a (m s.l.m.)	h (m)	da (m s.l.m.)	a (m s.l.m.)	h (m)
DLA	-9,5	-23,0	13,5	-9,0	-21,0	12,0	-8,0	-19,5	11,5
DA	-23,0	-90,0	67,0	-21,0	-90,0	69,0	-19,5	-90,0	70,5

Il programma è dotato di un generatore automatico di *mesh* (suddivisione del modello in elementi finiti), che produce meshes non strutturate, ovvero irregolari, per una migliore prestazione numerica. Il numero totale di elementi e le dimensioni medie degli elementi stessi sono funzione delle dimensioni complessive del modello geometrico e delle densità, globale e locale, della mesh. Per le analisi condotte, si è adottato un livello di densità globale *very fine*; si è poi eseguito un infittimento locale delle aree (*clusters*) nell'intorno del marginamento.

Adottando un dominio 2D di 300,0 m di larghezza e 93,5 m di altezza, si è ottenuto un reticolo di calcolo costituito da 3449 elementi triangolari a 15 nodi, di dimensione media 2,85 m¹. L'area di contatto tra terreno e strutture è stata modellata con elementi interfaccia a 10 nodi, aventi uno spessore virtuale pari al 10% della dimensione media degli elementi connessi. In corrispondenza dell'interfaccia si è imposto un peggioramento delle proprietà meccaniche del terreno, assumendo un valore del coefficiente riduttivo R pari a 0,5.

Lungo il contorno inferiore del modello geometrico sono stati impediti gli spostamenti sia orizzontali sia verticali, mentre lungo i contorni laterali sono stati impediti solo gli spostamenti orizzontali (*standard fixities*).



Modello geometrico sezione tipo lato A-B

L'opera di marginamento è stata modellata con elementi *plate*, ovvero elementi strutturali a comportamento elastico lineare, caratterizzati attraverso i valori della rigidità flessionale EI, della rigidità assiale EA, del coefficiente di Poisson ν . In particolare, assegnati i valori delle rigidità desunti dalle caratteristiche geometriche e dalle proprietà dei materiali costituenti la struttura da analizzare (diametro, spessore e interasse dei monopali in acciaio, spessore dei gargami in acciaio, diametro del riempimento dei monopali in calcestruzzo), il programma valuta lo spessore della parete a sezione rettangolare equivalente: $d_{eq} = (12 \cdot EI/EA)^{0,5}$. Una variazione del rapporto EI/EA comporta una modificazione dello spessore equivalente d_{eq} e dunque della distanza che separa i punti d'integrazione dell'elemento *plate*. Se tale variazione avviene quando sull'elemento agiscono sollecitazioni non nulle, ciò comporta una variazione della distribuzione dei momenti flettenti irrealistica e inaccettabile. Per questa ragione, se le proprietà dei materiali di una piastra devono essere modificate

¹ Il numero e la dimensione degli elementi indicati sono riferiti alla sezione di studio n.1. Tali valori possono variare leggermente da sezione a sezione, per effetto del diverso spessore degli strati e della diversa altezza dei monopali.

nel contesto di una costruzione per fasi (*Staged Construction*), il rapporto EI/EA deve essere comunque mantenuto immutato. Per l'opera in esame, nelle prime fasi costruttive, i monopali sono costituiti da solo acciaio, dopo lo svuotamento ed il riempimento con calcestruzzo fino al tetto delle argille, invece, essi risultano composti da acciaio + calcestruzzo, con ovvia variazione della rigidità. Stante quanto sopra riportato, dopo il riempimento dei monopali con calcestruzzo, si è tenuto conto dell'incremento di rigidità flessionale del marginamento e si è adottata per esso una rigidità assiale fittizia, in modo da conservare inalterato lo spessore equivalente dell'elemento plate che simula il marginamento stesso.

	monopalo (D=3,0 m ; sp = 22 mm) + gargami (sp = 20 mm)	monopalo (D=3,0 m ; sp = 22 mm) + gargami (sp = 24 mm)	monopalo (D=3,0 m ; sp = 22 mm)
Rigidità assiale, EA [kN/m]	1,5076 x 10 ⁸	1,5143 x 10 ⁸	1,3446 x 10 ⁸
Rigidità flessionale, EI [kNm²/m]	6,4746 x 10 ⁶	6,5619 x 10 ⁶	4,5940 x 10 ⁶
spessore equivalente, d_{eq} [m]	0,718	0,721	0,640
Peso, w [kN/m/m]	0	0	0
Coefficiente di Poisson, ν [-]	0,15	0,15	0,15

Proprietà degli elementi Plate che modellano la struttura in acciaio

	monopalo (D=3,0 m ; sp = 22 mm) + gargami (sp = 20 mm)	monopalo (D=3,0 m ; sp = 22 mm) + gargami (sp = 24 mm)
Rigidità assiale, EA [kN/m]	4,5994 x 10 ⁸	4,5994 x 10 ⁸
Rigidità flessionale, EI [kNm²/m]	1,9766 x 10 ⁷	1,9931 x 10 ⁷
spessore equivalente, d_{eq} [m]	0,718	0,721
Peso, w [kN/m/m]	0	0
Coefficiente di Poisson, ν [-]	0,15	0,15

Proprietà degli elementi Plate che modellano la struttura in acciaio + calcestruzzo

Si noti che la presenza dei diaframmi di collegamento tra i monopali non è stata portata in conto nella stima delle proprietà dell'elemento plate. L'altezza ad esso assegnata corrisponde a quella dei monopali.

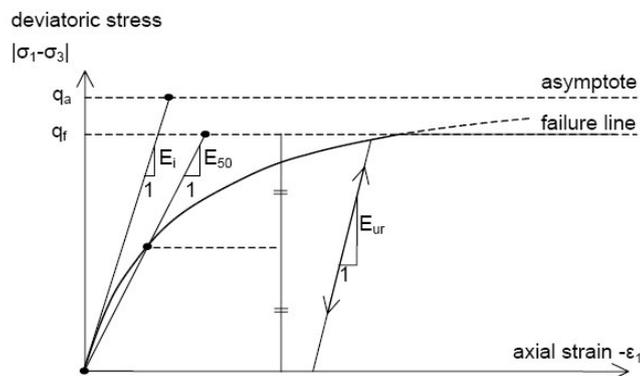
SEZIONE	quota base (m s.l.m.)	altezza totale (m)

1	-37	39
2	-35	37
3	-34	36
4	-32	34

Per simulare il vincolo alla testa dell'opera di marginamento, costituito dalle travi trasversali di collegamento tra la trave di banchina e la trave porta rotaie lato terra, a sua volta fondata su una doppia fila di pali (come riportato in premessa), è stato utilizzato un ancoraggio ad estremità fissa (fixed end anchor). Si tratta di una molla elastica ad un nodo avente rigidità costante; quest'ultima viene definita attraverso l'assegnazione delle seguenti grandezze: rigidità assiale EA, espressa nell'unità di forza per ogni singolo ancoraggio; la spaziatura Ls lungo la direzione uscente dal piano; la lunghezza equivalente, definita come la distanza tra il punto di connessione alla struttura ed il punto fittizio nella direzione longitudinale dell'ancoraggio in cui si assume che lo spostamento sia nullo.

Nel caso in esame si è posto: EA = 6,365 x 10⁶ kN; Ls = 18,0 m (interasse tra le travi trasversali) e Leq = 30,5 m (lunghezza delle travi trasversali). Si ottiene così una rigidità k = 11594 kN/m, corrispondente alla rigidità in serie della trave trasversale e del plinto su pali di fondazione della trave porta rotaie.

Per descrivere il comportamento meccanico dei terreni in sito (DLA e DA), è stato utilizzato un modello elastoplastico incrudente con criterio di rottura di tipo Mohr-Coulomb implementato in Plaxis: il modello Hardening Soil. Si tratta di un modello caratterizzato, in condizioni di primo carico triassiale, da un legame tensioni-deformazioni di tipo iperbolico.



Hardening Soil Model. Legame tensioni deformazioni in condizioni di primo carico e di scarico-ricarico

Rispetto al modello elastico perfettamente plastico, il modello Hardening Soil tiene conto che il terreno sottoposto ad un carico triassiale sviluppa da subito deformazioni plastiche irreversibili di natura sia distorsionale che volumetrica; pertanto la sua rigidità non è costante e la superficie di snervamento non è fissa nello spazio delle tensioni, ma si espande in virtù dell'incrudimento. Il modello tiene conto inoltre del diverso valore della rigidità esibita dal terreno lungo i percorsi di primo carico e di scarico - ricarico.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

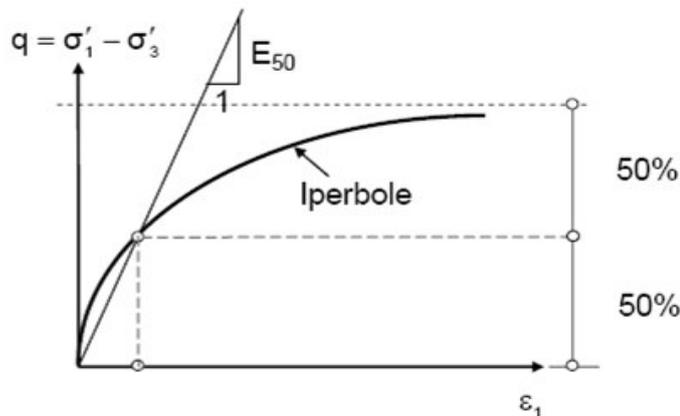
I parametri caratteristici del modello sono:

- l'esponente m della legge di variazione iperbolica della rigidezza con la tensione (generalmente assunto pari ad 1 per le argille e pari a 0,5 per le sabbie):

$$E_{50} = E_{50}^{\text{ref}} \left(\frac{c \cos \varphi - \sigma'_3 \sin \varphi}{c \cos \varphi + p^{\text{ref}} \sin \varphi} \right)^m, \text{ in condizioni di carico deviatorico,}$$

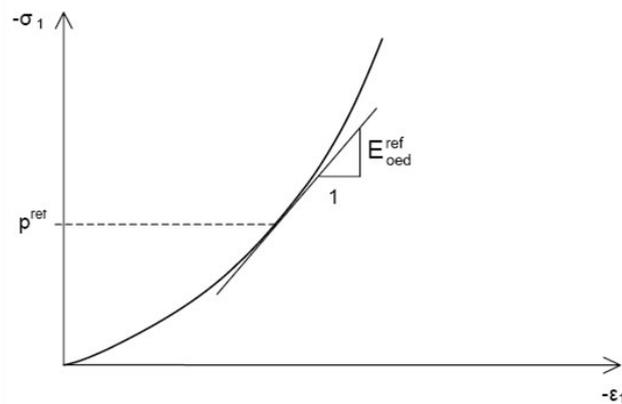
$$E_{\text{oed}} = E_{\text{oed}}^{\text{ref}} \left(\frac{c \cot \varphi + \sigma'_1}{c \cot \varphi + p^{\text{ref}}} \right)^m, \text{ in condizioni di carico monodimensionale o isotropo;}$$

- il modulo di rigidezza secante E_{50}^{ref} , corrispondente al 50% del deviatore a rottura, per un valore di tensione principale minima $\sigma'_3 = p^{\text{ref}} = 100$ kPa:



Hardening Soil Model. Legame tensioni deformazioni in condizioni di primo carico deviatorico

- il modulo tangente $E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$, alla curva di compressione nel punto di ordinata $\sigma'_1 = p^{\text{ref}} = 100$ kPa:



Hardening Soil Model. Legame tensioni deformazioni in condizioni di primo carico edometrico

- i parametri elastici di scarico - ricarico, E_{ur}^{ref} e v_{ur} ;
- i parametri di resistenza, coesione c , angolo d'attrito φ e dilatanza ψ .

Tenuto conto dei valori caratteristici (o delle leggi di variazione con la profondità) dei parametri di resistenza e rigidezza riportati nella Relazione Geotecnica per i depositi limo-argillosi e argillosi, sono stati assegnati ai parametri sopra elencati, i seguenti valori:

	DLA	DA
γ_{sat} [kN/m ³]	17,5	19
$E_{50,ref}$ [kPa]	24000	48000
$E_{oed,ref}$ [kPa]	24000	48000
$E_{ur,ref}$ [kPa]	60000	120000
c [kPa]	13	25
φ [°]	24	25
ψ [°]	0	0
v_{ur} [-]	0,2	0,2
$K_{0,nc}$ [-]	0,593	0,577
m [-]	1	1

Parametri assegnati ai terreni caratterizzati con il modello Hardening Soil

Per descrivere, infine, il comportamento meccanico dei depositi DLS, presenti in spessori relativamente modesti, e del materiale dragato e ricollocato, che costituirà la colmata, per il quale sono disponibili informazioni assai scarse, è stato

utilizzato il classico modello elastico – perfettamente plastico con criterio di rottura di tipo Mohr-Coulomb². Ciò richiede la definizione dei seguenti cinque parametri: modulo di Young E , coefficiente di Poisson ν , coesione c , angolo d'attrito φ e angolo di dilatanza ψ . Per i DLS si è fatto riferimento alle proprietà indicate nella Relazione Geotecnica; per il materiale dragato e ricollocato invece, si è fatto riferimento ad alcune indicazioni di Letteratura, oltre che a quanto indicato nella documentazione a corredo del Progetto Definitivo (Relazione Geotecnica e Studi Allegati); per il materiale di colmata consolidato infine (e per il materiale costituente la pista di cantiere compattato dal passaggio dei mezzi) si è adottando un valore dell'angolo di attrito pari al valore residuo stimabile per argille caratterizzate da un indice di plasticità inferiore al 30%, quali quelle rinvenute in sito ed una rigidezza pari a 3 volte quella attribuita al materiale dragato ricollocato. I parametri adottati sono di seguito indicati:

	DLS	COLMATA	COLMATA CONSOLIDATA
γ_{sat} [kN/m ³]	18,0	14,0	16,0
E [kPa]	60000	2000	6000
ν [-]	0,3	0,4	0,4
c [kPa]	0	0	0
φ [°]	35	18	25
ψ [°]	0	0	0

Parametri assegnati ai terreni caratterizzati con il modello Mohr-Coulomb

7.2 ANALISI A BREVE E A LUNGO TERMINE

In virtù della preponderante presenza di terreni a grana fina di permeabilità estremamente ridotta (depositi DLA e depositi DA, come indicato nella Relazione Geotecnica), si è ritenuto opportuno considerare la risposta non drenata di detti terreni alle variazioni dello stato di sollecitazione prodotte dalle diverse fasi di costruzione e vita della cassa di colmata, oltre che analizzarne il comportamento a lungo termine (condizioni drenate).

Il programma di calcolo utilizzato permette di tenere conto dell'interazione acqua-scheletro solido nella risposta del terreno, attraverso la scelta, per ogni strato, tra due tipi di comportamento (*material type*): *drained behaviour* e *undrained behaviour*.

Selezionando la prima opzione (comportamento drenato), non vengono generate sovrappressioni neutre.

² Il materiale dragato e rifluito in cassa, prima di assumere nuovamente la consistenza di un terreno, può essere assimilato ad un fango, privo di resistenza, avente peso dell'unità di volume $\gamma = 13$ kN/mc.

Questo è il caso dei depositi DLS, per l'elevata permeabilità, e del materiale dragato (COLMATA), che viene riversato in vasca per piccoli strati, oltre che dei terreni a grana fina a lungo termine.

Selezionando la seconda opzione (comportamento non drenato), invece, il programma simula la generazione di sovrappressioni neutre in condizioni di flusso idraulico impedito.

Oltre alla rigidità ed alla resistenza dello scheletro solido del terreno, PLAXIS aggiunge un modulo di compressibilità volumetrica per l'acqua e distingue tra tensioni totali, tensioni efficaci e sovrappressioni neutre (analisi accoppiata), valutando:

- L'incremento della tensione totale media $\Delta p = K_u \times \Delta \epsilon_v$
- L'incremento della tensione efficace media $\Delta p' = (1-B) \times \Delta p = K' \times \Delta \epsilon_v$
- L'incremento della sovrappressione neutra $\Delta p_w = B \times \Delta p = (1/n) \times K_w \times \Delta \epsilon_v$

B è il parametro di Skempton, che mette in relazione l'incremento della tensione totale media con l'incremento delle sovrappressioni neutre. K_u è il modulo di rigidità volumetrica non drenato, K' è il modulo di rigidità volumetrica dello scheletro solido del terreno, K_w è il modulo di rigidità volumetrica del fluido interstiziale, n è la porosità del terreno e $\Delta \epsilon_v$ è l'incremento della deformazione volumetrica.

7.3 CARICHI

Di seguito sono indicati i carichi considerati nelle diverse fasi di calcolo delle analisi FEM svolte, combinati secondo quanto stabilito dalle più volte citate NTC 2008.

Nella fase di implementazione del sistema di drenaggio necessario ad accelerare il processo di consolidazione del materiale all'interno della vasca di colmata, è stato considerato, alla sommità della stessa, un sovraccarico accidentale uniformemente distribuito di 10 kN/mq.

Nella fase di esercizio transitoria, precedente al completamento della banchina con la costruzione delle travi porta rotaia e delle travi di collegamento trasversale, si è tenuto conto di un sovraccarico accidentale a monte del marginamento di 10 kN/mq e di un tiro alla bitta di 100 kN; nella fase di esercizio definitiva, invece, tali carichi sono stati incrementati fino ad un valore di 40 kN/mq e di 1000 kN rispettivamente.

Si è inoltre ipotizzato che, in diverse fasi della costruzione, l'opera di marginamento potesse subire l'impatto dell'onda di progetto. I dati a disposizione hanno consentito di attribuire a questa un'altezza significativa H_s pari 2,5 m ed una lunghezza di circa 72 m nelle condizioni di fondale iniziale e di circa 160 m con il fondale ribassato a -16,5 m s.l.m.

Tuttavia si è ritenuto che nelle fasi di costruzione (in particolare al termine dello svuotamento iniziale della vasca ed al termine della costruzione della colmata) si potesse attribuire all'onda di progetto un'altezza significativa minore, $H = 1,5$ m.

L'impatto dell'onda è stato simulato attraverso l'applicazione di carichi distribuiti agenti sul marginamento, rispettivamente in direzione mare-terra nella fase di cresta e in direzione terra-mare nella fase di cavo.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

Assimilando il marginamento a mare della cassa di colmata ad una diga marittima a parete verticale, detti carichi sono stati determinati attraverso la teoria di Sainflou. Questa prevede che il moto ondoso provochi un innalzamento del livello del mare pari a

$$4s = \frac{\pi H^2}{L \cdot \operatorname{tgh} \frac{2\pi d}{L}}$$

con $H = 1,4H_s$ in fase di cresta e $H = 1,67H_s$ in fase di cavo; L , lunghezza dell'onda; d profondità del fondale.

In fase di cresta la pressione massima si ha a quota 0 ed è pari a:

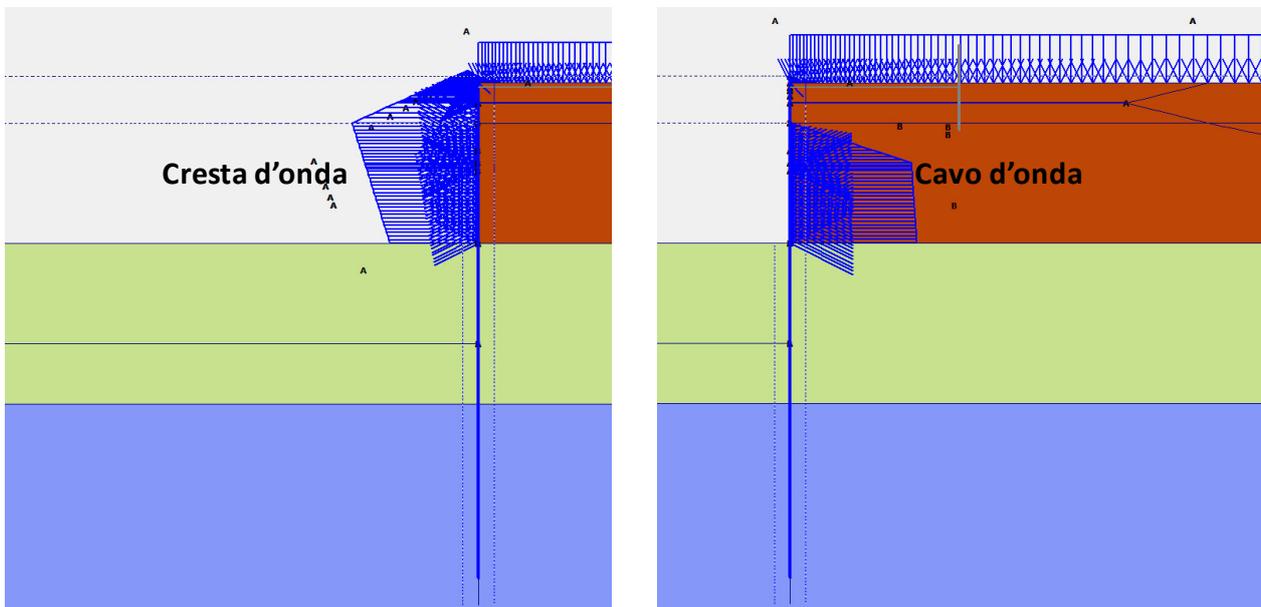
$$P_{\max} = \gamma \gamma_w \cdot \left[\frac{H + 4s}{H + 4s + d} \right] \cdot (d + a^*)$$

Con

$$a^* = \frac{H}{\cosh \frac{2\pi d}{L}}$$

In fase di cavo, la pressione massima si ha a profondità $H - 4s$ ed è pari a $\gamma_w x (H - 4s)$.

In entrambi i casi, la pressione in corrispondenza del fondale è pari a $\gamma_w x a^*$.



	Hs = 1,5 m			Hs = 2,5 m			
L	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	160,00
d	8,00	9,00	9,50	8,00	9,00	9,50	16,50
H	2,10	2,10	2,10	3,50	3,50	3,50	3,50

4s	0,32	0,29	0,28	0,89	0,82	0,79	0,42
H+4s	2,42	2,39	2,38	4,39	4,32	4,29	3,92
a	1,67	1,59	1,54	2,79	2,64	2,57	2,88
pmax	22,46	22,24	22,14	38,21	37,73	37,51	37,21
pfond	16,75	15,85	15,40	27,92	26,42	25,66	28,75

Carichi d'onda in fase di cresta

	Hs = 1,5 m			Hs = 2,5 m			
L	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	160,00
d	8,00	9,00	9,50	8,00	9,00	9,50	16,50
H	2,51	2,51	2,51	4,18	4,18	4,18	4,18
4s	0,45	0,42	0,40	1,26	1,16	1,12	0,60
H-4s	-2,05	-2,09	-2,10	-2,91	-3,02	-3,06	-3,57
a	2,00	1,89	1,84	3,33	3,15	3,06	3,43
pmax	20,51	20,87	21,02	29,14	30,15	30,56	35,75
pfond	19,98	18,91	18,37	33,30	31,52	30,61	34,30

Carichi d'onda in fase di cavo

Dell'azione sismica si è tenuto conto tanto nella fase di esercizio transitoria quanto nella configurazione finale dell'opera. Il codice Plaxis consente di modellare l'azione dinamica del sisma in modo pseudostatico attraverso la definizione, in INPUT, di due componenti aggiuntive di accelerazione, in direzione orizzontale (x) e verticale (y) rispettivamente, e l'attivazione delle stesse in fase di calcolo (CALCULATION) mediante i moltiplicatori di carico M_{accel} e $\sum M_{\text{accel}}$. Per quanto riportato al paragrafo 6, si è assunto x-acceleration = 0,047g e y-acceleration = 0.

In presenza di sisma ed in presenza dei carichi d'onda, che sono da considerare azioni eccezionali, i carichi accidentali sono stati moltiplicati per il coefficiente di combinazione ψ_{2j} riportato nella Tabella 2.5.I delle NTC 2008, posto uguale a 0,6 per costruzioni di categoria C (Ambienti suscettibili di affollamento). Nelle rimanenti fasi, i carichi accidentali, se presenti sono stati amplificati del 50 %, come previsto dalla combinazione A1+M 1+R1.

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
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

Tabella 2.5.1 delle NTC 2008. Valori dei coefficienti di combinazione.

7.4 FASI DI CALCOLO

Le prime fasi di calcolo consistono nella definizione delle condizioni iniziali attraverso:

- la generazione delle pressioni neutre corrispondenti al livello generale di falda (assunto coincidente con il livello medio del mare);
- la generazione delle tensioni efficaci verticali ($\sigma'v = \sum \gamma' \cdot h$) e orizzontali ($\sigma'h = k_0 \cdot \sigma'v$), con k_0 coefficiente di spinta a riposo.

Le fasi successive, invece, simulano il processo costruttivo e gli eventi quali l'impatto dell'onda di progetto ed il sisma, come di seguito elencato:

- 1) Infissione dell'opera di marginamento. L'analisi non simula il processo di infissione, l'opera è materializzata nel modello di calcolo attraverso l'attivazione dell'elemento *plate* corrispondente.
- 2) Svuotamento della cassa attraverso l'abbassamento del livello di falda a - 3,0 m s.l.m.
- 3) Impatto dell'onda di progetto in fase di cresta ($H = 1,5$ m; profondità iniziale del fondale, variabile tra 8,0 m e 9,5 m lungo il lato AB della cassa di colmata).
- 4) Impatto dell'onda di progetto in fase di cavo ($H = 1,5$ m; profondità iniziale del fondale, variabile tra 8,0 m e 9,5 m lungo il lato AB della cassa di colmata).
- 5) Refluimento in cassa del materiale dragato, da quota fondale a quota +1,5 m slm. L'azione del materiale sulla struttura e sui terreni sottostanti è simulato attraverso l'applicazione di una spinta proporzionale al relativo peso dell'unità di volume ($\gamma = 13$ kN/mc fuori falda e $\gamma' = 3$ kN/mc in falda).
- 6) Sedimentazione del materiale all'interno della vasca e risalita della falda a quota 0. In questa fase il materiale si assesta a quota 0 e assume le proprietà indicate nel paragrafo 7.1 per il mezzo COLMATA.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

- 7) Impatto dell'onda di progetto in fase di cresta ($H = 1,5$ m; profondità iniziale del fondale, variabile tra 8,0 m e 9,5 m lungo il lato AB della cassa di colmata).
- 8) Impatto dell'onda di progetto in fase di cavo ($H = 1,5$ m; profondità iniziale del fondale, variabile tra 8,0 m e 9,5 m lungo il lato AB della cassa di colmata).
- 9) Riempimento dei monopali con calcestruzzo, fino al tetto dei depositi DA.
- 10) Riempimento della vasca a quota +1,5 m s.l.m. e applicazione di un carico di cantiere pari a 10 kPa nell'intera area della vasca (questa fase si intende preliminarmente alla esecuzione di un intervento di drenaggio).
- 11) Consolidazione del materiale in cassa e dei depositi DLA da ottenere mediante idoneo sistema di drenaggio. Nel modello di calcolo il sistema di drenaggio non è implementato, il processo di consolidazione da questo garantito è stato simulato imponendo un periodo di consolidazione fittizio, sufficiente a garantire la dissipazione delle sovrappressioni neutre generatesi nelle fasi di calcolo precedenti. Nelle analisi in condizioni drenate, ovviamente, questa fase non è stata considerata.
- 12) Costruzione della trave di banchina, riempimento della cassa fino a quota +3.0 m s.l.m. e applicazione dei carichi previsti per la fase di esercizio transitorio dell'opera (sovraccarico a monte del marginamento $q = 10$ kPa; tiro alla bitta $T = 100$ kN ogni 17.80 m di lunghezza della banchina). In questa fase, il materiale all'interno della vasca assume le proprietà indicate nel paragrafo 7.1 per il mezzo COLMATA CONSOLIDATA.
- 13) Impatto dell'onda di progetto in fase di cresta ($H = 2,5$ m; $d = 8,0$ m ÷ 9,5 m).
- 14) Impatto dell'onda di progetto in fase di cavo ($H = 2,5$ m; $d = 8,0$ m ÷ 9,5 m).
- 15) Simulazione del sisma attraverso l'attivazione dell'accelerazione aggiuntiva $a_h = +k_h \times g$, con g accelerazione di gravità (avente segno negativo per le convenzioni del programma Plaxis 2D).
- 16) Simulazione del sisma attraverso l'attivazione dell'accelerazione aggiuntiva $a_h = -k_h \times g$.
- 17) Completamento della banchina, con attivazione del vincolo alla testa della opera di marginamento rappresentato dalle travi trasversali di collegamento delle strutture a supporto dei due binari per la gru.
- 18) Approfondimento del fondale a -16,5 m s.l.m.
- 19) Completamento dell'intero piazzale a quota + 3,5 m s.l.m. e applicazione dei carichi previsti per la fase di esercizio ad opera finita (sovraccarico a monte del marginamento $q = 40$ kPa; tiro alla bitta $T = 1000$ kN ogni 17.80 m di lunghezza della banchina).
- 20) Impatto dell'onda di progetto in fase di cresta ($H = 2,5$ m; profondità del fondale pari a 16,5 m).
- 21) Impatto dell'onda di progetto in fase di cavo ($H = 2,5$ m; profondità del fondale pari a 16,5 m).

- 22) Simulazione del sisma attraverso l'attivazione dell'accelerazione aggiuntiva $a_h = +k_h \times g$, con g accelerazione di gravità (avente segno negativo per le convenzioni del programma Plaxis 2D).
- 23) Simulazione del sisma attraverso l'attivazione dell'accelerazione aggiuntiva $a_h = -k_h \times g$.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

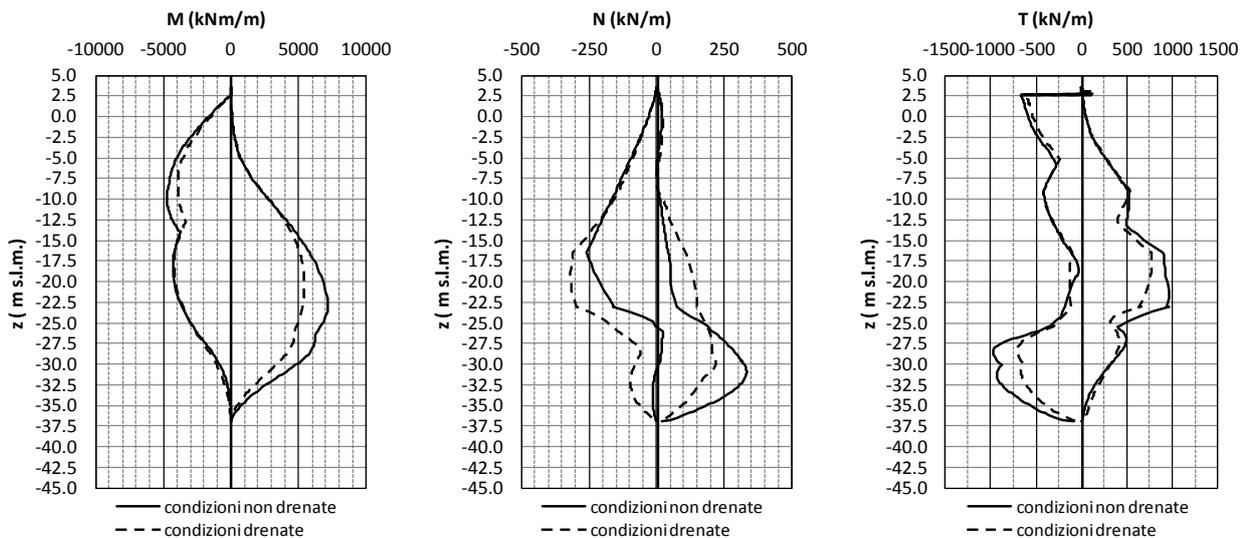
Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

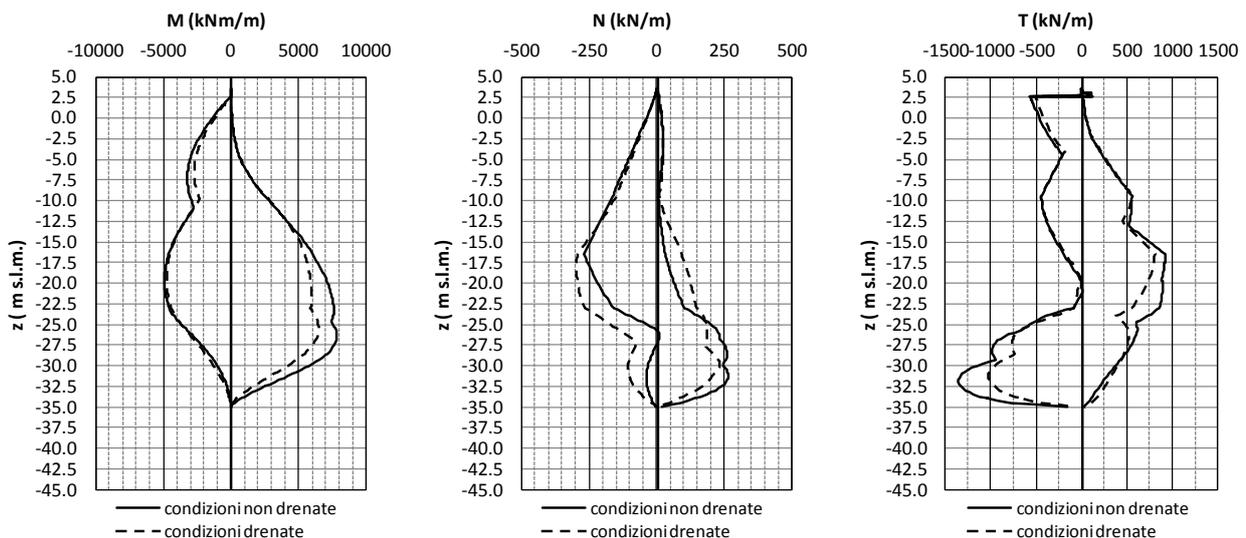
7.5 RISULTATI DELLE ANALISI

Le analisi svolte per le quattro sezioni tipo individuate lungo il lato AB hanno consentito di stimare le caratteristiche della sollecitazione M, N e T lungo il fusto dei monopali, in condizioni drenate ed in condizioni non drenate.

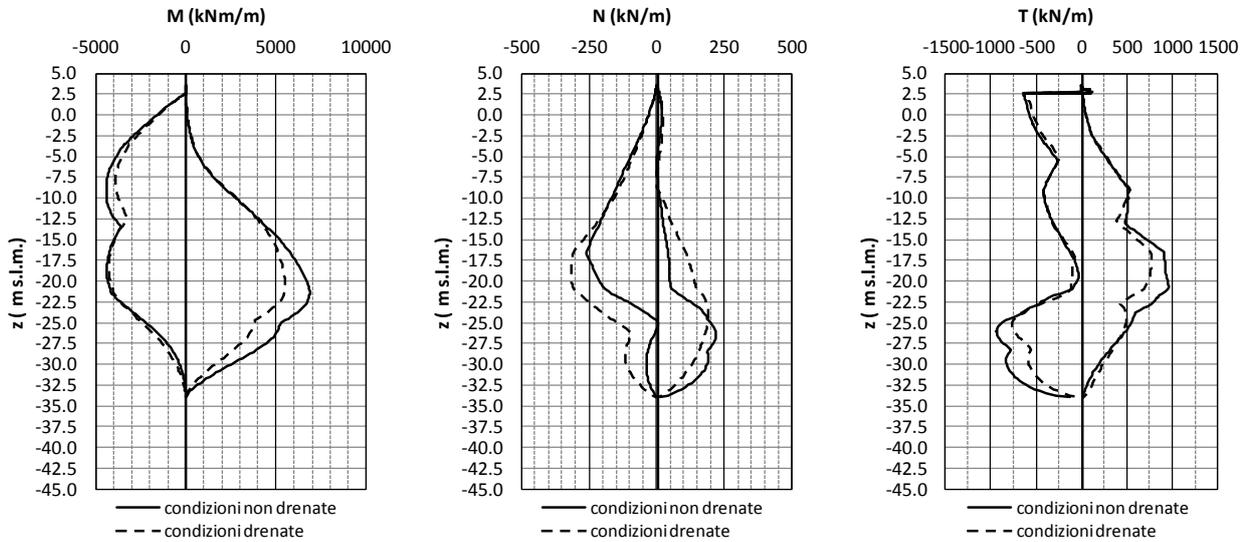
È stato così possibile eseguire le verifiche strutturali illustrate nel successivo paragrafo 8, che hanno confermato l'adeguatezza dello spessore assegnato ai tubi di acciaio e della qualità dell'acciaio adottato.



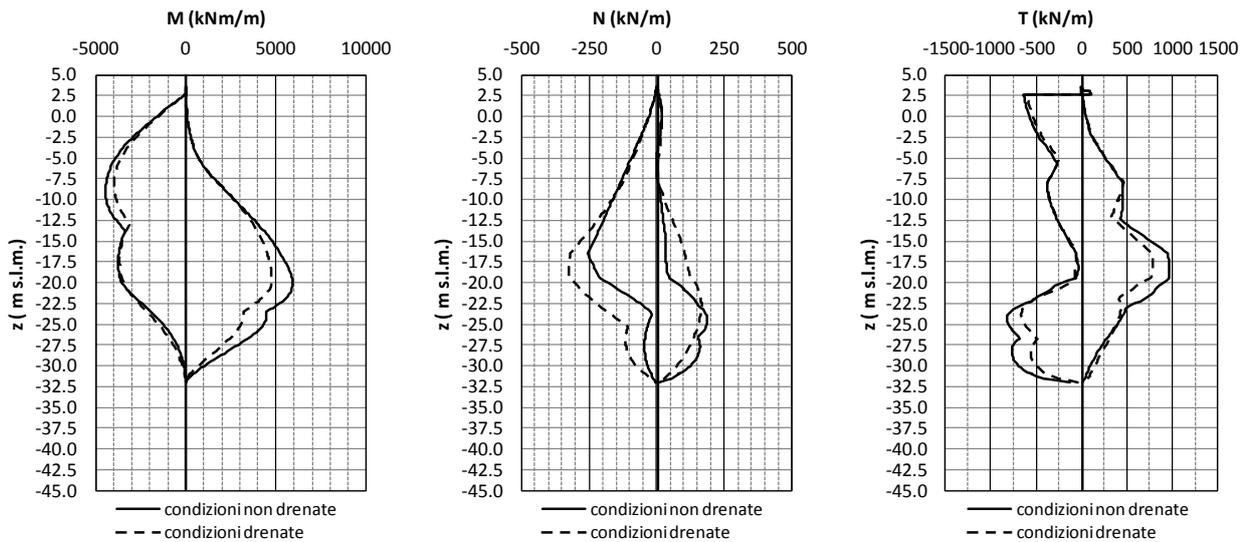
Inviluppo delle caratteristiche della sollecitazione lungo il fusto dei monopali della sezione di studio n.1



Inviluppo delle caratteristiche della sollecitazione lungo il fusto dei monopali della sezione di studio n.2

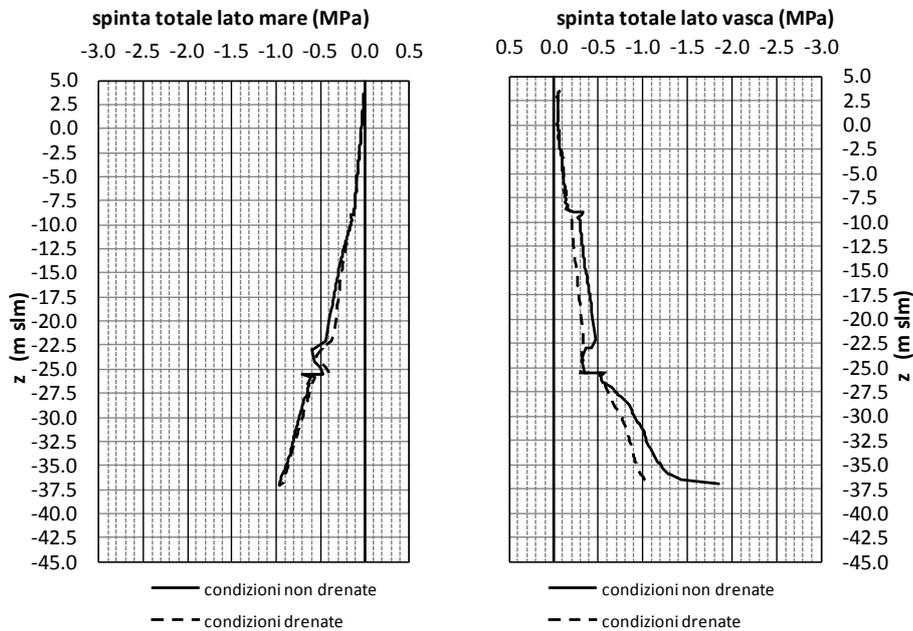


Inviluppo delle caratteristiche della sollecitazione lungo il fusto dei monopali della sezione di studio n.3

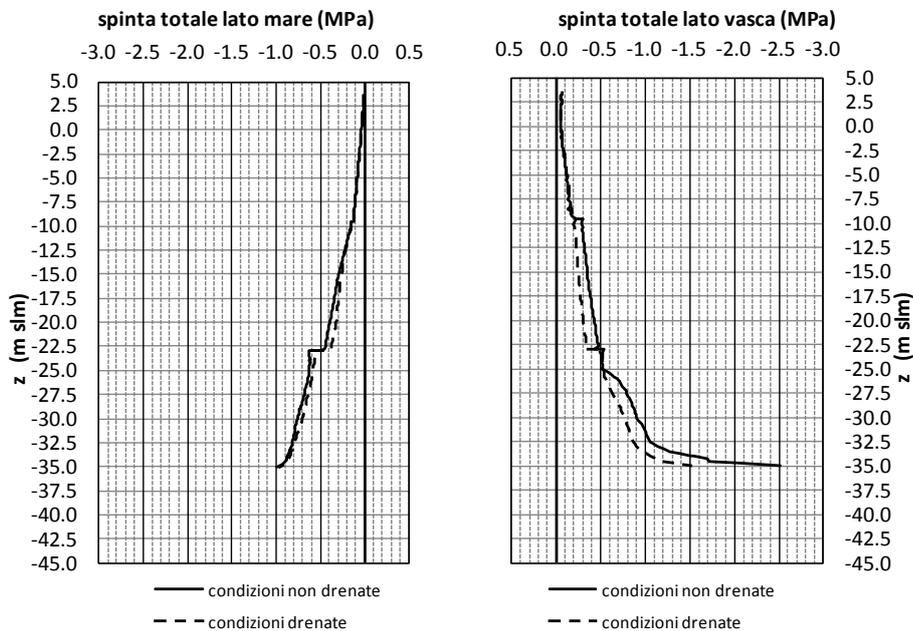


Inviluppo delle caratteristiche della sollecitazione lungo il fusto dei monopali della sezione di studio n.4

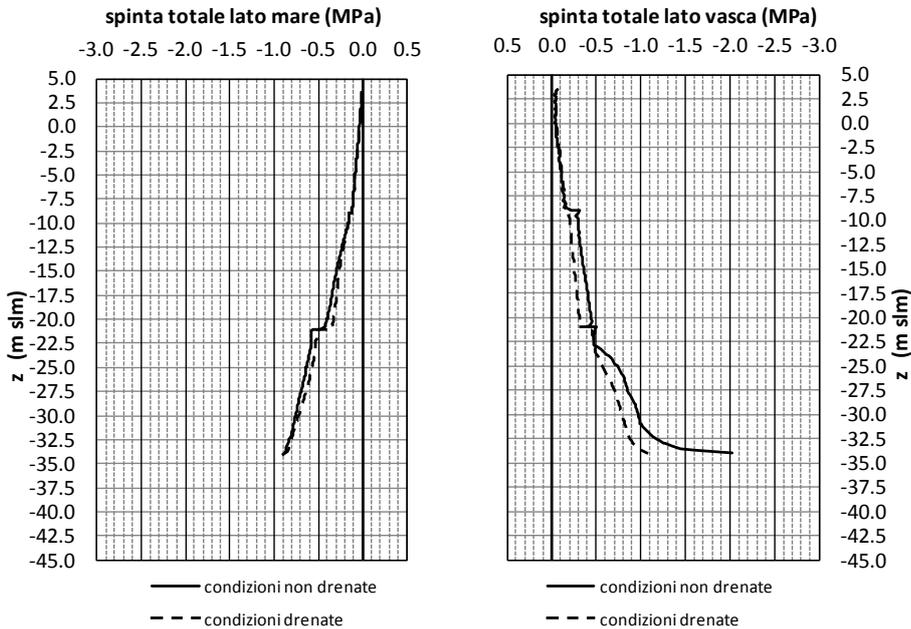
Le analisi numeriche hanno altresì permesso di risalire ai diagrammi di spinta del terreno sull'opera di marginamento, a monte e a valle della stessa.



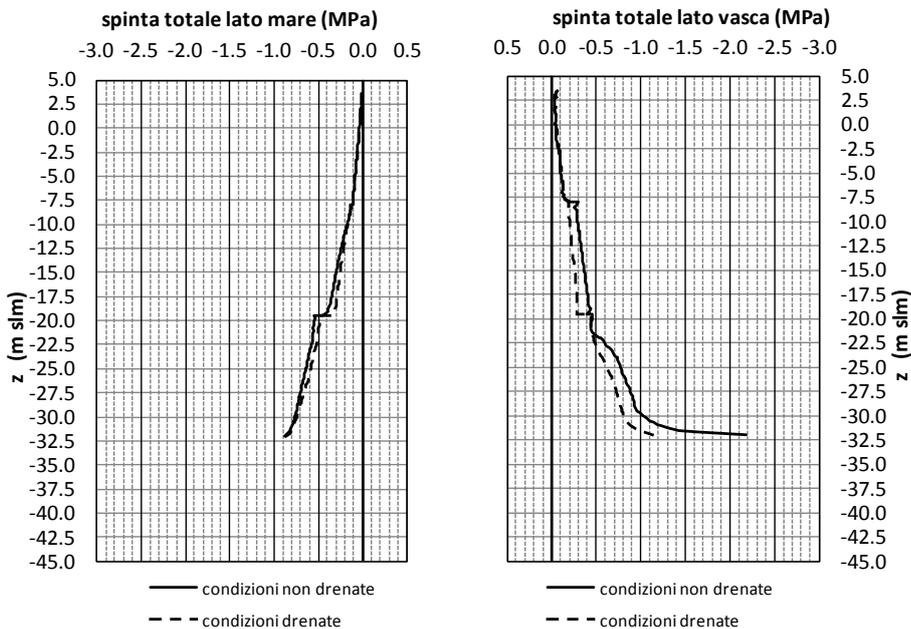
Inviluppo delle spinte totali agenti ortogonalmente al marginamento nella sezione di studio n.1



Inviluppo delle spinte totali agenti ortogonalmente al marginamento nella sezione di studio n.2



Inviluppo delle spinte totali agenti ortogonalmente al marginamento nella sezione di studio n.3



Inviluppo delle spinte totali agenti ortogonalmente al marginamento nella sezione di studio n.4

A partire dai diagrammi di inviluppo delle spinte valutate nelle diverse fasi di calcolo è stato possibile valutare le sollecitazioni nei diaframmi di collegamento dei monopali e di eseguire le relative verifiche, riportate nel successivo paragrafo 9.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

Come anticipato al paragrafo 6, le risultanti delle spinte efficaci mobilitate a valle³ del marginamento, fase per fase, sono state confrontate con la spinta passiva disponibile, calcolata in funzione dei parametri di resistenza ridotti dei terreni (valori di progetto per la combinazione GEO: A2+M2+R2):

	c'k [kPa]	c'd [kPa]	φ'k [°]	φ'd [°]
DLA	13,0	10,4	24	19,6
DLS	0,0	0,0	35	29,3
DA	25,0	20,0	25	20,5
COLMATA	0,0	0,0	18	14,6

Il coefficiente di spinta passiva k_p è stato valutato con il classico metodo di Coulomb che considera superfici di scorrimento piane. Tale scelta è lecita per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete non maggiori di $\varphi/2$.

$$K_p = \frac{\sin^2(\beta - \varphi')}{\sin^2\beta \cdot \sin(\delta + \beta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) \cdot \sin(\varphi + i)}{\sin(\delta + \beta) \cdot \sin(\beta + i)}} \right]^2}$$

In presenza di sisma il valore di k_p è stato calcolato attraverso l'altrettanto nota espressione di Mononobe e Okabe.

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi' + \beta - \theta)}{\cos\theta \cdot \cos^2\beta \cdot \cos(\delta + \theta - \beta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) \cdot \sin(\varphi - \theta + i)}{\cos(\delta - \beta + \theta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

Nelle precedenti espressioni, φ' è l'angolo di attrito interno del terreno; β è l'inclinazione del paramento interno del muro rispetto all'orizzontale; δ è l'angolo di attrito terra-muro; i è l'inclinazione della superficie limite del terrapieno; θ , infine, è l'inclinazione della risultante della forza peso e delle forze d'inerzia agenti sul cuneo ed è posto pari a:

- $\arctan [k_h / (1 \pm k_v)]$, in assenza di falda;
- $\arctan [(\gamma_{sat}/\gamma') \cdot k_h / (1 \pm k_v)]$, per terreni di ridotta permeabilità saturi;
- $\arctan [(\gamma_d/\gamma') \cdot k_h / (1 \pm k_v)]$, per terreni permeabili saturi.

³ Se la risultante delle azioni agenti sul marginamento è diretta da mare verso terra, i terreni chiamati a “resistere” sono quelli all'interno della cassa di colmata; viceversa, se la risultante delle azioni agenti sul marginamento è diretta da terra verso mare, i terreni chiamati a “resistere” sono quelli all'esterno della cassa di colmata. In ciascuna fase dell'analisi è stato possibile individuare la parte resistente, esaminando i diagrammi degli spostamenti orizzontali dell'opera di marginamento con la profondità.

La spinta passiva disponibile è stata quindi valutata come somma delle risultanti dei diagrammi delle tensioni limite passive per ciascuno strato coinvolto ($\sigma'_p = k_p \times \sigma'_v$), trascurando il contributo coesivo sia in presenza che in assenza di sisma.

	φ'_d [°]	$k_{p,h}$ [-]	$k_{pE,h}$ [-]
DLA	19,6	2,5	2,3
DLS	29,3	4,6	4,3
DA e COLMATA CONSOLIDATA	20,5	2,7	2,5
COLMATA	14,6	1,9	1,8

A partire dalla fase 18 (approfondimento del fondale), alla resistenza passiva del terreno deve essere sommata la resistenza offerta dal vincolo alla testa del marginamento. Considerata la natura del vincolo (travi trasversali di collegamento delle strutture a supporto dei due binari per la gru, a loro volta fondate su pali), tale resistenza può essere di fatto considerata “infinita”; pertanto, nelle verifiche sintetizzate nei prospetti di seguito riportati, sono state considerate soltanto le fasi precedenti all’installazione del vincolo alla testa.

Poiché il rapporto tra la spinta efficace mobilitata e quella disponibile di progetto è ≥ 1 , la verifica GEO è sempre soddisfatta con un margine maggiore o uguale a quello previsto dalle NTC 2008.

FASE		SPINTA EFFICACE DISPONIBILE				SPINTA EFFICACE MOBILITATA				FS			
		SEZ. 1	SEZ. 2	SEZ. 3	SEZ. 4	SEZ. 1	SEZ. 2	SEZ. 3	SEZ. 4	SEZ. 1	SEZ. 2	SEZ. 3	SEZ. 4
2	SVUOTAMENTO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	5590.9	5008.5	5031.0	4615.1	1.55	1.35	1.30	1.31
3	SVUOTAMENTO + CRESTA	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	5691.2	5060.0	5087.3	4666.5	1.52	1.33	1.29	1.30
4	SVUOTAMENTO + CAVO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	5212.0	4627.2	4685.6	4304.5	1.66	1.46	1.40	1.41
5	REFLUIMENTO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	5879.0	5263.2	5275.0	4827.3	1.47	1.28	1.24	1.25
6	SEDIMENTAZIONE	11699.9	9559.5	9164.8	8246.1	5824.0	5294.2	5216.1	4772.1	2.01	1.81	1.76	1.73
7	SEDIMENTAZIONE + CRESTA	11699.9	9559.5	9164.8	8246.1	5932.9	5353.0	5325.2	4873.2	1.97	1.79	1.72	1.69
8	SEDIMENTAZIONE + CAVO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	5892.0	5315.3	5284.0	4834.0	1.47	1.27	1.24	1.25
12	ESERCIZIO TRANSITORIO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	6493.1	5826.3	5791.1	5302.6	1.33	1.16	1.13	1.14
13	CRESTA	17962.3	15201.1	14599.5	13257.6	6646.0	5983.1	5950.2	5447.5	2.70	2.54	2.45	2.43
14	CAVO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	6533.1	5874.8	5827.8	5331.4	1.32	1.15	1.13	1.13
15	SISMA +	8039.3	6263.6	6095.3	5618.6	6578.4	5891.6	5848.4	5348.4	1.22	1.06	1.04	1.05
16	SISMA -	16660.0	14080.8	13526.1	12283.5	6255.5	5590.2	5570.6	5097.8	2.66	2.52	2.43	2.41

Analisi in condizioni drenate



lato vasca



lato mare

**Autorità Portuale di Taranto**

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

FASE		SPINTA EFFICACE DISPONIBILE				SPINTA EFFICACE MOBILITATA				FS			
		SEZ. 1	SEZ. 2	SEZ. 3	SEZ. 4	SEZ. 1	SEZ. 2	SEZ. 3	SEZ. 4	SEZ. 1	SEZ. 2	SEZ. 3	SEZ. 4
2	SVUOTAMENTO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	5887.1	5317.7	5367.4	4943.5	1.47	1.27	1.22	1.22
3	SVUOTAMENTO + CRESTA	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	6052.3	5370.9	5428.0	4998.0	1.43	1.25	1.21	1.21
4	SVUOTAMENTO + CAVO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	5601.0	4995.2	5069.9	4672.7	1.54	1.35	1.29	1.29
5	REFLUIMENTO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	6118.8	5433.1	5490.9	5055.9	1.41	1.24	1.20	1.20
6	SEDIMENTAZIONE	11699.9	9559.5	9164.8	8246.1	5582.0	4787.0	4920.3	4556.7	2.10	2.00	1.86	1.81
7	SEDIMENTAZIONE + CRESTA	11699.9	9559.5	9164.8	8246.1	5707.7	4983.4	5082.5	4706.6	2.05	1.92	1.80	1.75
8	SEDIMENTAZIONE + CAVO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	6035.6	5392.6	5404.1	4969.5	1.43	1.25	1.21	1.22
10	RIEMPIMENTO A +1,5 m slm	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	6261.8	5413.1	5465.0	5033.7	1.38	1.24	1.20	1.20
11	CONSOLIDAZIONE	13728.8	11369.6	10930.3	9916.1	6216.7	5508.2	5547.3	5108.3	2.21	2.06	1.97	1.94
12	ESERCIZIO TRANSITORIO	8648.1	6738.7	6562.4	6049.2	6569.1	5753.8	5762.1	5300.1	1.32	1.17	1.14	1.14
13	CRESTA	17962.3	15201.1	14599.5	13257.6	5968.6	5256.9	5300.6	4867.4	3.01	2.89	2.75	2.72
14	CAVO	8039.3	6738.7	6562.4	6049.2	6647.3	5792.0	5784.4	5318.8	1.21	1.16	1.13	1.14
15	SISMA +	8039.3	6263.6	6095.3	5618.6	6675.0	5740.1	5739.2	5279.5	1.20	1.09	1.06	1.06
16	SISMA -	16660.0	14080.8	13526.1	12283.5	5801.0	5012.4	5100.9	4678.8	2.87	2.81	2.65	2.63

Analisi in condizioni non drenate



lato vasca



lato mare

Anche con riferimento alle condizioni di esercizio, le verifiche possono ritenersi soddisfatte. Gli spostamenti orizzontali massimi dell'opera di marginamento relativi alle fasi che simulano le condizioni di esercizio (phase horizontal displacement), infatti, ancorché valutati con riferimento a carichi accidentali amplificati del 50%, sono da ritenere compatibili con la funzionalità dell'opera.

In presenza di sisma, detti spostamenti risultano minori del limite massimo $u_s = 0,005 H$ imposto dalla normativa.

Nel prospetto seguente sono sintetizzati gli incrementi di spostamento orizzontale del marginamento della cassa di colmata stimati nelle fasi che simulano l'esercizio (transitorio e definitivo) e il sisma, sia in condizioni drenate sia in condizioni non drenate; per completezza, sempre con riferimento ad entrambe le condizioni (drenata e non drenata), nello stesso prospetto sono indicati i valori massimi di spostamento orizzontale ottenuti sommando gli effetti di tutte le fasi (costruzione, esercizio, carichi d'onda, sisma).

FASE	u (mm) in condizioni non drenate				u (mm) in condizioni drenate			
	SEZ. 1	SEZ. 2	SEZ. 3	SEZ. 4	SEZ. 1	SEZ. 2	SEZ. 3	SEZ. 4



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

12	ESERCIZIO TRANSITORIO	87,4	133,8	90,6	78,1	100,9	157,8	96,0	79,6
15	SISMA+	68,9	80,4	67,1	55,1	53,1	55,8	48,6	41,9
16	SISMA -	-46,4	-54,2	-42,0	-38,7	-44,2	-52,7	-40,5	-37,6
19	ESERCIZIO DEFINITIVO	59,6	96,4	56,8	53,8	42,0	58,1	41,2	40,4
22	SISMA +	11,1	11,3	10,6	10,3	17,1	18,3	16,2	16,2
23	SISMA -	-30,8	-33,5	-28,3	-27,3	-25,1	-26,9	-23,5	-21,7
MASSIMI ASSOLUTI (mm)		360	336	347	280	234	238	222	188

Spostamenti orizzontali stimati in condizioni drenate e non drenate

8 METODO DI ANALISI – VERIFICA STRUTTURALE MONOPALO

8.1 SEZIONE TIPO "1"

Nel presente capitolo viene studiata la sezione Tipo "1" del marginamento a mare tratta "AB", in particolare il tratto in prossimità dal sondaggio M15.

Dal calcolo emerge che è necessaria un'infissione del monopalo di circa 12 m all'interno del deposito argilloso, per cui, nel progetto redatto l'altezza dei monopali in codesto tratto è stata determinata garantendo sempre un'infissione minima di 12 m all'interno del deposito argilloso grigio-azzurro.

La lunghezza totale del monopalo nella sezione virtuale di calcolo a partire da estradosso banchina è pari a $1.50+2.00+37.00 = 40.50$ m d'altezza (39,00 m del monopalo, con spessore da 22 mm ed 1.50 di trave di banchina al di sopra del monopalo).

Il monopalo è stato studiato sia in condizioni drenate che non drenate, dall'esame delle sollecitazioni si ha che la condizione più limitativa risulta quella in condizioni non drenate.

Di seguito si riportano le sollecitazioni e le deformazioni risultanti della sezione di calcolo "1", riprese dal paragrafo relativo all'elaborazione geotecnica.



Autorità Portuale di Taranto

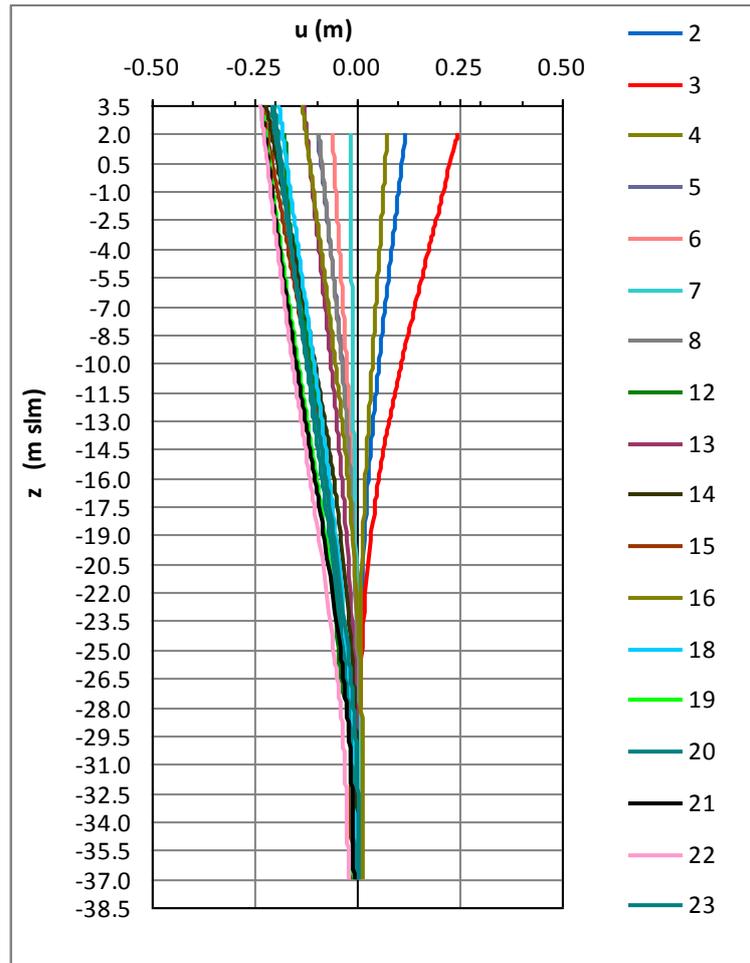
Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

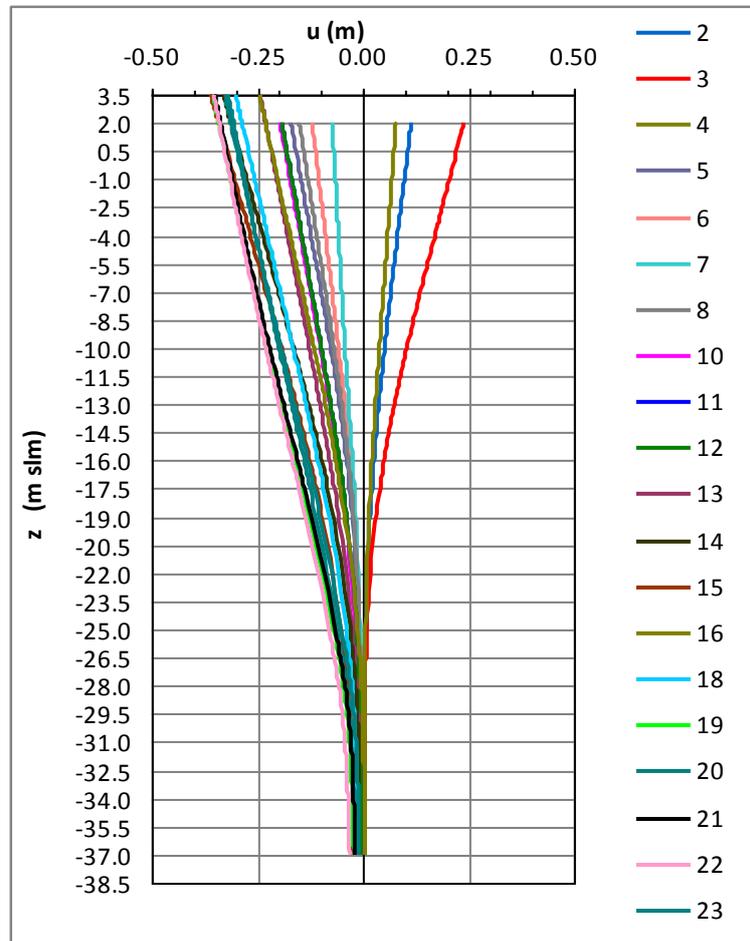
Data: 05/2016
 Rev. B
 c.d.c.: C296A
 511B

8.1.1 Risultati: diagrammi di inviluppo

Di seguito riportiamo i diagrammi di inviluppo delle sollecitazioni e delle deformazioni massime relative ai principali risultati della "Relazione geotecnica e di calcolo":



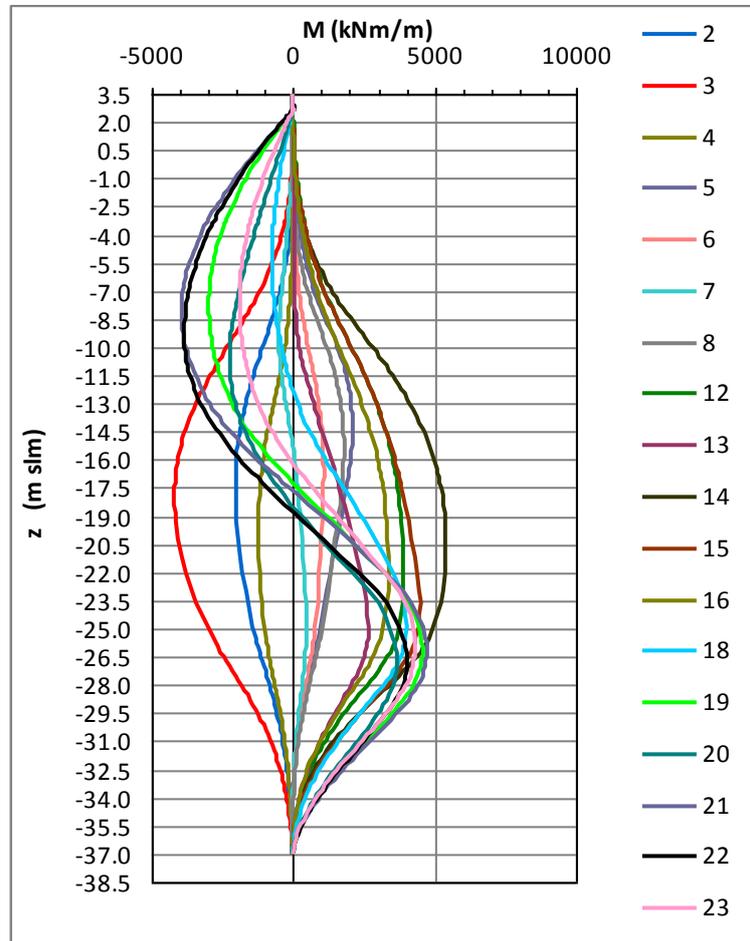
Inviluppo delle deformate: Condizione di carico drenata



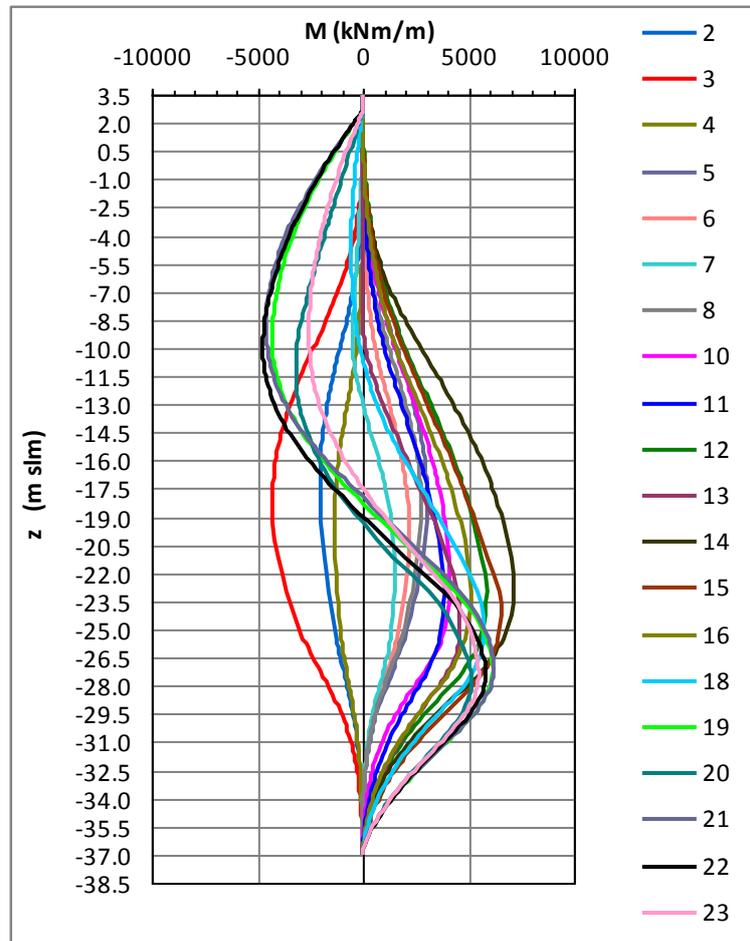
Inviluppo delle deformate: Condizione di carico non drenata

$U_{max} = 35.3 \text{ cm}$ ($z=3.50 \text{ m}$) (Fase definitiva 21 - cond. non drenata: riempimento vasca+costruzione banchina + onda cresta)

$U_{max} = 30.1 \text{ cm}$ ($z=3.50 \text{ m}$) (Fase definitiva 18 – cond. non drenata (esercizio): Approfondimento fondale a -16.5 m s.l.m.)



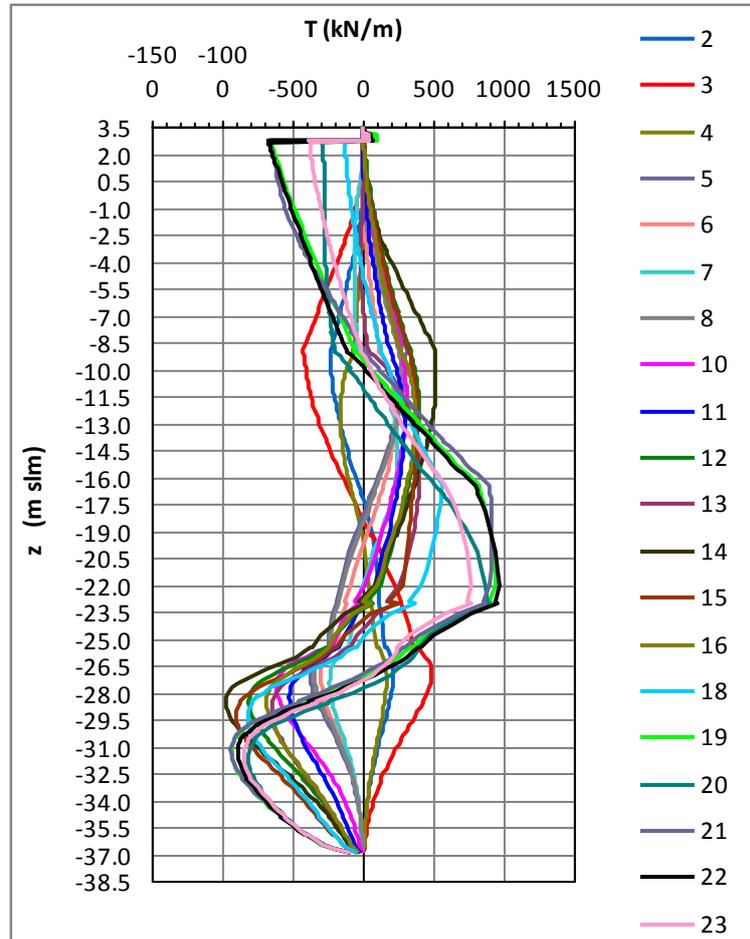
Inviluppo dei momenti allo SLU : Condizione di carico drenata



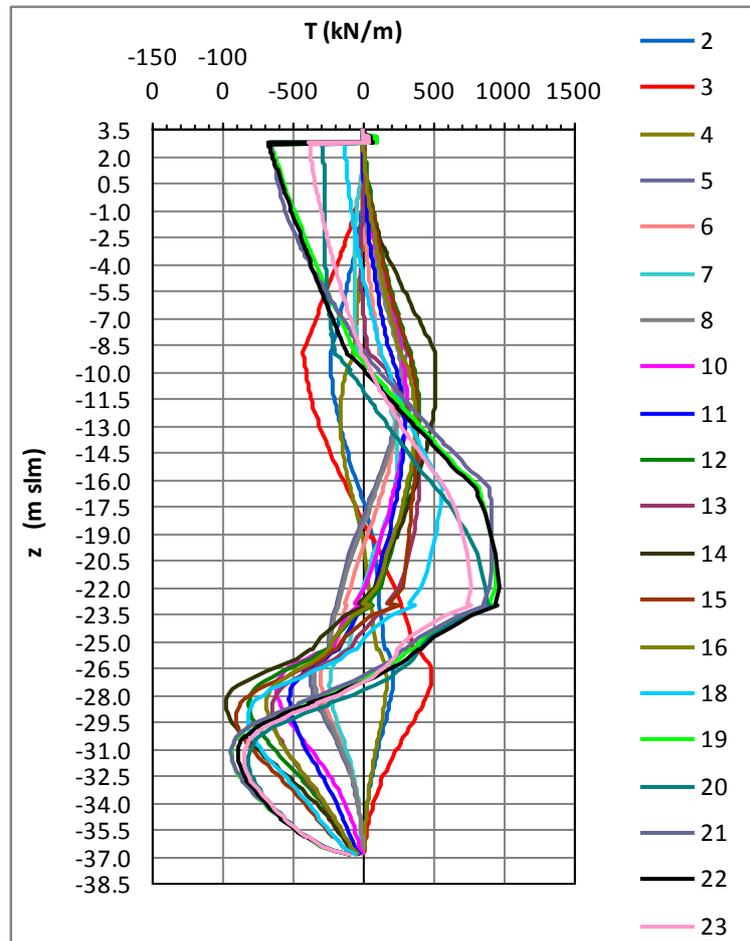
Involuppo dei momenti allo SLU : Condizione di carico non drenata

Mmin = -4292.44 kNm/m (z=-18.36 m (Fase provvisoria 3 - cond. non drenata: svuotamento+ onda di cresta)

Mmax = 7169.5 kNm/m (z=-23.00 m) (Fase definitiva 14 - cond. non drenata: riempimento vasca+costruzione banchina+eser. provv. + onda cresta)



Inviluppo dei tagli allo SLU : Condizione di carico drenata



Involuppo dei tagli allo SLU : Condizione di carico non drenata

$T_{max} = 491.58 \text{ kN/m}$ ($z = -27.0 \text{ m}$) (Fase provvisoria 3 - cond. non drenata: svuotamento+ onda di cresta)

$T_{max} = 971.77 \text{ kN/m}$ ($z = -28.82 \text{ m}$) (Fase definitiva 22 - cond. cond. non drenata: riempimento vasca+costruzione banchina + sisma)

8.1.2 Sollecitazioni di verifica e sezioni di calcolo

Di seguito vengono indicate le sollecitazioni massime di verifica nelle rispettive sezioni calcolo:

Sezione	Quota (m)	Tipologia di sezione
1	Da +2.00 m a -16.00 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame
2	Da -16.00 m a -25.50 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame+cls
3	Da -25.50 m a -27.50 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame+lamiere di rinforzo del tubo (1000x22 mm)
4	Da -27.50 m a -30.50 m	Tubo $\phi 3000/22$ +lamiere di rinforzo del tubo (1000x22 mm)
5	Da -30.50 m a -37.00 m	Tubo $\phi 3000/22$

Sezioni di calcolo

Sezioni	Momento paratia		Taglio paratia	
	(kN-m/m)	Z (m s.l.m.)	(kN/m)	Z (m s.l.m.)
1	5696.4	-16.00	858.17	-16.00
2	7169.5	-23.00	968.22	-20.17
3	6539.1	-25.50	963.00	-23.00
4	6165.2	-27.50	971.77	-28.82
5	4046.9	-30.50	935.23	-31.19

Sollecitazioni massime sulla paratia

8.1.3 Verifica di deformabilità

Il valore dello spostamento massimo in esercizio si ha in fase 18 (Approfondimento del fondale) ed è pari a 30.1 cm è compatibile con la funzionalità dell'opera.

8.1.4 Verifiche strutturali

Come detto in precedenza le sollecitazioni riportate nelle tabelle precedenti sono riferite a metro lineare di paratia.

Pertanto, esse dovranno essere moltiplicate per l'interasse dei monopali pari a 8.90 m.

Inoltre, per le verifiche di resistenza occorre tener conto anche del peso proprio del palo e della trave di banchina, mentre in fase finale occorre considerare anche il sovraccarico accidentale se presente sulla banchina.

Quindi si ha:

$$\text{Peso, palo} = \pi \cdot 2.956^2 / 4 \cdot 25 + \pi \cdot (3.00^2 - 2.956^2) / 4 \cdot 78.50 = 187.73 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Peso, trave} = 6.0 \cdot 2.5 \cdot 8.90 \cdot 25 - 187.73 \cdot 2 - 197.80 \cdot 2 = 2566.44 \text{ kN/palo}$$

$$\text{Peso, acc-banchina} = 10 \cdot 6.0 \cdot 8.90 = 534 \text{ kN/palo}$$

- Carichi fase transitoria (Q=10 kN/mq)

$$\text{Peso, acc-banchina} = 40 \cdot 6.00 \cdot 8.90 = 2136 \text{ kN/palo}$$

- in fase finale (Q=40 kN/mq)

$$\text{Peso gru} = 1000 \cdot 8.9 = 8900 \text{ kN/palo}$$

- Peso in esercizio della gru (1000 kN/m)

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime e minime, sul singolo monopalo, relative alle diverse sezioni di calcolo prese in esame:

Sezioni	Momento palo		Taglio palo		Sforzo normale palo	
	(kN-m)	Z (m s.l.m.)	(kN)	Z (m s.l.m.)	(kN)	Z (m s.l.m.)
1	50697.5	-16.00	7637.7	-16.00	20591	-16.00
2	63808.5	-23.00	8617.2	-20.17	22299	-23.00
3	58197.6	-25.50	8570.7	-23.00	22910	-25.50
4	54870.1	-27.50	8648.8	-28.82	23398	-27.50
5	36017.1	-30.50	8323.5	-31.19	24130	-30.50

Sollecitazioni massime sul singolo monopalo

Le verifiche strutturali delle varie sezioni vengono effettuate considerando la sezione tubolare che, in base alla Tabella 4.2.VI del DM08, è di classe 4, per la cui verifica occorre applicare il metodo elastico (DM 14/01/2008: §4.3.4.2.1.1).

Tra l'altro non è possibile attingere alle resistenza elastiche della sezione in quanto possono verificarsi fenomeni di instabilità assiale e locale.

Quindi, la valutazione delle resistenza elastica massima della sezione in acciaio è stata effettuata secondo le disposizioni presenti sull'Eurocodice 3-1-6. e di seguito riportate:

INSTABILITA' TUBI SECONDO EC3-1-6

d	3000	mm
t	22	mm
l	25	m
r	1500	
E	210000	MPa
A	205824.6	mm ²
J	2.28E+11	mm ⁴
W	1.52E+08	mm ³
f _{yk}	355	MPa
γ _{M1}	1.05	

Axial compression (D.1.2)

ω	137.62	long cylinder	(D.1)
ω<	1.7	short	NO
ω<	34.09	medium	NO
ω>	34.09	long	OK
(6) long cylinder (ω > 0.5r/t)			
C _{xb}	6		(Table D.1)
C _{xN}	0.90		(D.9)
C _x	0.90		(D.8)
σ _{x,Rcr}	1674.8	MPa	(D.2)
(7) alternative for long cylinder			
Se:			
r/t	68.18	< 150	OK (D.11)
ω	137.62	< 409.1	OK
500 ≤ E/f _{yk}	591.5	≤ 1000	OK
C _x	1.00		(D.13)
σ _{x,Rcr}	1863.4	MPa	(D.2)
→ σ _{x,Rcr}	1674.8	MPa	



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

Shear (D.1.4)

ω	137.62	medium cylinder	(D.1)
$\omega <$	10	short	NO
$\omega <$	593.18	medium	OK
$\omega >$	593.18	long	NO

(4) medium length cylinder

$$C_{\tau} = 1.0 \quad (D.34)$$

$$\tau_{x0,Rcr} = 196.91 \text{ MPa} \quad (D.32)$$

Axial buckling parameters (D.1.2.2)

(5) non serve se:

r/t	68.18	\leq	18	necessaria verifica
Q	25			(Table D.2)
Δw_k	7.27			(D.15)
α_x	0.45			(D.14)
λ_{x0}	0.30			(D.17)
β	0.60			(D.16)
η	1.00			(D.16)

Shear buckling parameters (D.1.4.2)

(3) non serve se:

r/t	68.18	\leq	12	necessaria verifica
α_{τ}	0.65			(Table D.6)
$\lambda_{\tau0}$	0.40			(D.39)
β	0.60			(D.39)
η	1.00			(D.39)

Design resistance (buckling strenght) (8.5.2)

$\sigma_{x,Rcr}$	1674.8	MPa	
$\tau_{x0,Rcr}$	196.91	MPa	
λ_x	0.46		...(8.17)
λ_{τ}	1.02		...(8.17)
λ_{px}	1.06		...(8.16)
$\lambda_{p\tau}$	1.27		...(8.16)

(4) buckling reduction factor X_x

1	se	0.46	\leq	0.30	NO
0.87	se	0.46	$<$	1.06	OK
2.11	se	0.46	\geq	1.06	NO

$$X_x = 0.87$$

(4) buckling reduction factor X_{τ}

1	se	1.02	\leq	0.40	NO
0.57	se	1.02	$<$	1.27	OK
0.62	se	1.02	\geq	1.27	NO

$$X_{\tau} = 0.57$$



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

(3) characteristic buckling stresses

f_{yk}	355	MPa	
X_x	0.87		
X_τ	0.57		
$\sigma_{x,Rk}$	309.9	MPa	...(8.12)
$\tau_{x\theta,Rk}$	117.8	MPa	...(8.12)

(1) design bucling stresses

γ_{M1}	1.05		
$\sigma_{x,Rd}$	295.1	MPa	...(8.11)
$\tau_{x\theta,Rd}$	112.2	MPa	...(8.11)

Stress limitation (buckling strength verification) (8.5.3)

Combination of axial compression and shear (D.1.6)

k_x	1.90	(D.46)
k_τ	1.89	(D.48)
k_i	0	(D.49)

$\sigma_{x,Rd}$	295.1	MPa
$\tau_{x\theta,Rd}$	112.2	MPa

Le tensioni devono essere combinate come segue:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}} \right)^{k_x} - k_i \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}} \right) \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}} \right) + \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}} \right)^{k_\theta} + \left(\frac{\tau_{x\theta,Ed}}{\tau_{x\theta,Rd}} \right)^{k_\tau} \leq 1$$

La tensione assiale nell'acciaio è dovuta principalmente alla sola flessione, mentre la compressione si trasmette attraverso il calcestruzzo presente all'interno del monopalo direttamente alle argille grigio-azzurre.

Inoltre, nel punto di massimo della tensione assiale, la tensione tangenziale è nulla.

Noto il tasso di lavoro dell'acciaio, si passa al calcolo delle sollecitazioni resistenti delle singole sezioni individuate sopra, considerando le loro caratteristiche inerziali elastiche (W_{elas}):

Calcolo del taglio resistente sul monopalo (sezione tubolare)

$$T_{Rd} = (2A/\pi) * \tau_{Rd} = (2 * 0.2058/\pi) * 112.2 * 1000 = 14707.5 \text{ kN} > T_{Ed} = 8648.8 \text{ kN}$$



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

SEZIONE 1: TUBOLARE CON GARGAME COLLABORANTE (da quota +2.00 m, a quota -16.00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

A= 0.2895 m ²	- area sezione
J = 0.2744 m ⁴	- momento di inerzia sezione
W _{elas} = 0.1829 m ³	- modulo elastico resistente
σ _{x,Rd} =295.1 MPa	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{elas} / inter = 295.1 * 1000 * 0.1895 / 8.9 = 6283 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 5696.4 \text{ kNm/m}$

SEZIONE 2: TUBOLARE CON GARGAME E CALCESTRUZZO COLLABORANTI (da quota -16.00 m, a quota -25.50 m)

In questa sezione viene considerato collaborante il calcestruzzo; la tensione tangenziale di aderenza tra tubo (Φ3000 sp.22 mm) e cls è pari a:

$\tau = 8617.16 / (2\pi * 1.478) = 464.20 \text{ kN/m}^2 = 0.464 \text{ MPa} < 0.55 \text{ MPa}$ (DM 14/01/2008: §4.3.5.5.1)

La verifica risulta soddisfatta ma comunque, cautelativamente, vengono inseriti dei piatti a mo' di piolatura (12 piatti 100*10 mm) per garantire una migliore aderenza.

Caratteristiche inerziali della sezione mista acciaio-cls

MATERIALI UTILIZZATI			
CALCESTRUZZO			
Classe del calcestruzzo	Classe	f _{ck} 28	R _{ck} 35 [N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ _c	=	1.00 [-]
Resistenza caratteristica a compressione	f _{ck}	=	13.00 [N/mm ²]
Resistenza a compressione media	f _{cm}	=	21.00 [N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E _{cm}	=	27485 [N/mm ²]
ACCIAIO PER LE ARMATURE			
Resistenza caratteristica a snervamento	f _{sk}	=	450 [N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E _s	=	200000 [N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ _s	=	1.15 [-]
ACCIAIO PER IL TUBOLARE			
Resistenza massima di progetto	f _{yk}	=	295 [N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E _a	=	210000 [N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ _a	=	1.00 [-]



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE DELLA SEZIONE COMPOSTA

CARATTERISTICHE DEL TUBOLARE

Diametro esterno del tubolare	D_{ext}	=	3000.00	[mm]
Spessore del tubolare	t	=	22.00	[mm]
Diametro interno del tubolare	D_{int}	=	2956.00	[mm]
Raggio esterno del tubolare	R_{ext}	=	1500.00	[mm]
Raggio interno del tubolare	R_{int}	=	1478.00	[mm]
Area della sezione trasversale del tubolare	A_a	=	274400	[mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale del tubolare	J_a	=	2.90E+11	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico della sezione del tubolare	$W_{a,el}$	=	1.93E+08	[mm ³]
Rapporto massimo tra diametro esterno e spessore	$\max(D_{ext}/t)$	=	71.69	[-]
Rapporto tra diametro esterno e spessore	D_{ext}/t	=	136.36	[-]

CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO INTERNO

Area della sezione trasversale di calcestruzzo	A_c	=	6862759	[mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale di calcestruzzo	J_c	=	3.75E+12	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico della sezione di calcestruzzo	$W_{c,el}$	=	2.54E+09	[mm ³]

Calcolo del momento resistente

RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLA COLONNA COMPOSTA (PUNTO A)

Resistenza a compressione senza tenere in conto effetti confinanti	$N_{pl,Rd,I}$	=	156781	[kN]
--	---------------	---	--------	------

Effetti di confinamento

Eccentricità massima in valore assoluto derivante dal calcolo	e_{max}	=	0.2400	[m]
Rapporto tra eccentricità massima e diametro esterno del tubolare	e_{max}/D_{ext}	=	0.080	< 0.10
Snellezza adimensionale della colonna composta	λ'	=	0.524	> 0.50

Non è possibile considerare l'effetto del confinamento

Calcolo dei coefficienti di confinamento lato acciaio	$\eta_{a,1}$	=	1.00	[-]
	$h_{a,2}$	=	1.00	[-]
	$h_{a,3}$	=	1.00	[-]
	ha	=	1.00	[-]

Calcolo dei coefficienti di confinamento lato calcestruzzo	$\eta_{c,1}$	=	0.00	[-]
	$h_{c,2}$	=	0.00	[-]
	$h_{c,3}$	=	0.00	[-]
	η_c	=	0.00	[-]

Resistenza a compressione tenendo in conto effetti confinanti	$N_{pl,Rd,II}$	=	170164	[kN]
---	----------------	---	--------	------

Resistenza a compressione della colonna composta	$N_{pl,Rd}$	=	156781	[kN]
---	-------------------------------	---	---------------	-------------

Momento flettente associato alla massima forza di compressione	$M_{pl,Rd}$	=	0	[kNm]
---	-------------------------------	---	----------	--------------

Contributo meccanico dell'acciaio	δ	=	0.48	OK
--	----------------------------	---	-------------	-----------

RESISTENZA A PURA FLESSIONE DELLA COLONNA COMPOSTA (PUNTO B)

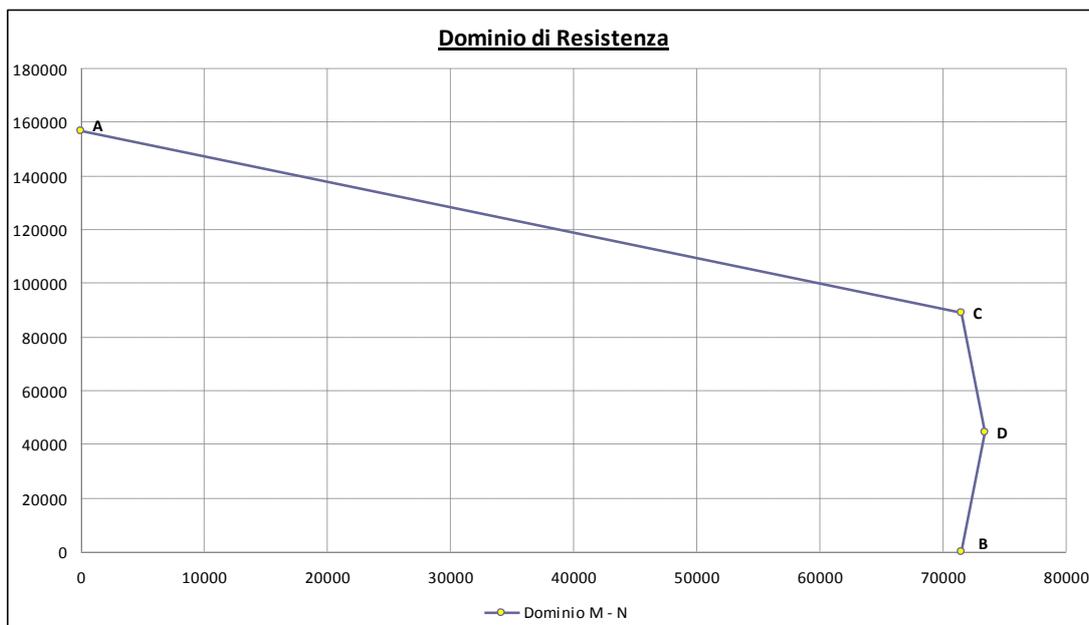
Modulo di resistenza plastico del tubolare in acciaio	$W_{a,pl}$	=	1.93E+08	[mm ³]
Modulo di resistenza plastico del calcestruzzo depurato dalle armature	$W_{c,pl,eff}$	=	2.54E+09	[mm ³]
Modulo di resistenza plastico delle armature verticali	$W_{s,pl}$	=	0.00E+00	[mm ³]
Distanza tra la linea media della sezione e l'asse neutro plastico	h_n [mm]	=	45.915	OK
Angoli settoriali per determinare i segmenti di circonferenza del tubolare	β	=	0.03	[rad]
	θ	=	3.08	[rad]
	β'	=	0.03	[rad]
	θ'	=	3.08	[rad]
Angoli settoriali per determinare i segmenti di circonferenza del cls	$A_{a,c}$	=	100892	[mm ²]
Area della sezione compressa del tubolare	$A_{a,t}$	=	173508	[mm ²]
Area della sezione tesa del tubolare	$A_{c,c}$	=	3295676	[mm ²]
Area della sezione compressa del calcestruzzo	$A_{s,c}$	=	0	[mm ²]
Area delle armature compresse	$A_{s,t}$	=	0	[mm ²]
Area delle armature tese	$F_{a,c}$	=	29763	[kN]
Forza di compressione nel tubolare	$y_{a,c}$	=	966.47	[mm]
Braccio di leva della forza di compressione nel tubolare	$F_{a,t}$	=	-51185	[kN]
Forza di trazione nel tubolare	$y_{a,t}$	=	-561.98	[mm]
Braccio di leva della forza di trazione nel tubolare	$F_{c,c}$	=	21422	[kN]
Forza di compressione nel calcestruzzo	$y_{c,c}$	=	652.17	[mm]
Braccio di leva della forza di compressione nel calcestruzzo	$F_{s,c}$	=	0	[kN]
Forza di compressione nell'armatura compressa	$F_{s,t}$	=	0	[kN]
Forza di trazione nell'armatura tesa	N_{Rd}	=	0.00	OK
Forza Normale risultante	$M_{pl,Rd}$	=	71501	[kNm]
Momento flettente per pura flessione				

RESISTENZA A FLESSIONE E FORZA NORMALE (PUNTO C)

Resistenza a compressione della sola sezione di calcestruzzo	$N_{pm,Rd}$	=	89216	[kN]
Momento flettente per pura flessione	$M_{pl,Rd}$	=	71501	[kNm]

RESISTENZA A FLESSIONE E FORZA NORMALE (PUNTO D)

Metà resistenza a compressione della sola sezione di calcestruzzo	$0.5 N_{pm,Rd}$	=	44608	[kN]
Momento resistente massimo della sezione composta	$M_{max,Rd}$	=	73418	[kNm]



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

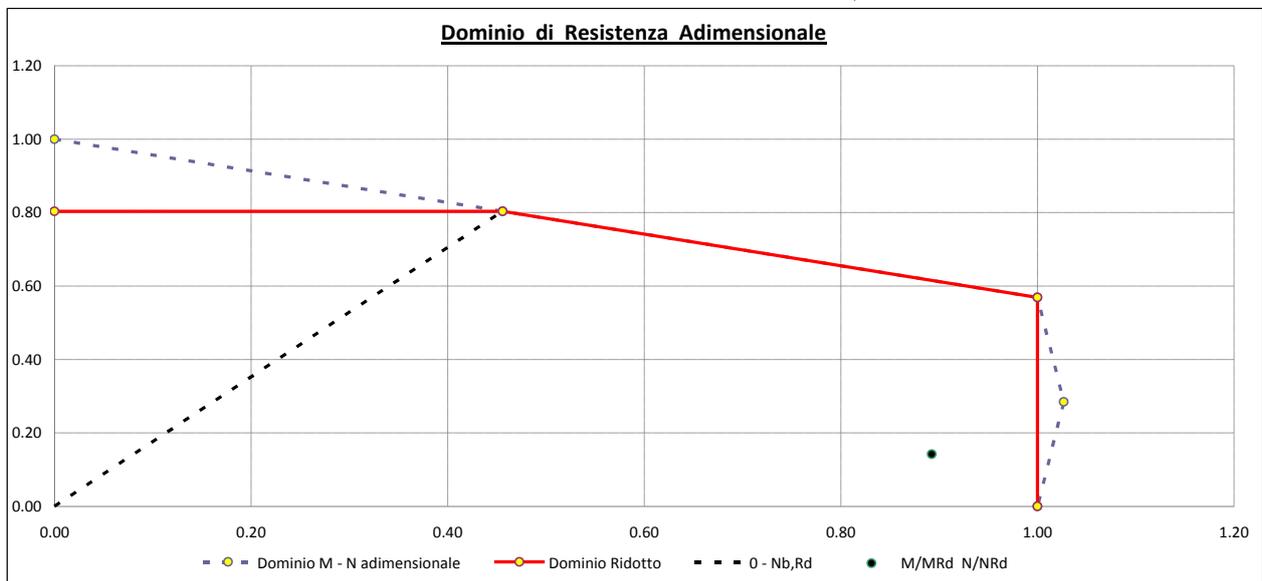
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

RESISTENZA AD INSTABILITA' PER CARICO DI PUNTA

Altezza critica della colonna composta	H_{cr}	=	50000.00 [mm]
Snellezza adimensionale della colonna composta	λ'	=	0.569 [-]
Rapporto geometrico d'armatura verticale	ρ_s	=	0.000 [-]
Fattore di imperfezione	α	=	0.490 [-]
Fattore di instabilità	Φ	=	0.752 [-]
Fattore di riduzione della resistenza a compressione	χ	=	0.804 [-]
Resistenza all'instabilità della colonna composta	$N_{b,Rd}$	=	125977 [kN]

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE DEVIATA

Resistenze a compressione adimensionali	χ_0	=	1.000 [-]
	χ	=	0.804 [-]
	χ_{pm}	=	0.569 [-]
	χ'_{pm}	=	0.285 [-]
Resistenze a flessione adimensionali	μ_0	=	0.000 [-]
	μ	=	1.000 [-]
	μ_{pm}	=	1.000 [-]
	μ'_{pm}	=	1.027 [-]



$M_{Rd,m} = M_{B,m} = 71501 \text{ kNm} > M_{Ed} = 63808.6 \text{ kN}$

-momento resistente sul singolo monopalo

$N_{Rd,p} = N_C = 89216 \text{ kN} > N_{Ed} = 22299 \text{ kN}$

-sforzo resistente sul singolo monopalo

$M_{Rd,p} = M_{B,p} = 71501/8.9 = 8033.82 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 7169.5 \text{ kNm/m}$ -momento resistente a metro lineare di paratia



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

SEZIONE 3: TUBOLARE CON GARGAME E LAMIERA DI RINFORZO (1000X22 mm) COLLABORANTI (da quota - 25.50 m, a quota -27. 50 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.3341 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.367 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.244 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 * 1000 * 0.244 / 8.90 = 8090 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 6539.06 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 4: TUBOLARE CON LAMIERA DI RINFORZO (1000X22 mm) COLLABORANTE (da quota - 27.50 m, a quota -30.50 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2504 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.32 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.214 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 * 1000 * 0.214 / 8.9 = 7095 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 6165.18 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 5: SOLO TUBOLARE (da quota - 30.50 m, a quota -37.00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2058 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.2282 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.1521 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$ - tensione massima di progetto

Inter = 8.9 m -interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{elas} / \text{inter} = 295.1 \times 1000 \times 0.1521 / 8.9 = 5043 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 4046.87 \text{ kNm/m}$$

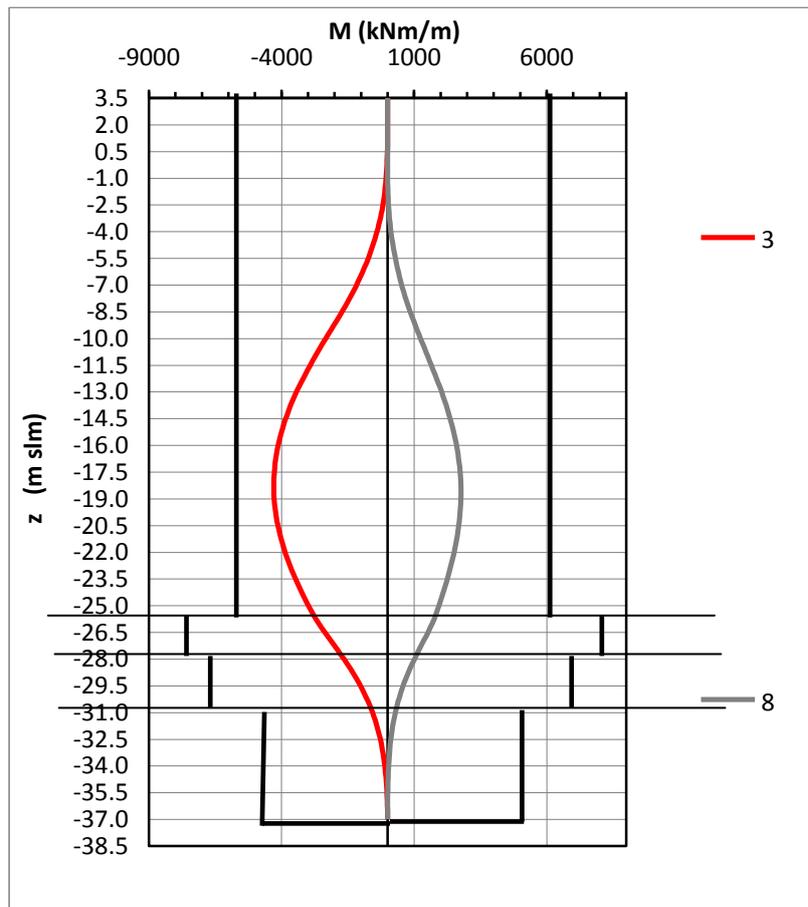


Diagramma dei momenti resistenti in fase provvisoria (Fase 3 e 8)

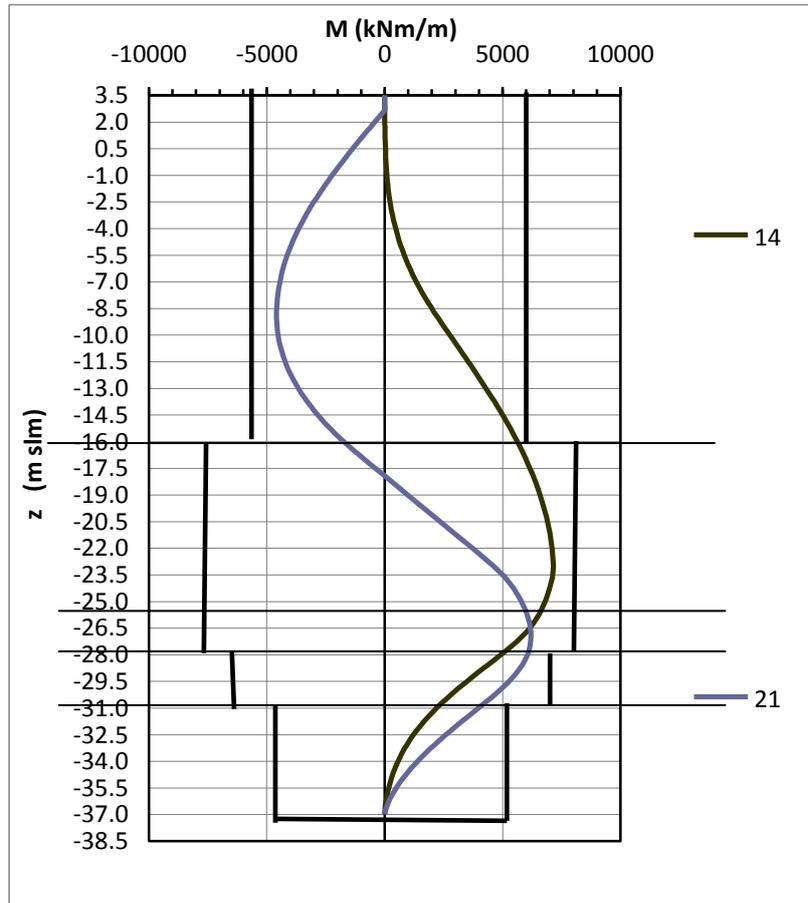


Diagramma dei momenti resistenti in fase definitiva (Fase 14 e 21)

8.2 SEZIONE TIPO "2"

Nel presente capitolo viene studiata la sezione Tipo "2" del marginamento a mare tratta "AB", in particolare il tratto che va da prima del sondaggio M17 a dopo il sondaggio M16.

Dal calcolo emerge che è necessaria un'infissione del monopalo di circa 12 m all'interno del deposito argilloso, per cui, nel progetto redatto l'altezza dei monopali in codesto tratto è stata determinata garantendo sempre un'infissione minima di 12 m all'interno del deposito argilloso grigio-azzurro.

La lunghezza totale del monopalo nella sezione virtuale di calcolo a partire da estradosso banchina è pari a $1.50+2.00+35.00 = 38.50$ m d'altezza (37,00 m del monopalo, con spessore da 22 mm ed 1.50 di trave di banchina al di sopra del monopalo).

Il monopalo è stato studiato sia in condizioni drenate che non drenate, dall'esame delle sollecitazioni si ha che la condizione più limitativa risulta quella in condizioni non drenate.

Di seguito si riportano le sollecitazioni e le deformazioni risultanti della sezione di calcolo "2", riprese dal paragrafo relativo all'elaborazione geotecnica .



Autorità Portuale di Taranto

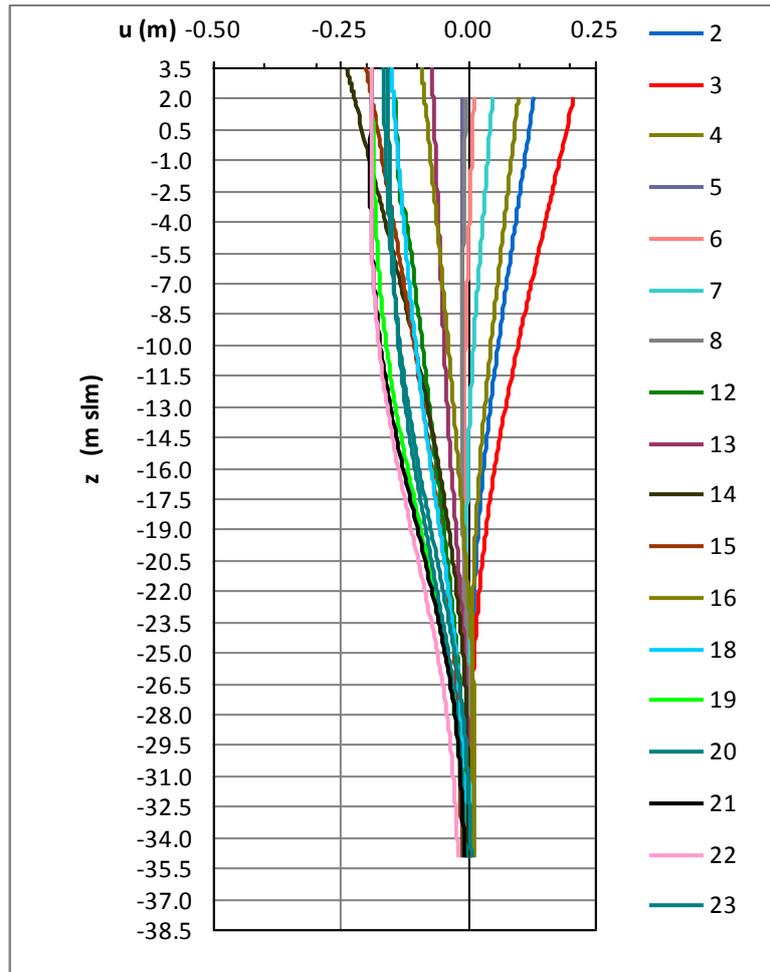
Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

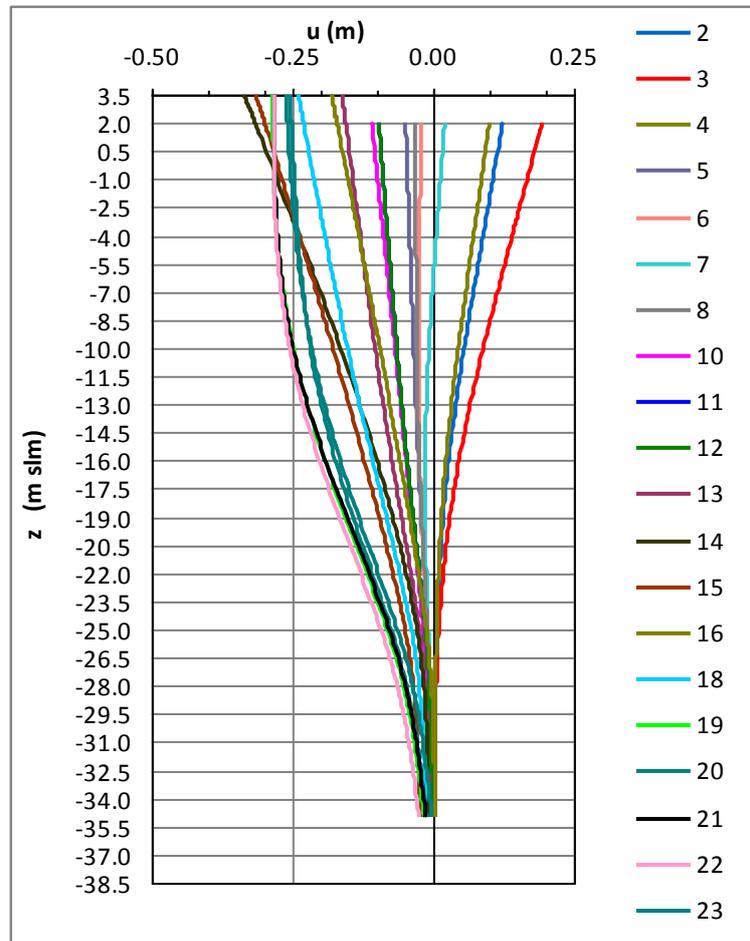
Data: 05/2016
 Rev. B
 c.d.c.: C296A
 511B

8.2.1 Risultati: diagrammi di inviluppo

Di seguito riportiamo i diagrammi di inviluppo delle sollecitazioni e delle deformazioni massime relative ai principali risultati della "Relazione geotecnica e di calcolo":



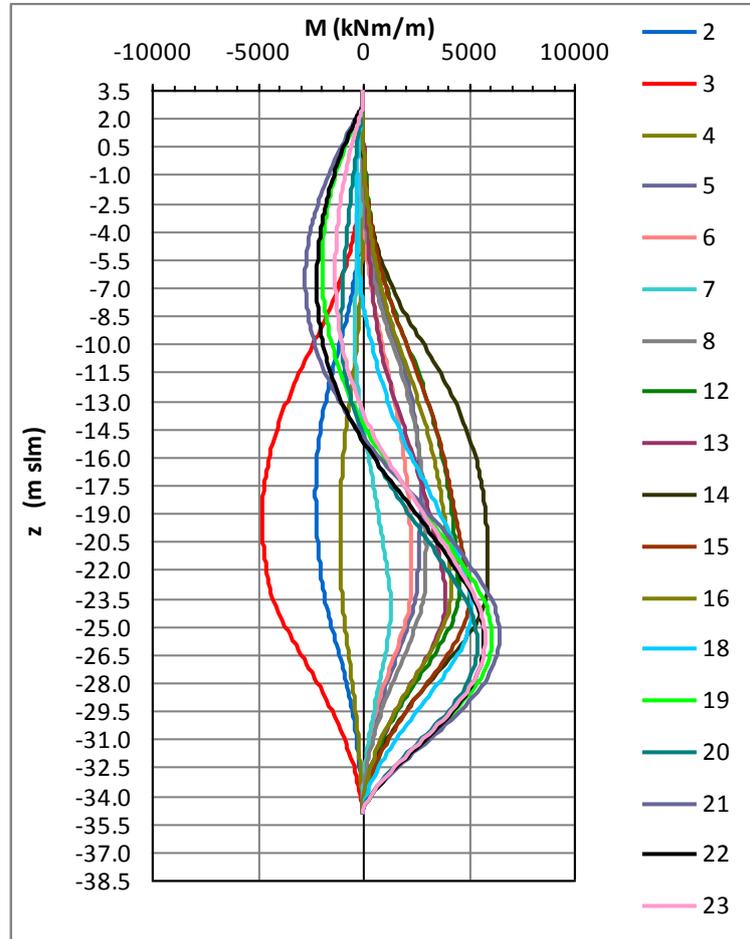
Inviluppo delle deformate: Condizione di carico drenata



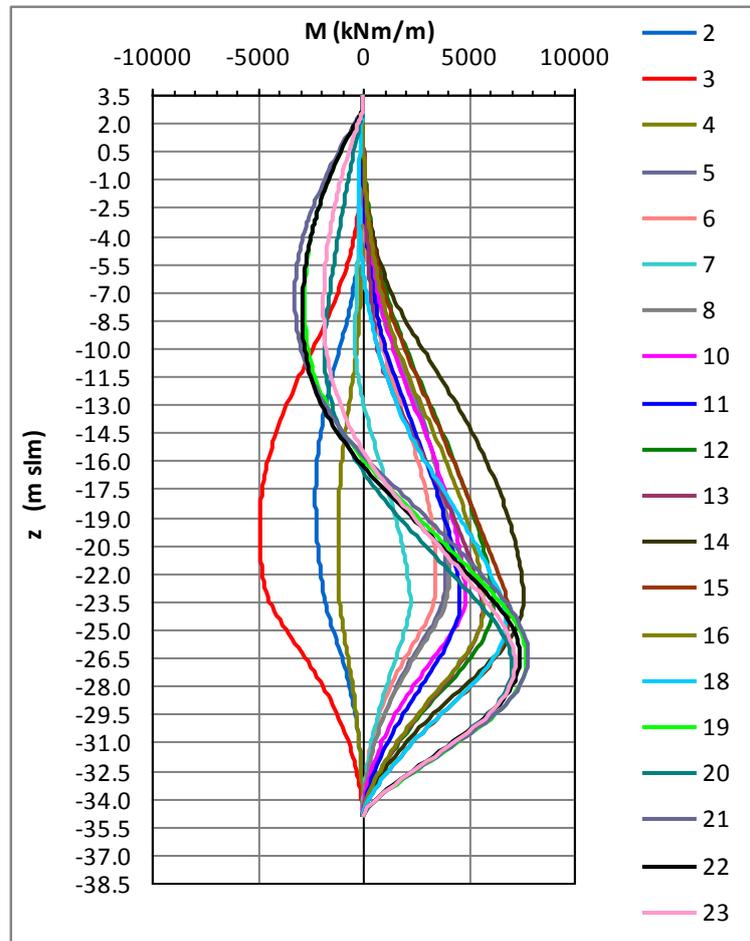
Inviluppo delle deformate: Condizione di carico non drenata

$U_{max} = 33.4 \text{ cm}$ ($z=3.50 \text{ m}$) (Fase definitiva 14 - cond. non drenata (carico eccezionale): riempimento vasca+costruzione banchina + onda cresta)

$U_{max} = 23.8 \text{ cm}$ ($z=3.50 \text{ m}$) (Fase definitiva 18 – cond. non drenata (esercizio): Approfondimento fondale a -16.5 m s.l.m.)



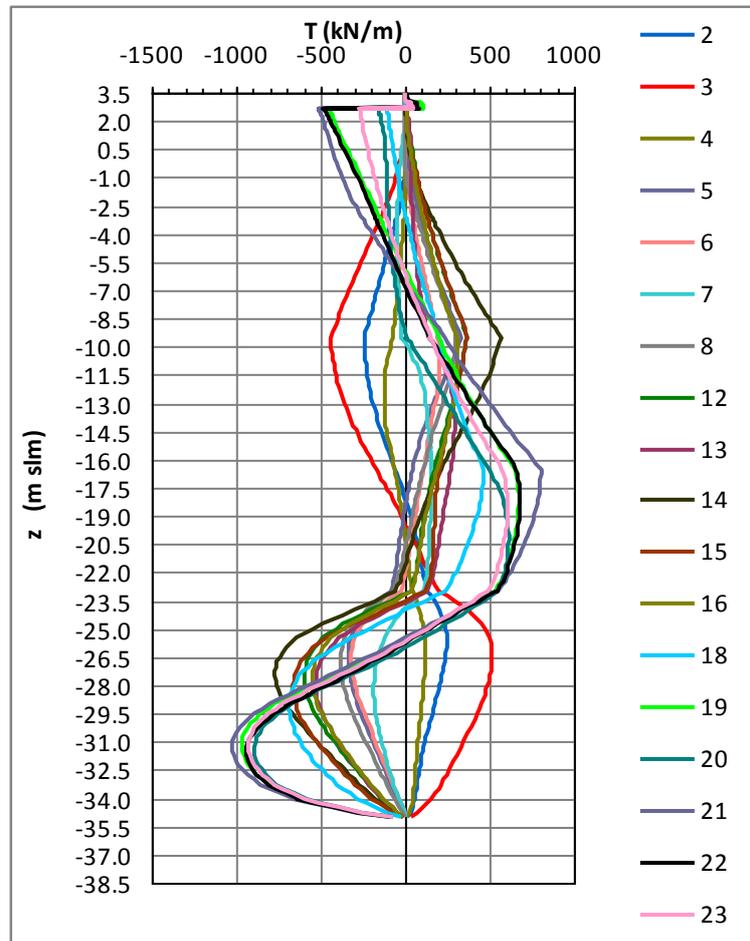
Involuppo dei momenti allo SLU : Condizione di carico drenata



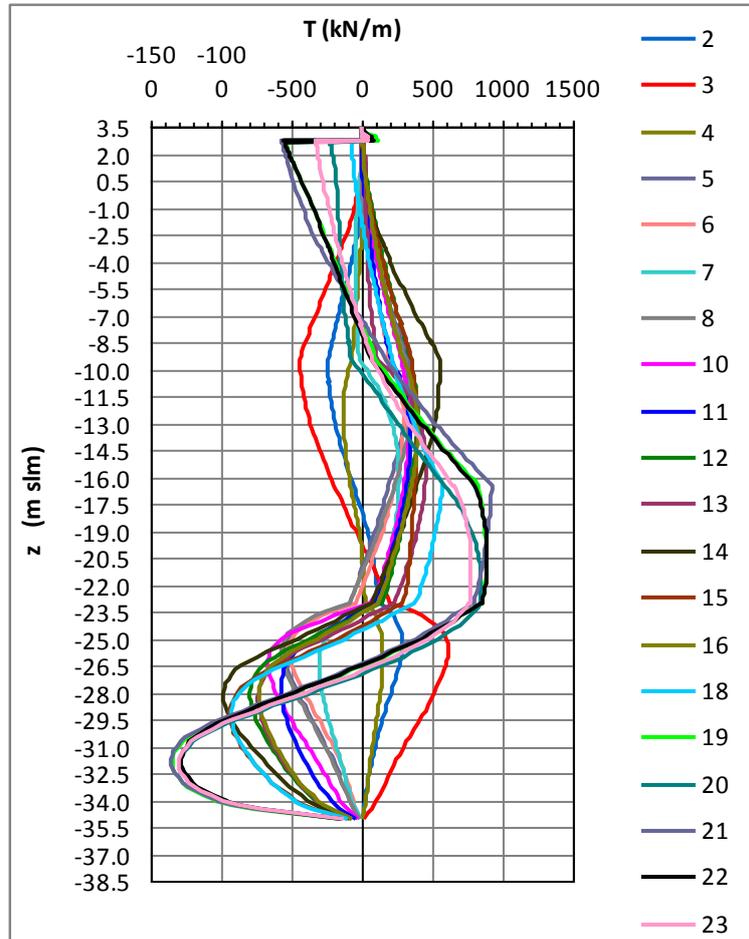
Involuppo dei momenti allo SLU : Condizione di carico non drenata

Mmin = -4904.11 kNm/m (z=-19.75 m)- (Fase provvisoria 3 - cond. non drenata: svuotamento+ onda di cresta)

Mmax = 7840.39 kNm/m (z=-26.50 m)- (Fase definitiva 21 - cond. non drenata: riempimento vasca+costruzione banchina+eser. defin.+ onda cresta)



Inviluppo dei tagli allo SLU : Condizione di carico drenata



Involuppo dei tagli allo SLU : Condizione di carico non drenata

$T_{max} = 614.11 \text{ kN/m}$ ($z = -25.5 \text{ m}$) - (Fase provvisoria 3 - cond. non drenata: svuotamento+ onda di cresta)

$T_{max} = 1352.72 \text{ kN/m}$ ($z = -31.75 \text{ m}$) - (Fase definitiva 21 - cond. cond. non drenata: riempimento vasca+costruzione banchina + onda cresta)

8.2.2 Sollecitazioni di verifica e sezioni di calcolo

Di seguito vengono indicate le sollecitazioni massime di verifica nelle rispettive sezioni calcolo:

Sezione	Quota (m)	Tipologia di sezione
1	Da +2.00 m a -14.50 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame
2	Da -14.50 m a -23.00 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame+cls
3	Da -23.00 m a -25.00 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame+lamiera di rinforzo del tubo (1000x22 mm)
4	Da -25.00 m a -29.00 m	Tubo $\phi 3000/22$ +lamiera di rinforzo del tubo (1600x22 mm)
5	Da -29.00 m a -31.00 m	Tubo $\phi 3000/22$ +lamiera di rinforzo del tubo (1000x22 mm)
6	Da -31.00 m a -35.00 m	Tubo $\phi 3000/22$

Sezioni di calcolo

Sezioni	Momento paratia		Taglio paratia	
	(kN-m/m)	Z (m s.l.m.)	(kN/m)	Z (m s.l.m.)
1.	5157.29	-14.50	852.65	-16.00
2	7602.06	-23.00	922.02	-16.77
3	7566.53	-25.00	848.74	-25.00
4	7840.32	-26.50	984.04	-28.25
5	6767.59	-29.00	1336.33	-31.00
6	4522.61	-31.00	1352.22	-31.75

Sollecitazioni massime sulla paratia

8.2.3 Verifica di deformabilità

Il valore dello spostamento massimo in esercizio si ha in fase 18 (Approfondimento del fondale) ed è pari a 23.8 cm è compatibile con la funzionalità dell'opera.

8.2.4 Verifiche strutturali

Come detto in precedenza le sollecitazioni riportate nelle tabelle precedenti sono riferite a metro lineare di paratia.

Pertanto, esse dovranno essere moltiplicate per l'interasse dei monopali pari a 8.90 m.

Inoltre, per le verifiche di resistenza occorre tener conto anche del peso proprio del palo e della trave di banchina, mentre in fase finale occorre considerare anche il sovraccarico accidentale se presente sulla banchina.

Quindi si ha:

$$\text{Peso,palo} = \pi \cdot 2.956^2 / 4 \cdot 25 + \pi \cdot (3.00^2 - 2.956^2) / 4 \cdot 78.50 = 187.73 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Peso,trave} = 6.0 \cdot 2.5 \cdot 8.90 \cdot 25 - 187.73 \cdot 2 - 197.80 \cdot 2 = 2566.44 \text{ kN/palo}$$

$$\text{Peso,acc-banchina} = 10 \cdot 6.0 \cdot 8.90 = 534 \text{ kN/palo}$$

- Carichi fase transitoria (Q=10 kN/mq)

$$\text{Peso,acc-banchina} = 40 \cdot 6.00 \cdot 8.90 = 2136 \text{ kN/palo}$$

- in fase finale (Q=40 kN/mq)

$$\text{Peso gru} = 1000 \cdot 8.9 = 8900 \text{ kN/palo}$$

- Peso in esercizio della gru (1000kN/m)

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime e minime, sul singolo monopalo, relative alle diverse sezioni di calcolo prese in esame:

Sezioni	Momento palo		Taglio palo		Sforzo normale palo	
	(kN-m)	Z (m s.l.m.)	(kN)	Z (m s.l.m.)	(kN)	Z (m s.l.m.)
1.	45899.9	-14.50	7588.6	-16.00	20225	-14.50
2	67658.3	-23.00	8205.9	-16.77	22299	-23.00
3	67342.1	-25.00	4883.8	-25.00	22788	-25.00
4	69778.8	-26.50	8757.9	-28.25	23154	-26.50
5	60228.9	-29.00	11893.3	-31.00	23764	-29.00
6	40251.3	-31.00	12034.7	-31.75	24252	-31.00

Sollecitazioni massime sul singolo monopalo

Le verifiche strutturali delle varie sezioni vengono effettuate considerando la sezione tubolare che, in base alla Tabella 4.2.VI del DM08, è di classe 4, per la cui verifica occorre applicare il metodo elastico (DM 14/01/2008: §4.3.4.2.1.1).

Tra l'altro non è possibile attingere alle resistenza elastiche della sezione in quanto possono verificarsi fenomeni di instabilità assiale e locale.

Quindi, la valutazione delle resistenza elastica massima della sezione in acciaio è stata effettuata secondo le disposizioni presenti sull'Eurocodice 3-1-6. e di seguito riportate:

INSTABILITA' TUBI SECONDO EC3-1-6

d	3000	mm
t	22	mm
l	25	m
r	1500	
E	210000	MPa
A	205824.6	mm ²
J	2.28E+11	mm ⁴
W	1.52E+08	mm ³
f _{yk}	355	MPa
γ _{M1}	1.05	

Axial compression (D.1.2)

ω	137.62	long cylinder	(D.1)
ω<	1.7	short	NO
ω<	34.09	medium	NO
ω>	34.09	long	OK
(6) long cylinder (ω > 0.5r/t)			
C _{xb}	6		(Table D.1)
C _{xN}	0.90		(D.9)
C _x	0.90		(D.8)
σ _{x,Rcr}	1674.8	MPa	(D.2)
(7) alternative for long cylinder			
Se:			
r/t	68.18	< 150	OK (D.11)
ω	137.62	< 409.1	OK
500 ≤ E/f _{yk}	591.5	≤ 1000	OK
C _x	1.00		(D.13)
σ _{x,Rcr}	1863.4	MPa	(D.2)
→ σ _{x,Rcr}	1674.8	MPa	



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

Shear (D.1.4)

ω	137.62	medium cylinder	(D.1)
$\omega <$	10	short	NO
$\omega <$	593.18	medium	OK
$\omega >$	593.18	long	NO

(4) medium length cylinder

$$C_{\tau} = 1.0 \quad (D.34)$$

$$\tau_{x0,Rcr} = 196.91 \text{ MPa} \quad (D.32)$$

Axial buckling parameters (D.1.2.2)

(5) non serve se:

r/t	68.18	\leq	18	necessaria verifica
Q	25			(Table D.2)
Δw_k	7.27			(D.15)
α_x	0.45			(D.14)
λ_{x0}	0.30			(D.17)
β	0.60			(D.16)
η	1.00			(D.16)

Shear buckling parameters (D.1.4.2)

(3) non serve se:

r/t	68.18	\leq	12	necessaria verifica
α_{τ}	0.65			(Table D.6)
$\lambda_{\tau 0}$	0.40			(D.39)
β	0.60			(D.39)
η	1.00			(D.39)

Design resistance (buckling strenght) (8.5.2)

$\sigma_{x,Rcr}$	1674.8	MPa	
$\tau_{x0,Rcr}$	196.91	MPa	
λ_x	0.46		...(8.17)
λ_{τ}	1.02		...(8.17)
λ_{px}	1.06		...(8.16)
$\lambda_{p\tau}$	1.27		...(8.16)

(4) buckling reduction factor X_x

1	se	0.46	\leq	0.30	NO
0.87	se	0.46	$<$	1.06	OK
2.11	se	0.46	\geq	1.06	NO

$$X_x = 0.87$$

(4) buckling reduction factor X_{τ}

1	se	1.02	\leq	0.40	NO
0.57	se	1.02	$<$	1.27	OK
0.62	se	1.02	\geq	1.27	NO

$$X_{\tau} = 0.57$$



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

(3) characteristic buckling stresses

f_{yk}	355	MPa	
X_X	0.87		
X_τ	0.57		
$\sigma_{x,Rk}$	309.9	MPa	...(8.12)
$\tau_{x\theta,Rk}$	117.8	MPa	...(8.12)

(1) design bucling stresses

γ_{M1}	1.05		
$\sigma_{x,Rd}$	295.1	MPa	...(8.11)
$\tau_{x\theta,Rd}$	112.2	MPa	...(8.11)

Stress limitation (buckling strength verification) (8.5.3)

Combination of axial compression and shear (D.1.6)

k_x	1.90		(D.46)
k_τ	1.89		(D.48)
k_i	0		(D.49)

$\sigma_{x,Rd}$	295.1	MPa
$\tau_{x\theta,Rd}$	112.2	MPa

Le tensioni devono essere combinate come segue:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}} \right)^{k_x} - k_i \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}} \right) \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}} \right) + \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}} \right)^{k_\theta} + \left(\frac{\tau_{x\theta,Ed}}{\tau_{x\theta,Rd}} \right)^{k_\tau} \leq 1$$

La tensione assiale nell'acciaio è dovuta principalmente alla sola flessione, mentre la compressione si trasmette attraverso il calcestruzzo presente all'interno del monopalo direttamente alle argille grigio-azzurre.

Inoltre, nel punto di massimo della tensione assiale, la tensione tangenziale è nulla.

Noto il tasso di lavoro dell'acciaio, si passa al calcolo delle sollecitazioni resistenti delle singole sezioni individuate sopra, considerando le loro caratteristiche inerziali elastiche (W_{elas}):

Calcolo del taglio resistente sul monopalo (sezione tubolare)

$$T_{Rd} = (2A/\pi) * \tau_{Rd} = (2 * 0.2058/\pi) * 112.2 * 1000 = 14707.5 \text{ kN} > T_{Ed} = 12039.2 \text{ kN}$$



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

SEZIONE 1: TUBOLARE CON GARGAME COLLABORANTE (da quota +2.00 m, a quota -14.50 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2895 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.2744 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.1829 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 \times 1000 \times 0.1895 / 8.9 = 6283 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 5157.29 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 2: TUBOLARE CON GARGAME E CALCESTRUZZO COLLABORANTI (da quota -14.50 m, a quota -23.00 m)

In questa sezione viene considerato collaborante il calcestruzzo; la tensione tangenziale di aderenza tra tubo ($\Phi 3000$ sp.22 mm) e cls è pari a:

$$\tau = 12039.2 / (2\pi * 1.478 + 12 * 2 * 0.1) = 515.3 \text{ kN/m}^2 = 0.515 \text{ MPa} < 0.55 \text{ MPa} \quad (\text{DM } 14/01/2008: \text{ §4.3.5.5.1})$$

La verifica risulta soddisfatta ma comunque, cautelativamente, vengono inseriti dei piatti a mo' di piolatura (12 piatti 100*10 mm) per garantire una migliore aderenza.

Caratteristiche inerziali della sezione mista acciaio-cls



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

MATERIALI UTILIZZATI

CALCESTRUZZO

		f_{ck}	R_{ck}	
Classe del calcestruzzo	Classe	28	35	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ_c	=	1.00	[-]
Resistenza caratteristica a compressione	f_{ck}	=	13.00	[N/mm ²]
Resistenza a compressione media	f_{cm}	=	21.00	[N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E_{cm}	=	27485	[N/mm ²]

ACCIAIO PER LE ARMATURE

Resistenza caratteristica a snervamento	f_{sk}	=	450	[N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E_s	=	200000	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ_s	=	1.15	[-]

ACCIAIO PER IL TUBOLARE

Resistenza massima di progetto	f_{yk}	=	295	[N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E_a	=	210000	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ_a	=	1.00	[-]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE DELLA SEZIONE COMPOSTA

CARATTERISTICHE DEL TUBOLARE

Diametro esterno del tubolare	D_{ext}	=	3000.00	[mm]
Spessore del tubolare	t	=	22.00	[mm]
Diametro interno del tubolare	D_{int}	=	2956.00	[mm]
Raggio esterno del tubolare	R_{ext}	=	1500.00	[mm]
Raggio interno del tubolare	R_{int}	=	1478.00	[mm]
Area della sezione trasversale del tubolare	A_a	=	274400	[mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale del tubolare	J_a	=	2.90E+11	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico della sezione del tubolare	$W_{a,el}$	=	1.93E+08	[mm ³]
Rapporto massimo tra diametro esterno e spessore	$\max(D_{ext}/t)$	=	71.69	[-]
Rapporto tra diametro esterno e spessore	D_{ext}/t	=	136.36	[-]

CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO INTERNO

Area della sezione trasversale di calcestruzzo	A_c	=	6862759	[mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale di calcestruzzo	J_c	=	3.75E+12	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico della sezione di calcestruzzo	$W_{c,el}$	=	2.54E+09	[mm ³]

Calcolo del momento resistente



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLA COLONNA COMPOSTA (PUNTO A)

Resistenza a compressione senza tenere in conto effetti confinanti $N_{pl,Rd,I} = 156781$ [kN]

Effetti di confinamento

Eccentricità massima in valore assoluto derivante dal calcolo $e_{max} = 0.2400$ [m]

Rapporto tra eccentricità massima e diametro esterno del tubolare $e_{max}/D_{ext} = 0.080 < 0.10$

Snellezza adimensionale della colonna composta $\lambda' = 0.524 > 0.50$

Non è possibile considerare l'effetto del confinamento

Calcolo dei coefficienti di confinamento lato acciaio

$\eta_{a,1} = 1.00$ [-]

$h_{a,2} = 1.00$ [-]

$h_{a,3} = 1.00$ [-]

$h_a = 1.00$ [-]

Calcolo dei coefficienti di confinamento lato calcestruzzo

$\eta_{c,1} = 0.00$ [-]

$h_{c,2} = 0.00$ [-]

$h_{c,3} = 0.00$ [-]

$\eta_c = 0.00$ [-]

Resistenza a compressione tenendo in conto effetti confinanti $N_{pl,Rd,II} = 170164$ [kN]

Resistenza a compressione della colonna composta $N_{pl,Rd} = 156781$ [kN]

Momento flettente associato alla massima forza di compressione $M_{pl,Rd} = 0$ [kNm]

Contributo meccanico dell'acciaio $\delta = 0.48$ OK

RESISTENZA A PURA FLESSIONE DELLA COLONNA COMPOSTA (PUNTO B)

Modulo di resistenza plastico del tubolare in acciaio $W_{a,pl} = 1.93E+08$ [mm³]

$= 1.93E+08$ [mm³]

Modulo di resistenza plastico del calcestruzzo depurato dalle armature $W_{c,pl,eff} = 2.54E+09$ [mm³]

$= 2.54E+09$ [mm³]

Modulo di resistenza plastico delle armature verticali $W_{s,pl} = 0.00E+00$ [mm³]

$= 0.00E+00$ [mm³]

Distanza tra la linea media della sezione e l'asse neutro plastico h_n [mm] = 45.915 OK

$= 45.915$ [mm] OK

Angoli settoriali per derminare i segmenti di circonferenza del tubolare $\beta = 0.03$ [rad]

$= 0.03$ [rad]

$\theta = 3.08$ [rad]

$\beta' = 0.03$ [rad]

$\theta' = 3.08$ [rad]

Angoli settoriali per derminare i segmenti di circonferenza del cls

Area della sezione compressa del tubolare $A_{a,c} = 100892$ [mm²]

$= 100892$ [mm²]

Area della sezione tesa del tubolare $A_{a,t} = 173508$ [mm²]

$= 173508$ [mm²]

Area della sezione compressa del calcestruzzo $A_{c,c} = 3295676$ [mm²]

$= 3295676$ [mm²]

Area delle armature compresse $A_{s,c} = 0$ [mm²]

$= 0$ [mm²]

Area delle armature tese $A_{s,t} = 0$ [mm²]

$= 0$ [mm²]

Forza di compressione nel tubolare $F_{a,c} = 29763$ [kN]

$= 29763$ [kN]

Braccio di leva della forza di compressione nel tubolare $y_{a,c} = 966.47$ [mm]

$= 966.47$ [mm]

Forza di trazione nel tubolare $F_{a,t} = -51185$ [kN]

$= -51185$ [kN]

Braccio di leva della forza di trazione nel tubolare $y_{a,t} = -561.98$ [mm]

$= -561.98$ [mm]

Forza di compressione nel calcestruzzo $F_{c,c} = 21422$ [kN]

$= 21422$ [kN]

Braccio di leva della forza di compressione nel calcestruzzo $y_{c,c} = 652.17$ [mm]

$= 652.17$ [mm]

Forza di compressione nell'armatura compressa $F_{s,c} = 0$ [kN]

$= 0$ [kN]

Forza di trazione nell'armatura tesa $F_{s,t} = 0$ [kN]

$= 0$ [kN]

Forza Normale risultante $N_{Rd} = 0.00$ OK

Momento flettente per pura flessione $M_{pl,Rd} = 71501$ [kNm]

RESISTENZA A FLESSIONE E FORZA NORMALE (PUNTO C)

Resistenza a compressione della sola sezione di calcestruzzo $N_{pm,Rd} = 89216$ [kN]

Momento flettente per pura flessione $M_{pl,Rd} = 71501$ [kNm]

RESISTENZA A FLESSIONE E FORZA NORMALE (PUNTO D)

Metà resistenza a compressione della sola sezione di calcestruzzo $0.5 N_{pm,Rd} = 44608$ [kN]

Momento resistente massimo della sezione composta $M_{max,Rd} = 73418$ [kNm]

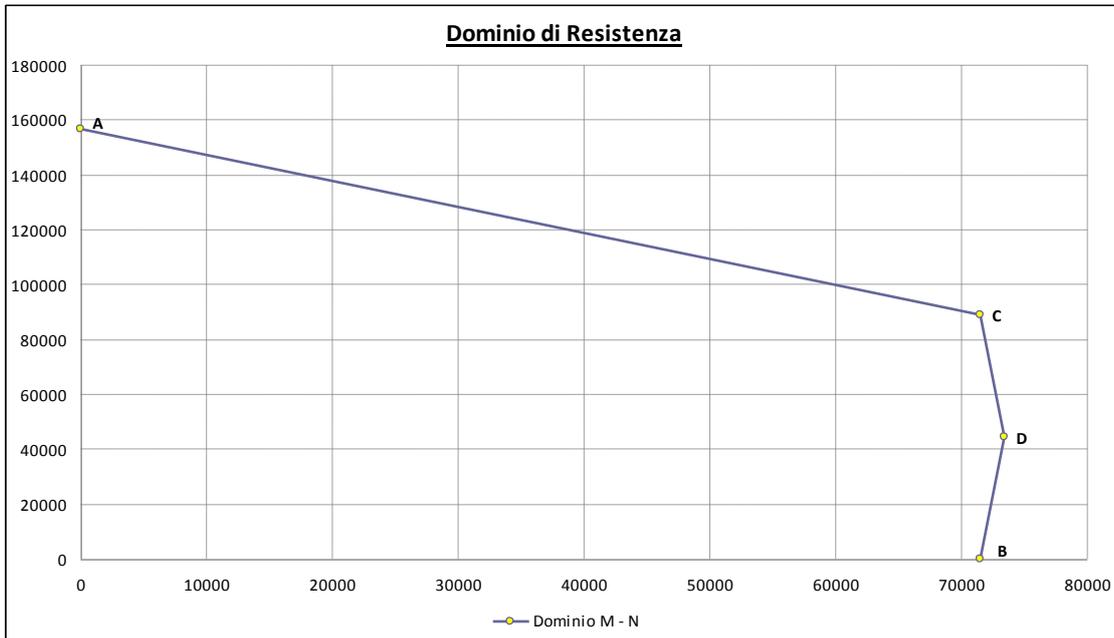


Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

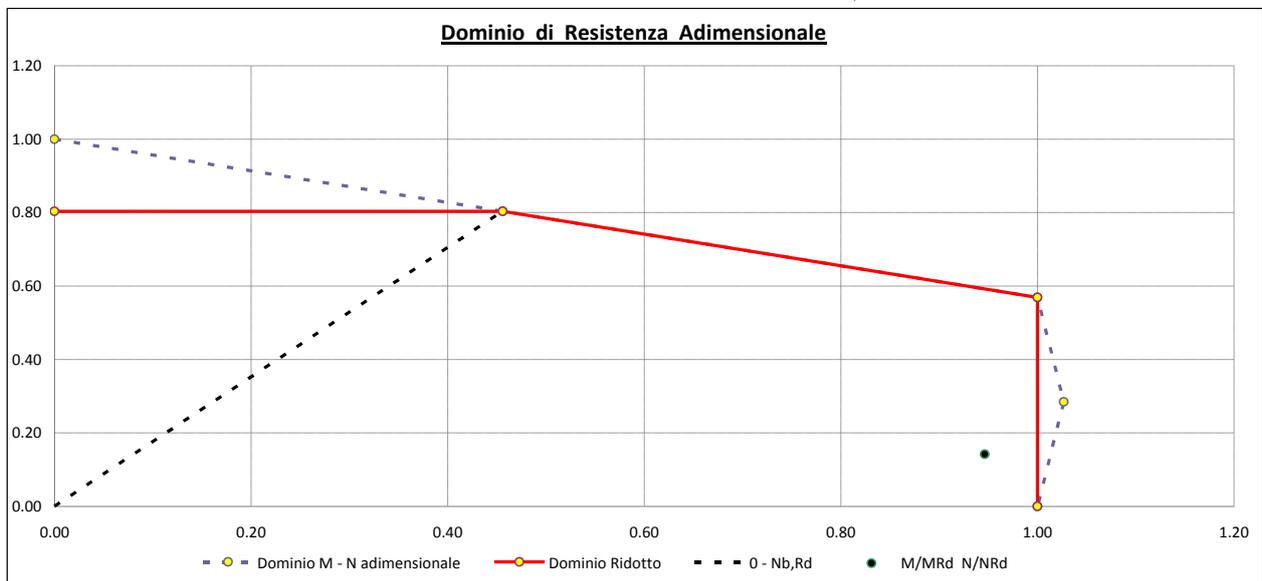
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

RESISTENZA AD INSTABILITA' PER CARICO DI PUNTA

Altezza critica della colonna composta	H_{cr}	=	50000.00	[mm]
Snellezza adimensionale della colonna composta	λ'	=	0.569	[-]
Rapporto geometrico d'armatura verticale	ρ_s	=	0.000	[-]
Fattore di imperfezione	α	=	0.490	[-]
Fattore di instabilità	Φ	=	0.752	[-]
Fattore di riduzione della resistenza a compressione	χ	=	0.804	[-]
Resistenza all'instabilità della colonna composta	$N_{b,Rd}$	=	125977	[kN]

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE DEVIATA

Resistenze a compressione adimensionali	χ_0	=	1.000	[-]
	χ	=	0.804	[-]
	χ_{pm}	=	0.569	[-]
	χ'_{pm}	=	0.285	[-]
Resistenze a flessione adimensionali	μ_0	=	0.000	[-]
	μ	=	1.000	[-]
	μ_{pm}	=	1.000	[-]
	μ'_{pm}	=	1.027	[-]



$M_{Rd,m} = M_{B,m} = 71501 \text{ kNm} > M_{Ed} = 67658.3 \text{ kNm}$

-momento resistente sul singolo monopalo

$N_{Rd,p} = N_C = 89216 \text{ kN} > N_{Ed} = 22299 \text{ kN}$

-sforzo resistente sul singolo monopalo

$M_{Rd,p} = M_{B,p} = 71501/8.9 = 8033.82 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 7602.06 \text{ kNm/m}$ -momento resistente a metro lineare di paratia



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

SEZIONE 3: TUBOLARE CON GARGAME E LAMIERA DI RINFORZO (1000X22 mm) COLLABORANTI (da quota - 23.00 m, a quota -25. 00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.3341 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.367 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.244 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 * 1000 * 0.244 / 8.90 = 8090 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 7566.52 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 4: TUBOLARE CON LAMIERA DI RINFORZO (1600X22 mm) COLLABORANTE (da quota - 25.00 m, a quota -29. 00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.277 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.367 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.245 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 * 1000 * 0.245 / 8.9 = 8123 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 7840.32 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 5: TUBOLARE CON LAMIERA DI RINFORZO (1000X22 mm) COLLABORANTE (da quota - 29.00 m, a quota -31. 00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2504 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.32 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.214 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$ - tensione massima di progetto

Inter = 8.9 m -interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{elas} / \text{inter} = 295.1 * 1000 * 0.214 / 8.9 = 7095 \text{ knm/m} > M_{Ed} = 6767.59 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 6: SOLO TUBOLARE (da quota - 31.00 m, a quota -35.00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2058 \text{ m}^2$ - area sezione

$J = 0.2282 \text{ m}^4$ - momento di inerzia sezione

$W_{elas} = 0.1521 \text{ m}^3$ - modulo elastico resistente

$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$ - tensione massima di progetto

Inter = 8.9 m -interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{elas} / \text{inter} = 295.1 * 1000 * 0.1521 / 8.9 = 5043 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 4522.61 \text{ kNm/m}$$

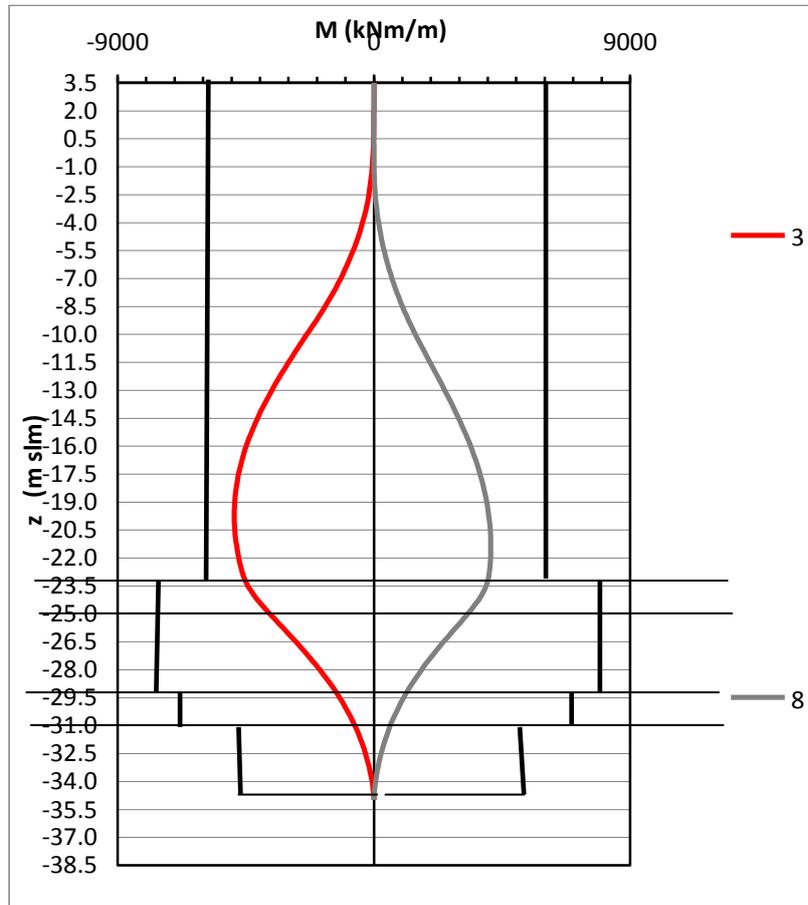


Diagramma dei momenti resistenti in fase provvisoria (Fase 3 e 8)

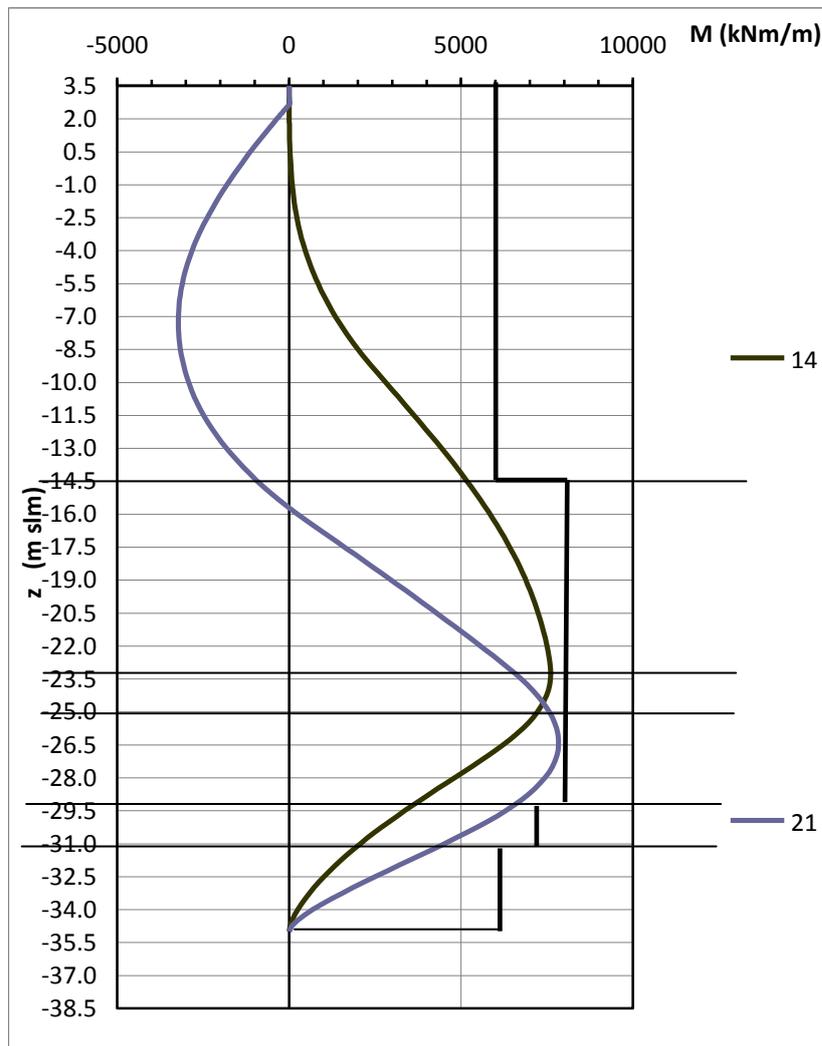


Diagramma dei momenti resistenti in fase definitiva (Fase 14 e 21)

8.3 SEZIONE TIPO "3"

Nel presente capitolo viene studiata la sezione Tipo "3" del marginamento a mare tratta "AB", in particolare il tratto che va dal sondaggio M20 a dopo il sondaggio M18.

Dal calcolo emerge che è necessaria un'infissione del monopalo di circa 12 m all'interno del deposito argilloso, per cui, nel progetto redatto l'altezza dei monopali in codesto tratto è stata determinata garantendo sempre un'infissione minima di 12 m all'interno del deposito argilloso grigio-azzurro.

La lunghezza totale del monopalo nella sezione virtuale di calcolo a partire da estradosso banchina è pari a $1.50+2.00+34.00 = 37.50$ m d'altezza (36,00 m del monopalo, con spessore da 22 mm ed 1.50 di trave di banchina al di sopra del monopalo).

Il monopalo è stato studiato sia in condizioni drenate che non drenate, dall'esame delle sollecitazioni si ha che la condizione più limitativa risulta quella in condizioni non drenate.

Di seguito si riportano le sollecitazioni e le deformazioni risultanti della sezione di calcolo "3", riprese dal paragrafo relativo all'elaborazione geotecnica.


Autorità Portuale di Taranto

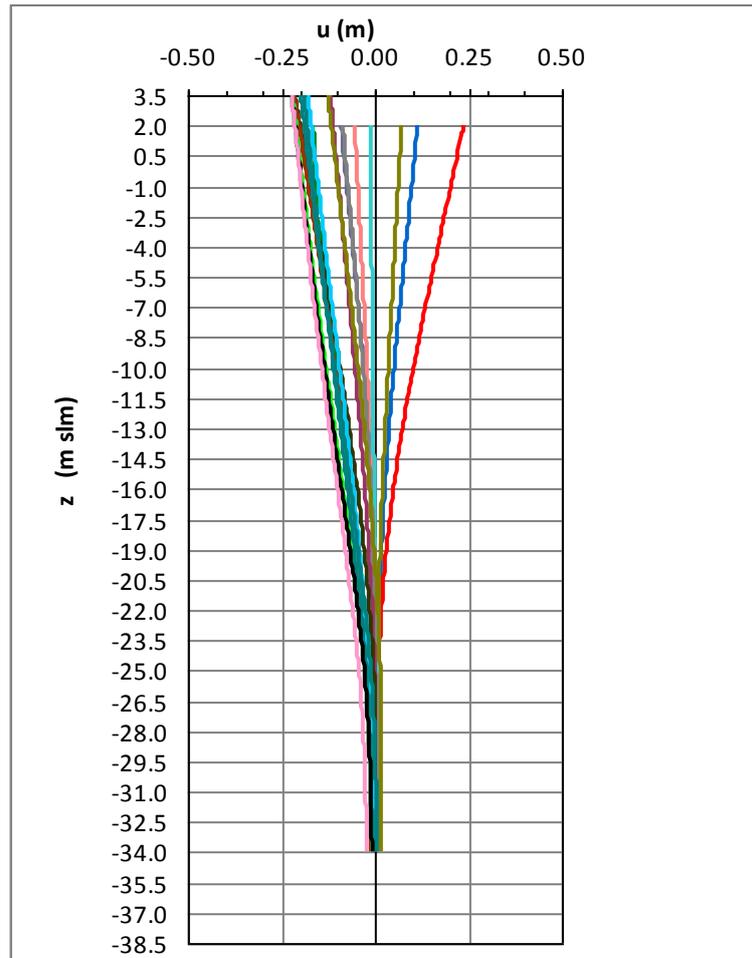
Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

 Relazione di calcolo allineamento
"AB"

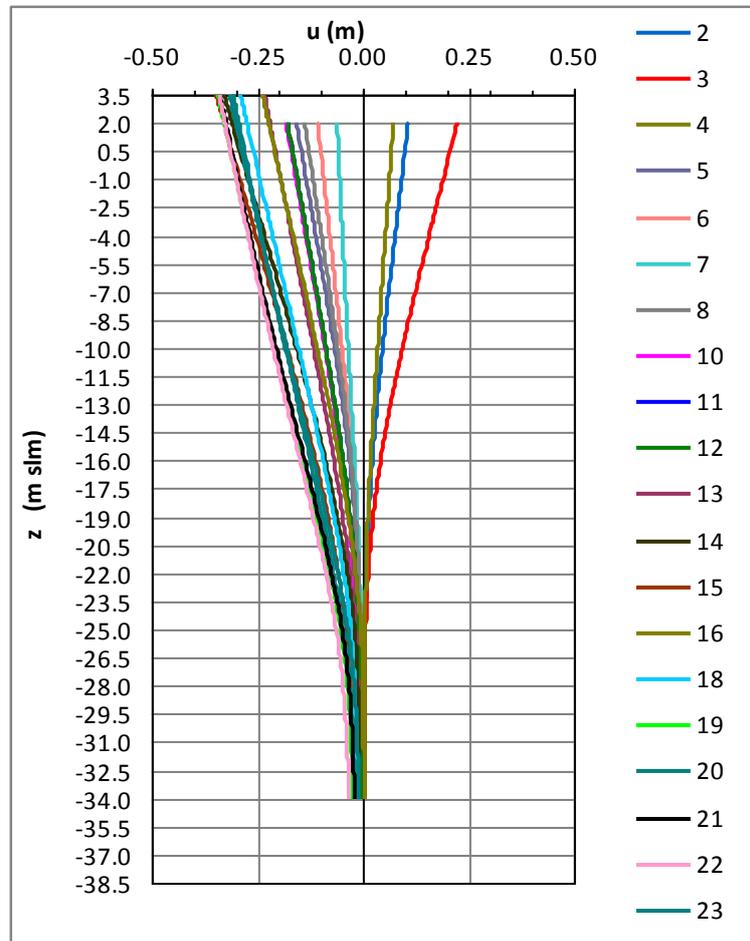
 Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

8.3.1 Risultati: diagrammi di inviluppo

Di seguito riportiamo i diagrammi di inviluppo delle sollecitazioni e delle deformazioni massime relative ai principali risultati della "Relazione geotecnica e di calcolo":



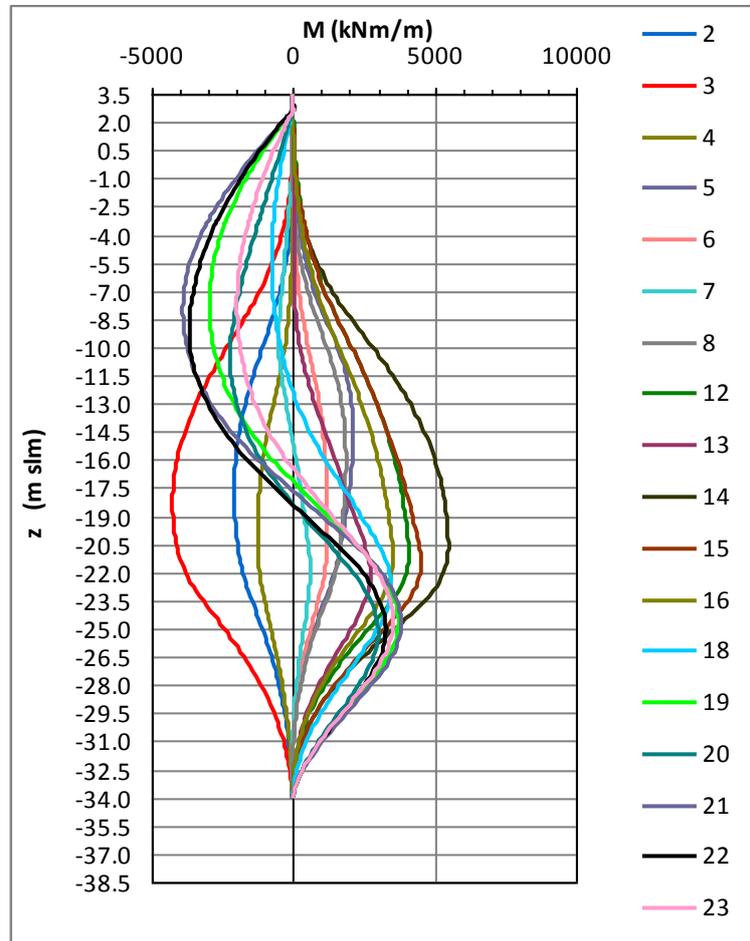
Inviluppo delle deformate: Condizione di carico drenata



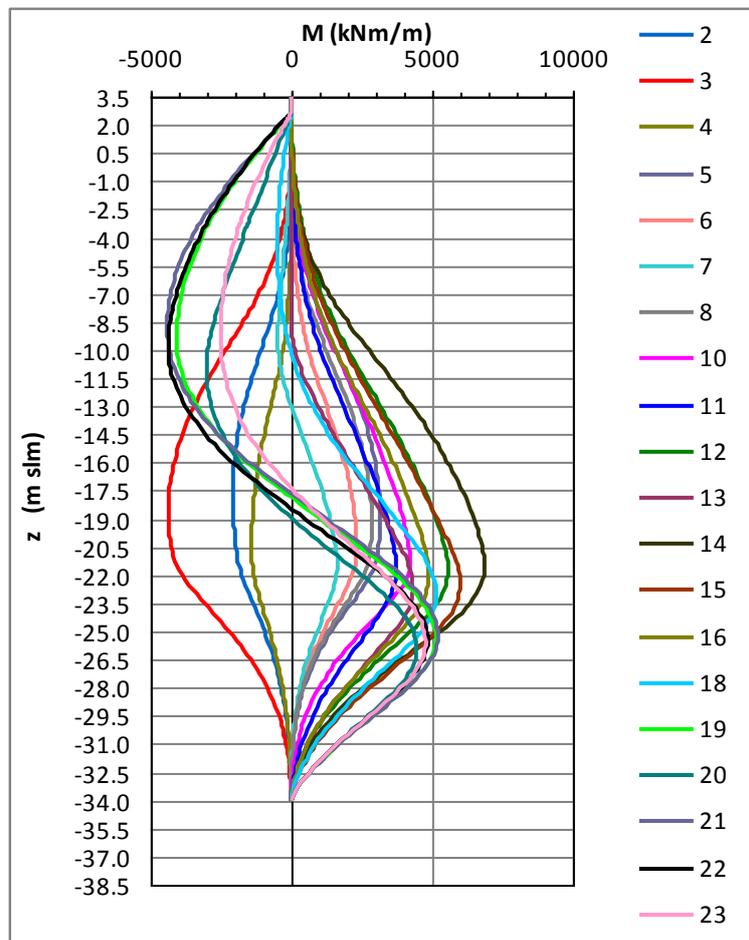
Inviluppo delle deformate: Condizione di carico non drenata

$U_{max} = 34.0 \text{ cm}$ ($z=3.50 \text{ m}$) (Fase definitiva 22 - cond. non drenata (carico eccezionale): riempimento vasca+costruzione banchina + sisma)

$U_{max} = 29.0 \text{ cm}$ ($z=3.50 \text{ m}$) (Fase definitiva 18 – cond. non drenata (esercizio): Approfondimento fondale a -16.5 m s.l.m.)



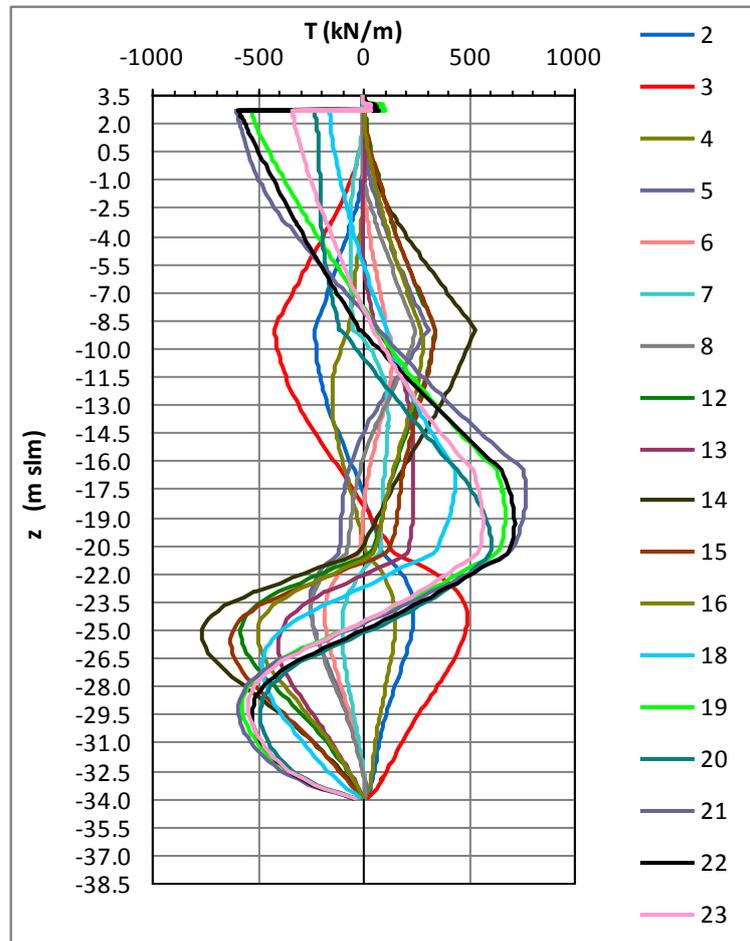
Inviluppo dei momenti allo SLU : Condizione di carico drenata



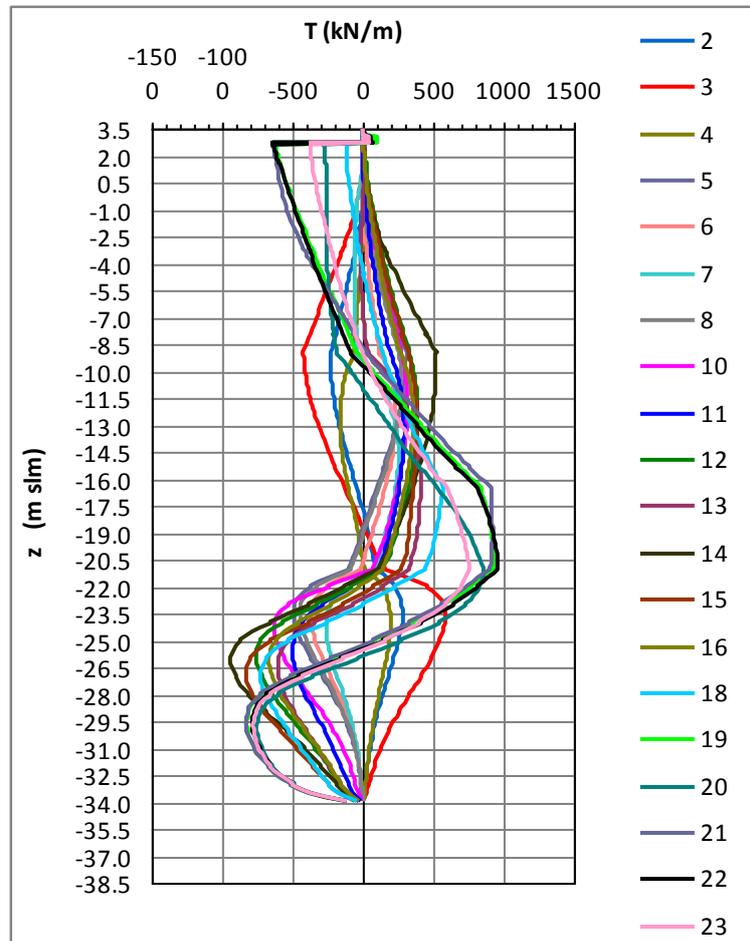
Involuppo dei momenti allo SLU : Condizione di carico non drenata

$M_{min} = -4375.20 \text{ kNm/m}$ ($z = -18.47 \text{ m}$)– (Fase provvisoria 3 - cond. non drenata: svuotamento+ onda di cresta)

$M_{max} = 6862.46 \text{ kNm/m}$ ($z = -21.50 \text{ m}$)– (Fase definitiva 14 - cond. non drenata: riempimento vasca+costruzione banchina+eser. provv. + onda cresta)



Inviluppo dei tagli allo SLU : Condizione di carico drenata



Involuppo dei tagli allo SLU : Condizione di carico non drenata

$T_{max} = 579.34 \text{ kN/m}$ ($z = -23.0 \text{ m}$) - (Fase provvisoria 3 - cond. non drenata: svuotamento+ onda di cresta)

$T_{max} = 954.58 \text{ kN/m}$ ($z = -21.00 \text{ m}$) - (Fase definitiva 22 - cond. non drenata: riempimento vasca+costruzione banchina +
sisma)

8.3.2 Sollecitazioni di verifica e sezioni di calcolo

Di seguito vengono indicate le sollecitazioni massime di verifica nelle rispettive sezioni calcolo:

Sezione	Quota (m)	Tipologia di sezione
1	Da +2.00 m a -16.00 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame
2	Da -16.00 m a -21.00 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame+cls
3	Da -21.00 m a -23.00 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame+lamiera di rinforzo del tubo (1000x22 mm)
4	Da -23.00 m a -27.00 m	Tubo $\phi 3000/22$ +lamiera di rinforzo del tubo (1000x22 mm)
5	Da -27.00 m a -34.00 m	Tubo $\phi 3000/22$

Sezioni di calcolo

Sezioni	Momento paratia		Taglio paratia	
	(kN-m/m)	Z (m s.l.m.)	(kN/m)	Z (m s.l.m.)
1	5530.20	-16.00	830.45	-16.00
2	6838.96	-21.00	954.58	-21.00
3	6862.46	-21.50	954.58	-21.00
4	6565.19	-23.00	937.14	-26.00
5	4738.41	-27.00	782.70	-29.25

Sollecitazioni massime sulla paratia

8.3.3 Verifica di deformabilità

Il valore dello spostamento massimo in esercizio si ha in fase 18 (Approfondimento del fondale) ed è pari a 29.0 cm è compatibile con la funzionalità dell'opera.

8.3.4 Verifiche strutturali

Come detto in precedenza le sollecitazioni riportate nelle tabelle precedenti sono riferite a metro lineare di paratia.

Pertanto, esse dovranno essere moltiplicate per l'interasse dei monopali pari a 8.90 m.

Inoltre, per le verifiche di resistenza occorre tener conto anche del peso proprio del palo e della trave di banchina, mentre in fase finale occorre considerare anche il sovraccarico accidentale se presente sulla banchina.

Quindi si ha:

$$\text{Peso,palo} = \pi \cdot 2.956^2 / 4 \cdot 25 + \pi \cdot (3.00^2 - 2.956^2) / 4 \cdot 78.50 = 187.73 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Peso,trave} = 6.0 \cdot 2.5 \cdot 8.90 \cdot 25 - 187.73 \cdot 2 - 197.80 \cdot 2 = 2566.44 \text{ kN/palo}$$

$$\text{Peso,acc-banchina} = 10 \cdot 6.0 \cdot 8.90 = 534 \text{ kN/palo} \quad - \text{ Carichi fase transitoria (Q=10 kN/mq)}$$

$$\text{Peso,acc-banchina} = 40 \cdot 6.00 \cdot 8.90 = 2136 \text{ kN/palo} \quad - \text{ in fase finale (Q=40 kN/mq)}$$

$$\text{Peso gru} = 1000 \cdot 8.9 = 8900 \text{ kN/palo} \quad - \text{ Peso in esercizio della gru (1000kN/m)}$$

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime e minime, sul singolo monopalo, relative alle diverse sezioni di calcolo prese in esame:

Sezioni	Momento palo		Taglio palo		Sforzo normale palo	
	(kN-m)	Z (m s.l.m.)	(kN)	Z (m s.l.m.)	(kN)	Z (m s.l.m.)
1	49218.8	-16.00	7391.0	-16.00	20591.2	-16.00
2	60866.7	-21.00	8495.7	-21.00	21811.4	-21.00
3	61078.9	-21.50	8495.7	-21.00	21933.4	-21.50
4	58430.2	-23.00	8340.5	-26.00	22299.5	-23.00
5	42171.9	-27.00	6966.0	-29.25	23275.7	-27.00

Sollecitazioni massime sul singolo monopalo

Le verifiche strutturali delle varie sezioni vengono effettuate considerando la sezione tubolare che, in base alla Tabella 4.2.VI del DM08, è di classe 4, per la cui verifica occorre applicare il metodo elastico (DM 14/01/2008: §4.3.4.2.1.1).

Tra l'altro non è possibile attingere alle resistenza elastiche della sezione in quanto possono verificarsi fenomeni di instabilità assiale e locale.

Quindi, la valutazione delle resistenza elastica massima della sezione in acciaio è stata effettuata secondo le disposizioni presenti sull'Eurocodice 3-1-6. e di seguito riportate:

INSTABILITA' TUBI SECONDO EC3-1-6

d	3000	mm
t	22	mm
l	25	m
r	1500	
E	210000	MPa
A	205824.6	mm ²
J	2.28E+11	mm ⁴
W	1.52E+08	mm ³
f _{yk}	355	MPa
γ _{M1}	1.05	

Axial compression (D.1.2)

ω	137.62	long cylinder	(D.1)
ω<	1.7	short	NO
ω<	34.09	medium	NO
ω>	34.09	long	OK
(6) long cylinder (ω > 0.5r/t)			
C _{xb}	6		(Table D.1)
C _{xN}	0.90		(D.9)
C _x	0.90		(D.8)
σ _{x,Rcr}	1674.8	MPa	(D.2)
(7) alternative for long cylinder			
Se:			
r/t	68.18	< 150	OK (D.11)
ω	137.62	< 409.1	OK
500 ≤ E/f _{yk}	591.5	≤ 1000	OK
C _x	1.00		(D.13)
σ _{x,Rcr}	1863.4	MPa	(D.2)
→ σ _{x,Rcr}	1674.8	MPa	



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

Shear (D.1.4)

ω	137.62	medium cylinder	(D.1)
$\omega <$	10	short	NO
$\omega <$	593.18	medium	OK
$\omega >$	593.18	long	NO

(4) medium length cylinder

$$C_{\tau} = 1.0 \quad (D.34)$$

$$\tau_{x0,Rcr} = 196.91 \text{ MPa} \quad (D.32)$$

Axial buckling parameters (D.1.2.2)

(5) non serve se:

r/t	68.18	\leq	18	necessaria verifica
Q	25			(Table D.2)
Δw_k	7.27			(D.15)
α_x	0.45			(D.14)
λ_{x0}	0.30			(D.17)
β	0.60			(D.16)
η	1.00			(D.16)

Shear buckling parameters (D.1.4.2)

(3) non serve se:

r/t	68.18	\leq	12	necessaria verifica
α_{τ}	0.65			(Table D.6)
$\lambda_{\tau 0}$	0.40			(D.39)
β	0.60			(D.39)
η	1.00			(D.39)

Design resistance (buckling strenght) (8.5.2)

$\sigma_{x,Rcr}$	1674.8	MPa	
$\tau_{x0,Rcr}$	196.91	MPa	
λ_x	0.46		...(8.17)
λ_{τ}	1.02		...(8.17)
λ_{px}	1.06		...(8.16)
$\lambda_{p\tau}$	1.27		...(8.16)

(4) buckling reduction factor X_x

1	se	0.46	\leq	0.30	NO
0.87	se	0.46	$<$	1.06	OK
2.11	se	0.46	\geq	1.06	NO

$$X_x = 0.87$$

(4) buckling reduction factor X_{τ}

1	se	1.02	\leq	0.40	NO
0.57	se	1.02	$<$	1.27	OK
0.62	se	1.02	\geq	1.27	NO

$$X_{\tau} = 0.57$$



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

(3) characteristic buckling stresses

f_{yk}	355	MPa	
X_X	0.87		
X_τ	0.57		
$\sigma_{x,Rk}$	309.9	MPa	...(8.12)
$\tau_{x\theta,Rk}$	117.8	MPa	...(8.12)

(1) design bucling stresses

γ_{M1}	1.05		
$\sigma_{x,Rd}$	295.1	MPa	...(8.11)
$\tau_{x\theta,Rd}$	112.2	MPa	...(8.11)

Stress limitation (buckling strength verification) (8.5.3)

Combination of axial compression and shear (D.1.6)

k_x	1.90	(D.46)
k_τ	1.89	(D.48)
k_i	0	(D.49)

$\sigma_{x,Rd}$	295.1	MPa
$\tau_{x\theta,Rd}$	112.2	MPa

Le tensioni devono essere combinate come segue:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}} \right)^{k_x} - k_i \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}} \right) \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}} \right) + \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}} \right)^{k_\theta} + \left(\frac{\tau_{x\theta,Ed}}{\tau_{x\theta,Rd}} \right)^{k_\tau} \leq 1$$

La tensione assiale nell'acciaio è dovuta principalmente alla sola flessione, mentre la compressione si trasmette attraverso il calcestruzzo presente all'interno del monopalo direttamente alle argille grigio-azzurre.

Inoltre, nel punto di massimo della tensione assiale, la tensione tangenziale è nulla.

Noto il tasso di lavoro dell'acciaio, si passa al calcolo delle sollecitazioni resistenti delle singole sezioni individuate sopra, considerando le loro caratteristiche inerziali elastiche (W_{elas}):

Calcolo del taglio resistente sul monopalo (sezione tubolare)

$$T_{Rd} = (2A/\pi) \cdot \tau_{Rd} = (2 \cdot 0.2058/\pi) \cdot 112.2 \cdot 1000 = 14707.5 \text{ kN} > T_{Ed} = 8495.7 \text{ kN}$$



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

SEZIONE 1: TUBOLARE CON GARGAME COLLABORANTE (da quota +2.00 m, a quota -16.00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2895 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.2744 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.1829 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 \times 1000 \times 0.1895 / 8.9 = 6283 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 5530.2 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 2: TUBOLARE CON GARGAME E CALCESTRUZZO COLLABORANTI (da quota -16.00 m, a quota -21.00 m)

In questa sezione viene considerato collaborante il calcestruzzo; la tensione tangenziale di aderenza tra tubo ($\Phi 3000$ sp.22 mm) e cls è pari a:

$$\tau = 8495.7 / (2 / (2\pi \times 1.478)) = 457.65 \text{ kN/m}^2 = 0.458 \text{ MPa} < 0.55 \text{ MPa} \quad (\text{DM } 14/01/2008: \text{§}4.3.5.5.1)$$

La verifica risulta soddisfatta comunque, cautelativamente, vengono inseriti dei piatti a mo' di piolatura (12 piatti 100*10 mm) per garantire una migliore aderenza.

Caratteristiche inerziali della sezione mista acciaio-cls

MATERIALI UTILIZZATI

CALCESTRUZZO

		f_{ck}	R_{ck}	
Classe del calcestruzzo	Classe	28	35	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ_c	=	1.00	[-]
Resistenza caratteristica a compressione	f_{ck}	=	13.00	[N/mm ²]
Resistenza a compressione media	f_{cm}	=	21.00	[N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E_{cm}	=	27485	[N/mm ²]

ACCIAIO PER LE ARMATURE

Resistenza caratteristica a snervamento	f_{sk}	=	450	[N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E_s	=	200000	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ_s	=	1.15	[-]

ACCIAIO PER IL TUBOLARE

Resistenza massima di progetto	f_{yk}	=	295	[N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E_a	=	210000	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ_a	=	1.00	[-]



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE DELLA SEZIONE COMPOSTA
CARATTERISTICHE DEL TUBOLARE

Diametro esterno del tubolare	D_{ext}	=	3000.00	[mm]
Spessore del tubolare	t	=	22.00	[mm]
Diametro interno del tubolare	D_{int}	=	2956.00	[mm]
Raggio esterno del tubolare	R_{ext}	=	1500.00	[mm]
Raggio interno del tubolare	R_{int}	=	1478.00	[mm]
Area della sezione trasversale del tubolare	A_a	=	274400	[mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale del tubolare	J_a	=	2.90E+11	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico della sezione del tubolare	$W_{a,el}$	=	1.93E+08	[mm ³]
Rapporto massimo tra diametro esterno e spessore	$\max(D_{ext}/t)$	=	71.69	[-]
Rapporto tra diametro esterno e spessore	D_{ext}/t	=	136.36	[-]

CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO INTERNO

Area della sezione trasversale di calcestruzzo	A_c	=	6862759	[mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale di calcestruzzo	J_c	=	3.75E+12	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico della sezione di calcestruzzo	$W_{c,el}$	=	2.54E+09	[mm ³]

Calcolo del momento resistente
RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLA COLONNA COMPOSTA (PUNTO A)

Resistenza a compressione senza tenere in conto effetti confinanti	$N_{pl,Rd,I}$	=	156781	[kN]
--	---------------	---	--------	------

Effetti di confinamento

Eccentricità massima in valore assoluto derivante dal calcolo	e_{max}	=	0.2400	[m]
Rapporto tra eccentricità massima e diametro esterno del tubolare	e_{max}/D_{ext}	=	0.080	< 0.10
Snellezza adimensionale della colonna composta	λ'	=	0.524	> 0.50

Non è possibile considerare l'effetto del confinamento

Calcolo dei coefficienti di confinamento lato acciaio	$\eta_{a,1}$	=	1.00	[-]
	$h_{a,2}$	=	1.00	[-]
	$h_{a,3}$	=	1.00	[-]
	ha	=	1.00	[-]

Calcolo dei coefficienti di confinamento lato calcestruzzo	$\eta_{c,1}$	=	0.00	[-]
	$h_{c,2}$	=	0.00	[-]
	$h_{c,3}$	=	0.00	[-]
	η_c	=	0.00	[-]

Resistenza a compressione tenendo in conto effetti confinanti	$N_{pl,Rd,II}$	=	170164	[kN]
---	----------------	---	--------	------

Resistenza a compressione della colonna composta	$N_{pl,Rd}$	=	156781	[kN]
---	-------------------------------	---	---------------	-------------

Momento flettente associato alla massima forza di compressione	$M_{pl,Rd}$	=	0	[kNm]
---	-------------------------------	---	----------	--------------

Contributo meccanico dell'acciaio	δ	=	0.48	OK
--	----------------------------	---	-------------	-----------


Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

RESISTENZA A PURA FLESSIONE DELLA COLONNA COMPOSTA (PUNTO B)

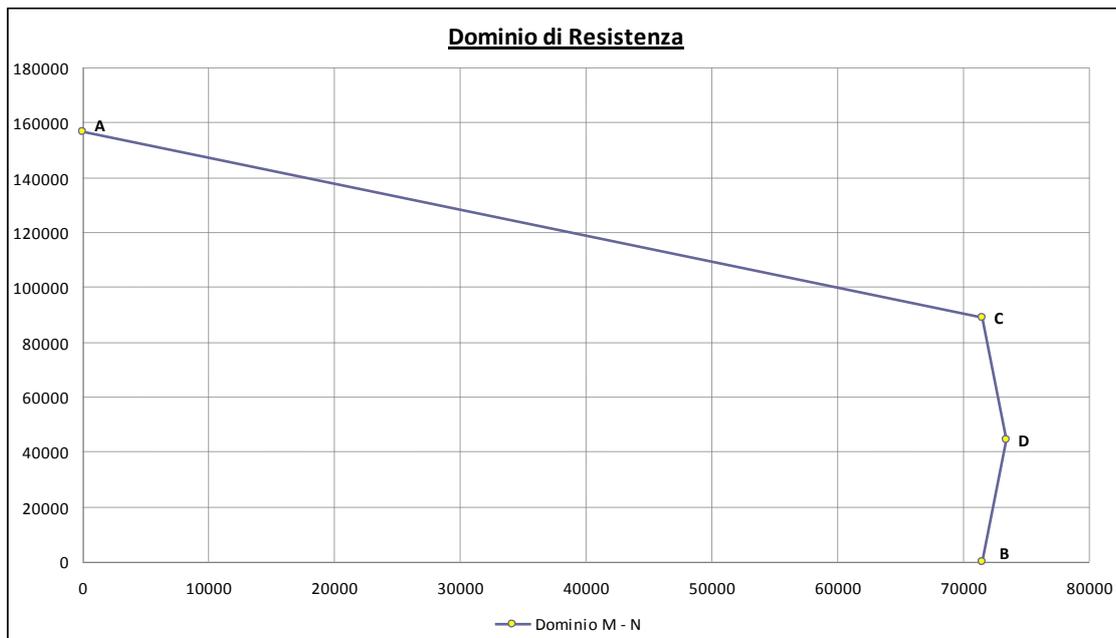
Modulo di resistenza plastico del tubolare in acciaio	$W_{a,pl}$	=	1.93E+08	[mm ³]	
Modulo di resistenza plastico del calcestruzzo depurato dalle armature	$W_{c,pl,eff}$	=	2.54E+09	[mm ³]	
Modulo di resistenza plastico delle armature verticali	$W_{s,pl}$	=	0.00E+00	[mm ³]	
Distanza tra la linea media della sezione e l'asse neutro plastico	h_n [mm]	=	45.915	[mm]	OK
Angoli settoriali per determinare i segmenti di circonferenza del tubolare	β	=	0.03	[rad]	
	θ	=	3.08	[rad]	
	β'	=	0.03	[rad]	
	θ'	=	3.08	[rad]	
Angoli settoriali per determinare i segmenti di circonferenza del cls	$A_{a,c}$	=	100892	[mm ²]	
Area della sezione compressa del tubolare	$A_{a,t}$	=	173508	[mm ²]	
Area della sezione tesa del tubolare	$A_{c,c}$	=	3295676	[mm ²]	
Area della sezione compressa del calcestruzzo	$A_{s,c}$	=	0	[mm ²]	
Area delle armature compresse	$A_{s,t}$	=	0	[mm ²]	
Area delle armature tese	$F_{a,c}$	=	29763	[kN]	
Forza di compressione nel tubolare	$y_{a,c}$	=	966.47	[mm]	
Braccio di leva della forza di compressione nel tubolare	$F_{a,t}$	=	-51185	[kN]	
Forza di trazione nel tubolare	$y_{a,t}$	=	-561.98	[mm]	
Braccio di leva della forza di trazione nel tubolare	$F_{c,c}$	=	21422	[kN]	
Forza di compressione nel calcestruzzo	$y_{c,c}$	=	652.17	[mm]	
Braccio di leva della forza di compressione nel calcestruzzo	$F_{s,c}$	=	0	[kN]	
Forza di compressione nell'armatura compressa	$F_{s,t}$	=	0	[kN]	
Forza di trazione nell'armatura tesa	N_{Rd}	=	0.00	[kN]	OK
Forza Normale risultante	$M_{pl,Rd}$	=	71501	[kNm]	
Momento flettente per pura flessione					

RESISTENZA A FLESSIONE E FORZA NORMALE (PUNTO C)

Resistenza a compressione della sola sezione di calcestruzzo	$N_{pm,Rd}$	=	89216	[kN]
Momento flettente per pura flessione	$M_{pl,Rd}$	=	71501	[kNm]

RESISTENZA A FLESSIONE E FORZA NORMALE (PUNTO D)

Metà resistenza a compressione della sola sezione di calcestruzzo	$0.5 N_{pm,Rd}$	=	44608	[kN]
Momento resistente massimo della sezione composta	$M_{max,Rd}$	=	73418	[kNm]



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

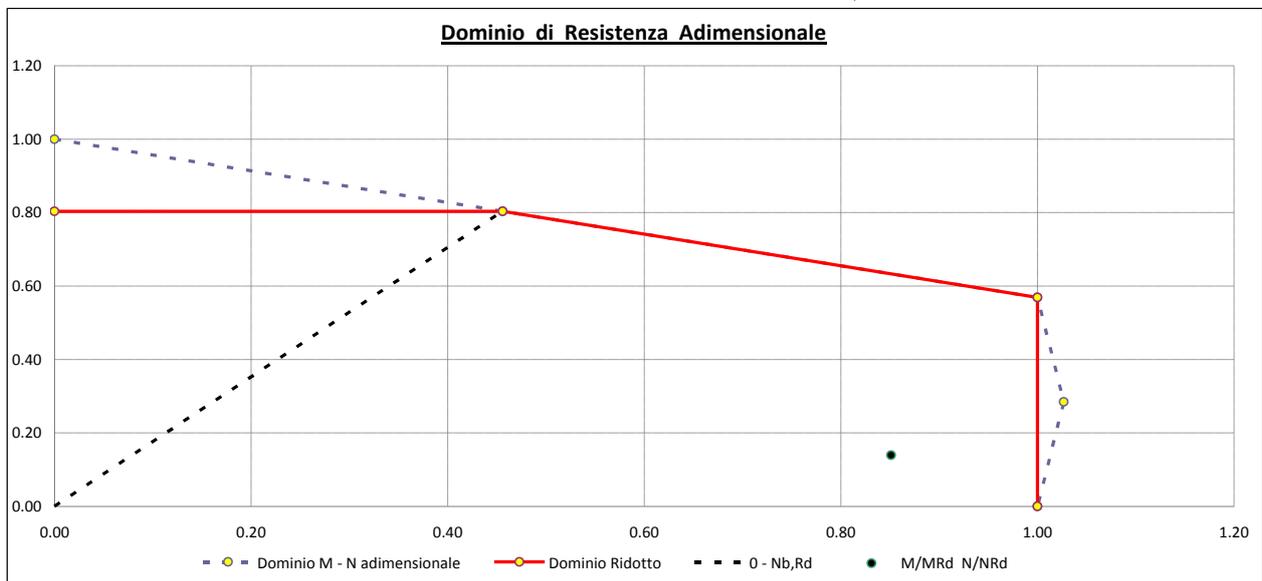
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

RESISTENZA AD INSTABILITA' PER CARICO DI PUNTA

Altezza critica della colonna composta	H_{cr}	=	50000.00 [mm]
Snellezza adimensionale della colonna composta	λ'	=	0.569 [-]
Rapporto geometrico d'armatura verticale	ρ_s	=	0.000 [-]
Fattore di imperfezione	α	=	0.490 [-]
Fattore di instabilità	Φ	=	0.752 [-]
Fattore di riduzione della resistenza a compressione	χ	=	0.804 [-]
Resistenza all'instabilità della colonna composta	$N_{b,Rd}$	=	125977 [kN]

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE DEVIATA

Resistenze a compressione adimensionali	χ_0	=	1.000 [-]
	χ	=	0.804 [-]
	χ_{pm}	=	0.569 [-]
	χ'_{pm}	=	0.285 [-]
Resistenze a flessione adimensionali	μ_0	=	0.000 [-]
	μ	=	1.000 [-]
	μ_{pm}	=	1.000 [-]
	μ'_{pm}	=	1.027 [-]



$M_{Rd,m} = M_{B,m} = 71501 \text{ kNm} > M_{Ed} = 60866.7 \text{ kNm}$

-momento resistente sul singolo monopalo

$N_{Rd,p} = N_C = 89216 \text{ kN} > N_{Ed} = 21811.4 \text{ kN}$

-sforzo resistente sul singolo monopalo

$M_{Rd,p} = M_{B,p} = 71501/8.9 = 8033.82 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 6838.96 \text{ kNm/m}$ -momento resistente a metro lineare di paratia



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

SEZIONE 3: TUBOLARE CON GARGAME E LAMIERA DI RINFORZO (1000X22 mm) COLLABORANTI (da quota - 21.00 m, a quota -23. 00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.3341 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.367 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.244 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 * 1000 * 0.244 / 8.90 = 8090 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 6862.46 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 4: TUBOLARE CON LAMIERA DI RINFORZO (1000X22 mm) COLLABORANTE (da quota - 23.00 m, a quota -27. 00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2504 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.32 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.214 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 * 1000 * 0.214 / 8.9 = 7095 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 6565.19 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 5: SOLO TUBOLARE (da quota - 27.00 m, a quota -34. 00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2058 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.2282 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.1521 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$ - tensione massima di progetto

Inter = 8.9 m -interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{elas} / \text{inter} = 295.1 \times 1000 \times 0.1521 / 8.9 = 5043 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 4738.41 \text{ kNm/m}$$

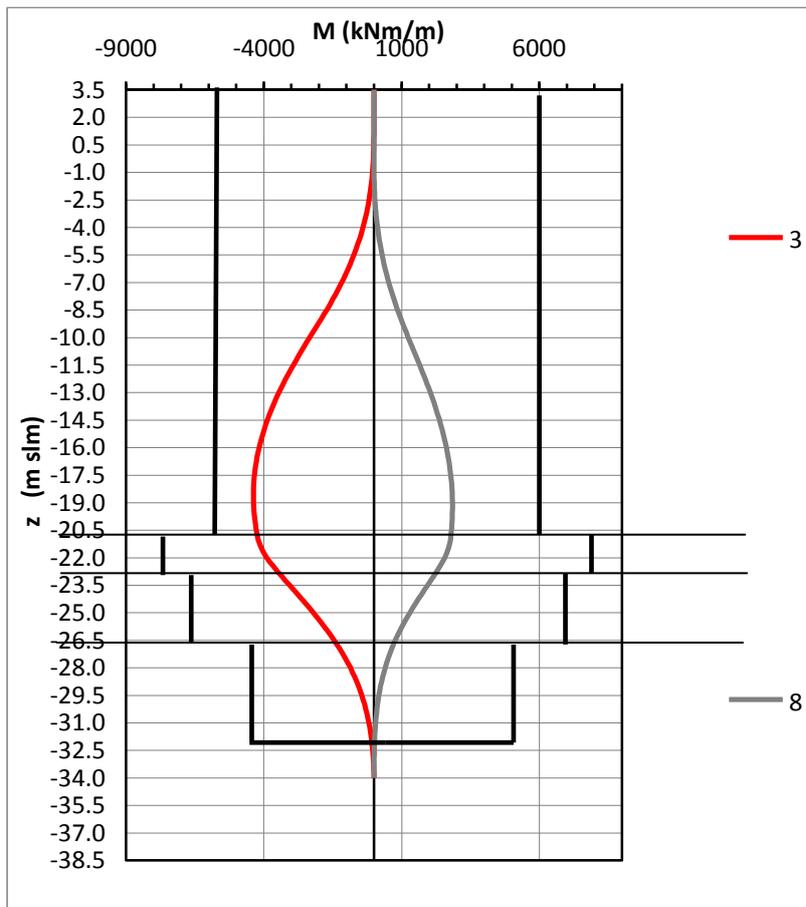


Diagramma dei momenti resistenti in fase provvisoria (Fase 3 e 8)

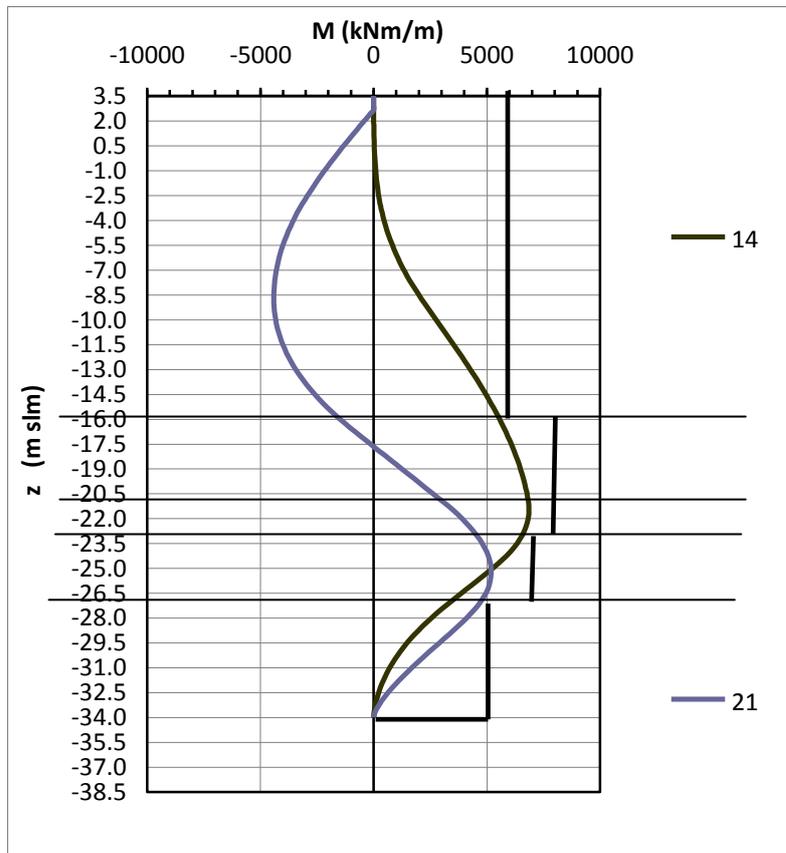


Diagramma dei momenti resistenti in fase definitiva (Fase 14 e 21)

8.4 SEZIONE TIPO "4"

Nel presente capitolo viene studiata la sezione Tipo "4" del marginamento a mare tratta "AB", in particolare il tratto che va dal sondaggio M22 al sondaggio M20.

Dal calcolo emerge che è necessaria un'infissione del monopalo di circa 12 m all'interno del deposito argilloso, per cui, nel progetto redatto l'altezza dei monopali in codesto tratto è stata determinata garantendo sempre un'infissione minima di 12 m all'interno del deposito argilloso grigio-azzurro.

La lunghezza totale del monopalo nella sezione virtuale di calcolo a partire da estradosso banchina è pari a $1.50+2.00+32.00 = 35.50$ m d' altezza (34,00 m del monopalo, con spessore da 22 mm ed 1.50 di trave di banchina al di sopra del monopalo).

Il monopalo è stato studiato sia in condizioni drenate che non drenate, dall'esame delle sollecitazioni si ha che la condizione più limitativa risulta quella in condizioni non drenate.

Di seguito si riportano le sollecitazioni e le deformazioni risultanti della sezione di calcolo "4", riprese dal paragrafo relativo all'elaborazione geotecnica.



Autorità Portuale di Taranto

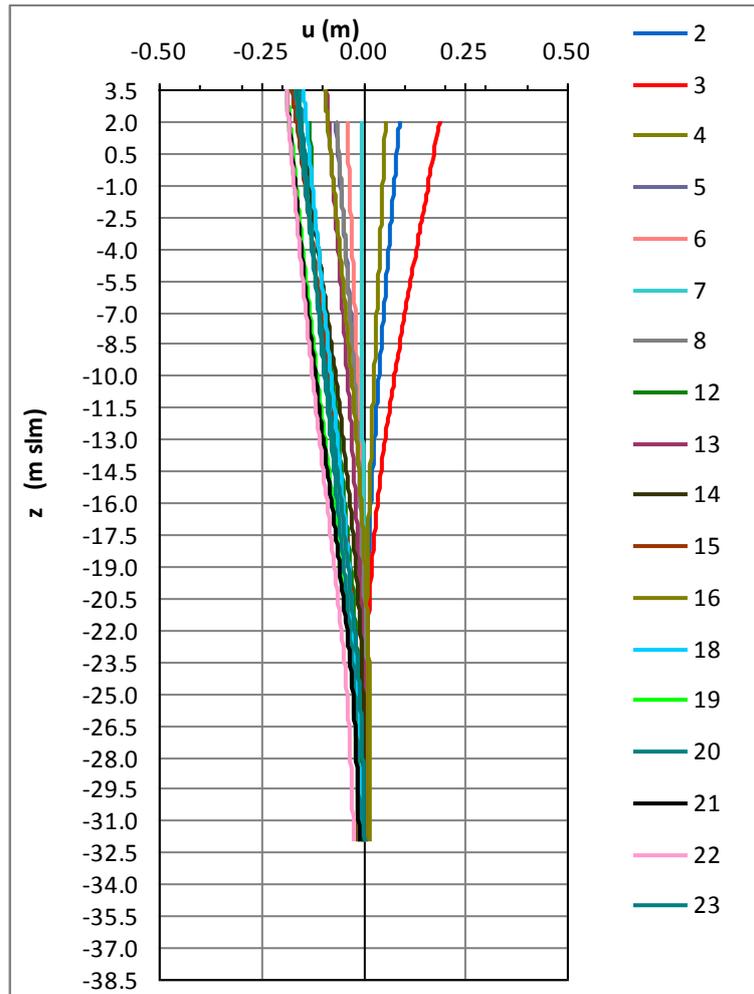
Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

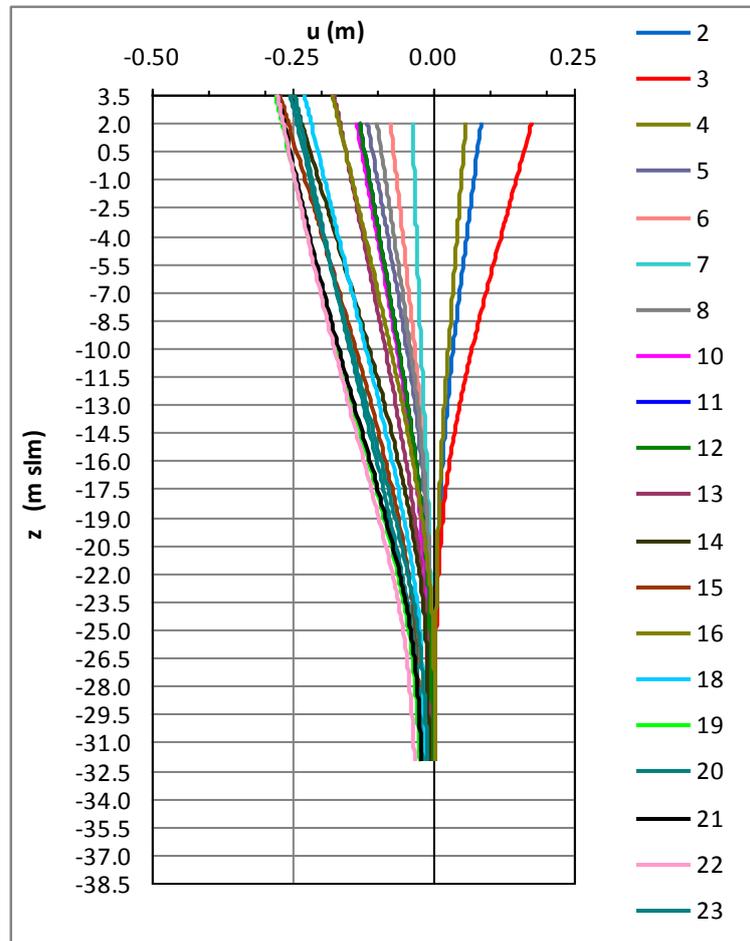
Data: 05/2016
 Rev. B
 c.d.c.: C296A
 511B

8.4.1 Risultati: diagrammi di inviluppo

Di seguito riportiamo i diagrammi di inviluppo delle sollecitazioni e delle deformazioni massime relative ai principali risultati della "Relazione geotecnica e di calcolo":

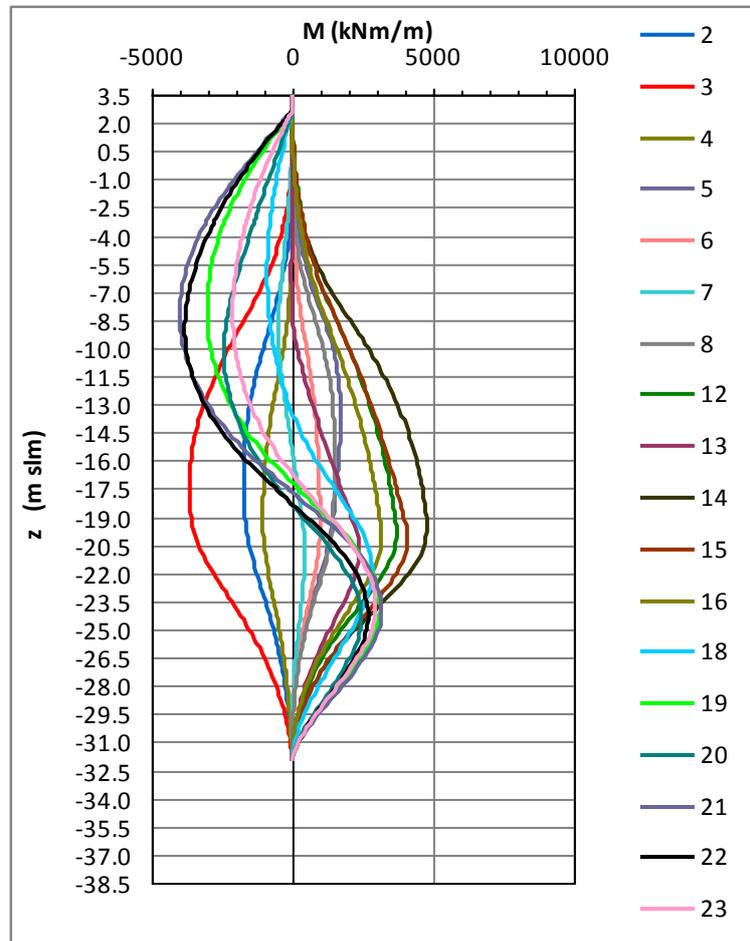


Inviluppo delle deformate: Condizione di carico drenata

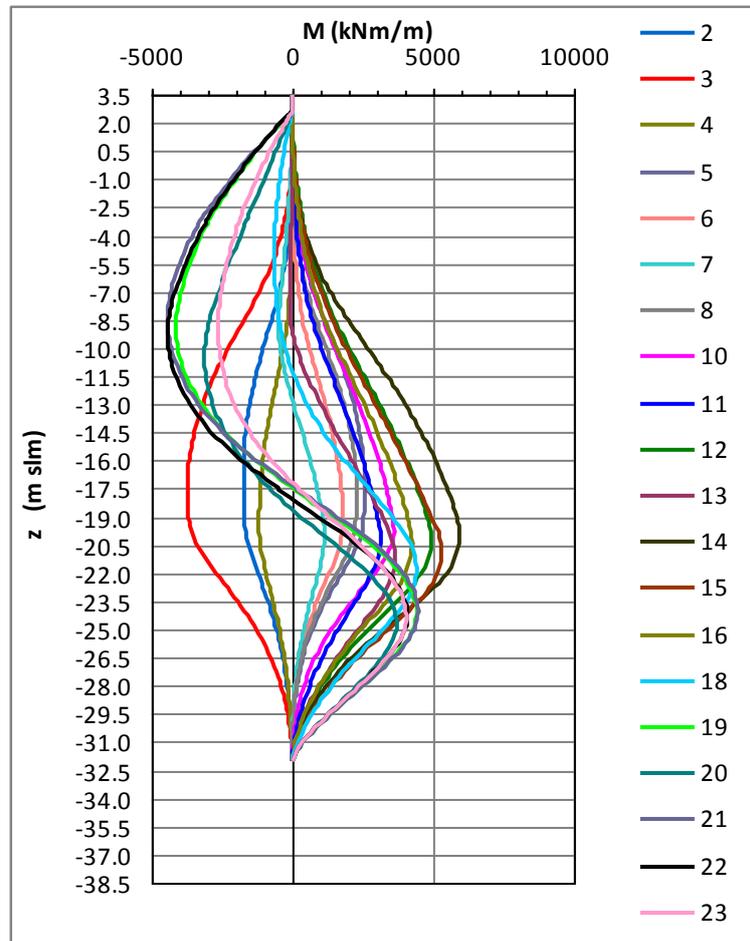


Inviluppo delle deformate: Condizione di carico non drenata

$U_{max} = 28.0 \text{ cm}$ ($z=3.50 \text{ m}$) (Fase definitiva 19 – cond. non drenata pizzale in esercizio):



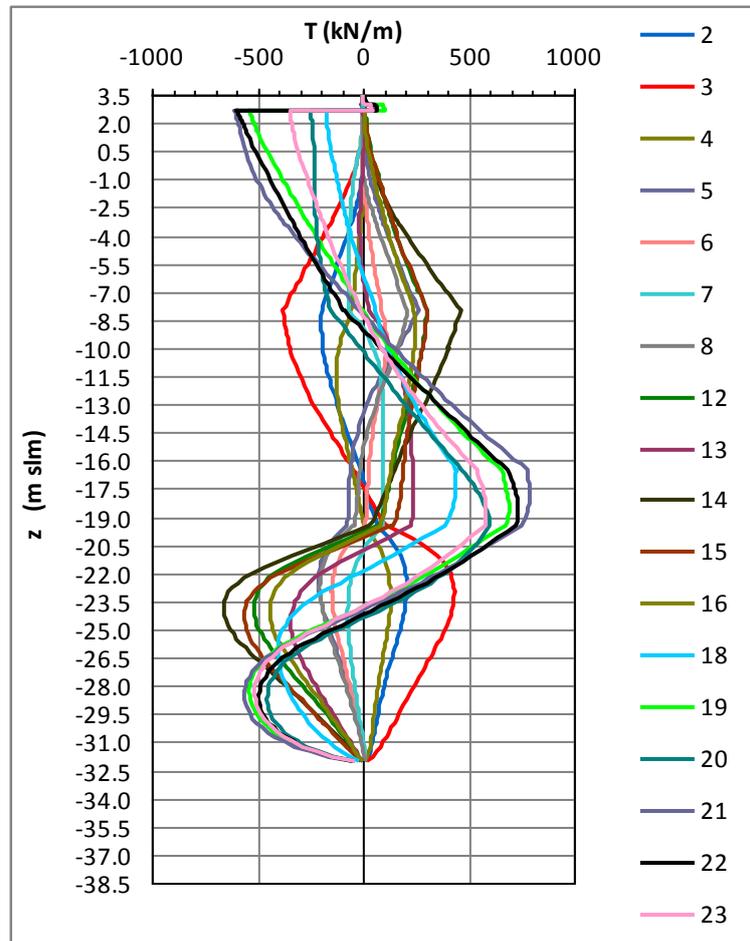
Involuppo dei momenti allo SLU : Condizione di carico drenata



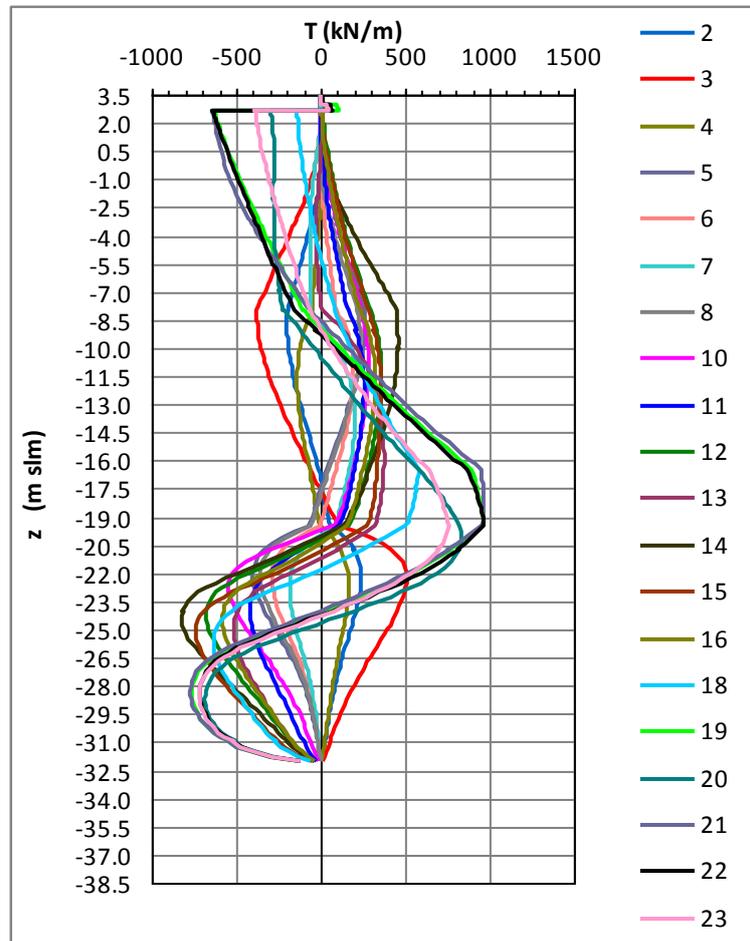
Involuppo dei momenti allo SLU : Condizione di carico non drenata

$M_{min} = -3746.36 \text{ kNm/m}$ ($z = -17.50 \text{ m}$)– (Fase provvisoria 3 - cond. non drenata: svuotamento+ onda di cresta)

$M_{max} = 5935.45 \text{ kNm/m}$ ($z = -20.13 \text{ m}$)– (Fase definitiva 14 - cond. non drenata: riempimento vasca+costruzione banchina+eser. provv. + onda cresta)



Inviluppo dei tagli allo SLU : Condizione di carico drenata



Inviluppo dei tagli allo SLU : Condizione di carico non drenata

$T_{max} = 511.26 \text{ kN/m}$ ($z = -22.25 \text{ m}$) - (Fase provvisoria 3 - cond. non drenata: svuotamento+ onda di cresta)

$T_{max} = 968.48 \text{ kN/m}$ ($z = -19.50 \text{ m}$) - (Fase definitiva 22 - cond. cond. non drenata: riempimento vasca+costruzione banchina + sisma)

8.4.2 Sollecitazioni di verifica e sezioni di calcolo

Di seguito vengono indicate le sollecitazioni massime di verifica nelle rispettive sezioni calcolo:

Sezione	Quota (m)	Tipologia di sezione
1	Da +2.00 m a -14.50 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame
2	Da -14.50 m a -19.50 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame+cls
3	Da -19.50 m a -21.50 m	Tubo $\phi 3000/22$ +gargame+lamiera di rinforzo del tubo (1000x22 mm)
4	Da -21.50 m a -23.50 m	Tubo $\phi 3000/22$ +lamiera di rinforzo del tubo (1000x22 mm)
5	Da -23.50 m a -32.00 m	Tubo $\phi 3000/22$

Sezioni di calcolo

Sezioni	Momento paratia		Taglio paratia	
	(kN-m/m)	Z (m s.l.m.)	(kN/m)	Z (m s.l.m.)
1	4569.31	-14.50	682.93	-14.50
2	5824.25	-19.00	967.52	-19.00
3	5935.45	-20.13	968.48	-19.50
4	5613.38	-21.50	715.27	-21.50
5	4470.22	-24.00	822.71	-24.50

Sollecitazioni massime sulla paratia

8.4.3 Verifica di deformabilità

Il valore dello spostamento massimo in esercizio si ha in fase 19 (piazzale in esercizio) ed è pari a 28.0 cm è compatibile con la funzionalità dell'opera.

8.4.4 Verifiche strutturali

Come detto in precedenza le sollecitazioni riportate nelle tabelle precedenti sono riferite a metro lineare di paratia.

Pertanto, esse dovranno essere moltiplicate per l'interasse dei monopali pari a 8.90 m.

Inoltre, per le verifiche di resistenza occorre tener conto anche del peso proprio del palo e della trave di banchina, mentre in fase finale occorre considerare anche il sovraccarico accidentale se presente sulla banchina.

Quindi si ha:

$$\text{Peso,palo} = \pi \cdot 2.956^2 / 4 \cdot 25 + \pi \cdot (3.00^2 - 2.956^2) / 4 \cdot 78.50 = 187.73 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Peso,trave} = 6.0 \cdot 2.5 \cdot 8.90 \cdot 25 - 187.73 \cdot 2 - 197.80 \cdot 2 = 2566.44 \text{ kN/palo}$$

$$\text{Peso,acc-banchina} = 10 \cdot 6.0 \cdot 8.90 = 534 \text{ kN/palo}$$

- Carichi fase transitoria (Q=10 kN/mq)

$$\text{Peso,acc-banchina} = 40 \cdot 6.00 \cdot 8.90 = 2136 \text{ kN/palo}$$

- in fase finale (Q=40 kN/mq)

$$\text{Peso gru} = 1000 \cdot 8.9 = 8900 \text{ kN/palo}$$

- Peso in esercizio della gru (1000kN/m)

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime e minime, sul singolo monopalo, relative alle diverse sezioni di calcolo prese in esame:

Sezioni	Momento palo		Taglio palo		Sforzo normale palo	
	(kN-m)	Z (m s.l.m.)	(kN)	Z (m s.l.m.)	(kN)	Z (m s.l.m.)
1	40666.9	-14.50	6078.8	-14.50	20225.1	-14.50
2	51838.9	-19.00	8610.9	-19.00	21323.3	-19.00
3	52825.5	-20.13	8619.5	-19.50	21599.1	-20.13
4	49959.1	-21.50	6365.9	-21.50	21933.4	-21.50
5	39784.9	-24.00	7322.2	-24.50	22543.5	-24.00

Sollecitazioni massime sul singolo monopalo

Le verifiche strutturali delle varie sezioni vengono effettuate considerando la sezione tubolare che, in base alla Tabella 4.2.VI del DM08, è di classe 4, per la cui verifica occorre applicare il metodo elastico (DM 14/01/2008: §4.3.4.2.1.1).

Tra l'altro non è possibile attingere alle resistenza elastiche della sezione in quanto possono verificarsi fenomeni di instabilità assiale e locale.

Quindi, la valutazione delle resistenza elastica massima della sezione in acciaio è stata effettuata secondo le disposizioni presenti sull'Eurocodice 3-1-6. e di seguito riportate:

INSTABILITA' TUBI SECONDO EC3-1-6

d	3000	mm
t	22	mm
l	25	m
r	1500	
E	210000	MPa
A	205824.6	mm ²
J	2.28E+11	mm ⁴
W	1.52E+08	mm ³
f _{yk}	355	MPa
γ _{M1}	1.05	

Axial compression (D.1.2)

ω	137.62	long cylinder	(D.1)
ω<	1.7	short	NO
ω<	34.09	medium	NO
ω>	34.09	long	OK
(6) long cylinder (ω > 0.5r/t)			
C _{xb}	6		(Table D.1)
C _{xN}	0.90		(D.9)
C _x	0.90		(D.8)
σ _{x,Rcr}	1674.8	MPa	(D.2)
(7) alternative for long cylinder			
Se:			
r/t	68.18	< 150	OK (D.11)
ω	137.62	< 409.1	OK
500 ≤ E/f _{yk}	591.5	≤ 1000	OK
C _x	1.00		(D.13)
σ _{x,Rcr}	1863.4	MPa	(D.2)
→ σ _{x,Rcr}	1674.8	MPa	



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

Shear (D.1.4)

ω	137.62	medium cylinder	(D.1)
$\omega <$	10	short	NO
$\omega <$	593.18	medium	OK
$\omega >$	593.18	long	NO

(4) medium length cylinder

$$C_{\tau} = 1.0 \quad (D.34)$$

$$\tau_{x0,Rcr} = 196.91 \quad \text{MPa} \quad (D.32)$$

Axial buckling parameters (D.1.2.2)

(5) non serve se:

r/t	68.18	\leq	18	necessaria verifica
Q	25			(Table D.2)
Δw_k	7.27			(D.15)
α_x	0.45			(D.14)
λ_{x0}	0.30			(D.17)
β	0.60			(D.16)
η	1.00			(D.16)

Shear buckling parameters (D.1.4.2)

(3) non serve se:

r/t	68.18	\leq	12	necessaria verifica
α_{τ}	0.65			(Table D.6)
$\lambda_{\tau 0}$	0.40			(D.39)
β	0.60			(D.39)
η	1.00			(D.39)

Design resistance (buckling strenght) (8.5.2)

$\sigma_{x,Rcr}$	1674.8	MPa	
$\tau_{x0,Rcr}$	196.91	MPa	
λ_x	0.46		...(8.17)
λ_{τ}	1.02		...(8.17)
λ_{px}	1.06		...(8.16)
$\lambda_{p\tau}$	1.27		...(8.16)

(4) buckling reduction factor X_x

1	se	0.46	\leq	0.30	NO
0.87	se	0.46	$<$	1.06	OK
2.11	se	0.46	\geq	1.06	NO

$$X_x = 0.87$$

(4) buckling reduction factor X_{τ}

1	se	1.02	\leq	0.40	NO
0.57	se	1.02	$<$	1.27	OK
0.62	se	1.02	\geq	1.27	NO

$$X_{\tau} = 0.57$$



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

(3) characteristic buckling stresses

f_{yk}	355	MPa	
χ_x	0.87		
χ_τ	0.57		
$\sigma_{x,Rk}$	309.9	MPa	...(8.12)
$\tau_{x\theta,Rk}$	117.8	MPa	...(8.12)

(1) design bucling stresses

γ_{M1}	1.05		
$\sigma_{x,Rd}$	295.1	MPa	...(8.11)
$\tau_{x\theta,Rd}$	112.2	MPa	...(8.11)

Stress limitation (buckling strength verification) (8.5.3)

Combination of axial compression and shear (D.1.6)

k_x	1.90	(D.46)
k_τ	1.89	(D.48)
k_i	0	(D.49)

$\sigma_{x,Rd}$	295.1	MPa
$\tau_{x\theta,Rd}$	112.2	MPa

Le tensioni devono essere combinate come segue:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}} \right)^{k_x} - k_i \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\sigma_{x,Rd}} \right) \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}} \right) + \left(\frac{\sigma_{\theta,Ed}}{\sigma_{\theta,Rd}} \right)^{k_\theta} + \left(\frac{\tau_{x\theta,Ed}}{\tau_{x\theta,Rd}} \right)^{k_\tau} \leq 1$$

La tensione assiale nell'acciaio è dovuta principalmente alla sola flessione, mentre la compressione si trasmette attraverso il calcestruzzo presente all'interno del monopalo direttamente alle argille grigio-azzurre.

Inoltre, nel punto di massimo della tensione assiale, la tensione tangenziale è nulla.

Noto il tasso di lavoro dell'acciaio, si passa al calcolo delle sollecitazioni resistenti delle singole sezioni individuate sopra, considerando le loro caratteristiche inerziale elastiche (W_{elas}):

Calcolo del taglio resistente sul monopalo (sezione tubolare)

$$T_{Rd} = (2A/\pi) * \tau_{Rd} = (2 * 0.2058 / \pi) * 112.2 * 1000 = 14707.5 \text{ kN} > T_{Ed} = 8619.47 \text{ kN}$$

SEZIONE 1: TUBOLARE CON GARGAME COLLABORANTE (da quota +2.00 m, a quota -14.50 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2895 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.2744 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.1829 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 \times 1000 \times 0.1895 / 8.9 = 6283 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 4569.31 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 2: TUBOLARE CON GARGAME E CALCESTRUZZO COLLABORANTI (da quota -14.50 m, a quota -19.50 m)

In questa sezione viene considerato collaborante il calcestruzzo; la tensione tangenziale di aderenza tra tubo ($\Phi 3000$ sp.22 mm) e cls è pari a:

$$\tau = 8610.93 / (2\pi \times 1.478) = 517.73 \text{ kN/m}^2 = 0.52 \text{ MPa} < 0.55 \text{ MPa} \quad (\text{DM } 14/01/2008: \text{§}4.3.5.5.1)$$

La verifica risulta soddisfatta comunque, cautelativamente, vengono inseriti dei piatti a mo' di piolatura (12 piatti 100*10 mm) per garantire una migliore aderenza.

Caratteristiche inerziali della sezione mista acciaio-cls

MATERIALI UTILIZZATI

CALCESTRUZZO

		f_{ck}	R_{ck}	
Classe del calcestruzzo	Classe	28	35	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ_c	=	1.00	[-]
Resistenza caratteristica a compressione	f_{ck}	=	13.00	[N/mm ²]
Resistenza a compressione media	f_{cm}	=	21.00	[N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E_{cm}	=	27485	[N/mm ²]

ACCIAIO PER LE ARMATURE

Resistenza caratteristica a snervamento	f_{sk}	=	450	[N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E_s	=	200000	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ_s	=	1.15	[-]

ACCIAIO PER IL TUBOLARE

Resistenza massima di progetto	f_{yk}	=	295	[N/mm ²]
Modulo Elastico secante medio	E_a	=	210000	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza per lo Stato Limite Ultimo	γ_a	=	1.00	[-]



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE DELLA SEZIONE COMPOSTA

CARATTERISTICHE DEL TUBOLARE

Diametro esterno del tubolare	D_{ext}	=	3000.00	[mm]
Spessore del tubolare	t	=	22.00	[mm]
Diametro interno del tubolare	D_{int}	=	2956.00	[mm]
Raggio esterno del tubolare	R_{ext}	=	1500.00	[mm]
Raggio interno del tubolare	R_{int}	=	1478.00	[mm]
Area della sezione trasversale del tubolare	A_a	=	274400	[mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale del tubolare	J_a	=	2.90E+11	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico della sezione del tubolare	$W_{a,el}$	=	1.93E+08	[mm ³]
Rapporto massimo tra diametro esterno e spessore	$\max(D_{ext}/t)$	=	71.69	[-]
Rapporto tra diametro esterno e spessore	D_{ext}/t	=	136.36	[-]

CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO INTERNO

Area della sezione trasversale di calcestruzzo	A_c	=	6862759	[mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale di calcestruzzo	J_c	=	3.75E+12	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico della sezione di calcestruzzo	$W_{c,el}$	=	2.54E+09	[mm ³]

Calcolo del momento resistente

RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLA COLONNA COMPOSTA (PUNTO A)

Resistenza a compressione senza tenere in conto effetti confinanti	$N_{pl,Rd,I}$	=	156781	[kN]
--	---------------	---	--------	------

Effetti di confinamento

Eccentricità massima in valore assoluto derivante dal calcolo	e_{max}	=	0.2400	[m]
Rapporto tra eccentricità massima e diametro esterno del tubolare	e_{max}/D_{ext}	=	0.080	< 0.10
Snellezza adimensionale della colonna composta	λ'	=	0.524	> 0.50

Non è possibile considerare l'effetto del confinamento

Calcolo dei coefficienti di confinamento lato acciaio	$\eta_{a,1}$	=	1.00	[-]
	$h_{a,2}$	=	1.00	[-]
	$h_{a,3}$	=	1.00	[-]
	ha	=	1.00	[-]

Calcolo dei coefficienti di confinamento lato calcestruzzo	$\eta_{c,1}$	=	0.00	[-]
	$h_{c,2}$	=	0.00	[-]
	$h_{c,3}$	=	0.00	[-]
	η_c	=	0.00	[-]

Resistenza a compressione tenendo in conto effetti confinanti	$N_{pl,Rd,II}$	=	170164	[kN]
---	----------------	---	--------	------

Resistenza a compressione della colonna composta	$N_{pl,Rd}$	=	156781	[kN]
---	-------------------------------	---	---------------	-------------

Momento flettente associato alla massima forza di compressione	$M_{pl,Rd}$	=	0	[kNm]
---	-------------------------------	---	----------	--------------

Contributo meccanico dell'acciaio	δ	=	0.48	OK
--	----------------------------	---	-------------	-----------



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

RESISTENZA A PURA FLESSIONE DELLA COLONNA COMPOSTA (PUNTO B)

Modulo di resistenza plastico del tubolare in acciaio	$W_{a,pl}$	=	1.93E+08	[mm ³]
Modulo di resistenza plastico del calcestruzzo depurato dalle armature	$W_{c,pl,eff}$	=	2.54E+09	[mm ³]
Modulo di resistenza plastico delle armature verticali	$W_{s,pl}$	=	0.00E+00	[mm ³]
Distanza tra la linea media della sezione e l'asse neutro plastico	h_r [mm]	=	45.915	OK
Angoli settoriali per derimare i segmenti di circonferenza del tubolare	β	=	0.03	[rad]
	θ	=	3.08	[rad]
Angoli settoriali per derimare i segmenti di circonferenza del cls	β'	=	0.03	[rad]
	θ'	=	3.08	[rad]
Area della sezione compressa del tubolare	$A_{a,c}$	=	100892	[mm ²]
Area della sezione tesa del tubolare	$A_{a,t}$	=	173508	[mm ²]
Area della sezione compressa del calcestruzzo	$A_{c,c}$	=	3295676	[mm ²]
Area delle armature compresse	$A_{s,c}$	=	0	[mm ²]
Area delle armature tese	$A_{s,t}$	=	0	[mm ²]
Forza di compressione nel tubolare	$F_{a,c}$	=	29763	[kN]
Braccio di leva della forza di compressione nel tubolare	$y_{a,c}$	=	966.47	[mm]
Forza di trazione nel tubolare	$F_{a,t}$	=	-51185	[kN]
Braccio di leva della forza di trazione nel tubolare	$y_{a,t}$	=	-561.98	[mm]
Forza di compressione nel calcestruzzo	$F_{c,c}$	=	21422	[kN]
Braccio di leva della forza di compressione nel calcestruzzo	$y_{c,c}$	=	652.17	[mm]
Forza di compressione nell'armatura compressa	$F_{s,c}$	=	0	[kN]
Forza di trazione nell'armatura tesa	$F_{s,t}$	=	0	[kN]
Forza Normale risultante	N_{Rd}	=	0.00	OK
Momento flettente per pura flessione	$M_{pl,Rd}$	=	71501	[kNm]

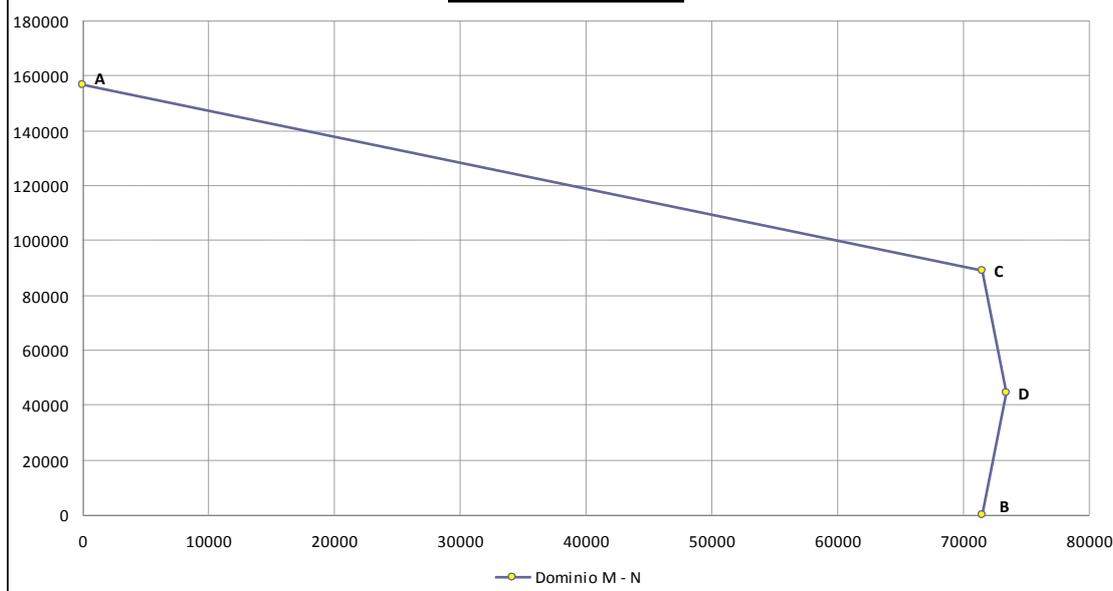
RESISTENZA A FLESSIONE E FORZA NORMALE (PUNTO C)

Resistenza a compressione della sola sezione di calcestruzzo	$N_{pm,Rd}$	=	89216	[kN]
Momento flettente per pura flessione	$M_{pl,Rd}$	=	71501	[kNm]

RESISTENZA A FLESSIONE E FORZA NORMALE (PUNTO D)

Metà resistenza a compressione della sola sezione di calcestruzzo	$0.5 N_{pm,Rd}$	=	44608	[kN]
Momento resistente massimo della sezione composta	$M_{max,Rd}$	=	73418	[kNm]

Dominio di Resistenza

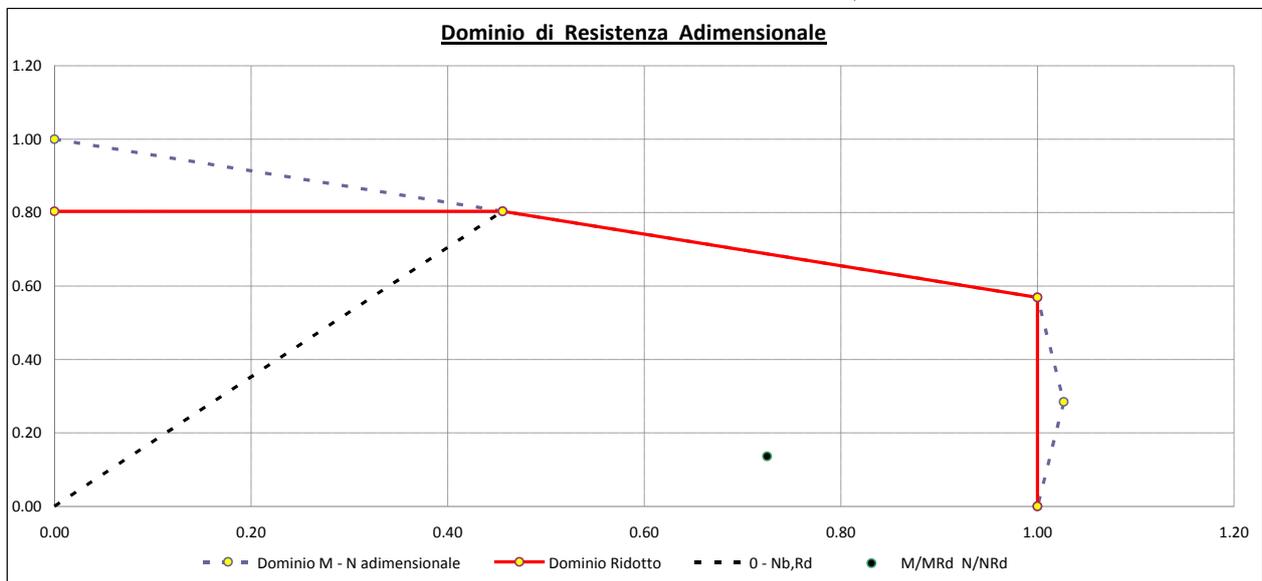


RESISTENZA AD INSTABILITA' PER CARICO DI PUNTA

Altezza critica della colonna composta	H_{cr}	=	50000.00	[mm]
Snellezza adimensionale della colonna composta	λ'	=	0.569	[-]
Rapporto geometrico d'armatura verticale	ρ_s	=	0.000	[-]
Fattore di imperfezione	α	=	0.490	[-]
Fattore di instabilità	Φ	=	0.752	[-]
Fattore di riduzione della resistenza a compressione	χ	=	0.804	[-]
Resistenza all'instabilità della colonna composta	$N_{b,Rd}$	=	125977	[kN]

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE DEVIATA

Resistenze a compressione adimensionali	χ_0	=	1.000	[-]
	χ	=	0.804	[-]
	χ_{pm}	=	0.569	[-]
	χ'_{pm}	=	0.285	[-]
Resistenze a flessione adimensionali	μ_0	=	0.000	[-]
	μ	=	1.000	[-]
	μ_{pm}	=	1.000	[-]
	μ'_{pm}	=	1.027	[-]



$M_{Rd,m} = M_{B,m} = 71501 \text{ kNm} > M_{Ed} = 51835.8 \text{ kNm}$

-momento resistente sul singolo monopalo

$N_{Rd,p} = N_C = 89216 \text{ kN} > N_{Ed} = 21323.3 \text{ kN}$

-sforzo resistente sul singolo monopalo

$M_{Rd,p} = M_{B,p} = 71501/8.9 = 8033.82 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 5824.25 \text{ kNm/m}$ -momento resistente a metro lineare di paratia



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

SEZIONE 3: TUBOLARE CON GARGAME E LAMIERA DI RINFORZO (1000X22 mm) COLLABORANTI (da quota - 19.50 m, a quota -21. 50 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.3341 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.367 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.244 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 * 1000 * 0.244 / 8.90 = 8090 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 5935.45 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 4: TUBOLARE CON LAMIERA DI RINFORZO (1000X22 mm) COLLABORANTE (da quota - 21.50 m, a quota -23. 50 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2504 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.32 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.214 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente
$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$	- tensione massima di progetto
Inter = 8.9 m	-interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{\text{elas}} / \text{inter} = 295.1 * 1000 * 0.214 / 8.9 = 7095 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 5613.38 \text{ kNm/m}$$

SEZIONE 5: SOLO TUBOLARE (da quota - 23.50 m, a quota -32. 00 m)

Caratteristiche inerziali della sezione

$A = 0.2058 \text{ m}^2$	- area sezione
$J = 0.2282 \text{ m}^4$	- momento di inerzia sezione
$W_{\text{elas}} = 0.1521 \text{ m}^3$	- modulo elastico resistente



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

$\sigma_{x,Rd} = 295.1 \text{ MPa}$ - tensione massima di progetto

Inter = 8.9 m -interasse monopali

Calcolo del momento resistente a metro lineare di paratia

$$M_{Rd} = \sigma_{x,Rd} \times W_{elas} / \text{inter} = 295.1 \times 1000 \times 0.1521 / 8.9 = 5043 \text{ kNm/m} > M_{Ed} = 4470.22 \text{ kNm/m}$$

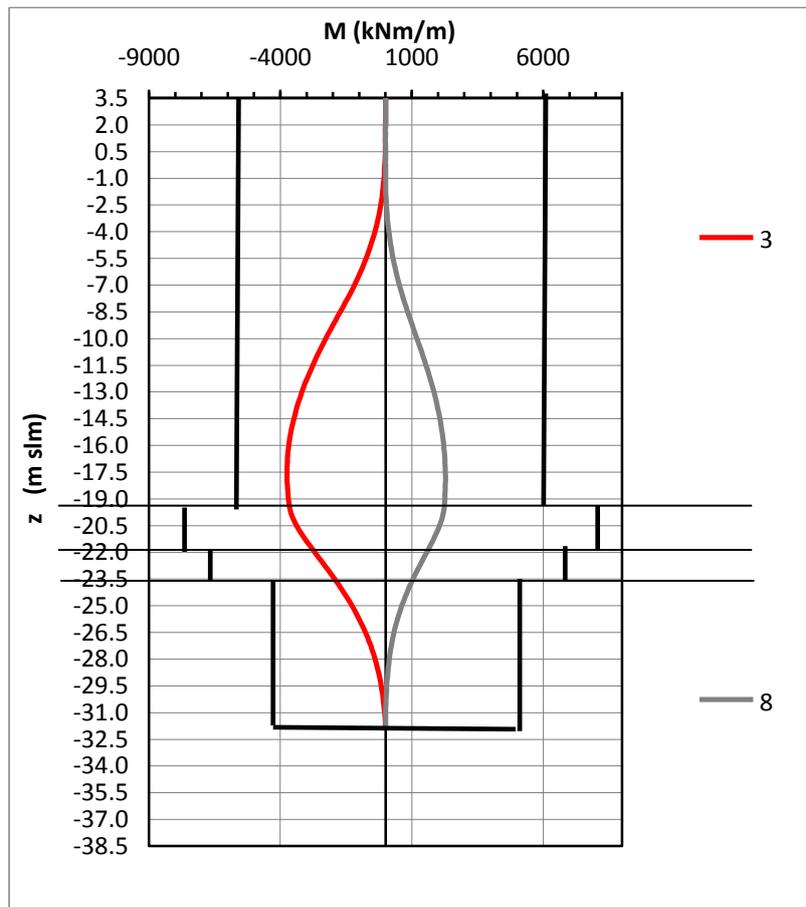


Diagramma dei momenti resistenti in fase provvisoria (Fase 3 e 8)

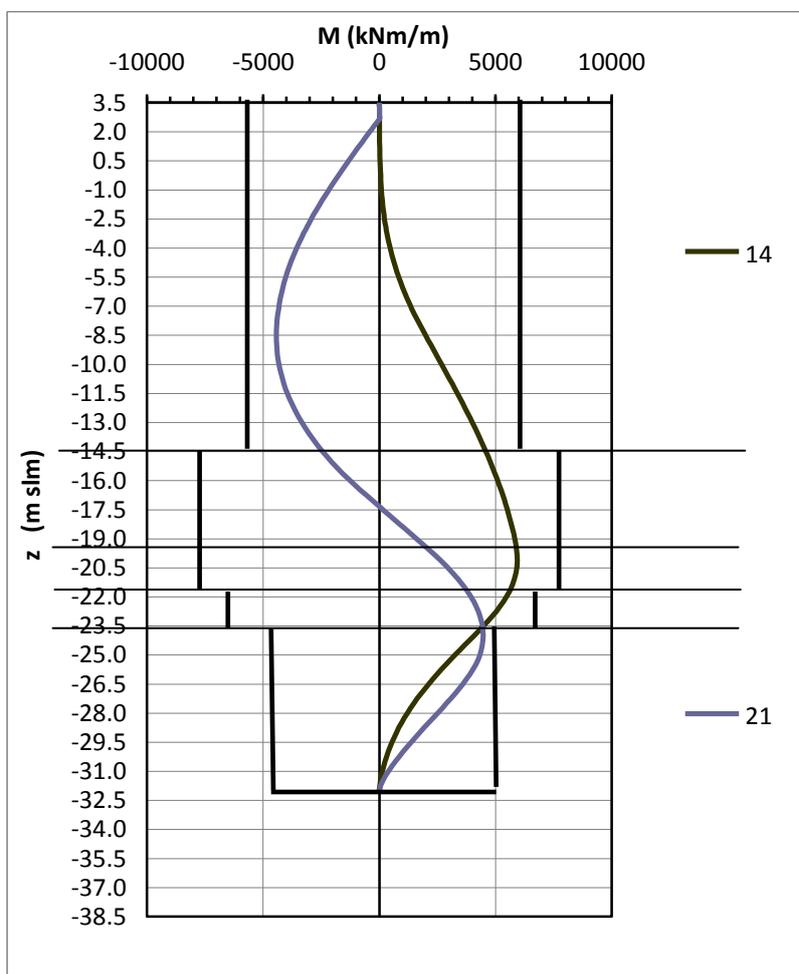


Diagramma dei momenti resistenti in fase definitiva (Fase 14 e 21)

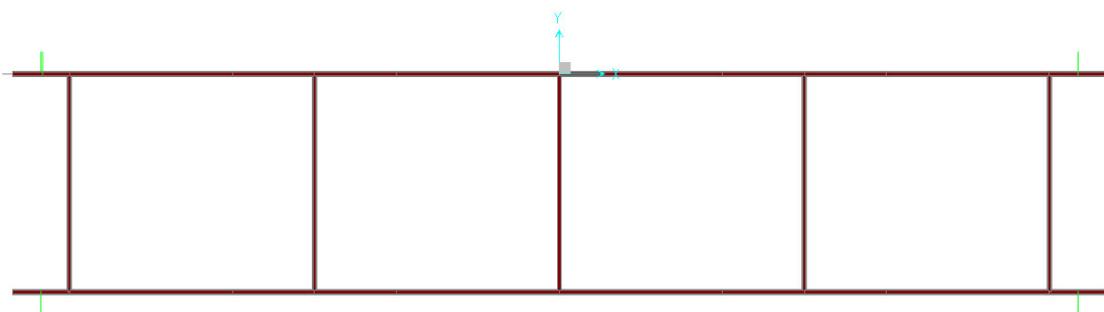
9 METODO DI ANALISI – VERIFICA STRUTTURALE DIAFRAMMA

9.1 DESCRIZIONE MODELLO DI CALCOLO

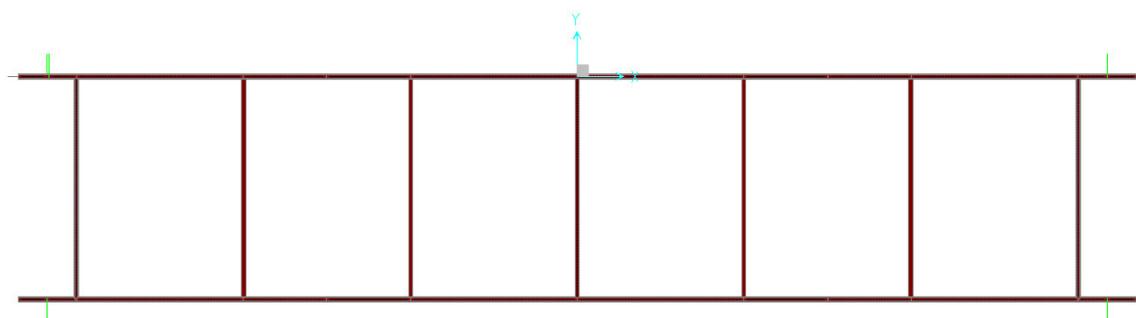
La struttura, in base alle fasi costruttive di seguito descritte, da un punto di vista strutturale può essere studiata mediante il seguente modello di comportamento:

Modello a telaio:

La struttura è schematizzata nello spazio come una serie di elementi “piastra” di sezione costante a rappresentare tutti gli spessori dei piatti presenti (si vedano gli elaborati grafici corrispondenti). Tali elementi sono collegati tra di loro da vincoli di continuità a formare un struttura tridimensionale vincolata, con vincoli rigido plastici reagenti solamente a compressione su tutti e quattro i punti di appoggio del diaframma al monopalo. La funzione di questi vincoli è quella di svincolare la struttura dal monopalo nel momento in cui sono soggetti a trazione.



Sezione trasversale modello di calcolo diaframma con 5 irrigidimenti



Sezione trasversale modello di calcolo diaframma con 7 irrigidimenti

Tale modellazione costituisce un telaio tridimensionale all'interno e all'esterno del quale c'è il terreno immerso in acqua le cui pressioni che agiscono sulle facce esterne ed interne delle lamiere, producono lo stato sollecitazione sulle stesse

lamiere.

Il telaio si compone all'interno di 5 elementi irrigidenti di adeguato spessore nella parte alta del diaframma, mentre nella parte bassa (per una lunghezza variabile dipendente dalla sezione di calcolo), fino alla quota di infissione nelle argille grigio azzurre, gli irrigidimenti diventano 7. Gli spessori delle lamiere sono i seguenti:

Fino a 8 m dalla testa del diaframma lo spessore di tutte le lamiere è pari a 16 mm valido per tutte e quattro le sezioni (primi 3 m lo spessore è 20 mm);

Per un tratto variabile, in funzione della sezione di calcolo analizzata, (sez.1: +13.5 m; sez. 2: +11.5 m; sez. 3: +11.0 m; sez. 4: +8.5 m) dalla quota di intestazione del diaframma nell'argilla grigio azzurra (da fine pannello), lo spessore delle lamiere è pari a 24 mm, tranne i tre irrigidimenti centrali che hanno spessore pari a 20 mm;

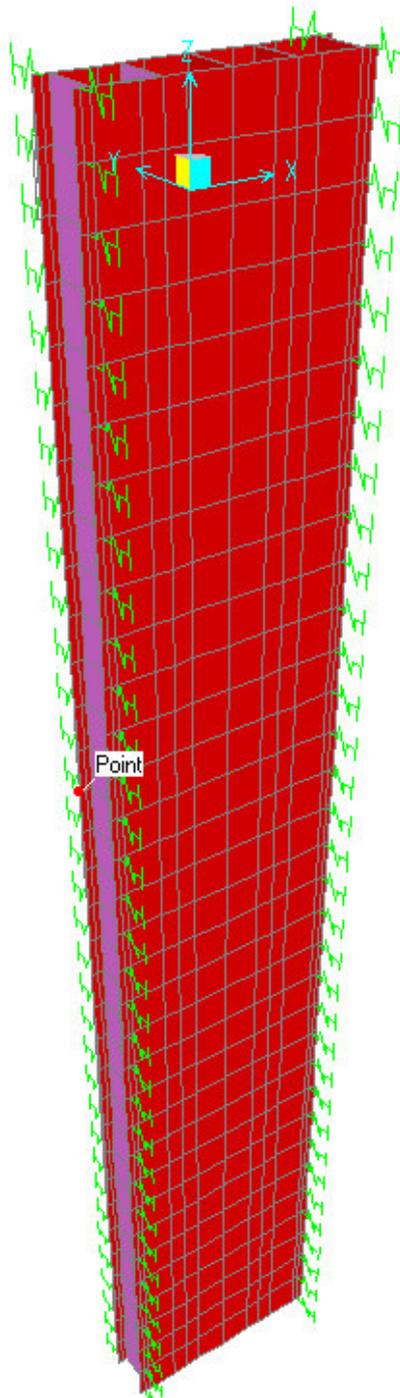
Lo spessore delle lamiere nel tratto centrale del diaframma è pari a 20 mm.


Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
 Rev. B
 c.d.c.: C296A
 511B



Modello tridimensionale del diaframma

9.2 CODICE DI CALCOLO

Per i calcoli e le modellazioni di cui alla presente relazione sono impiegati i codici di calcolo brevemente descritti di seguito.

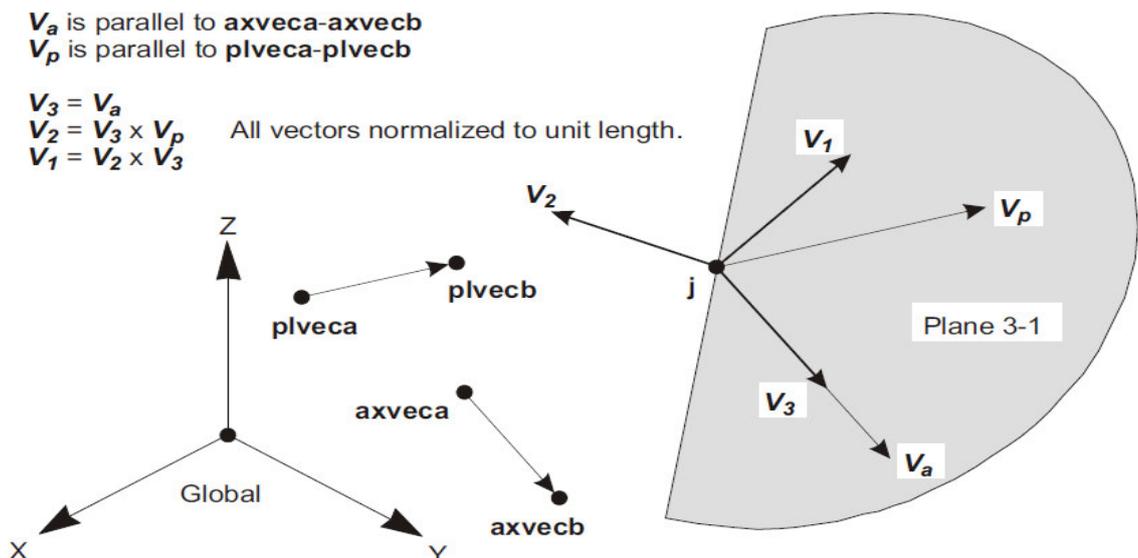
- SAP2000 Advanced 14

Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) prodotto dalla Computers and Structures Inc. 1995 University Ave. Berkeley CA., capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Il software è impiegato per la modellazione dell'intera opera, finalizzata all'analisi strutturale.

Il programma è un solutore agli E.F. (Elementi Finiti) capace di modellare strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, nell'ambito del comportamento lineare e non.

Sono disponibili i seguenti tipi di oggetto elencati in ordine di dimensione geometrica:

- "Point":
 - comune oggetti: sono automaticamente creati in angoli o estremità di tutti gli altri tipi di oggetti, e possono essere aggiunti in modo esplicito
 - collegamento a terra: sono utilizzate per modellare il comportamento di un sostegno speciale ad esempio isolatori, smorzatori, gap, molle multi-lineari
 - il sistema di riferimento per determinare l'orientamento di un elemento punto è:



- "Line":

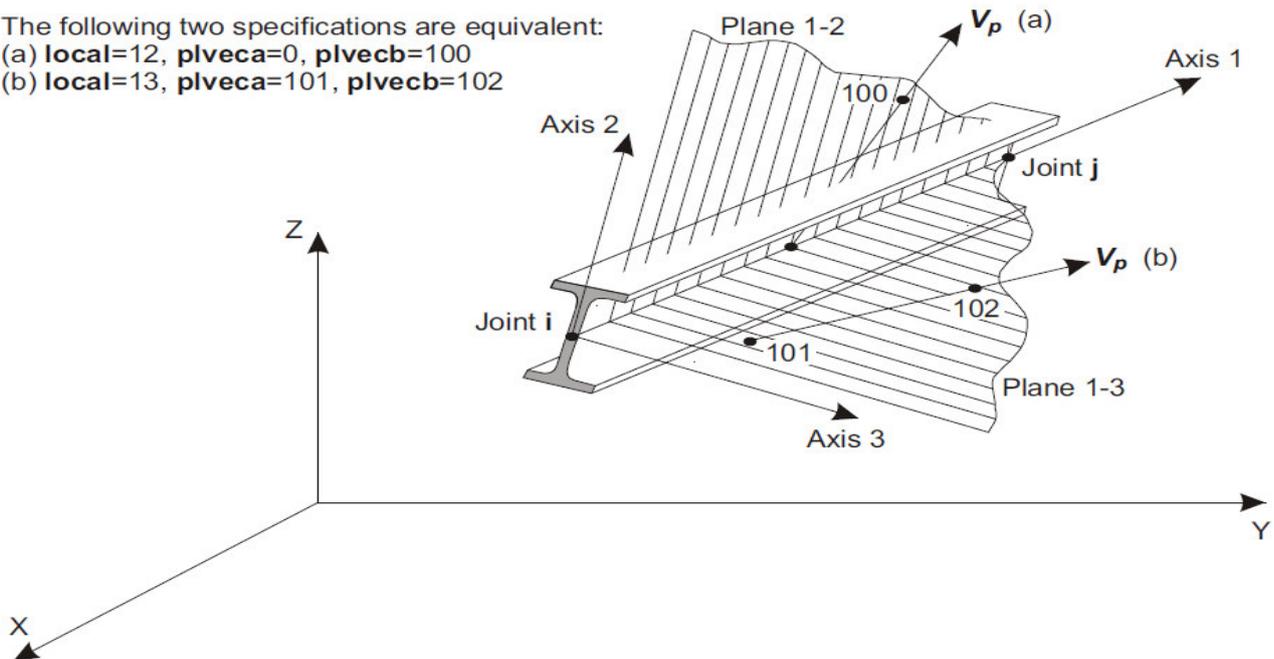
frame/cable/tendon: sono utilizzate per modellare le travi, colonne, braces, trusses, cavi e tiranti

collegamento tra oggetti: sono utilizzate per modellare il comportamento di un membro speciali ad esempio isolatori, smorzatori, gap, molle multi-lineari. A differenza degli oggetti o frame/cable/tendon, questi oggetti possono avere lunghezza zero.

il sistema di riferimento per determinare l'orientamento di un elemento linea è:

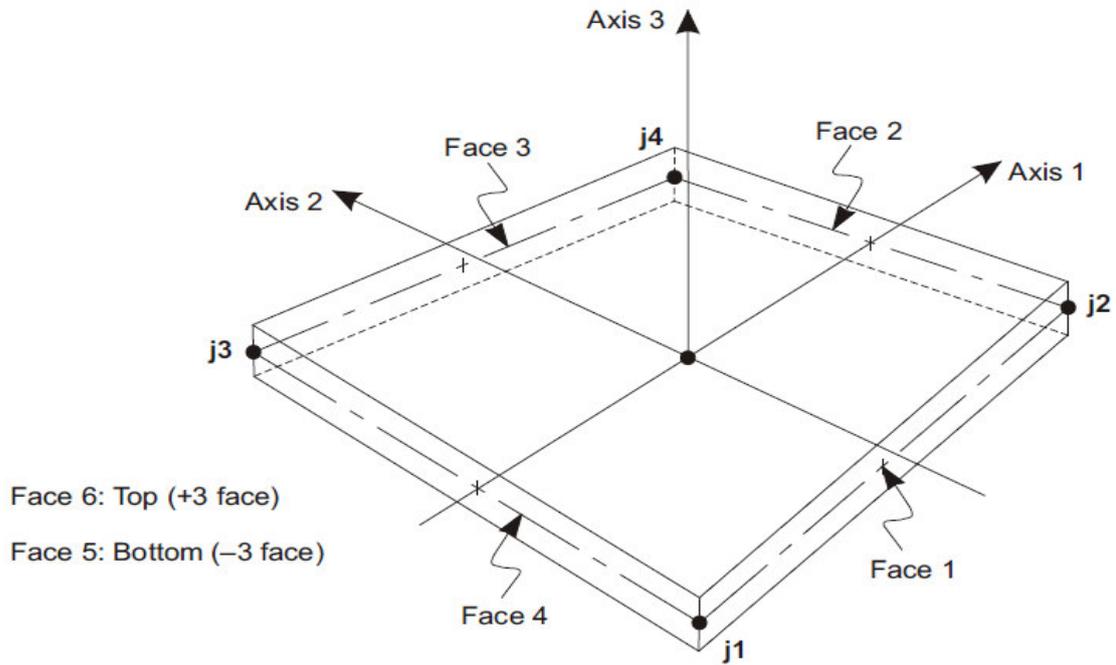
The following two specifications are equivalent:

- (a) local=12, plveca=0, plvecb=100
- (b) local=13, plveca=101, plvecb=102

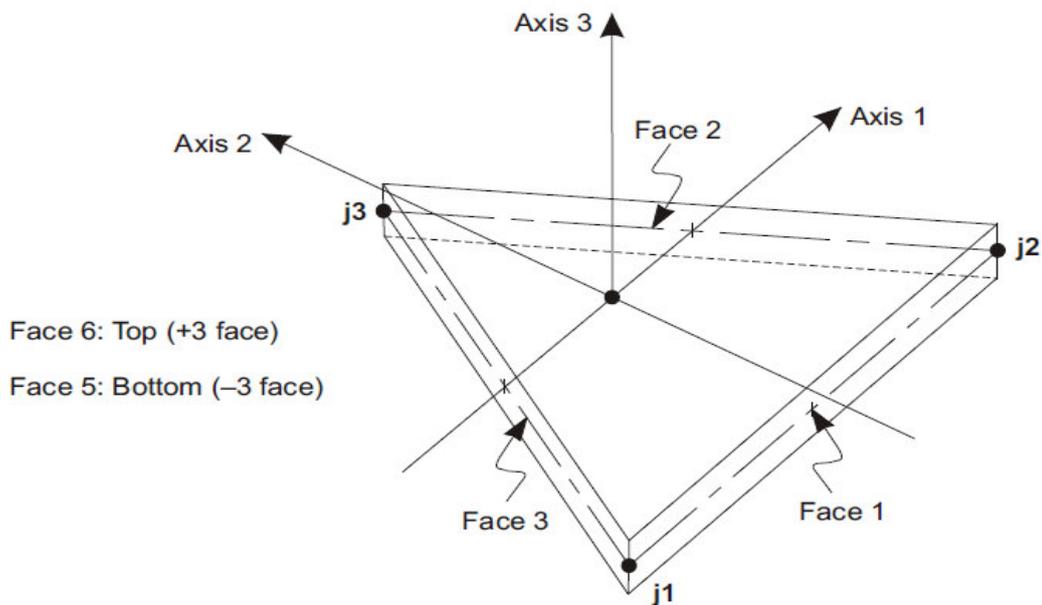


- “Area”:

vengono utilizzate per modellare le pareti, pavimenti e altri membri dotati di spessore, nonché solidi bidimensionale solids (plane stress, plane strain, and axisymmetric solids). Il sistema di riferimento per determinare l'orientamento di un elemento area è:



Four-node Quadrilateral Shell Element



Three-node Triangular Shell Element

- “Solid”:

sono utilizzate per la modellazione tridimensionale solida

Il programma SAP2000 permette di svolgere analisi atte a definire la risposta in conseguenza dell'applicazione di carichi mobili, analisi del dominio di frequenza (sia steady-state che power-spectral-density), del dominio del tempo e analisi di instabilità.

Mediante il programma si possono implementare nel modello di calcolo elementi a comportamento particolare quali: non linear link element (gaps, hooks, isolators, dampers, and multi-linear plasticity)

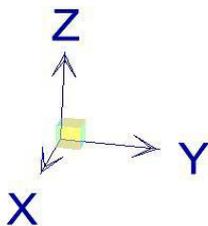
- a multi-linear plastic hinge
- catenary cable element
- nonlinear shell element

Il programma SAP2000 permette inoltre di condurre analisi tipo non lineare statica , analisi tipo pushover e analisi non lineari tipo time-history mediante l'utilizzo di analisi modale o integrazione diretta. software contempla la presenza di elementi bidimensionali (piani - shell) in grado di rappresentare sia il comportamento di lastra (effetti flessionali) quanto quello di membrana (sforzi di compressione e trazione), ed elementi tipo trave (beam).

Sistemi di riferimento

Il sistema di riferimento nei modelli di calcolo viene assunto con origine coincidente con la quota del livello del mare e in asse struttura.

La disposizione degli assi segue la “regola della mano destra”:



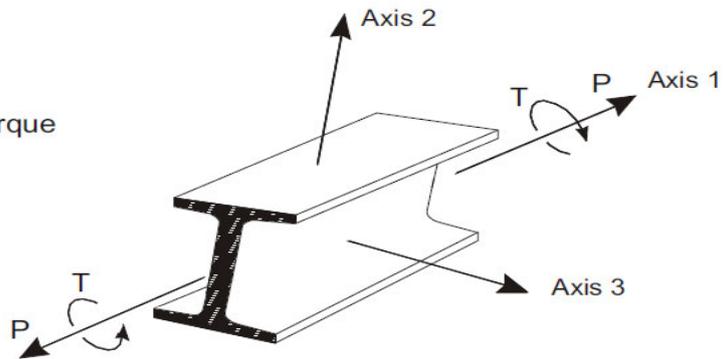
l'asse X è diretto secondo l'asse longitudinale della struttura;

l'asse Y è diretto secondo l'asse trasversale della struttura, positivo in direzione lato mare;

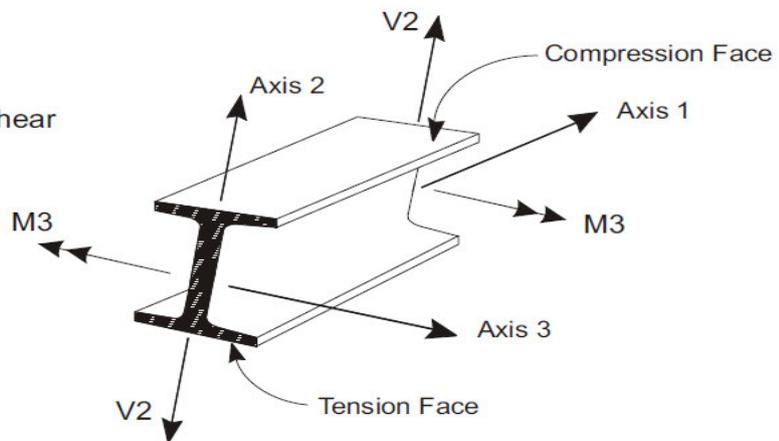
l'asse Z è diretto verso l'alto, positivo verso l'alto.

Si definiscono positive le azioni e sollecitazioni secondo la convenzione riportata nella figura successiva.

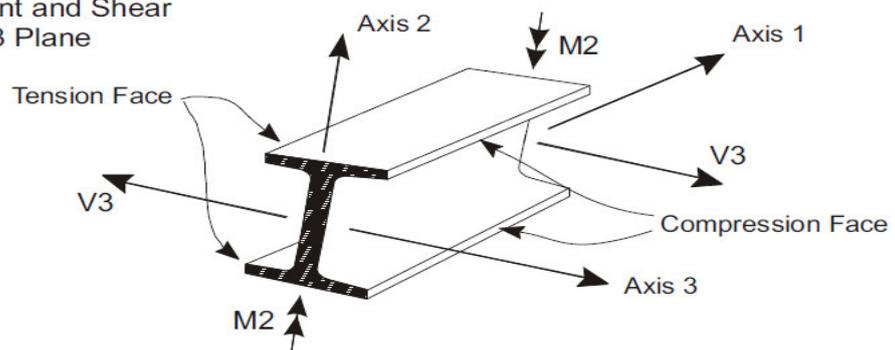
Positive Axial Force and Torque



Positive Moment and Shear in the 1-2 Plane



Positive Moment and Shear in the 1-3 Plane



9.3 FASI COSTRUTTIVE

Nell'elaborazione dei calcoli statici, sono state prese in considerazione, tra le varie fasi di costruzione del manufatto, al fine di individuare le massime sollecitazioni, le fasi specifiche che diano le maggiori pressioni sulle pareti esterne dei diaframmi, combinate con il valore delle pressioni all'interno delle pareti.

Di seguito si riporta la successione tipica di tutte le fasi di modellazione eseguite per l'analisi della struttura di sostegno, il cui studio viene esplicitato nel capitolo "verifica geotecnica" della presente relazione:

CONDIZIONE DRENATA

Identification	Phase no.	Start from
Initial phase	0	0
MARGINAMENTO	1	0
SVUOTAMENTO A -3,0 m s.l.m.	2	1
CRESTA D'ONDA (H =1,5 m; d = 9,5 m)	3	2
CAVO D'ONDA (H =1,5 m; d = 9,5 m)	4	2
REFLUIMENTO IN CASSA (z = +1.5 m s.l.m.)	5	2
SEDIMENTAZIONE MATERIALE E RISALITA FALDA A 0 m s.l.m.	6	5
CRESTA D'ONDA (H =1,5 m; d = 9,5 m)	7	6
CAVO D'ONDA (H = 1,5 m; d= 9,5 m)	8	6
RIEMPIMENTO MONOPALI	9	6
RIEMPIMENTO A + 3 m s.l.m. E CARICHI DI ESERCIZIO IN FASE TRANSITORIA (q = 10 kPa; T = 5.62 kN/m)	12	9
CRESTA D'ONDA (H =2,5 m; d = 9,5 m)	13	12
CAVO D'ONDA (H =2,5 m; d = 9,5 m)	14	12
SISMA +	15	12
SISMA -	16	12
ATTIVAZIONE VINCOLO IN TESTA	17	12
APPROFONDIMENTO DEL FONDALE A -16,5 m s.l.m.	18	17
COMPLETAMENTO DEL PIAZZALE ATTIVAZIONE DEI CARICHI DI ESERCIZIO AD OPERA FINITA (q = 40 kPa; T = 50 kN/m)	19	18
CRESTA D'ONDA (H =2,5 m; d = 16,5 m)	20	19
CAVO D'ONDA (H =2,5 m; d = 16,5 m)	21	19
SISMA +	22	19
SISMA -	23	19



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

CONDIZIONE NON DRENATA

Identification	Phase no.	Start from	Calculation
Initial phase	0	0	N/A
MARGINAMENTO	1	0	Plastic analysis
SVUOTAMENTO A -3,0 m s.l.m.	2	1	Plastic analysis
CRESTA D'ONDA (H =1,5 m; d = 9,5 m)	3	2	Plastic analysis
CAVO D'ONDA (H =1,5 m; d = 9,5 m)	4	2	Plastic analysis
REFLUIMENTO IN CASSA (z = +1,5 m s.l.m.)	5	2	Plastic analysis
SEDIMENTAZIONE MATERIALE E RISALITA FALDA A 0 m s.l.m.	6	5	Plastic analysis
CRESTA D'ONDA (H =1,5 m; d = 9,5 m)	7	6	Plastic analysis
CAVO D'ONDA (H = 1,5 m; d= 9,5 m)	8	6	Plastic analysis
RIEMPIMENTO MONOPALI	9	6	Plastic analysis
RIEMPIMENTO VASCA FINO A QUOTA +1,5 m s.l.m.	10	9	Plastic analysis
CONSOLIDAZIONE	11	10	Consolidation analysis
RIEMPIMENTO A + 3 m s.l.m. E CARICHI DI ESERCIZIO IN FASE TRANSITORIA (q = 10 kPa; T = 100 kN)	12	11	Plastic analysis
CRESTA D'ONDA (H =2,5 m; d = 9,5 m)	13	12	Plastic analysis
CAVO D'ONDA (H =2,5 m; d = 9,5 m)	14	12	Plastic analysis
SISMA +	15	12	Plastic analysis
SISMA -	16	12	Plastic analysis
ATTIVAZIONE VINCOLO IN TESTA	17	12	Plastic analysis
APPROFONDIMENTO DEL FONDALE A -16,5 m s.l.m.	18	17	Plastic analysis
COMPLETAMENTO DEL PIAZZALE ATTIVAZIONE DEI CARICHI DI ESERCIZIO AD OPERA FINITA (q = 40 kPa; T = 100 kN)	19	18	Plastic analysis
CRESTA D'ONDA (H =2,5 m; d = 16,5 m)	20	19	Plastic analysis
CAVO D'ONDA (H =2,5 m; d = 16,5 m)	21	19	Plastic analysis
SISMA +	22	19	Plastic analysis
SISMA -	23	19	Plastic analysis

**Autorità Portuale di Taranto**

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.4 ANALISI DEI CARICHI DEI DIAFRAMMI

9.4.1 Diagramma di pressioni esterne

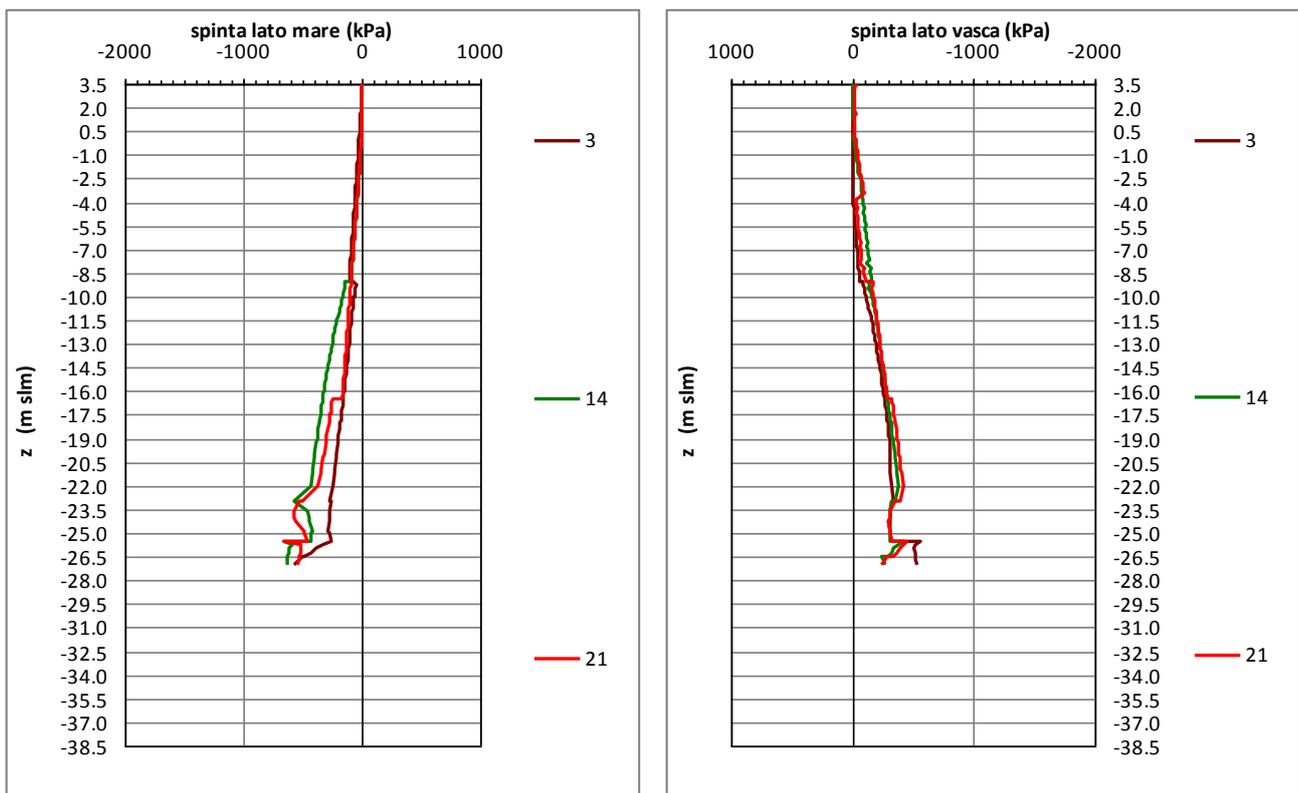
In base alle fasi costruttive descritte sopra, si individuano le fasi che forniscono il valore maggiore di pressione sulle pareti esterne del diaframma.

Le fasi per la sezione 1 sono le seguenti:

- CONDIZIONE NON DRENATA N.3: Dewatering a -3.0 m slm + onda di cresta (colore marrone);
- CONDIZIONE NON DRENATA N.14: Esercizio provvisorio+ cavo d'onda (colore verde);
- CONDIZIONE NON DRENATA N.21: Esercizio +cavo d'onda (colore rosso).

Per ciascuna sezione di calcolo vengono riportati i diagrammi di pressioni esterne più gravosi:

SEZ. 1: DIAFRAMMA DI LUNGHEZZA PARI A 29.5 m

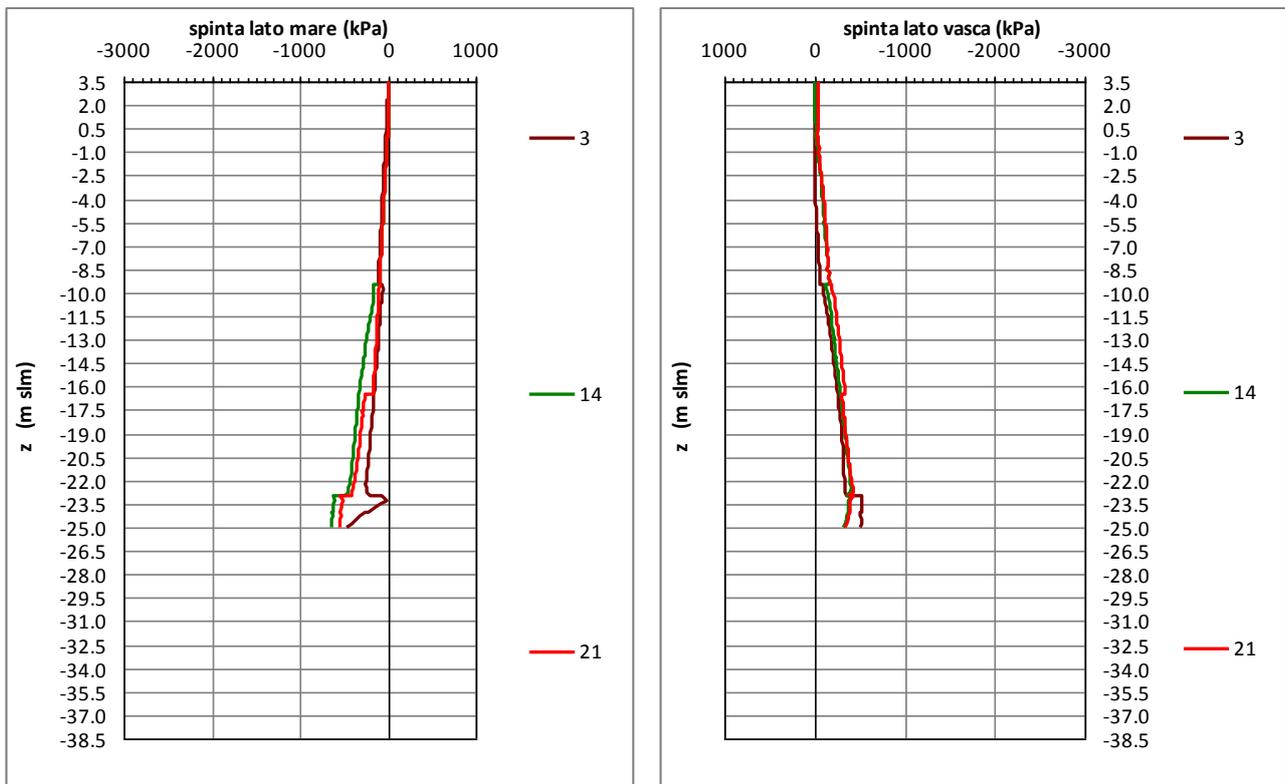


Diagrammi di pressioni esterne – sez. 1

Le fasi per la sezione 2 sono le seguenti:

- CONDIZIONE NON DRENATA N.3: Dewatering a -3.0 m slm + onda di cresta (colore marrone);
- CONDIZIONE NON DRENATA N.14: Esercizio provvisorio+ cavo d'onda (colore verde);
- CONDIZIONE NON DRENATA N.21: Esercizio +cavo d'onda (colore rosso).

SEZ. 2: DIAFRAMMA DI LUNGHEZZA PARI A 27 m

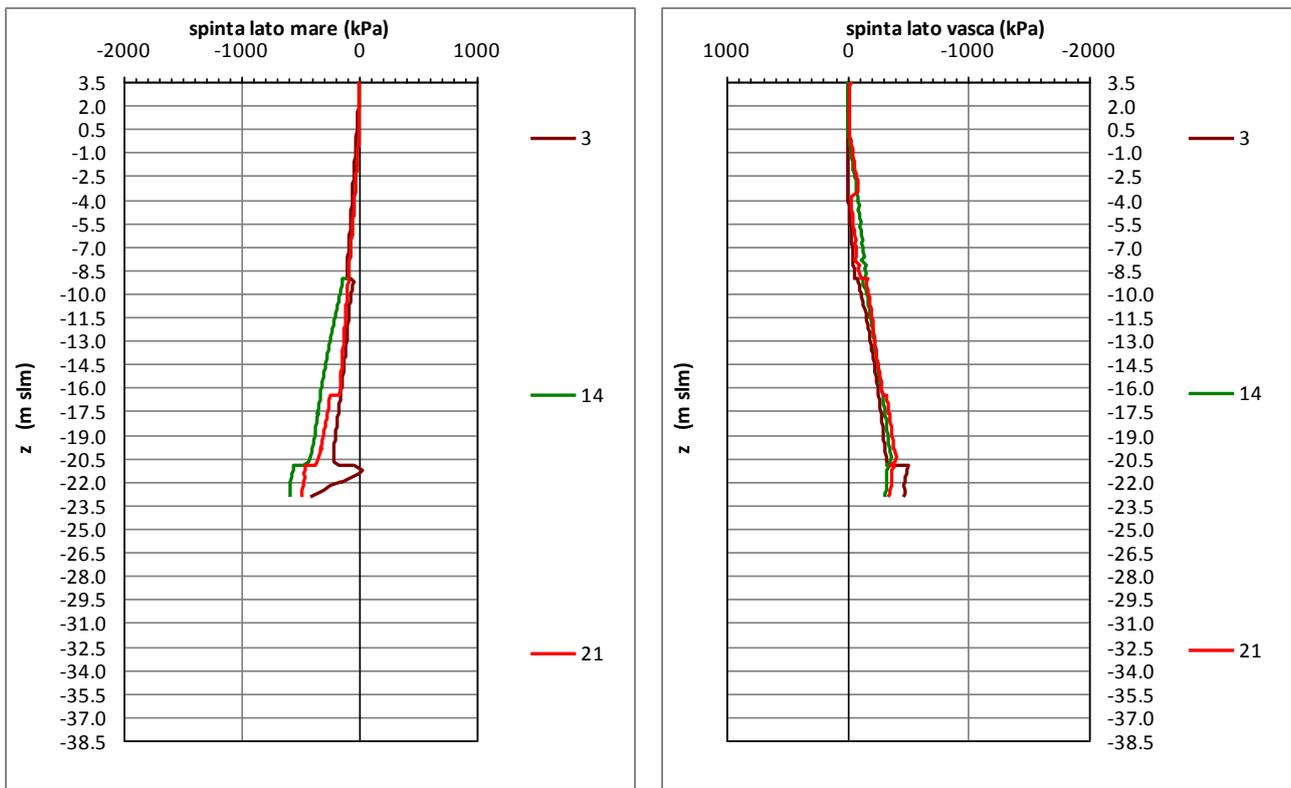


Diagrammi di pressioni esterne – sez. 2

Le fasi per la sezione 3 sono le seguenti:

- CONDIZIONE NON DRENATA N.3: Dewatering a -3.0 m slm + onda di cresta (colore marrone);
- CONDIZIONE NON DRENATA N.14: Esercizio provvisorio+ cavo d'onda (colore verde);
- CONDIZIONE NON DRENATA N.21: Esercizio +cavo d'onda (colore rosso) .

SEZ. 3: DIAFRAMMA DI LUNGHEZZA PARI A 25 m

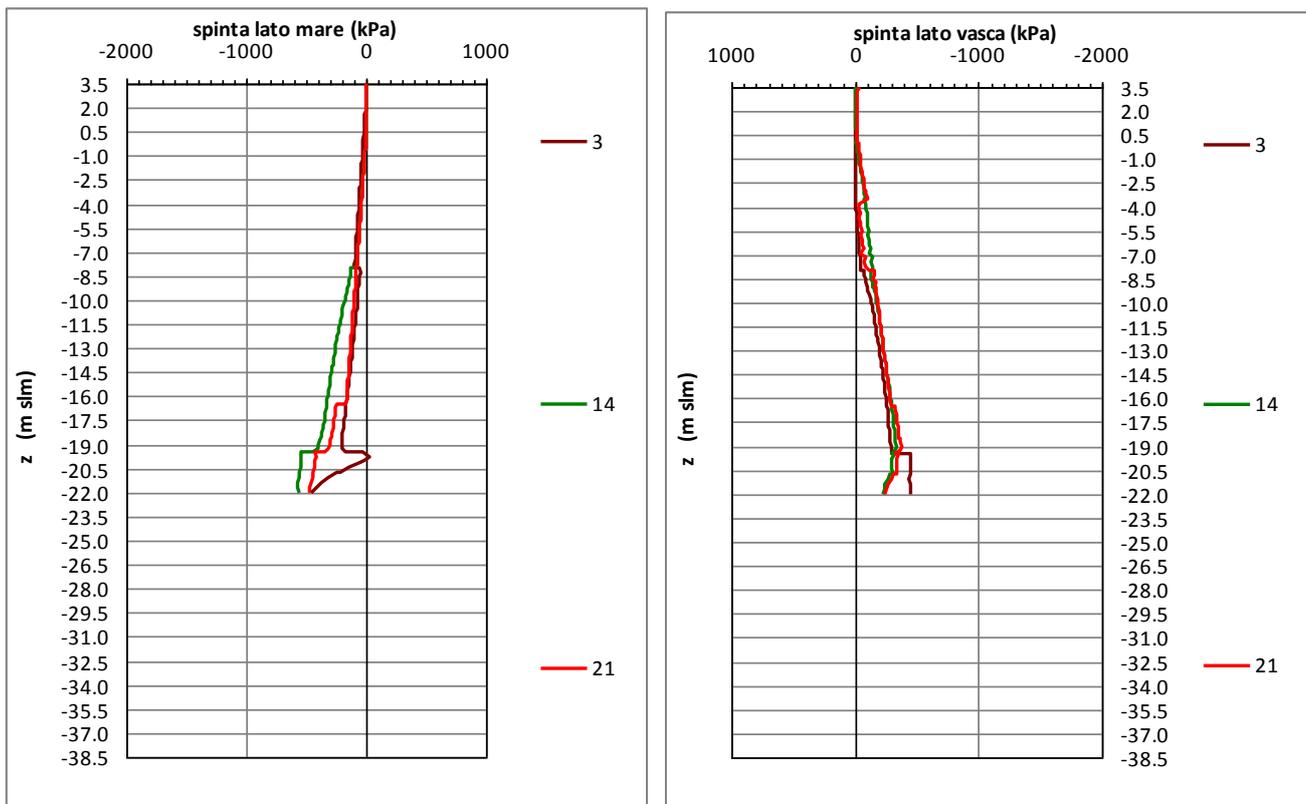


Diagrammi di pressioni esterne – sez. 3

Le fasi per la sezione 4 sono le seguenti:

- CONDIZIONE NON DRENATA N.3: Dewatering a -3.0 m slm + onda di cresta (colore marrone);
- CONDIZIONE NON DRENATA N.14: Cavo d'onda (colore verde);
- CONDIZIONE NON DRENATA N.19: Esercizio (colore rosso).

SEZ. 4: DIAFRAMMA DI LUNGHEZZA PARI A 23.5 m



Diagrammi di pressioni esterne – sez. 4

9.4.2 Diagramma di pressioni interne

La presenza del terreno all'interno del diaframma fornisce un diagramma di pressione interna valutata mediante un coefficiente di spinta a riposo medio pari a 0.7 e un peso di volume medio pari a 15 kN/mc. Si considerano due diagrammi di pressione prodotta dal terreno che si trova a quote diverse:

la testa del terreno e dell'acqua all'interno del diaframma è posta a quota fondale marino;

la testa del terreno e dell'acqua all'interno del diaframma è posta a quota 0,00 m slm.

Questi diagrammi vanno combinati con i diagrammi di pressioni esterne specificati in precedenza. In particolare il diagramma prodotto dal terreno a quota fondale marino (colore blu) va combinato con le fasi iniziali che prevedono il solo dewatering.

Mentre il diagramma di pressione prodotto dal terreno, collocato all'interno del diaframma fino a quota 0,00 m slm, e dall'acqua a quota 0,00 m slm, , va combinato con i diagrammi che prevedono la colmata e l'esercizio del piazzale.

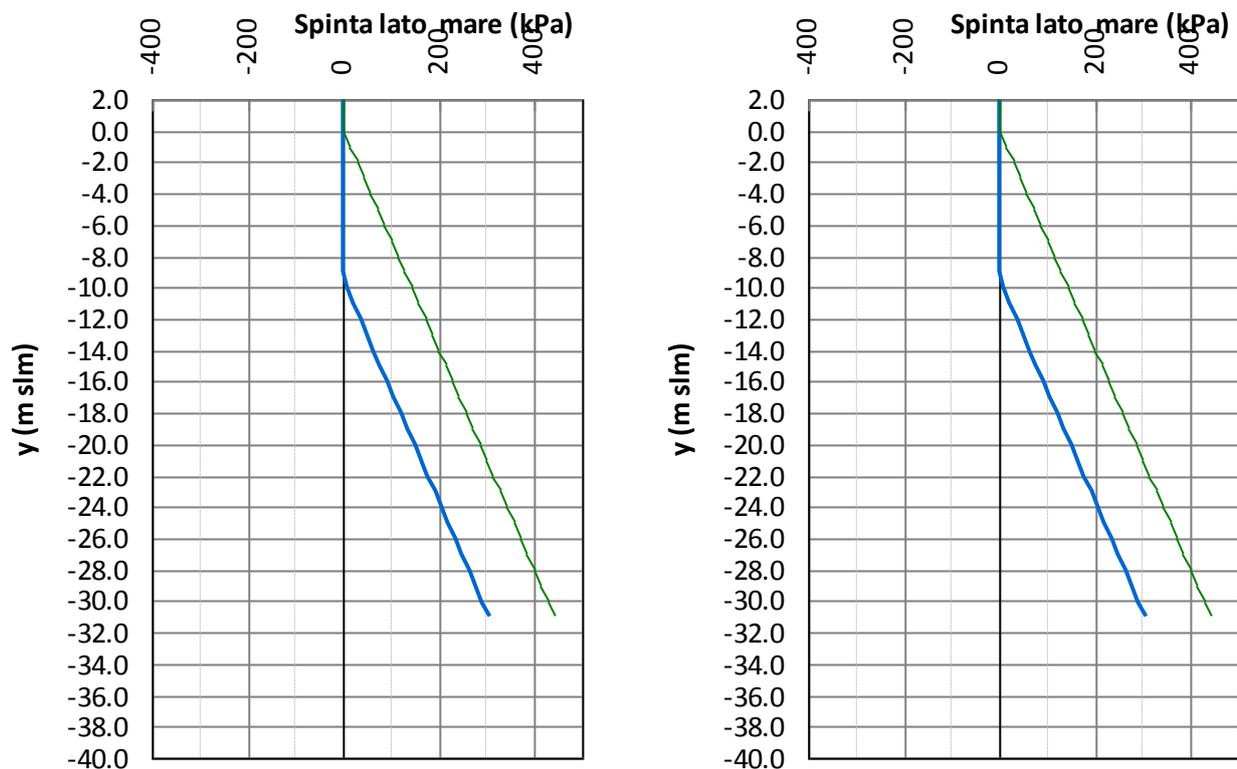
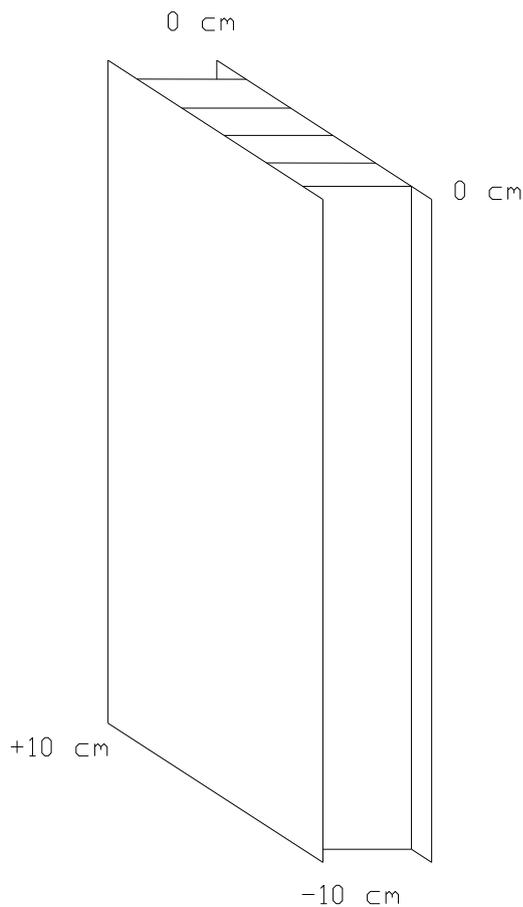


Diagramma di pressioni interne

9.4.3 Distorsioni di progetto

E' stata data una distorsione di progetto di +/- 10 cm tra i 4 spigoli verticali per tenere in conto di un'eventuale non complanarità della parete verticale durante l'infissione dovuta ad una non verticalità dell'infissione dei monopali:



Distorsione di progetto

9.5 COMBINAZIONE DEI CARICHI ELEMENTARI

I diagrammi di pressione esterna ed interna, combinate come descritto nei cap. 6 e 7 della presente relazione, devono essere combinati con le distorsioni di progetto, secondo i coefficienti di combinazione del DM del 14/01/2008 di seguito riportati.

Combinazione SLE

Configurazione di carico per fasi - Combinazione SLE						SLE
Distorsioni	γ_{ε}	1	ψ_2	0.6	0.6	Prodotte da difetti di verticalità durante l'infissione

Combinazione STR

Configurazione di carico per fasi - Combinazione STR						STR
Distorsioni	γ_{\square}	1.2	ψ_2	0.6	0.72	Prodotte da difetti di verticalità durante l'infissione

Combinazione ECC

Configurazione di carico per fasi - Combinazione ECC						ECC
Distorsioni	γ_{\square}	1.2	ψ_2	0.6	0.72	Prodotte da difetti di verticalità durante l'infissione

Combinazione SISMICA

Configurazione di carico per fasi - Combinazione SISMICA						SISMICA
Distorsioni	γ_{\square}	1.2	ψ_2	0.6	0.72	Prodotte da difetti di verticalità durante l'infissione



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

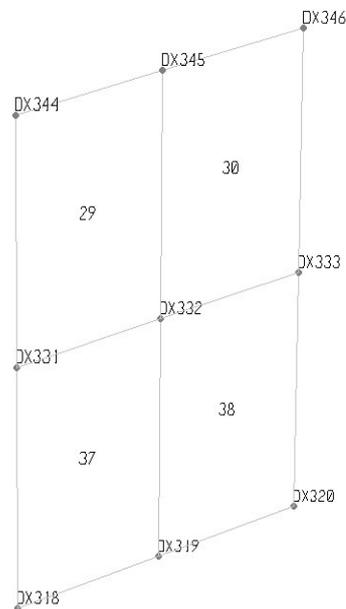
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.6 RISULTATI – STATO TENSIONALE DIAFRAMMA – SEZ. 1

Lo stato tensionale riportato graficamente, è quello mediato tra le tensioni di ciascun nodo provenienti dai quattro elementi convergenti nello stesso nodo:

Lo stato tensionale nel nodo DX332 è pari a:

$$S11_{DX332} = (S11_{DX332,29} + S11_{DX332,30} + S11_{DX332,37} + S11_{DX332,38})/4$$

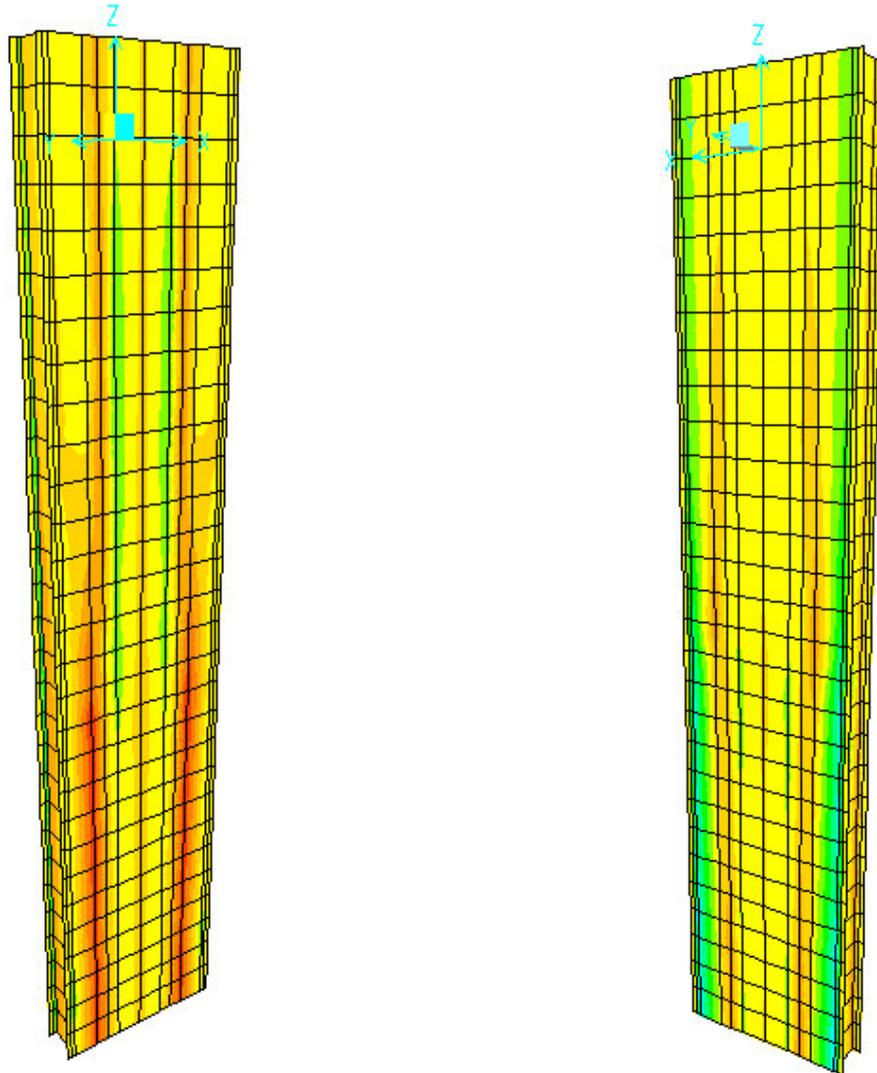


Esempio di 4 elementi “area” convergenti nel nodo DX332

9.6.1 Stato di tensione assiale

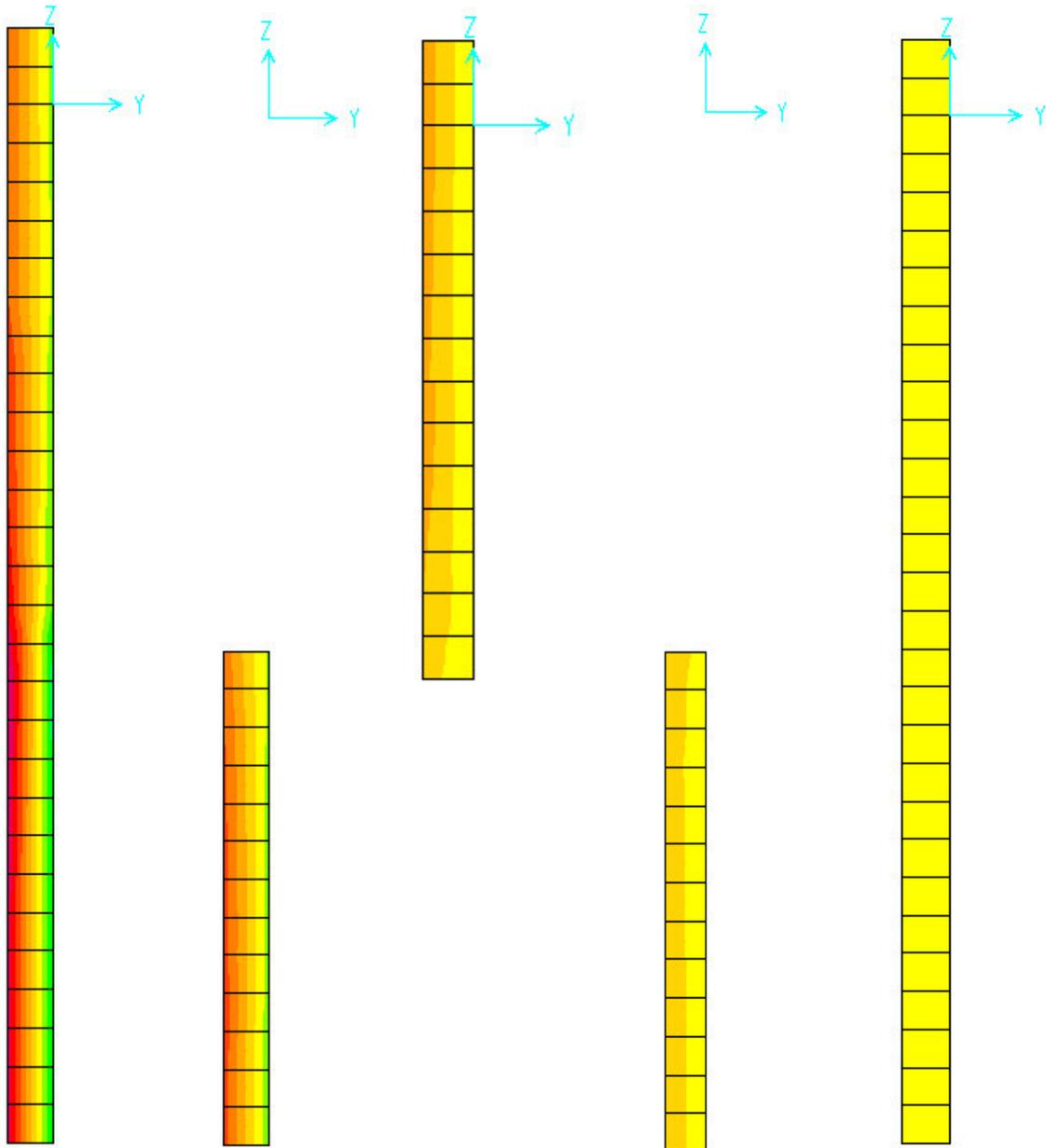
Di seguito riportiamo i diagrammi dello stato tensionale massimo assiale lungo le fibre orizzontali (S11 – in kN/m²) relativi ai principali elementi del modello di calcolo e relativi all’involuppo delle combinazioni di carico.

9.6.1.1 Stato tensionale prodotto dalle pressioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



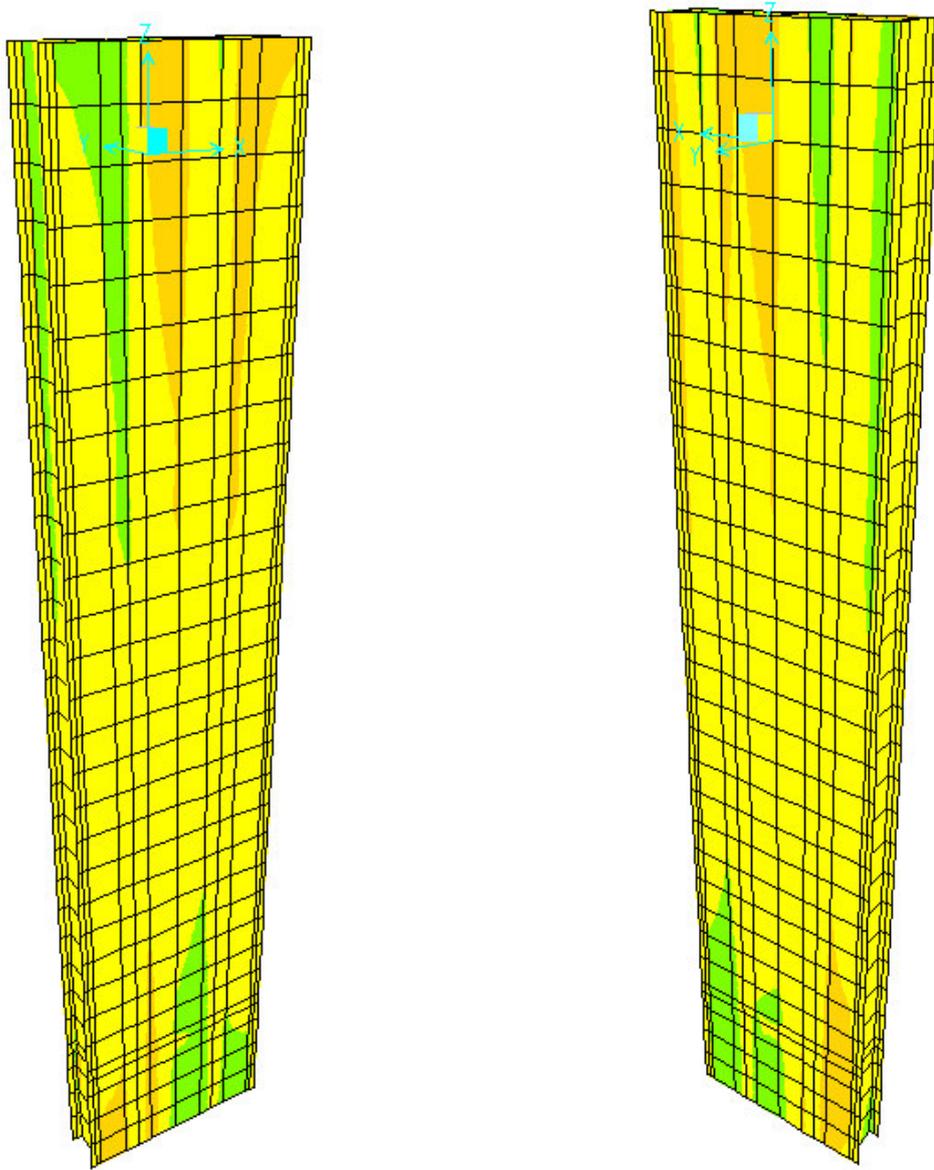
Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

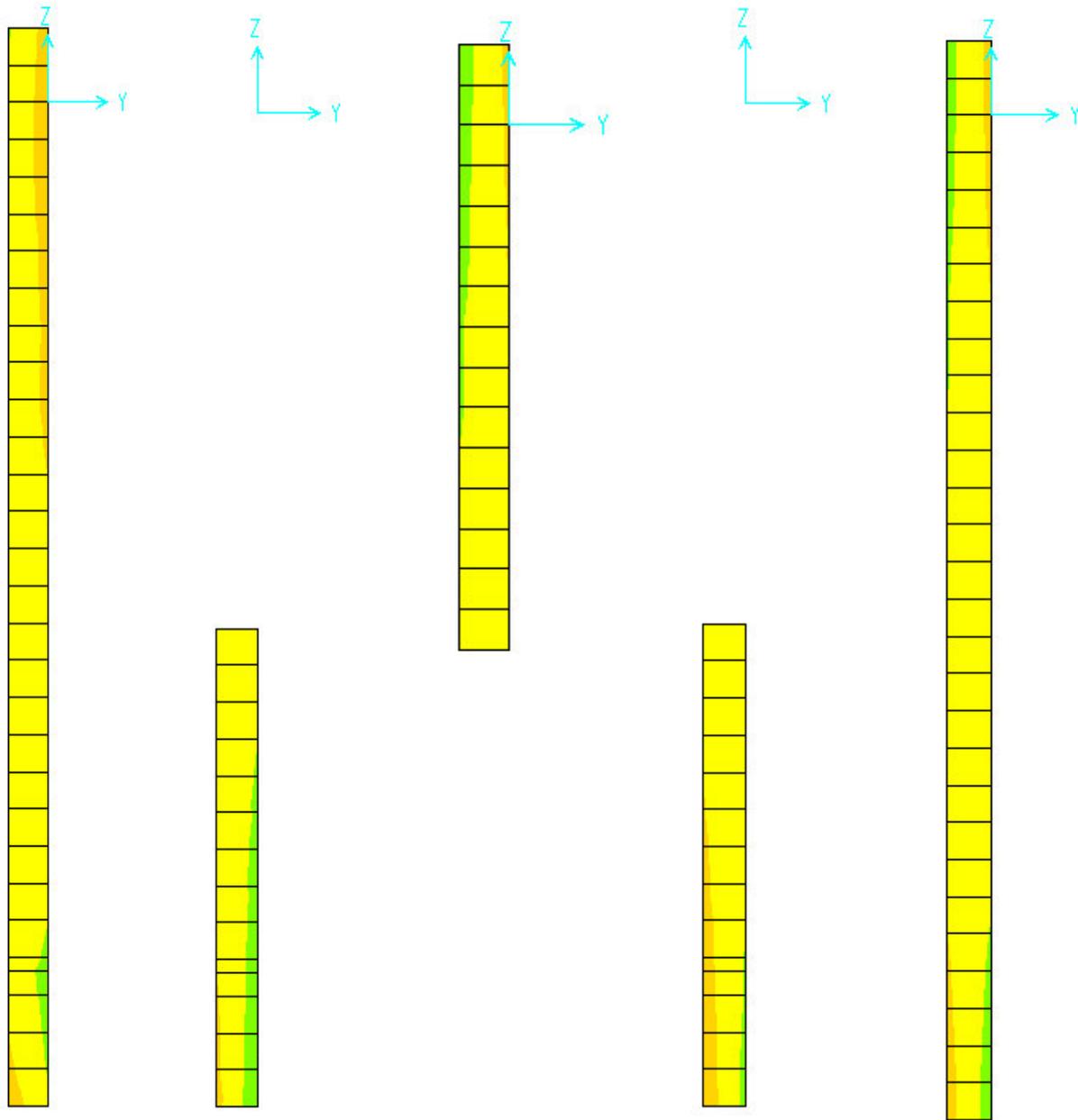
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.6.1.2 Stato tensionale prodotto dalle distorsioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

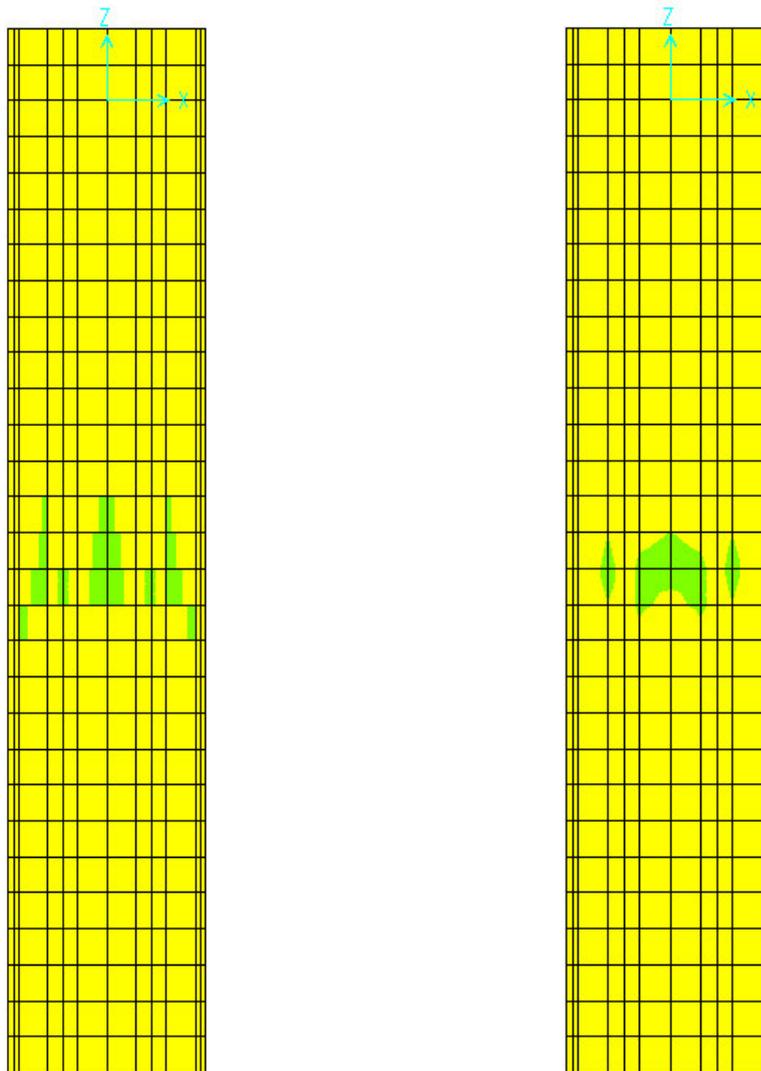
Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.6.2 Stato di tensione tangenziale

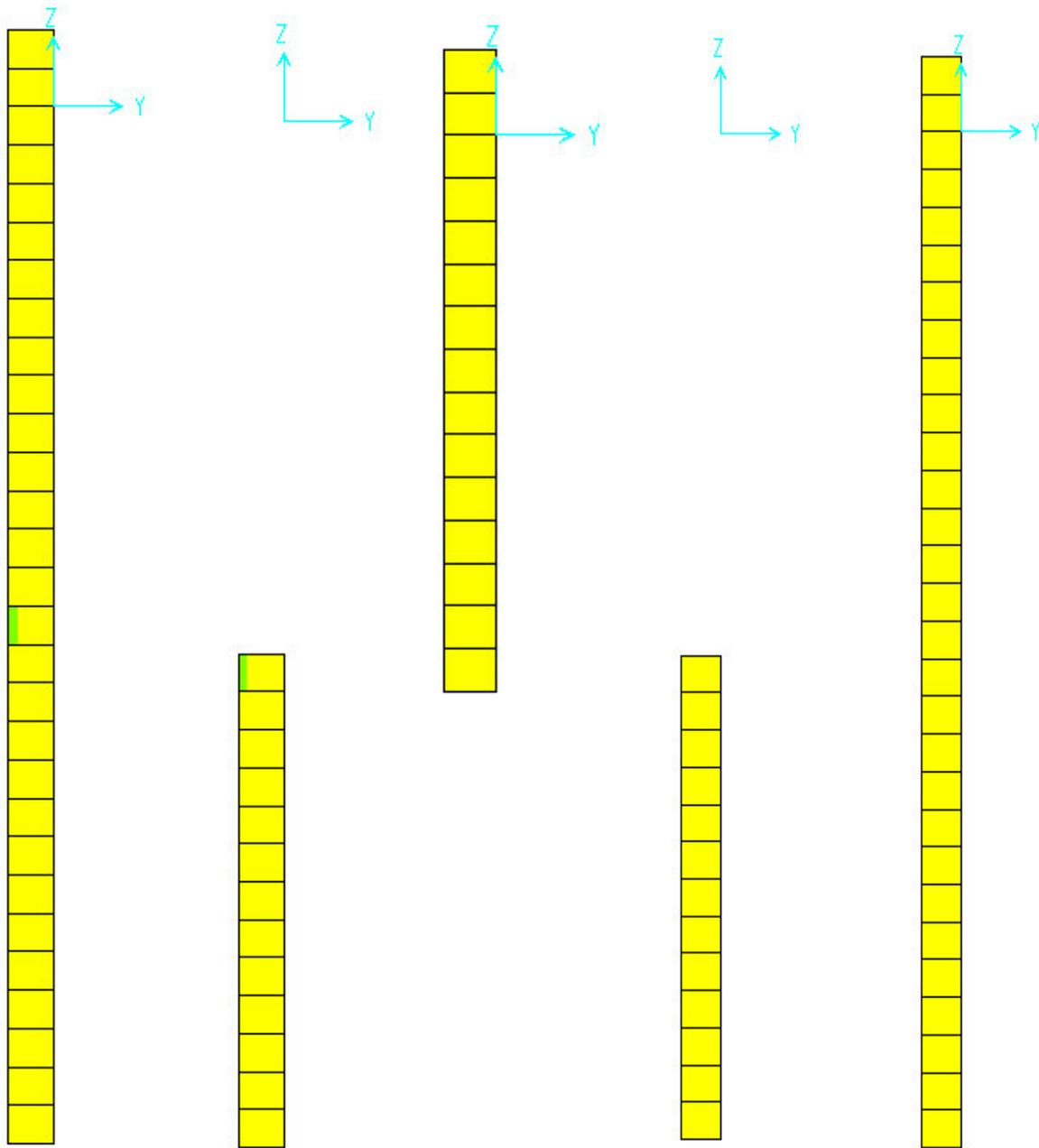
Di seguito riportiamo i diagrammi dello stato tensionale massimo trasversale lungo le fibre orizzontali (S23 – in kN/m²) relativi ai principali elementi del modello di calcolo e relativi a all'involuppo delle combinazioni di carico:

9.6.2.1 Stato tensionale prodotto dalle pressioni sulle lamiere



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



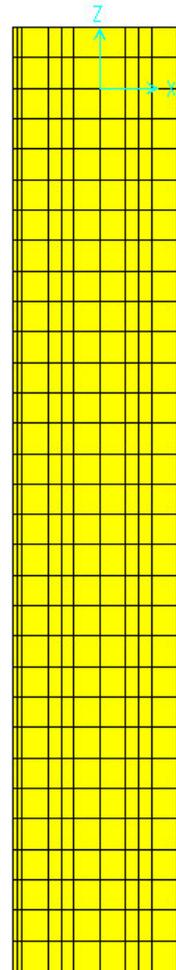
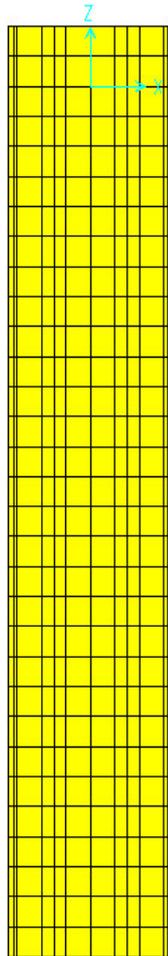
Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

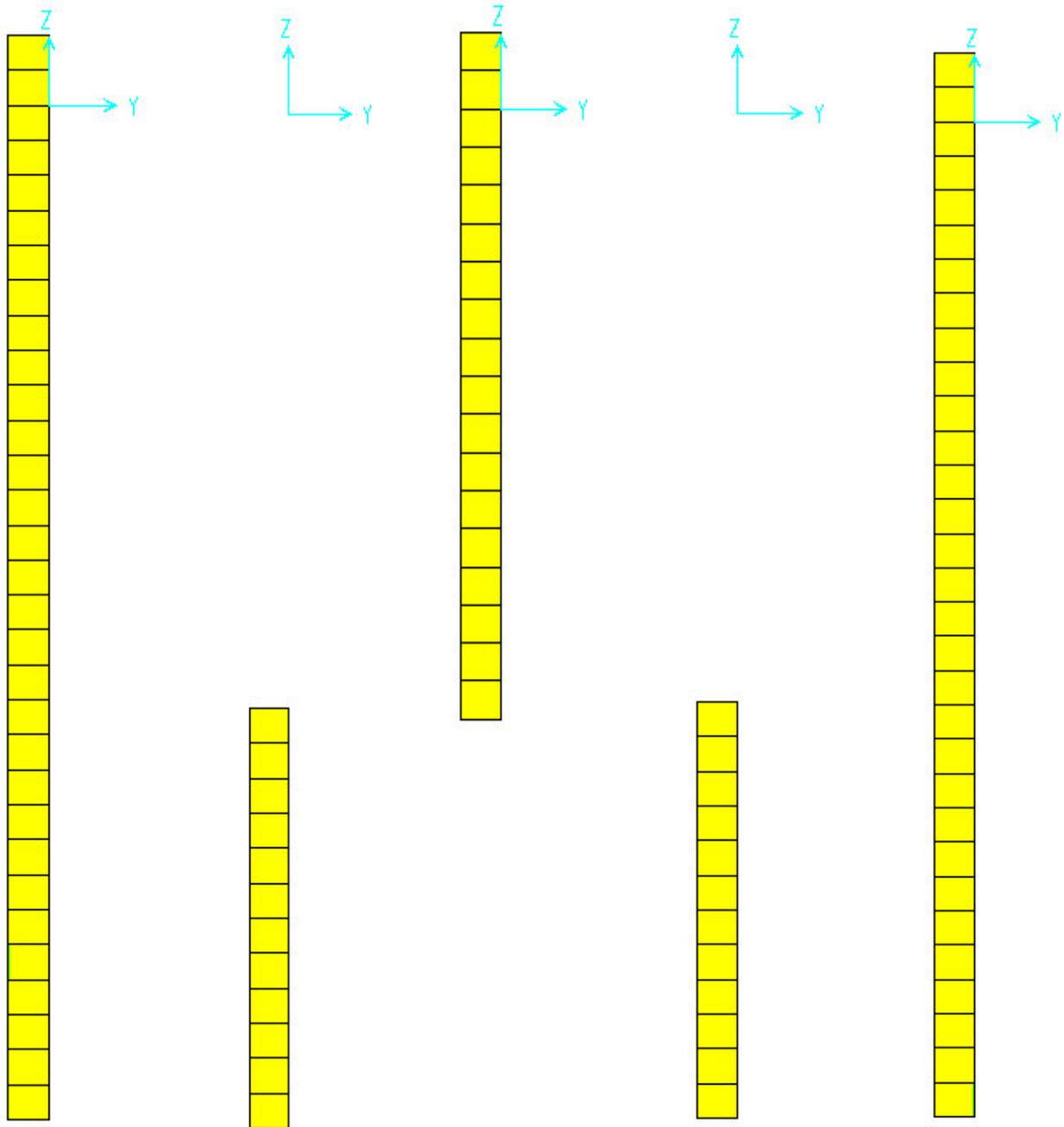
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.6.2.2 Stato tensionale prodotto dalle distorsioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.6.3 Verifica dello stato tensionale assiale sulle lamiere

La verifica viene condotta sommando le tensioni provenienti dalle pressioni sulle lamiere e le tensioni provenienti dalle distorsioni:

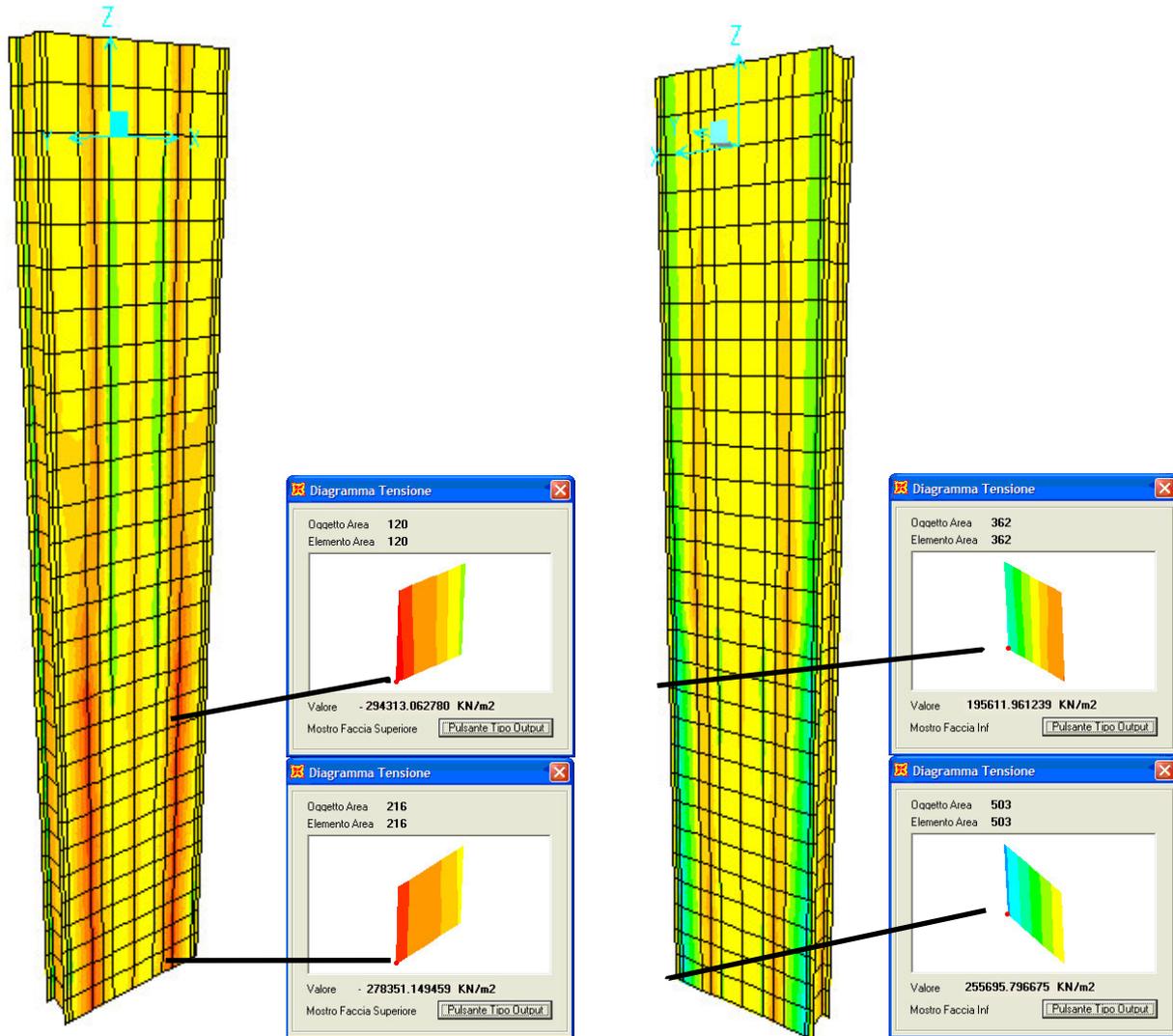


Diagramma tensionale assiale massimo dovuto alle sole pressioni lato colmata e lato mare

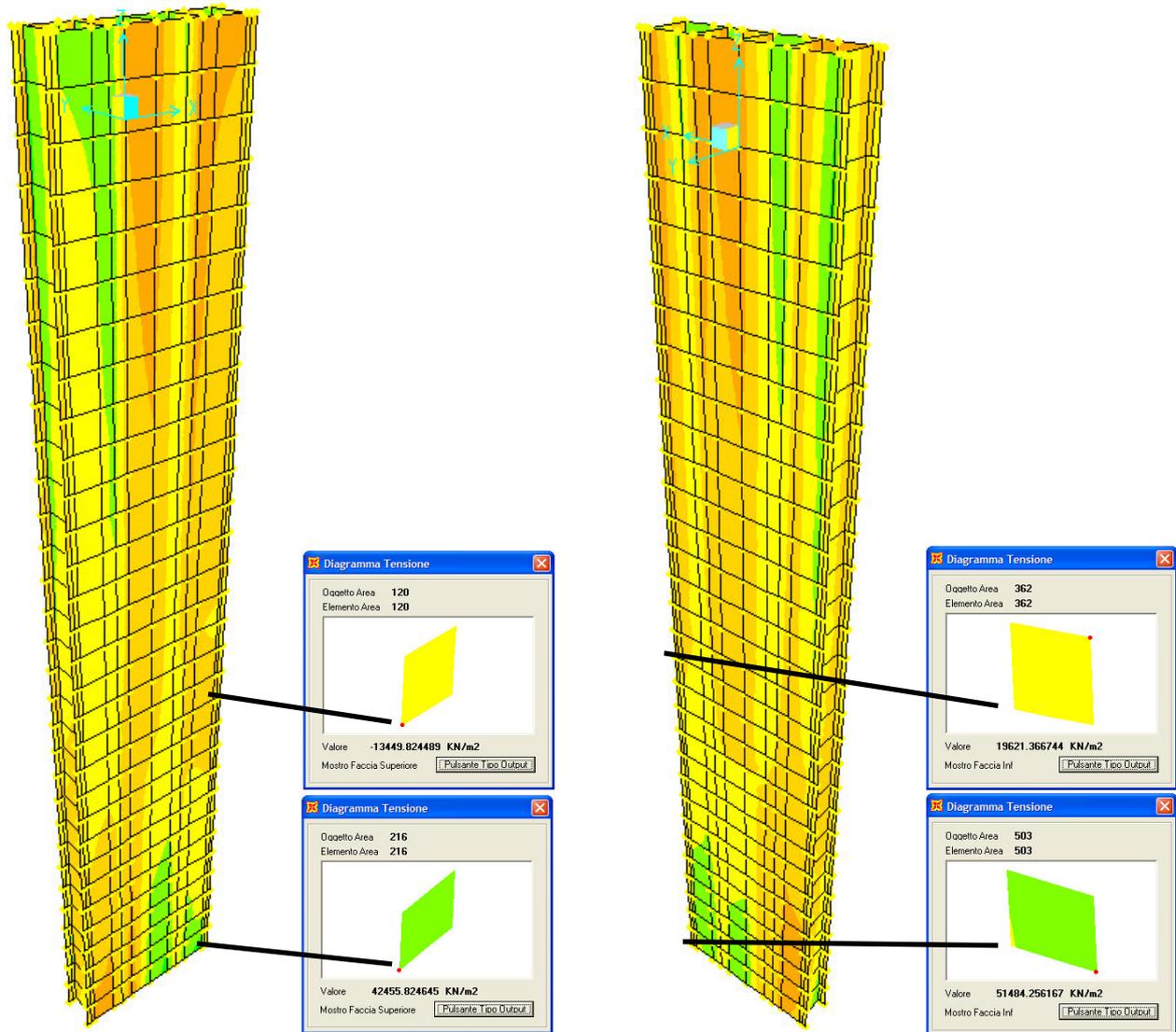


Diagramma tensionale assiale massimo dovuto alle distorsioni lato colmata e lato mare

Lo stato tensionale assiale massimo è pari a:

Elemento "shell" 120:

$$\sigma_{\max} = 294313 + 13450 = 307763 \text{ kN/m}^2 = 307.77 \text{ MPa} < f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 355/1.05 = 338.09 \text{ MPa}$$

Elemento "shell" 503:

$$\sigma_{\max} = 278351 + 42456 = 320807 \text{ kN/m}^2 = 320.81 \text{ MPa} < f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 355/1.05 = 338.09 \text{ MPa}$$

9.6.4 Verifica dello stato tensionale tangenziale sugli irrigidimenti

Dall'analisi delle tensioni prodotte dalle pressioni e dalle distorsioni si ottiene una tensione tangenziale massima pari a:

$$\tau_{Ed} = 11903 + 531 = 12434 \text{ kN/m}^2 = 12.44 \text{ MPa} < 0.5 \cdot \tau_{Rd} = 0.5 \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 97.6 \text{ MPa}$$

- la verifica è soddisfatta.

Essendo la tensione tangenziale di calcolo inferiore a metà della tensione tangenziale resistente, si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

La verifica all'instabilità pannello soggetto a taglio deve essere condotta se

$$\frac{h_w}{t} > \frac{72}{\eta} \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}}$$

Nel nostro caso tale rapporto è uguale a:

$$\frac{h_w}{t} = \frac{1.16}{0.02} = 58 \text{ (con } t=0.02 \text{ m spessore medio irrigidimento; } h_w=1.16 \text{ altezza media irrig.)}$$

e risulta essere minore del limite:

$$\frac{72}{\eta} \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}} = 58.58 \text{ (con } f_{yk}=355 \text{ MPa)}$$

Pertanto la verifica di instabilità del pannello di irrigidimento può essere omessa.

9.6.5 Verifica eformabilità in esercizio (SLE)

U1 = 0
U2 = -0.0244
U3 = 0
R1 = .0000033
R2 = 0
R3 = -.00001

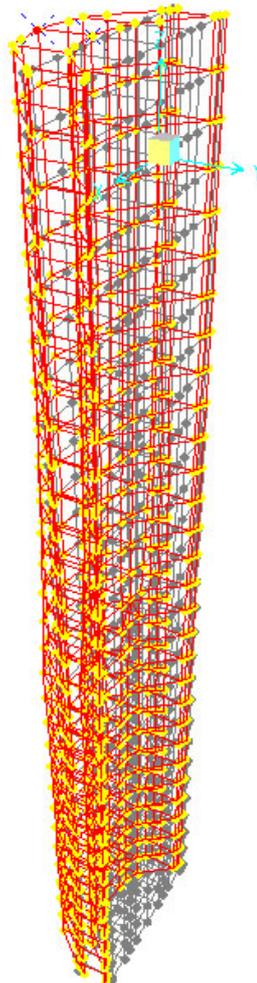


Diagramma di massime deformazioni

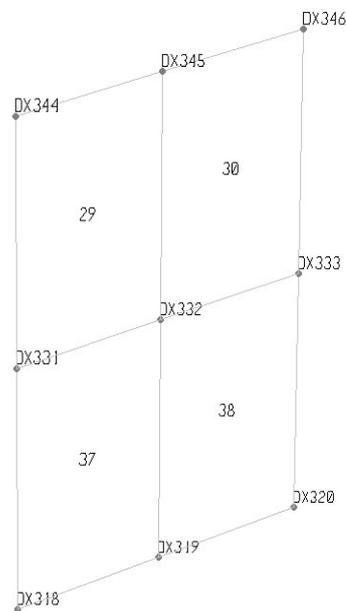
$$U2 = 0.0244 \text{ m} < 1/200 \cdot H = 1/200 \cdot 5.75 = 0.02875 \text{ m}$$

9.7 RISULTATI – STATO TENSIONALE DIAFRAMMA – SEZ. 2

Lo stato tensionale riportato graficamente, è quello mediato tra le tensioni di ciascun nodo provenienti dai quattro elementi convergenti nello stesso nodo:

Lo stato tensionale nel nodo DX332 è pari a:

$$S11_{DX332} = (S11_{DX332,29} + S11_{DX332,30} + S11_{DX332,37} + S11_{DX332,38})/4$$

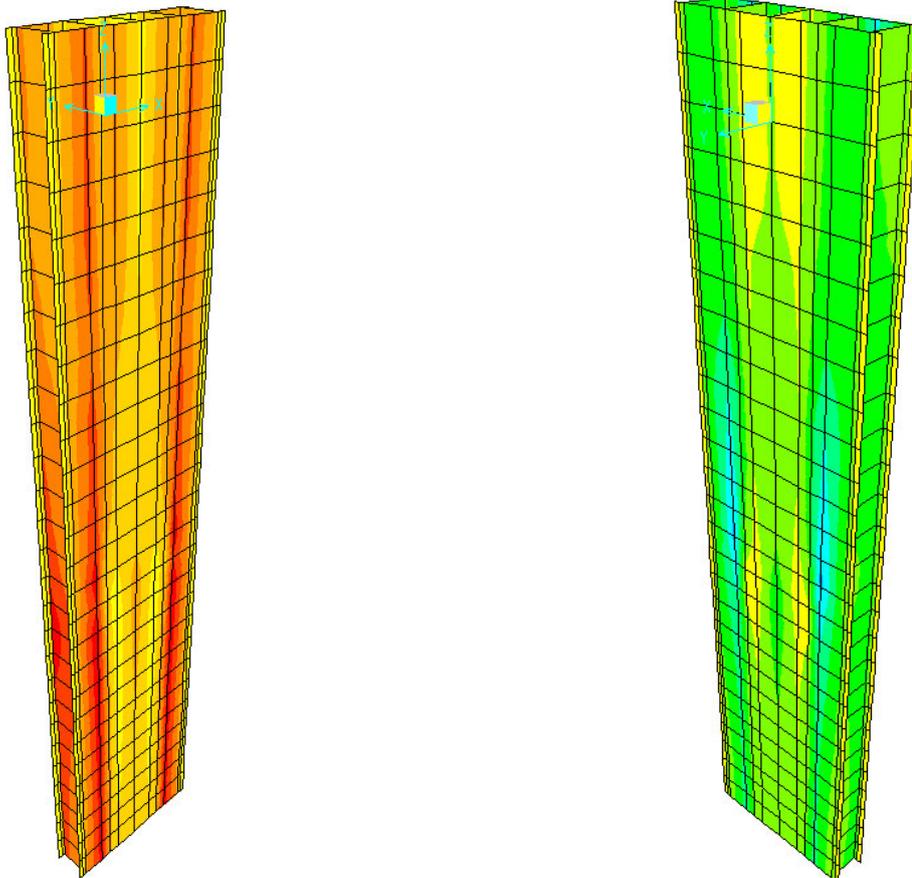


Esempio di 4 elementi “area” convergenti nel nodo DX332

9.7.1 Stato di tensione assiale

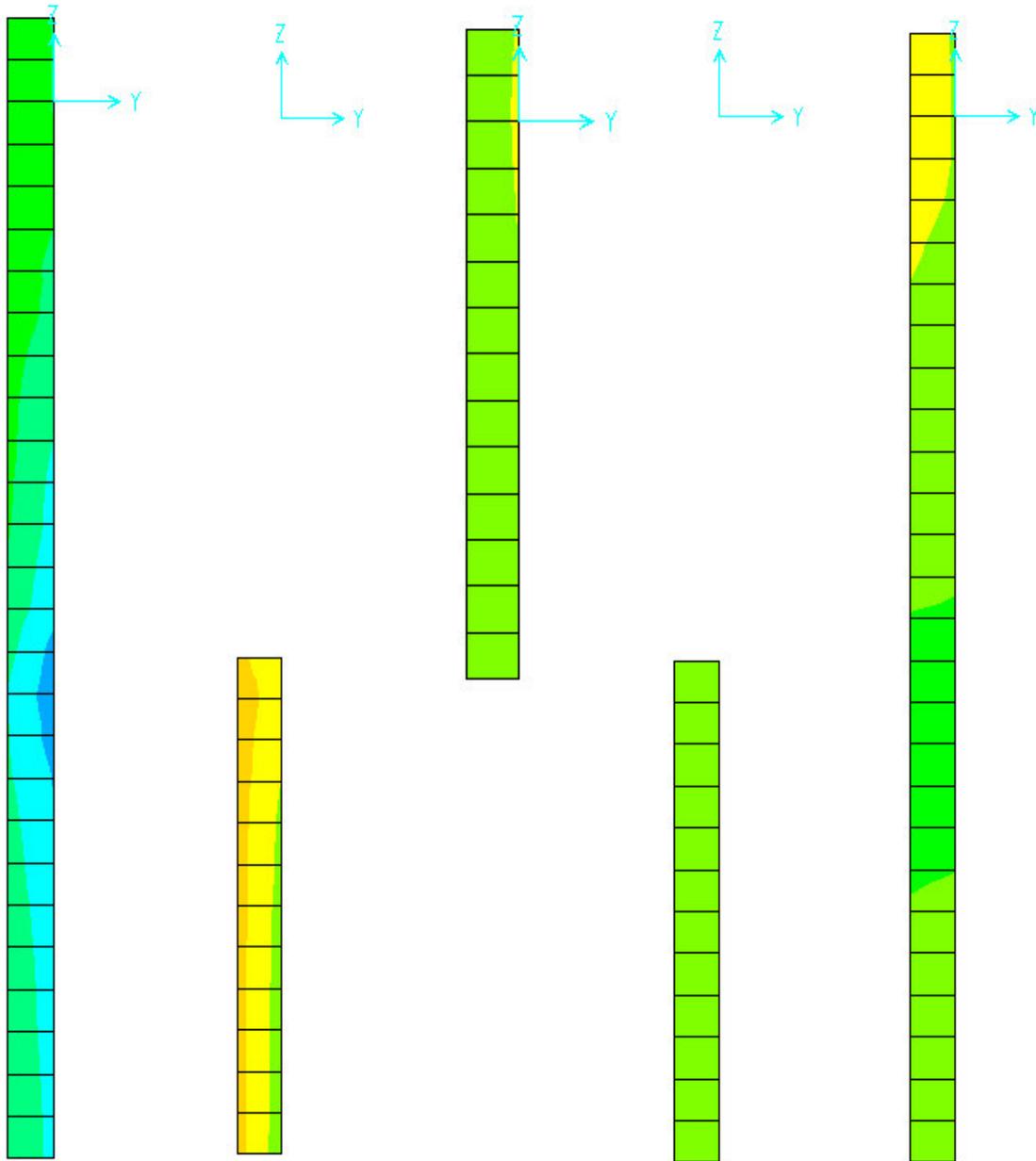
Di seguito riportiamo i diagrammi dello stato tensionale massimo assiale lungo le fibre orizzontali (S11 – in kN/m²) relativi ai principali elementi del modello di calcolo e relativi all'involuppo delle combinazioni di carico.

9.7.1.1 Stato tensionale prodotto dalle pressioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



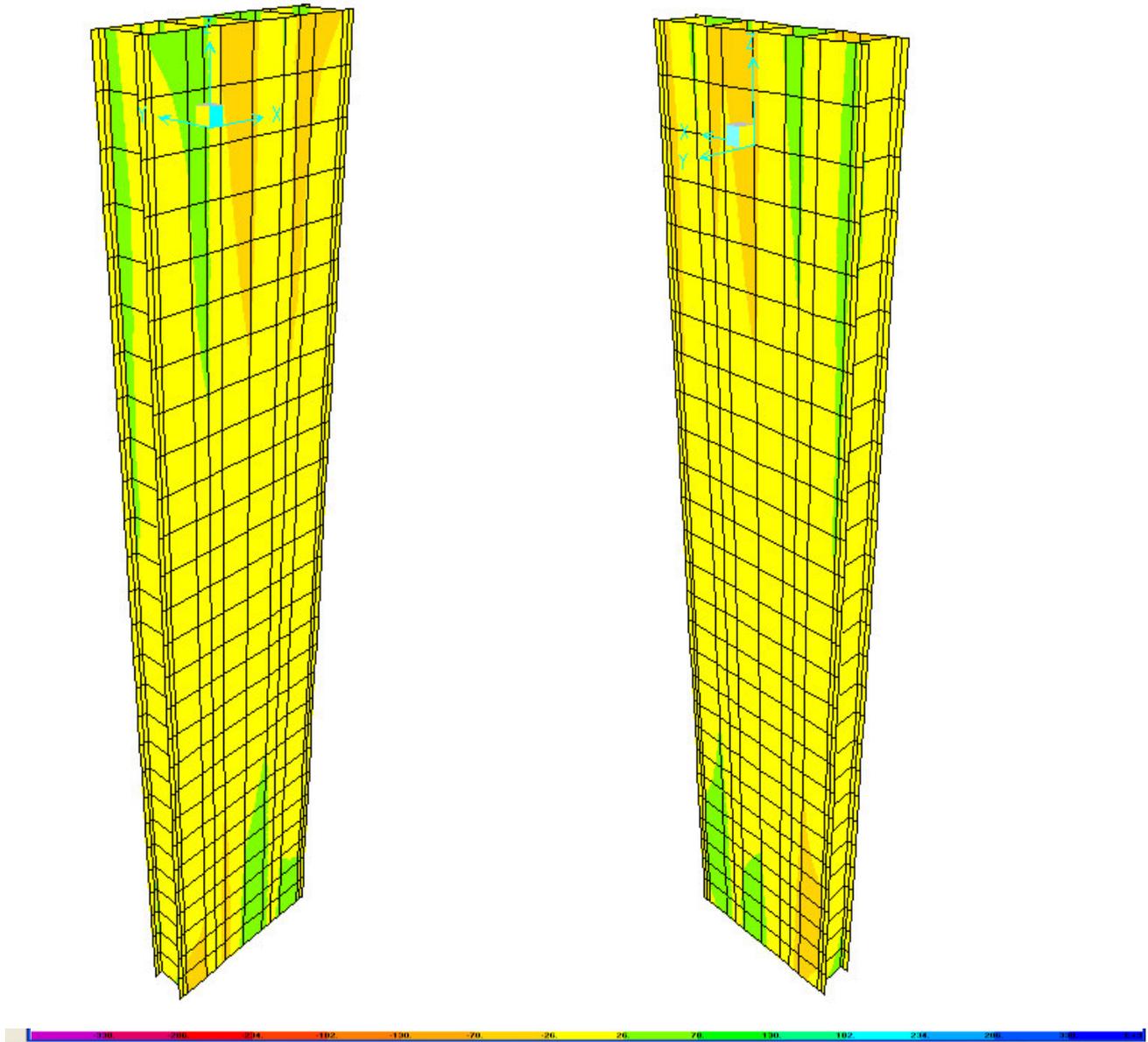
Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

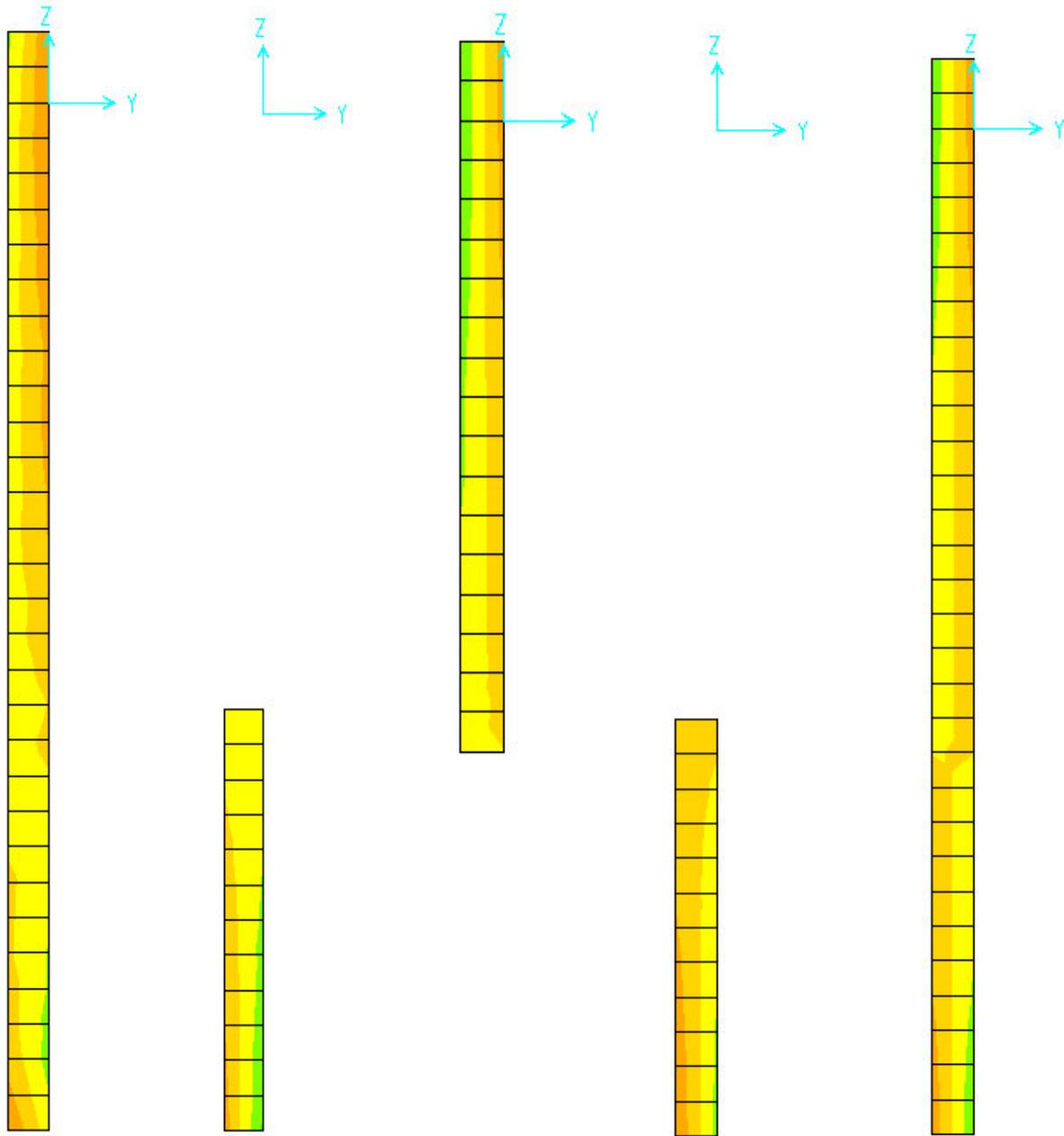
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.7.1.2 Stato tensionale prodotto dalle distorsioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

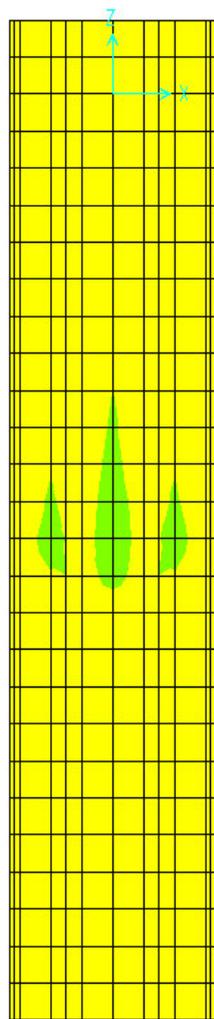
Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

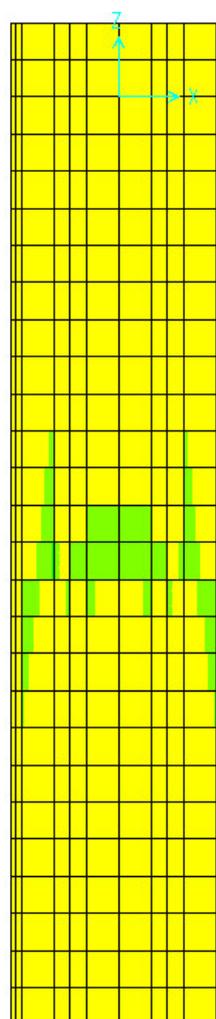
9.7.2 Stato di tensione tangenziale

Di seguito riportiamo i diagrammi dello stato tensionale massimo trasversale lungo le fibre orizzontali (S23 – in kN/m²) relativi ai principali elementi del modello di calcolo e relativi a all’inviluppo delle combinazioni di carico:

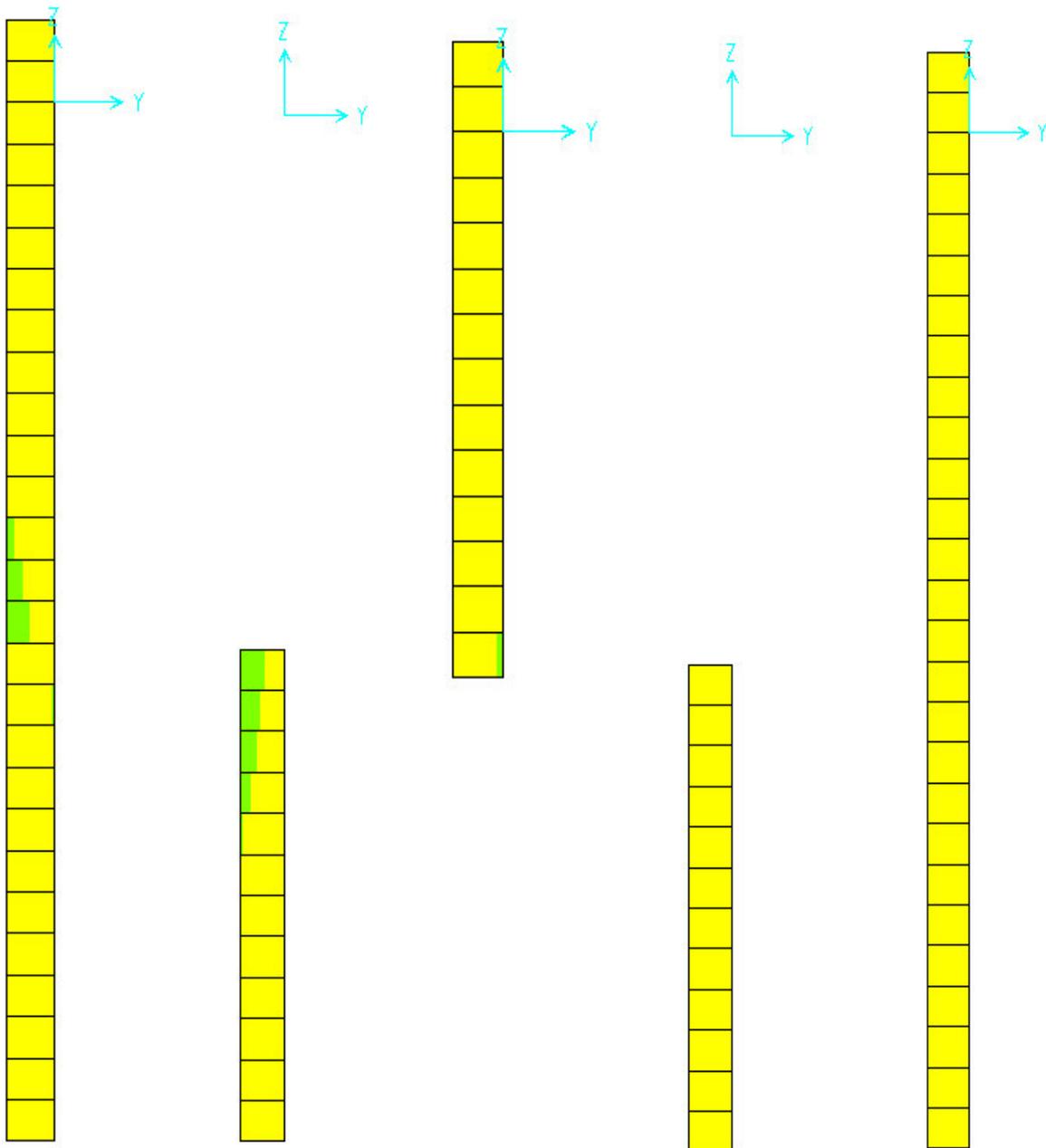
9.7.2.1 Stato tensionale prodotto dalle pressioni sulle lamiere



Parete diaframma lato colmata



Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



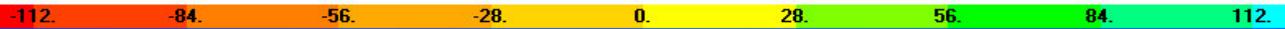
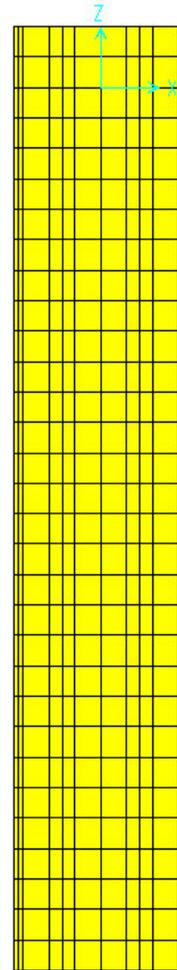
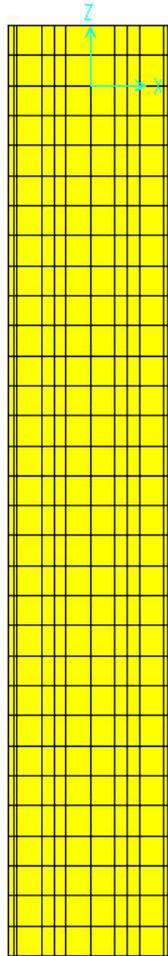
Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

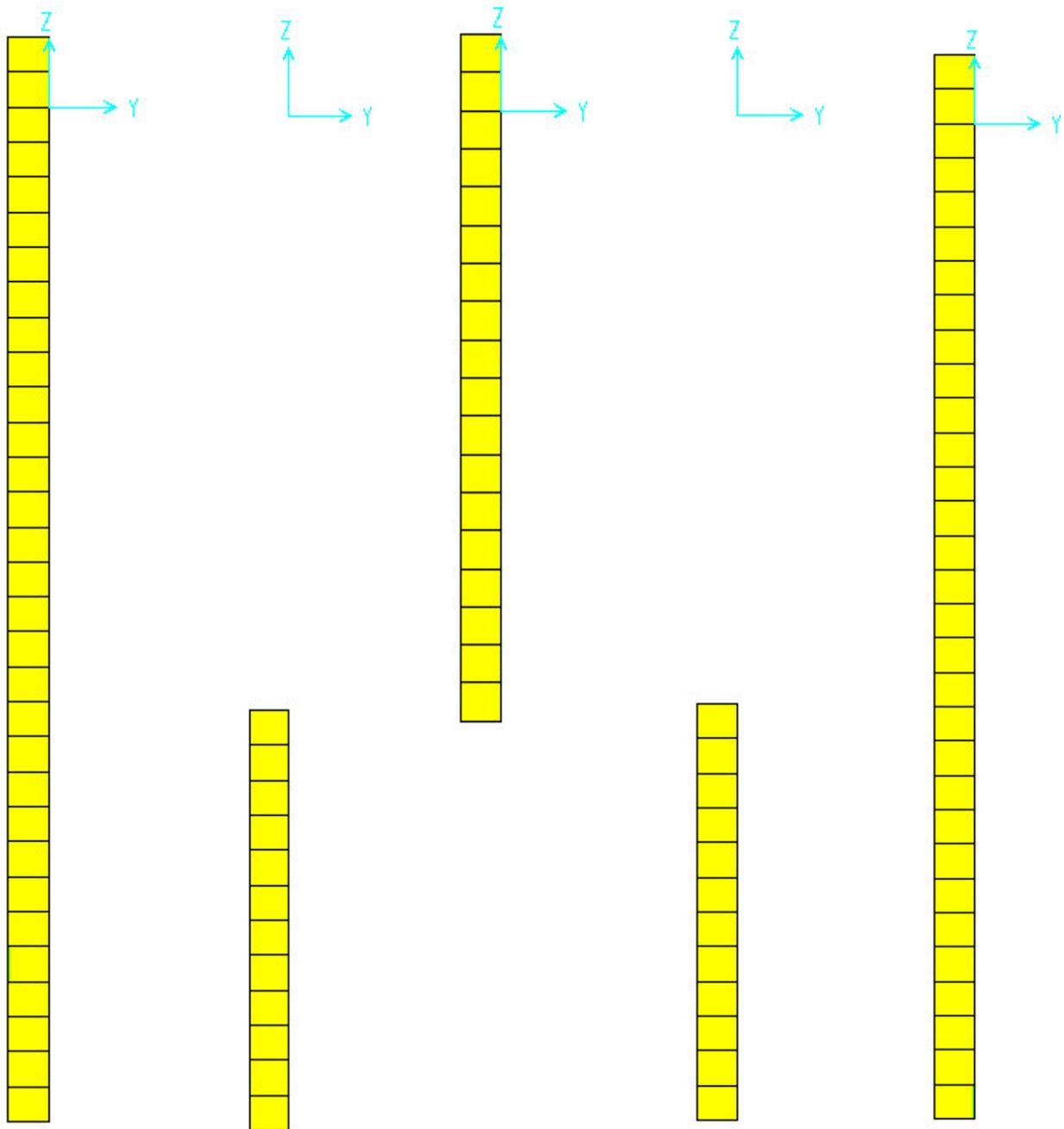
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.7.2.2 Stato tensionale prodotto dalle distorsioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.7.3 Verifica dello stato tensionale assiale sulle lamiere

La verifica viene condotta sommando le tensioni provenienti dalle pressioni sulle lamiere e le tensioni provenienti dalle distorsioni:

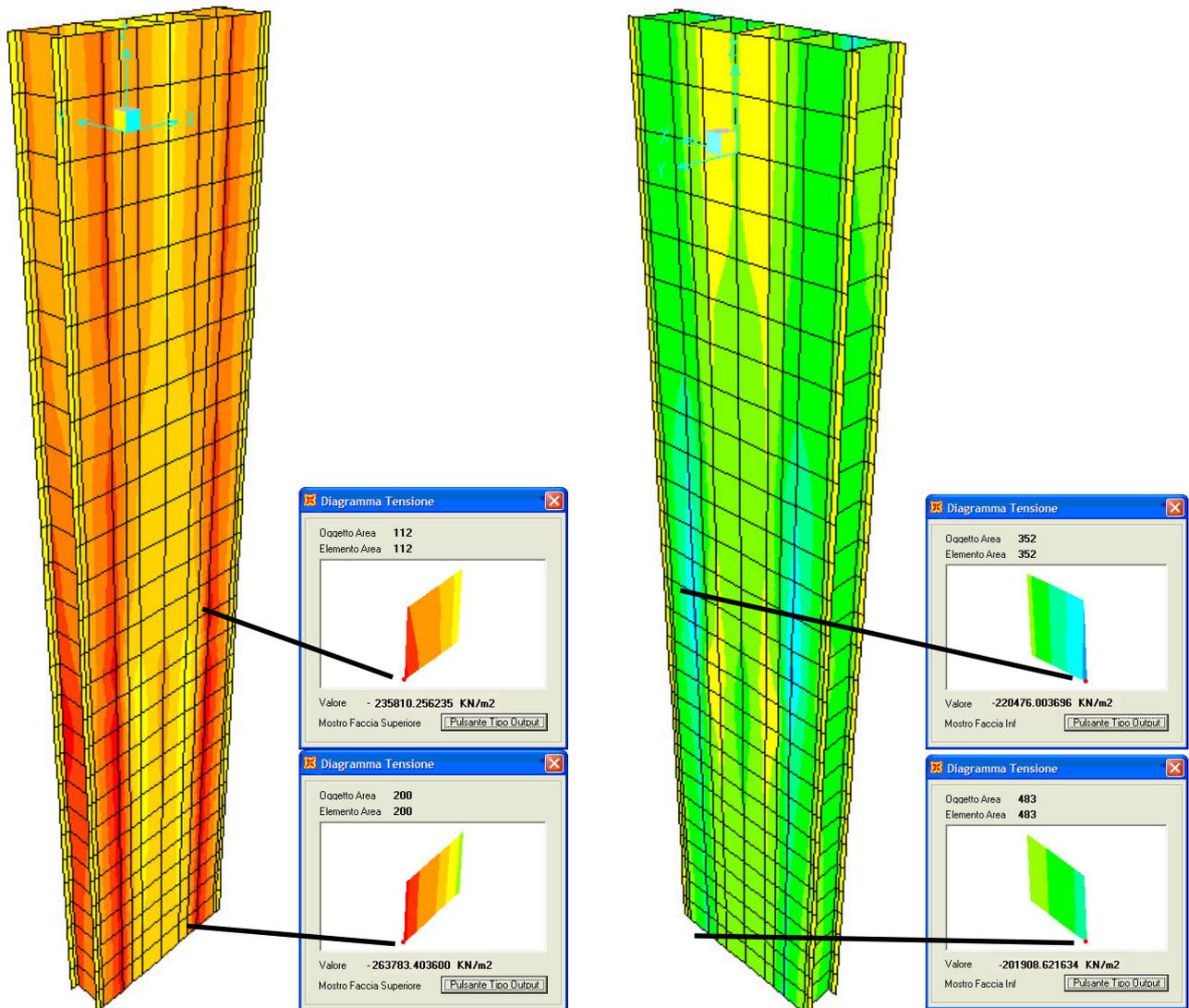


Diagramma tensionale assiale massimo dovuto alle sole pressioni lato colmata e lato mare

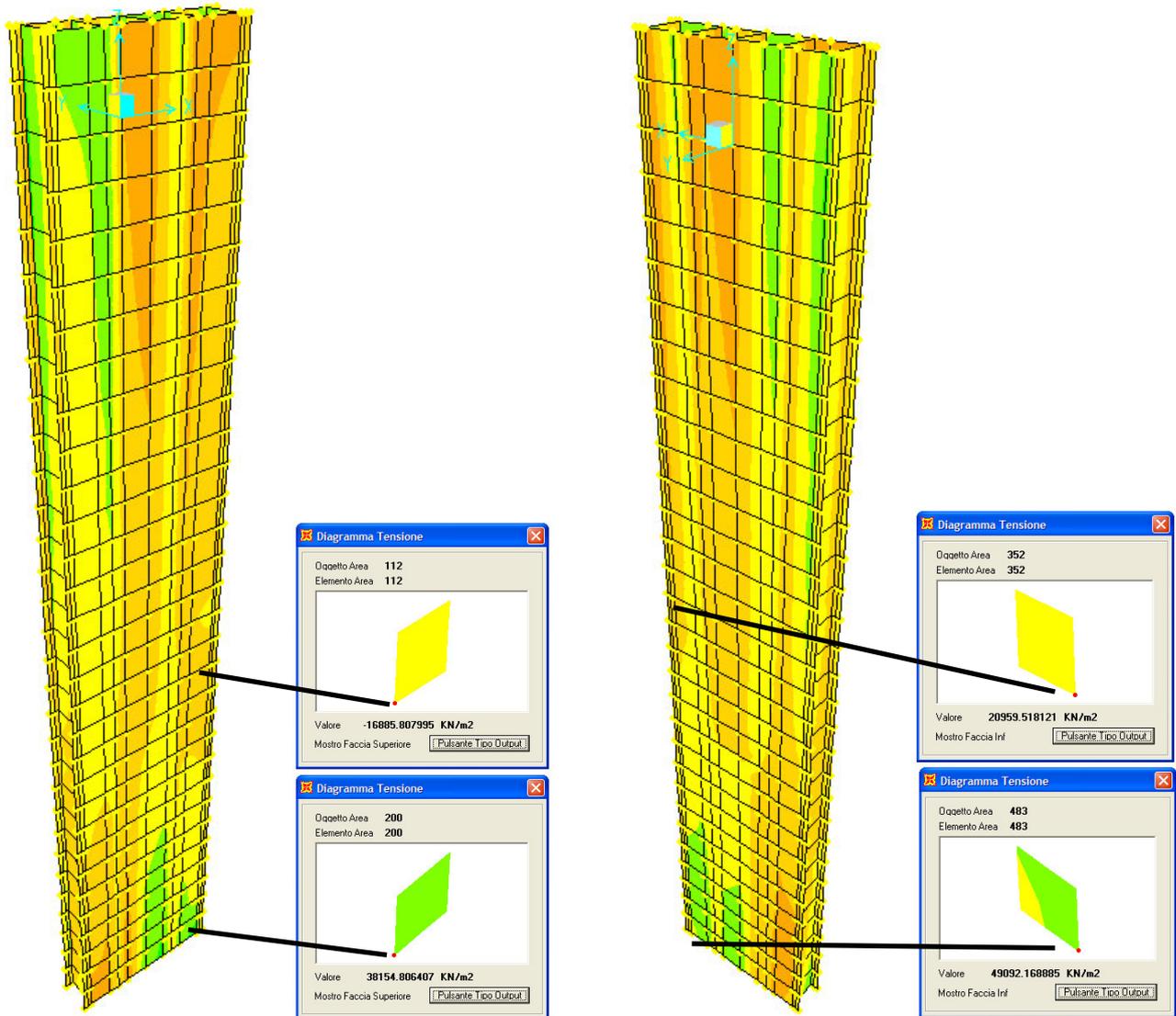


Diagramma tensionale assiale massimo dovuto alle distorsioni lato colmata e lato mare

Lo stato tensionale assiale massimo è pari a:

Elemento "shell" 112:

$$\sigma_{\max} = 235810 + 16886 = 252696 \text{ kN/m}^2 = 252.70 \text{ MPa} < f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 355/1.05 = 338.09 \text{ Mpa}$$

Elemento "shell" 200:

$$\sigma_{\max} = 263783 + 38155 = 301938 \text{ kN/m}^2 = 301.94 \text{ MPa} < f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 355/1.05 = 338.09 \text{ MPa}$$

9.7.4 Verifica dello stato tensionale tangenziale sugli irrigidimenti

Dall'analisi delle tensioni prodotte dalle pressioni e dalle distorsioni si ottiene una tensione tangenziale massima pari a:

$$\tau_{Ed} = 145378 + 1931 = 147309 \text{ kN/m}^2 = 14.74 \text{ MPa} < 0.5 \cdot \tau_{Rd} = 0.5 \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 97.6 \text{ MPa}$$

- la verifica è soddisfatta

Essendo la tensione tangenziale di calcolo inferiore a metà della tensione tangenziale resistente, si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

La verifica all'instabilità pannello soggetto a taglio deve essere condotta se

$$\frac{h_w}{t} > \frac{72}{\eta} \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}}$$

Nel nostro caso tale rapporto è uguale a:

$$\frac{h_w}{t} = \frac{1.16}{0.02} = 58 \text{ (con } t = 0.02 \text{ m spessore medio irrigidimento; } h_w = 1.16 \text{ altezza media irrig.)}$$

e risulta essere minore del limite:

$$\frac{72}{\eta} \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}} = 58.58 \text{ (con } f_{yk} = 355 \text{ MPa)}$$

Pertanto la verifica di instabilità del pannello di irrigidimento può essere omessa.

9.7.5 Verifica di deformabilità in esercizio (SLE)

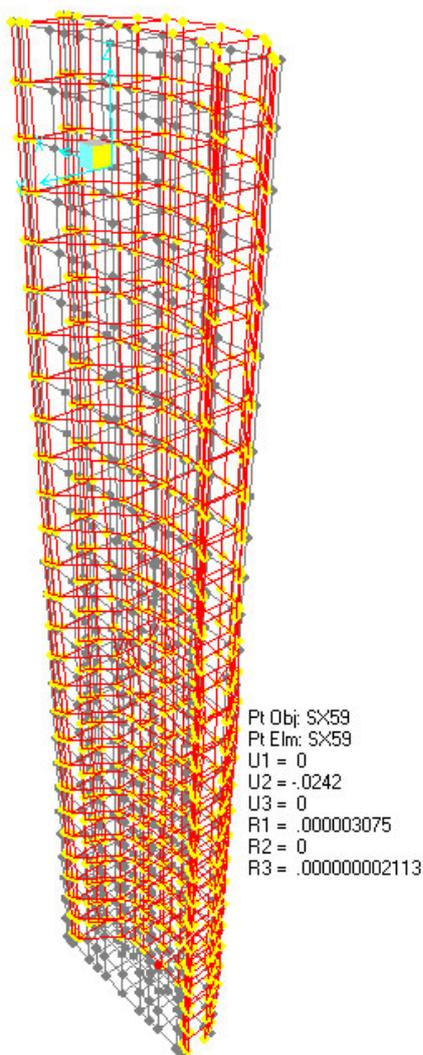


Diagramma di massime deformazioni

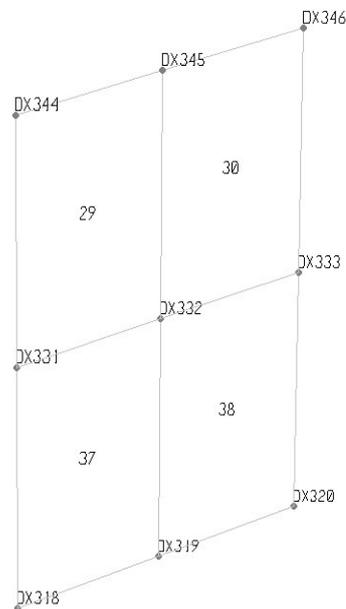
$$U2 = 0.0242 \text{ m} < 1/200 * H = 1/200 * 5.75 = 0.02875 \text{ m}$$

9.8 RISULTATI – STATO TENSIONALE DIAFRAMMA – SEZ. 3

Lo stato tensionale riportato graficamente, è quello mediato tra le tensioni di ciascun nodo provenienti dai quattro elementi convergenti nello stesso nodo:

Lo stato tensionale nel nodo DX332 è pari a:

$$S11_{DX332} = (S11_{DX332,29} + S11_{DX332,30} + S11_{DX332,37} + S11_{DX332,38})/4$$

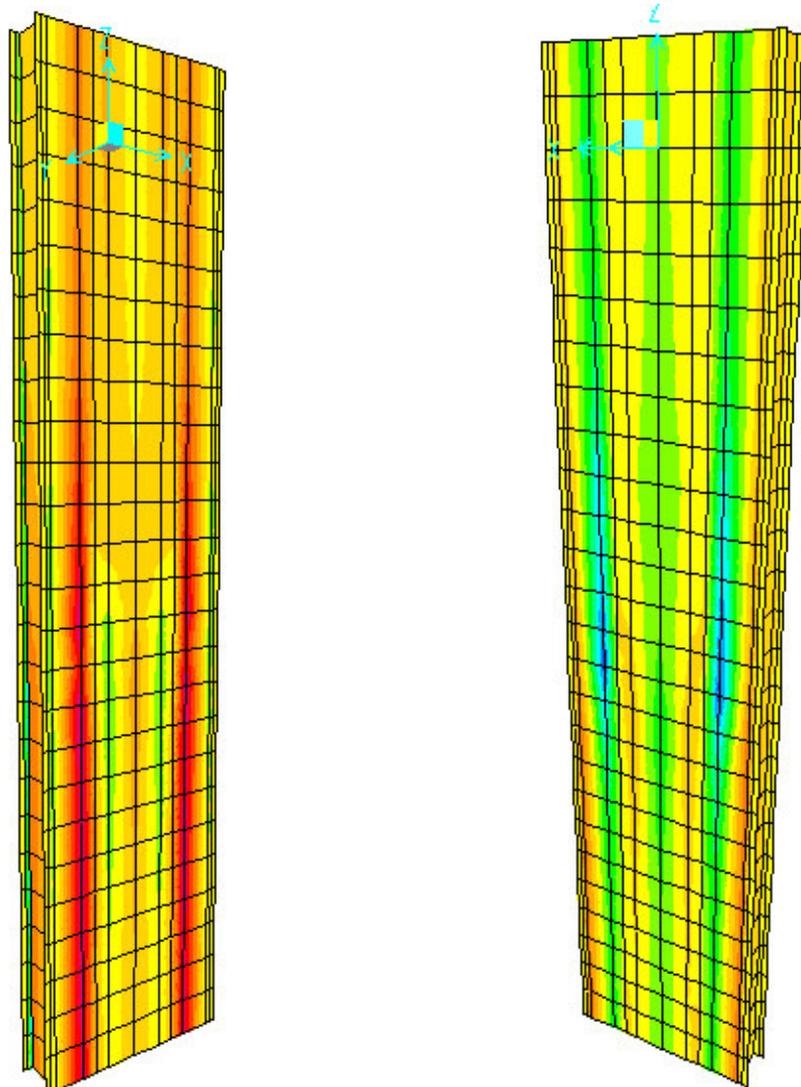


Esempio di 4 elementi “area” convergenti nel nodo DX332

9.8.1 Stato di tensione assiale

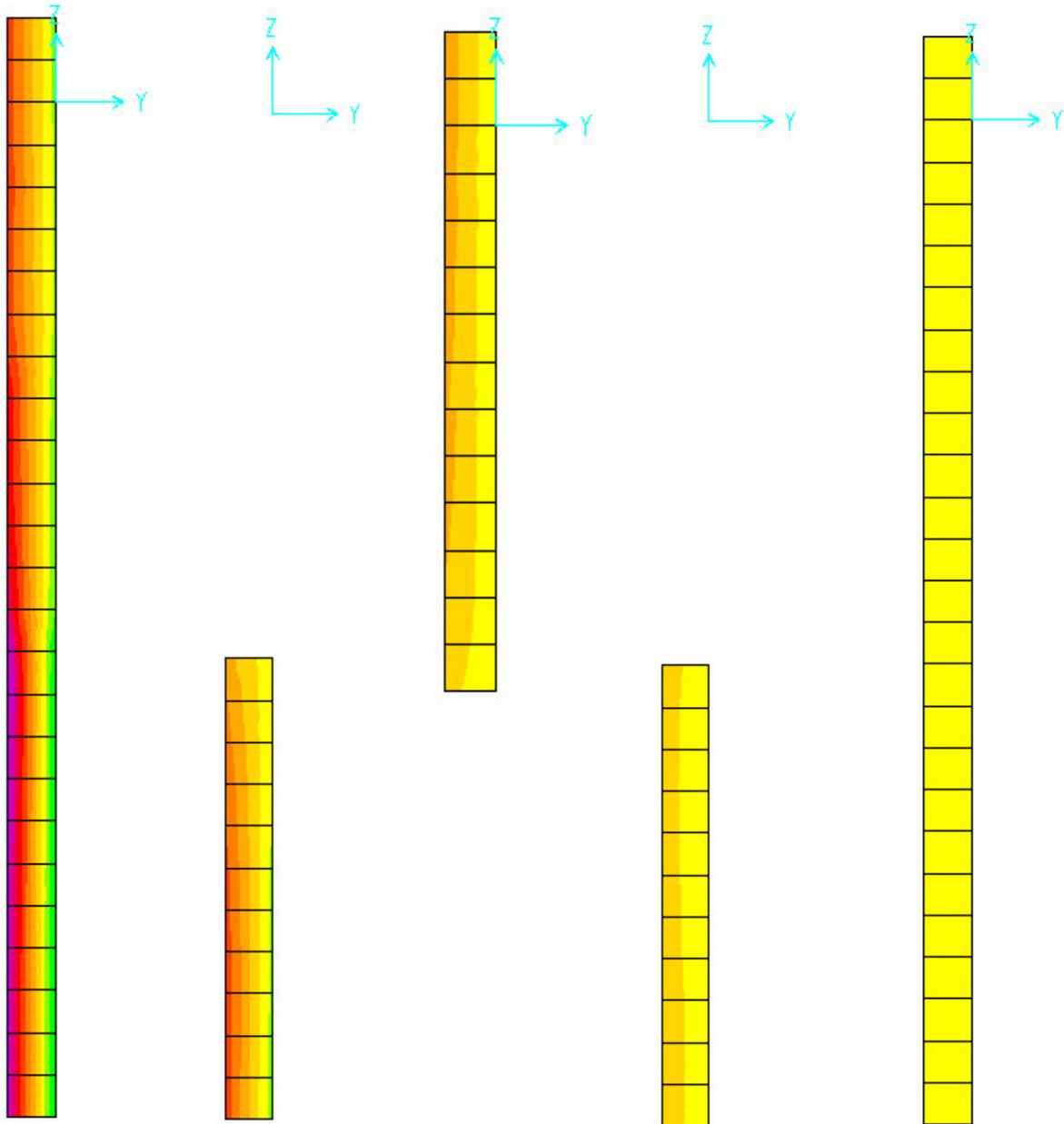
Di seguito riportiamo i diagrammi dello stato tensionale massimo assiale lungo le fibre orizzontali ($S11$ – in kN/m^2) relativi ai principali elementi del modello di calcolo e relativi all’involuppo delle combinazioni di carico

9.8.1.1 Stato tensionale prodotto dalle pressioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



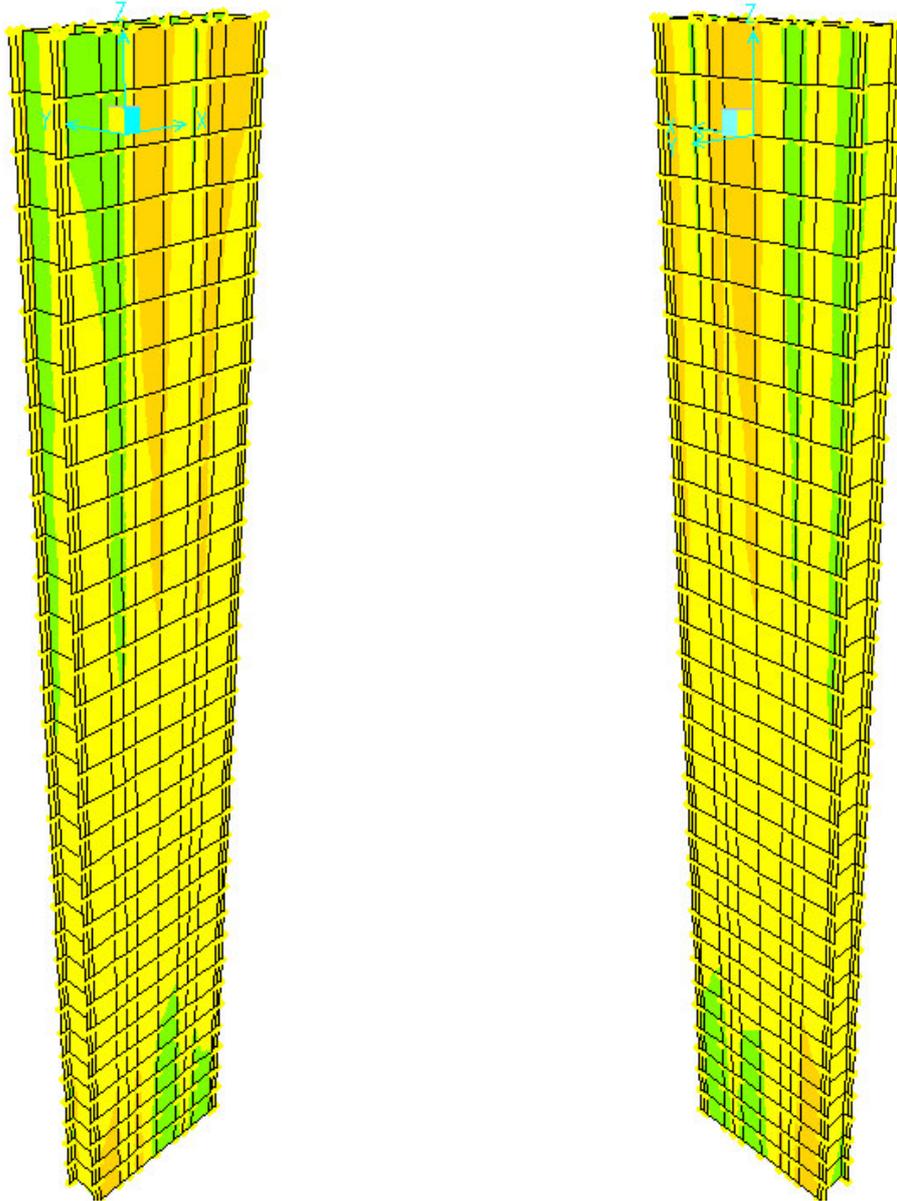
Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

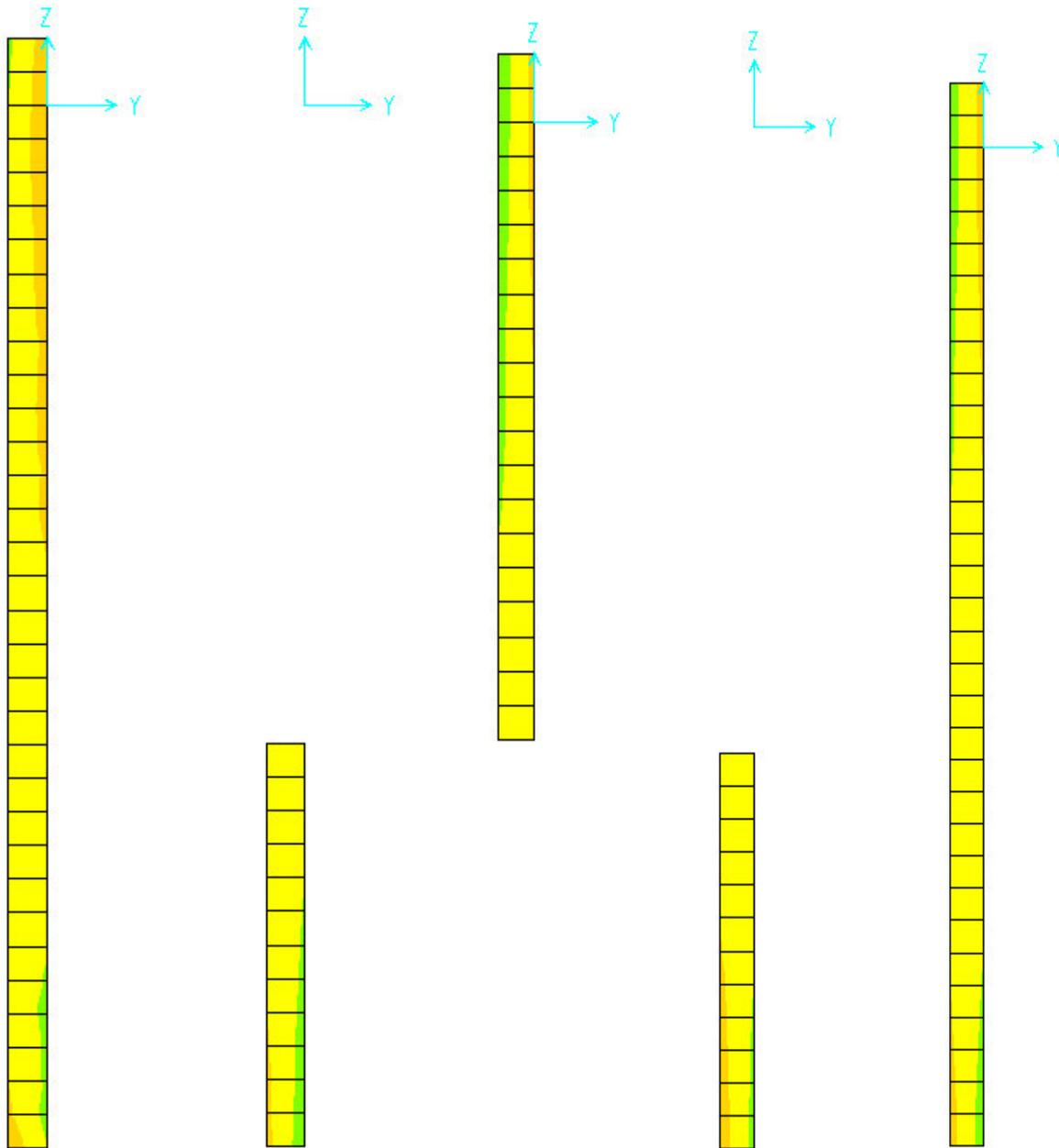
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.8.1.2 Stato tensionale prodotto dalle distorsioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisetoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

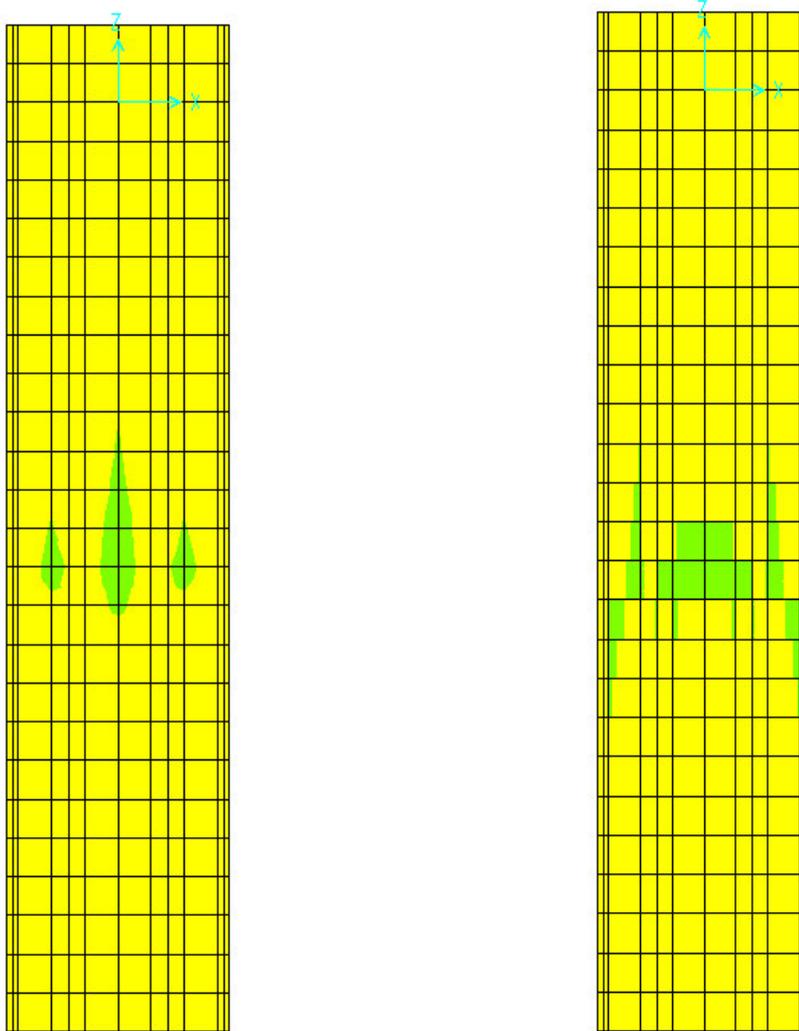
Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.8.2 Stato di tensione tangenziale

Di seguito riportiamo i diagrammi dello stato tensionale massimo trasversale lungo le fibre orizzontali (S23 – in kN/m²) relativi ai principali elementi del modello di calcolo e relativi a all'involuppo delle combinazioni di carico:

9.8.2.1 Stato tensionale prodotto dalle pressioni sulle lamiere



-112.

-84.

-56.

-28.

0.

28.

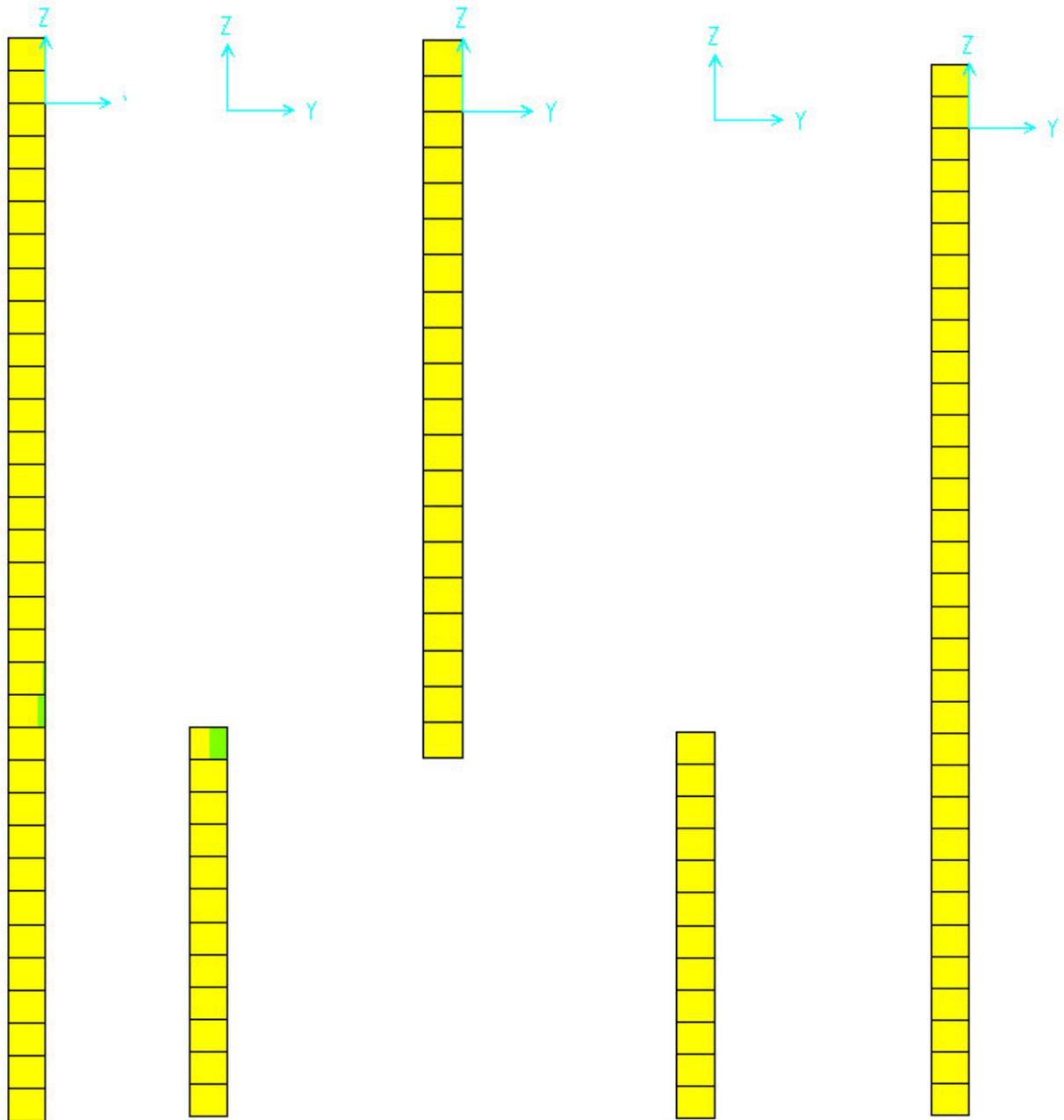
56.

84.

112.

Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



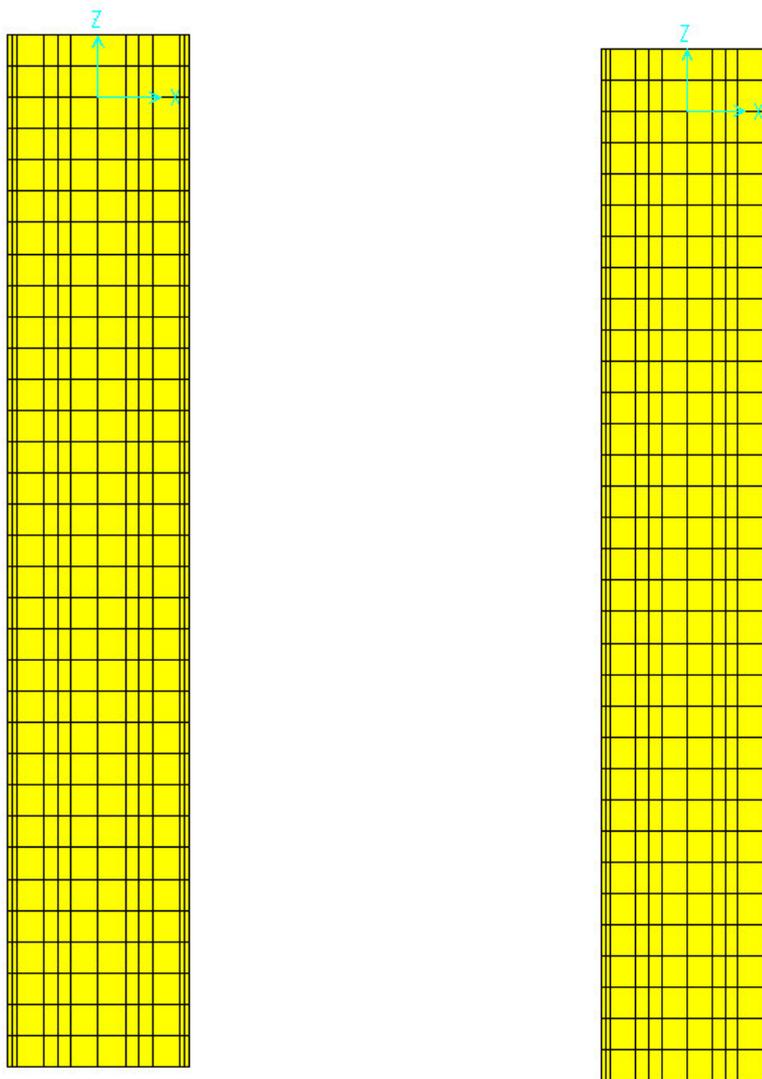
Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

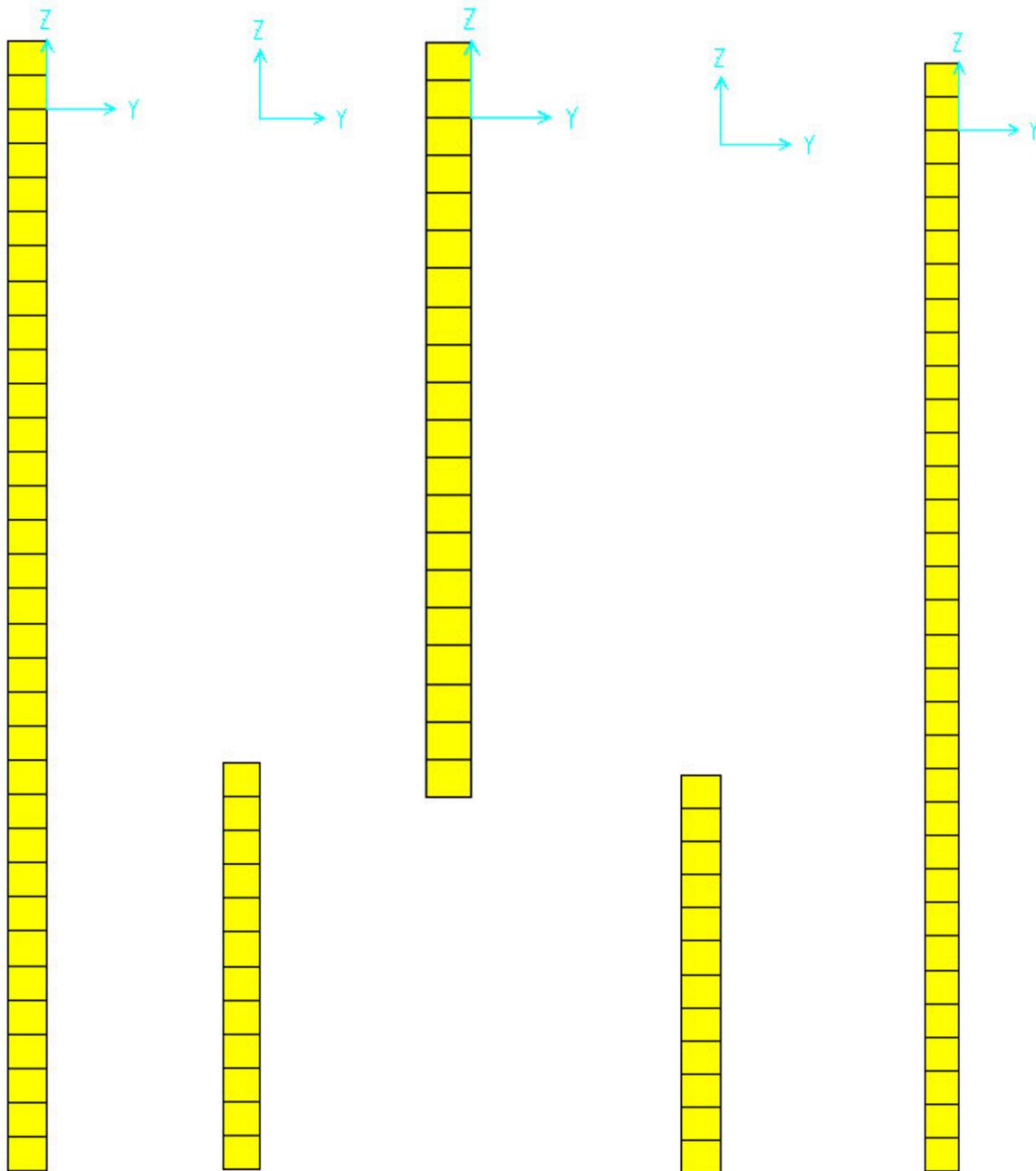
9.8.2.2 Stato tensionale prodotto dalle distorsioni



-112. -84. -56. -28. 0. 28. 56. 84. 112.

Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.8.3 Verifica dello stato tensionale assiale sulle lamiere

La verifica viene condotta sommando le tensioni provenienti dalle pressioni sulle lamiere e le tensioni provenienti dalle distorsioni:

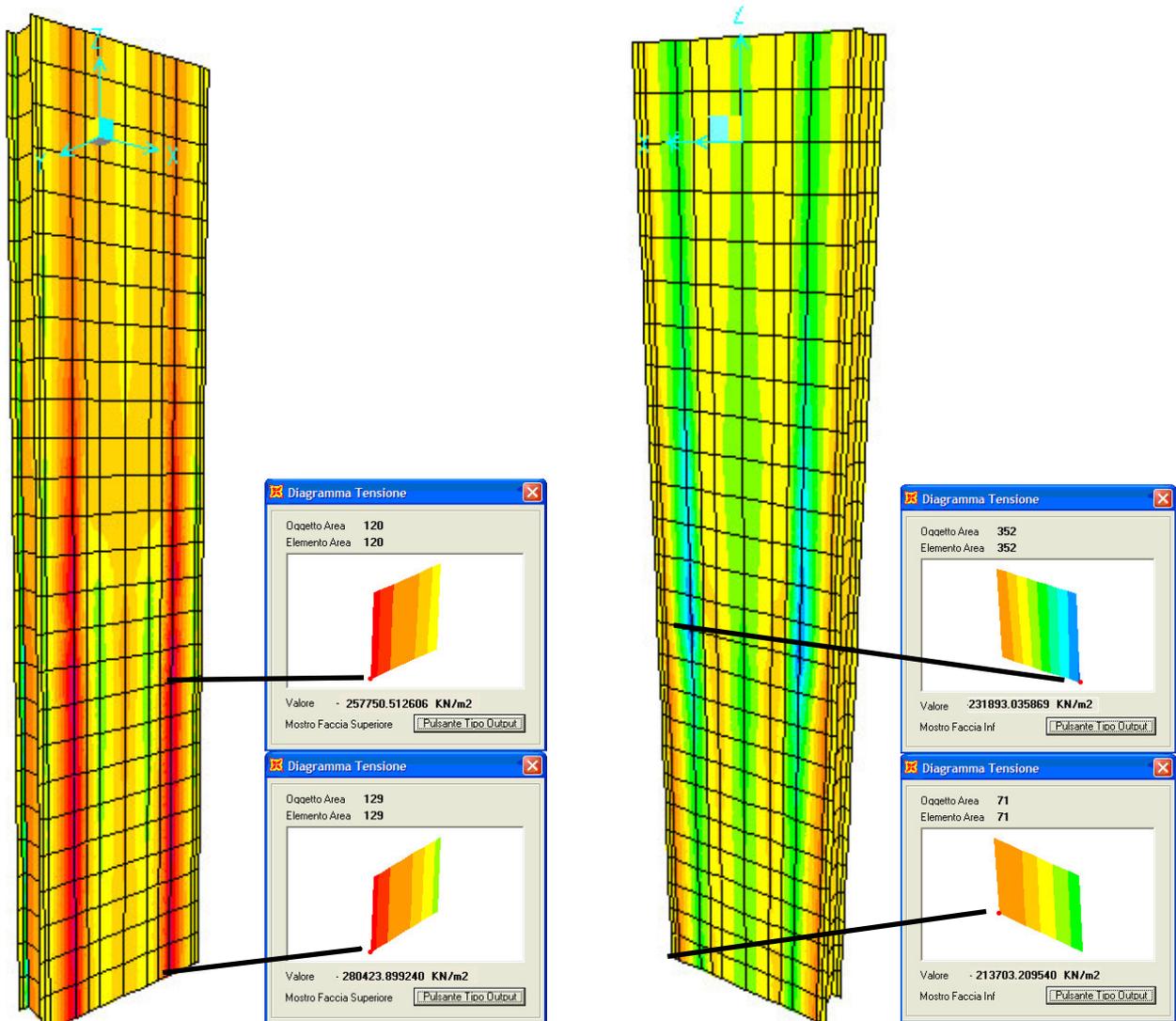


Diagramma tensionale assiale massimo dovuto alle sole pressioni lato colmata e lato mare

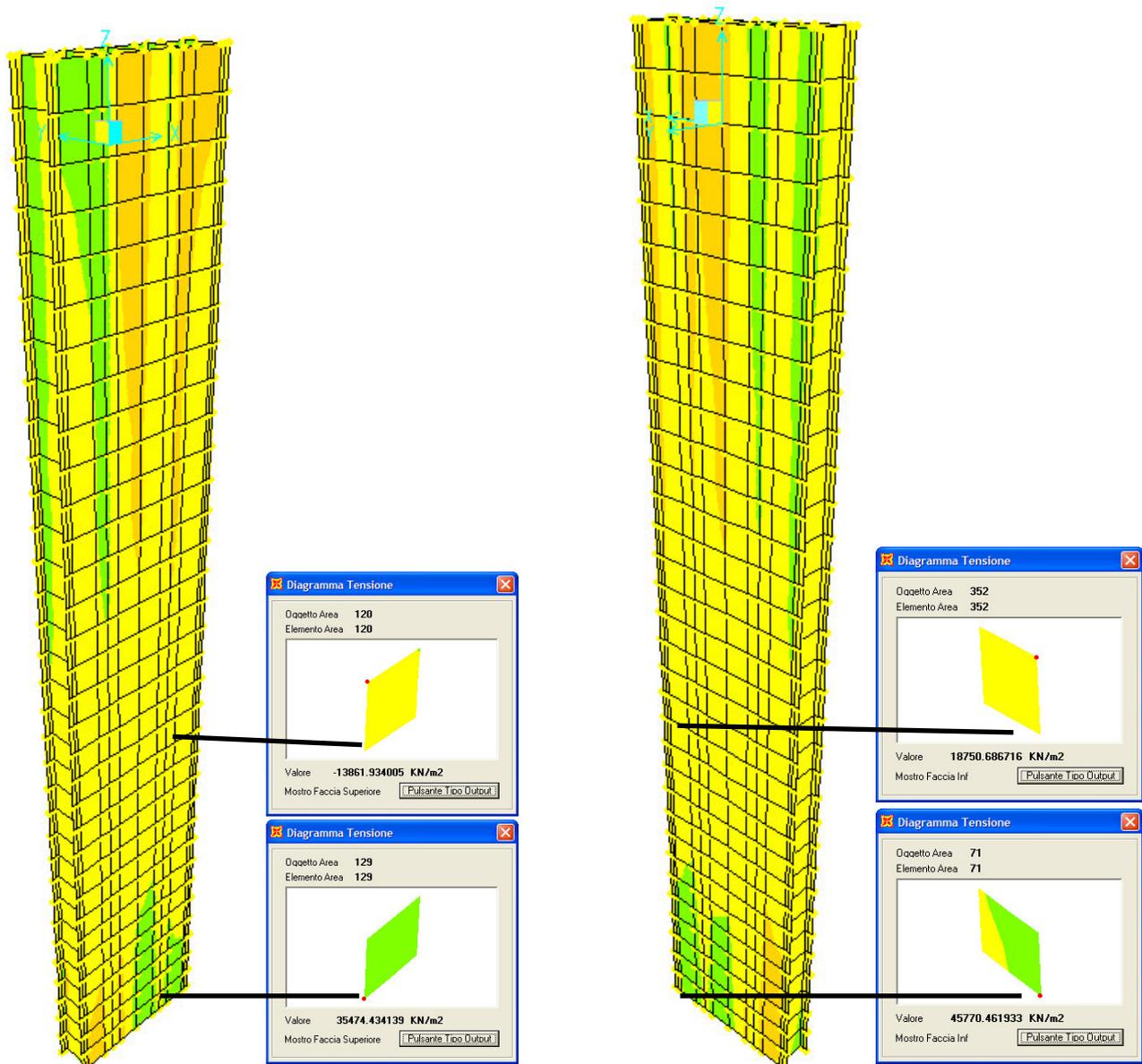


Diagramma tensionale assiale massimo dovuto alle distorsioni lato colmata e lato mare

Lo stato tensionale assiale massimo è pari a:

Elemento "shell" 352:

$$\sigma_{\max} = 257750 + 13862 = 271612 \text{ kN/m}^2 = 271.62 \text{ MPa} < f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1.05 = 338.09 \text{ MPa}$$

Elemento "shell" 129:

$$\sigma_{\max} = 280423 + 35475 = 315898 \text{ kN/m}^2 = 315.90 \text{ MPa} < f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 355 / 1.05 = 338.09 \text{ MPa}$$

9.8.4 Verifica dello stato tensionale tangenziale sugli irrigidimenti

Dall'analisi delle tensioni prodotte dalle pressioni e dalle distorsioni si ottiene una tensione tangenziale massima pari a:

$$\tau_{Ed} = 15487 + 1210 = 16697 \text{ kN/m}^2 = 16.70 \text{ MPa} < 0.5 \cdot \tau_{Rd} = 0.5 \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 97.6 \text{ MPa}$$

- la verifica è soddisfatta

Essendo la tensione tangenziale di calcolo inferiore a metà della tensione tangenziale resistente, si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

La verifica all'instabilità pannello soggetto a taglio deve essere condotta se

$$\frac{h_w}{t} > \frac{72}{\eta} \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}}$$

Nel nostro caso tale rapporto è uguale a:

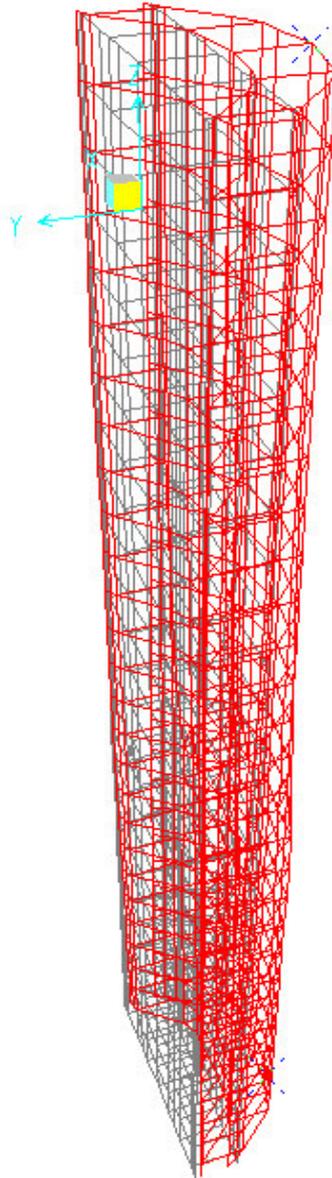
$$\frac{h_w}{t} = \frac{1.16}{0.02} = 58 \text{ (con } t=0.02 \text{ m spessore medio irrigidimento; } h_w=1.16 \text{ altezza media irrig.)}$$

e risulta essere minore del limite:

$$\frac{72}{\eta} \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}} = 58.58 \text{ (con } f_{yk}=355 \text{ MPa)}$$

Pertanto la verifica di instabilità del pannello di irrigidimento può essere omessa.

9.8.5 Verifica di deformabilità in esercizio (SLE)



Pt Obj: DX83
Pt Elm: DX83
U1 = 0
U2 = -.0245
U3 = 0
R1 = .00004
R2 = 0
R3 = -.00456

Diagramma di massime deformazioni

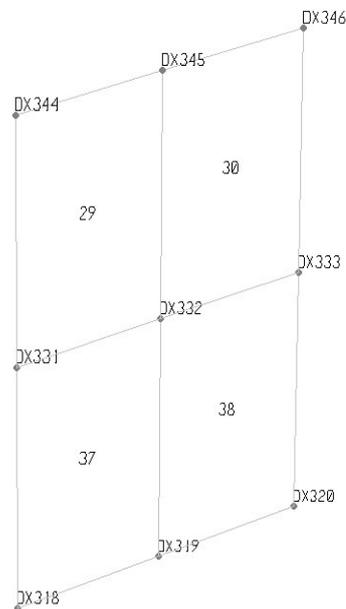
$$U2 = 0.0245 \text{ m} < 1/200 * H = 1/200 * 5.75 = 0.02875 \text{ m}$$

9.9 RISULTATI – STATO TENSIONALE DIAFRAMMA – SEZ. 4

Lo stato tensionale riportato graficamente, è quello mediato tra le tensioni di ciascun nodo provenienti dai quattro elementi convergenti nello stesso nodo:

Lo stato tensionale nel nodo DX332 è pari a:

$$S11_{DX332} = (S11_{DX332,29} + S11_{DX332,30} + S11_{DX332,37} + S11_{DX332,38})/4$$

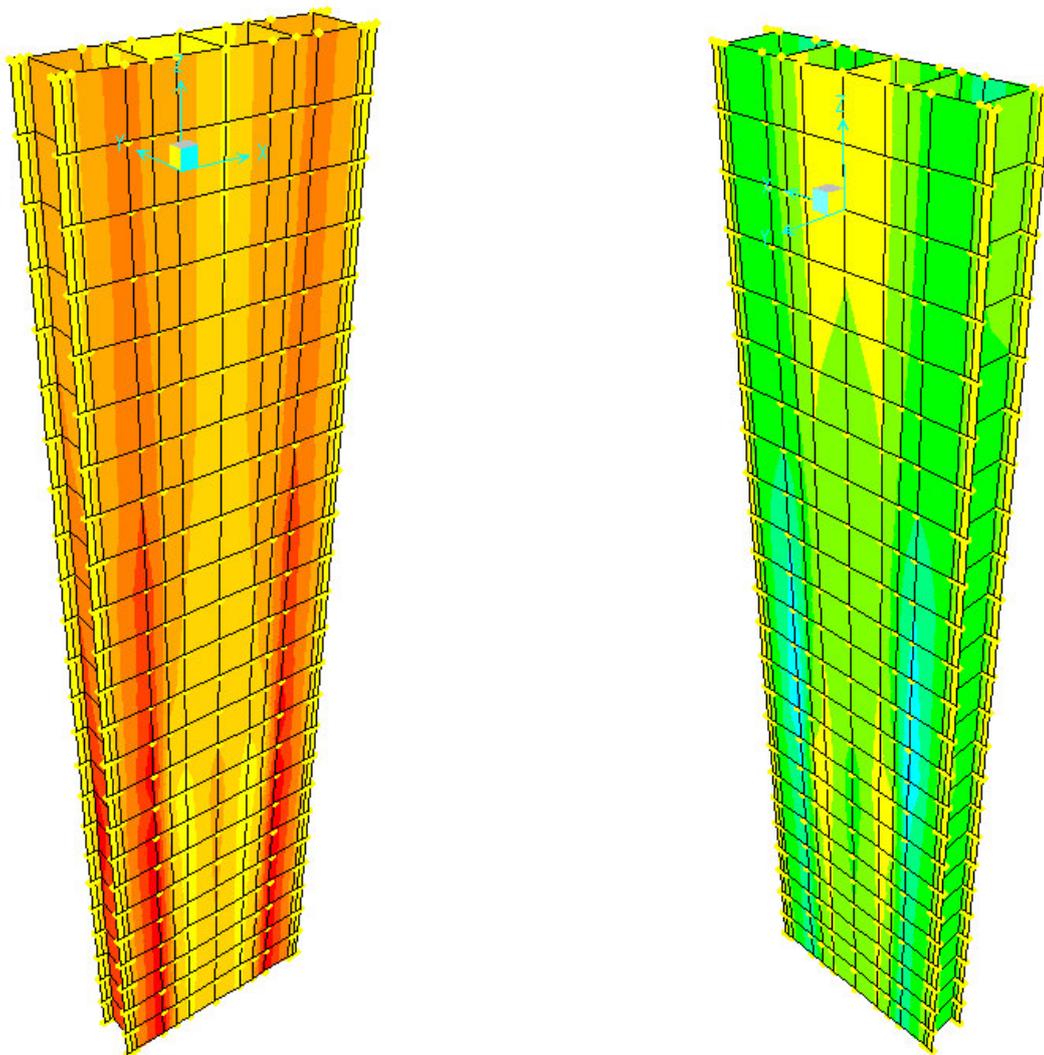


Esempio di 4 elementi “area” convergenti nel nodo DX332

9.9.1 Stato di tensione assiale

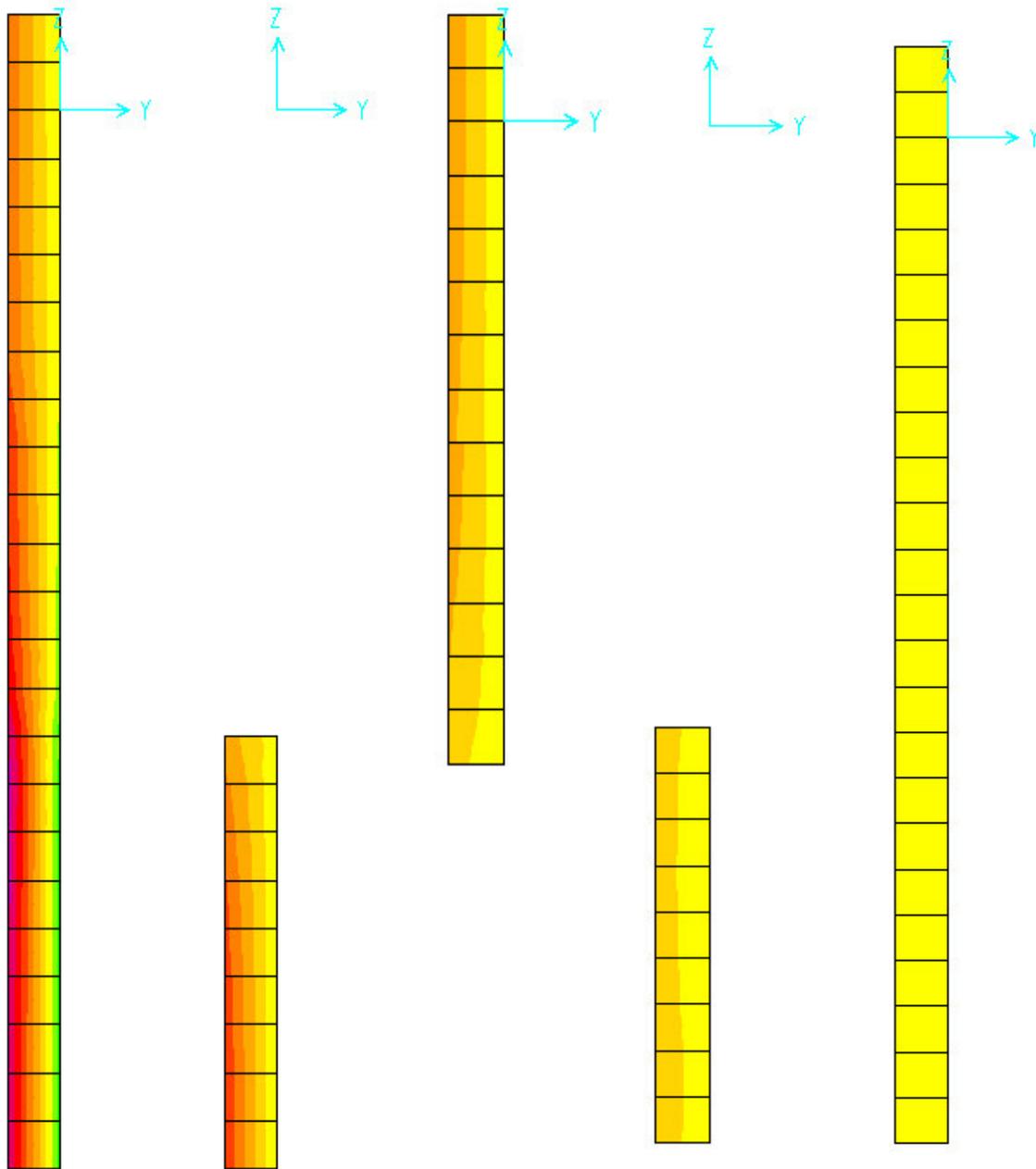
Di seguito riportiamo i diagrammi dello stato tensionale massimo assiale lungo le fibre orizzontali (S11 – in kN/m²) relativi ai principali elementi del modello di calcolo e relativi all’involuppo delle combinazioni di carico

9.9.1.1 Stato tensionale prodotto dalle pressioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



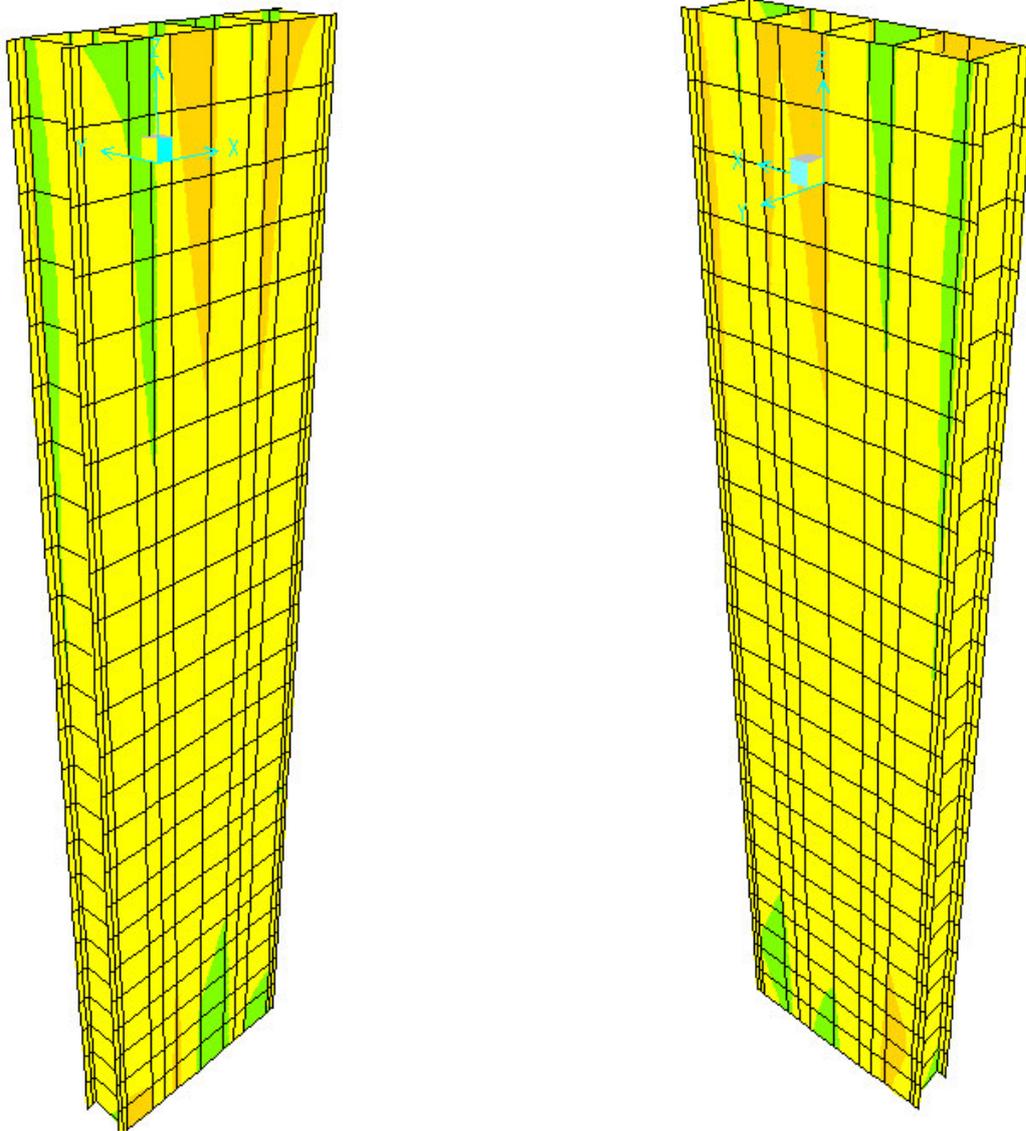
Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

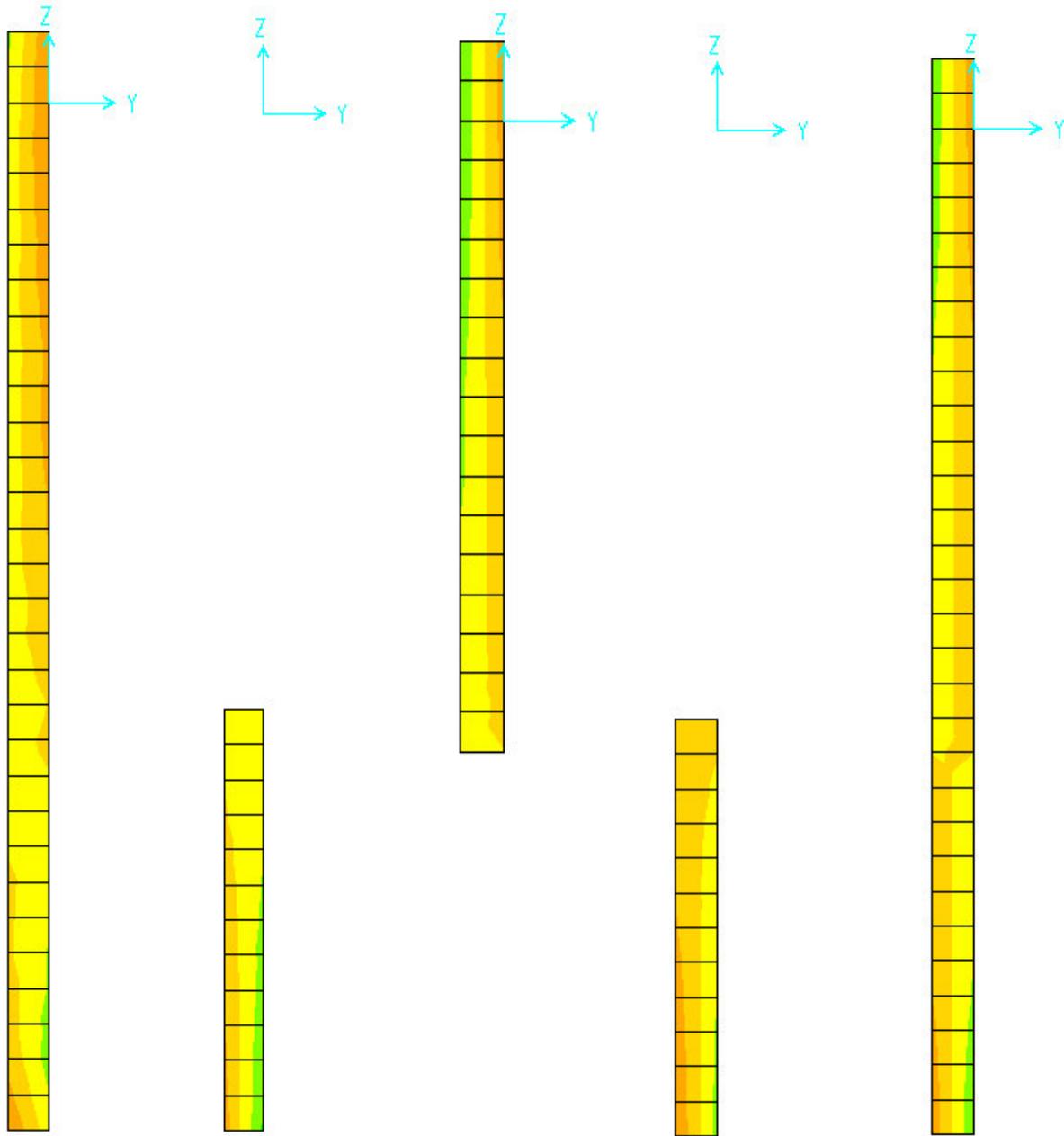
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.9.1.2 Stato tensionale prodotto dalle distorsioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

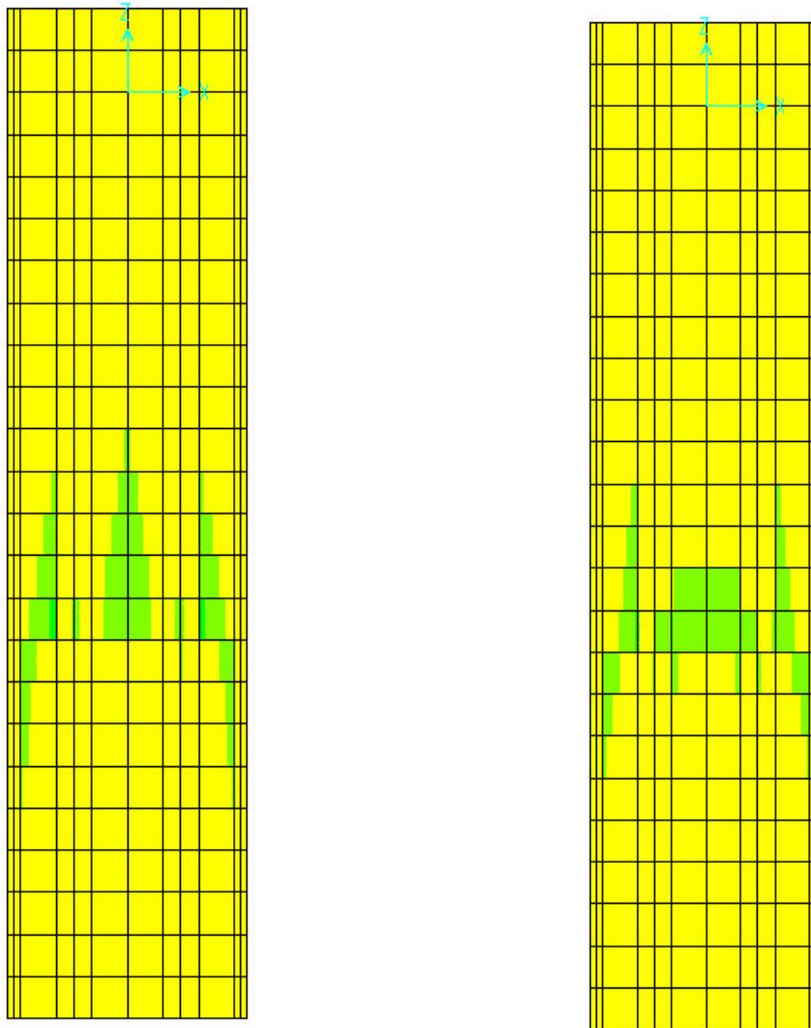
Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.9.2 Stato di tensione tangenziale

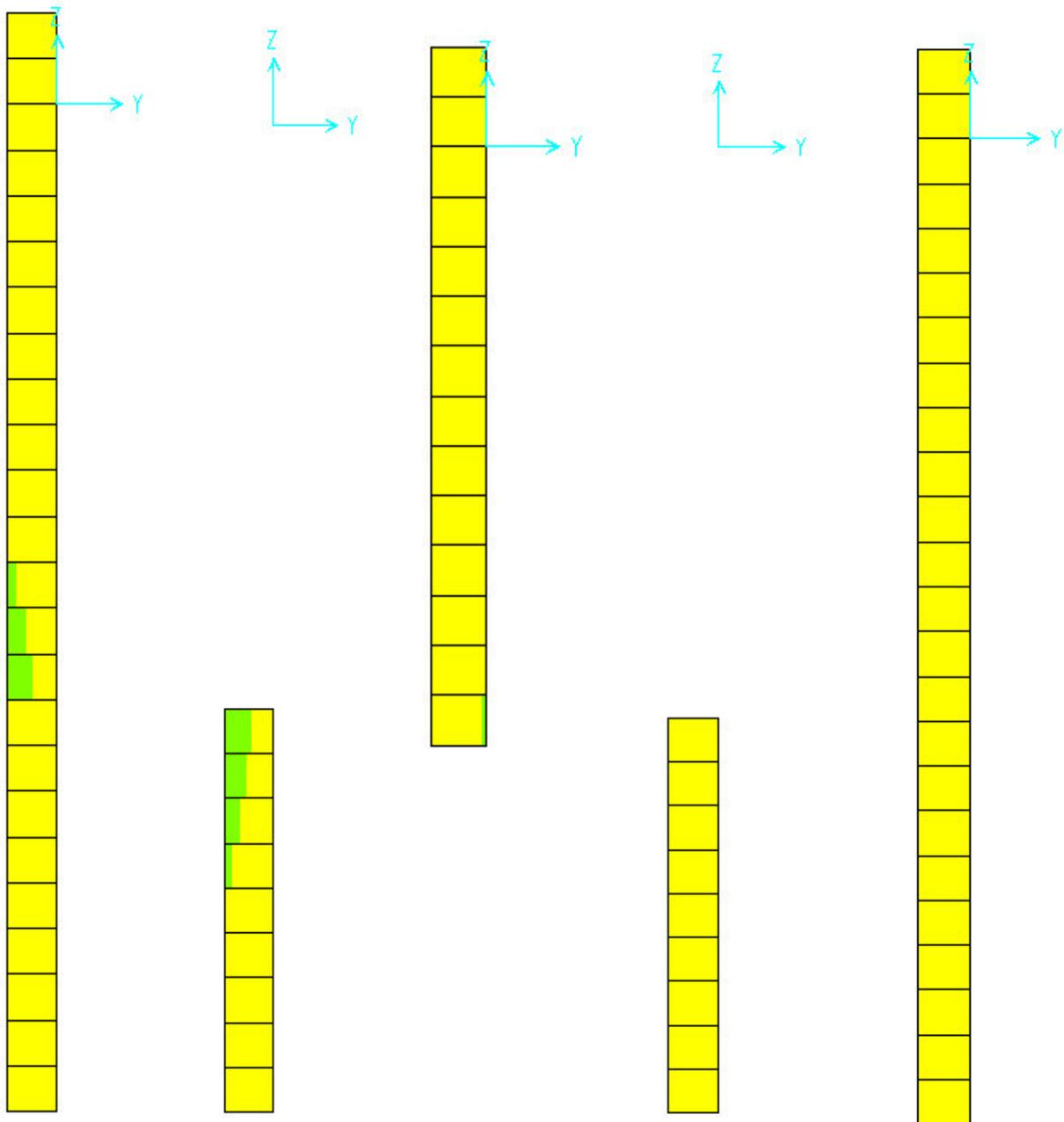
Di seguito riportiamo i diagrammi dello stato tensionale massimo trasversale lungo le fibre orizzontali (S23 – in kN/m²) relativi ai principali elementi del modello di calcolo e relativi a all'involuppo delle combinazioni di carico:

9.9.2.1 Stato tensionale prodotto dalle pressioni sulle lamiere



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



-112. -84. -56. -28. 0. 28. 56. 84. 112.

1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



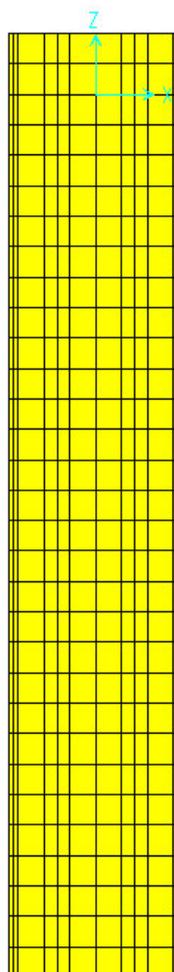
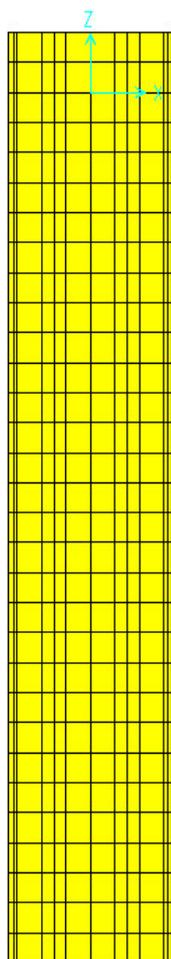
Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

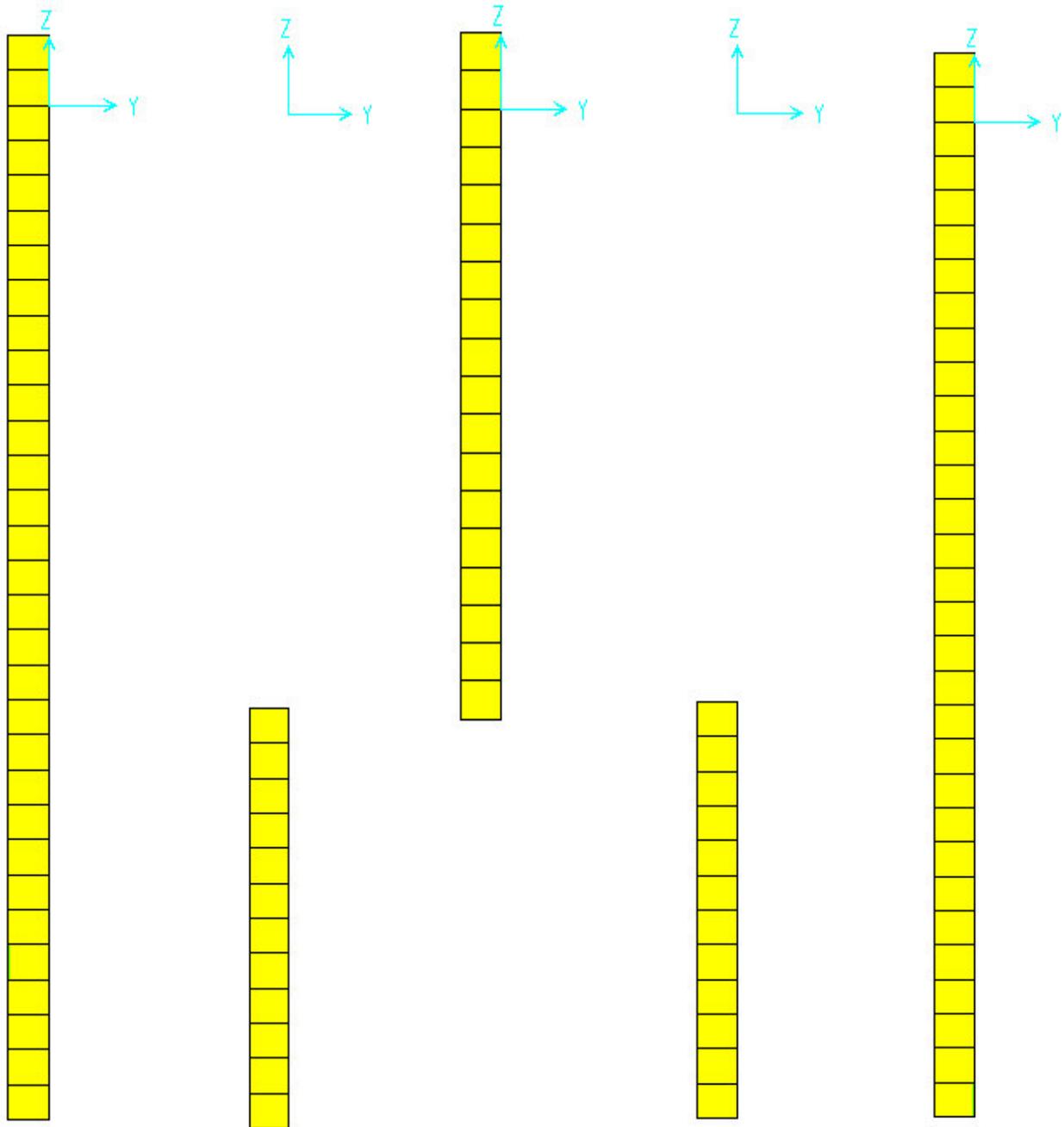
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.9.2.2 Stato tensionale prodotto dalle distorsioni



Parete diaframma lato colmata

Parete diaframma lato mare



1° Irrig. esterno 2° Irrig. intermedio 3° Irrig. Intermedio 4° Irrig. intermedio 5° Irrig. centrale



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

9.9.3 Verifica dello stato tensionale assiale sulle lamiere

La verifica viene condotta sommando le tensioni provenienti dalle pressioni sulle lamiere e le tensioni provenienti dalle distorsioni:

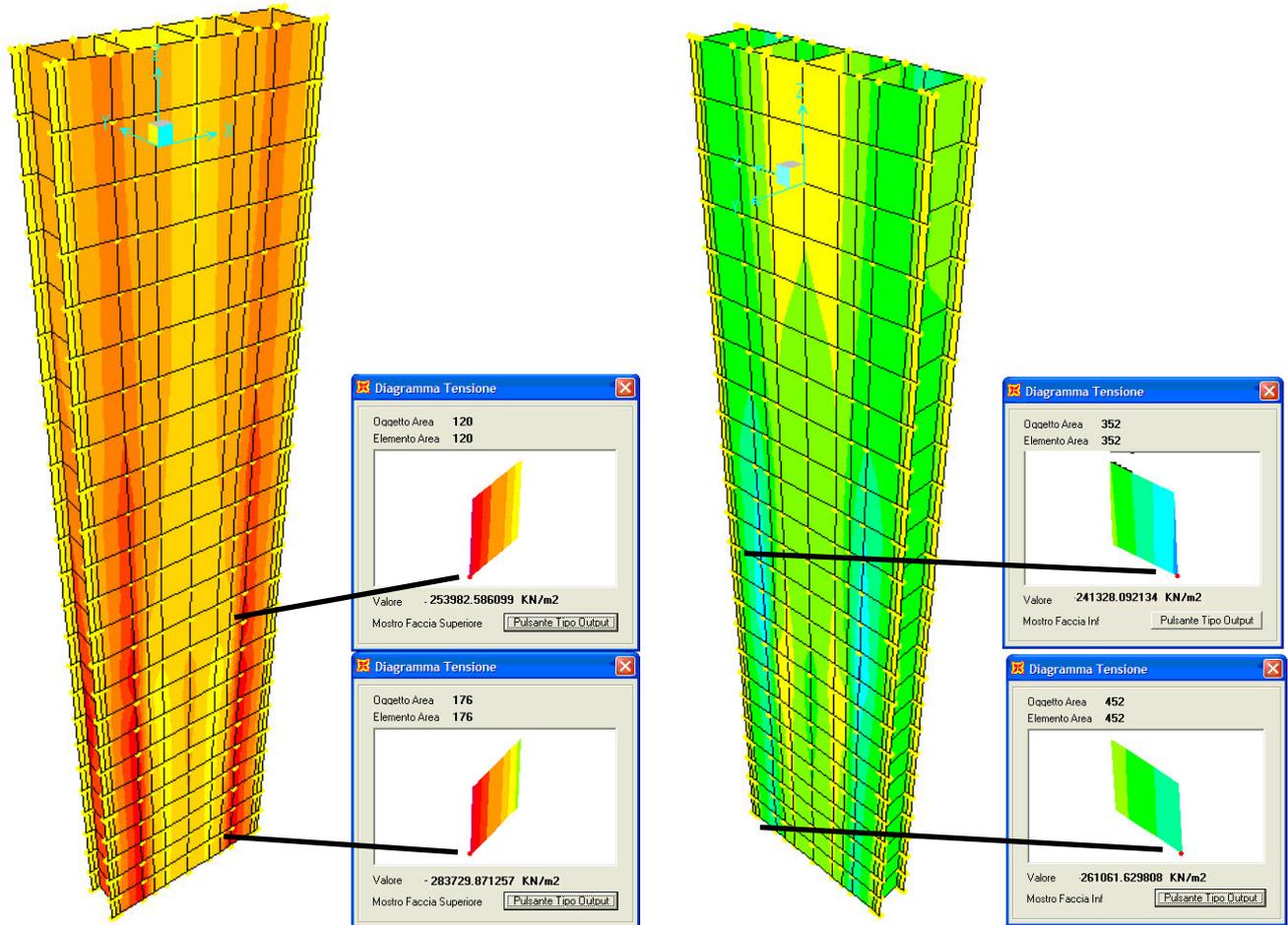


Diagramma tensionale assiale massimo dovuto alle sole pressioni lato colmata e lato mare

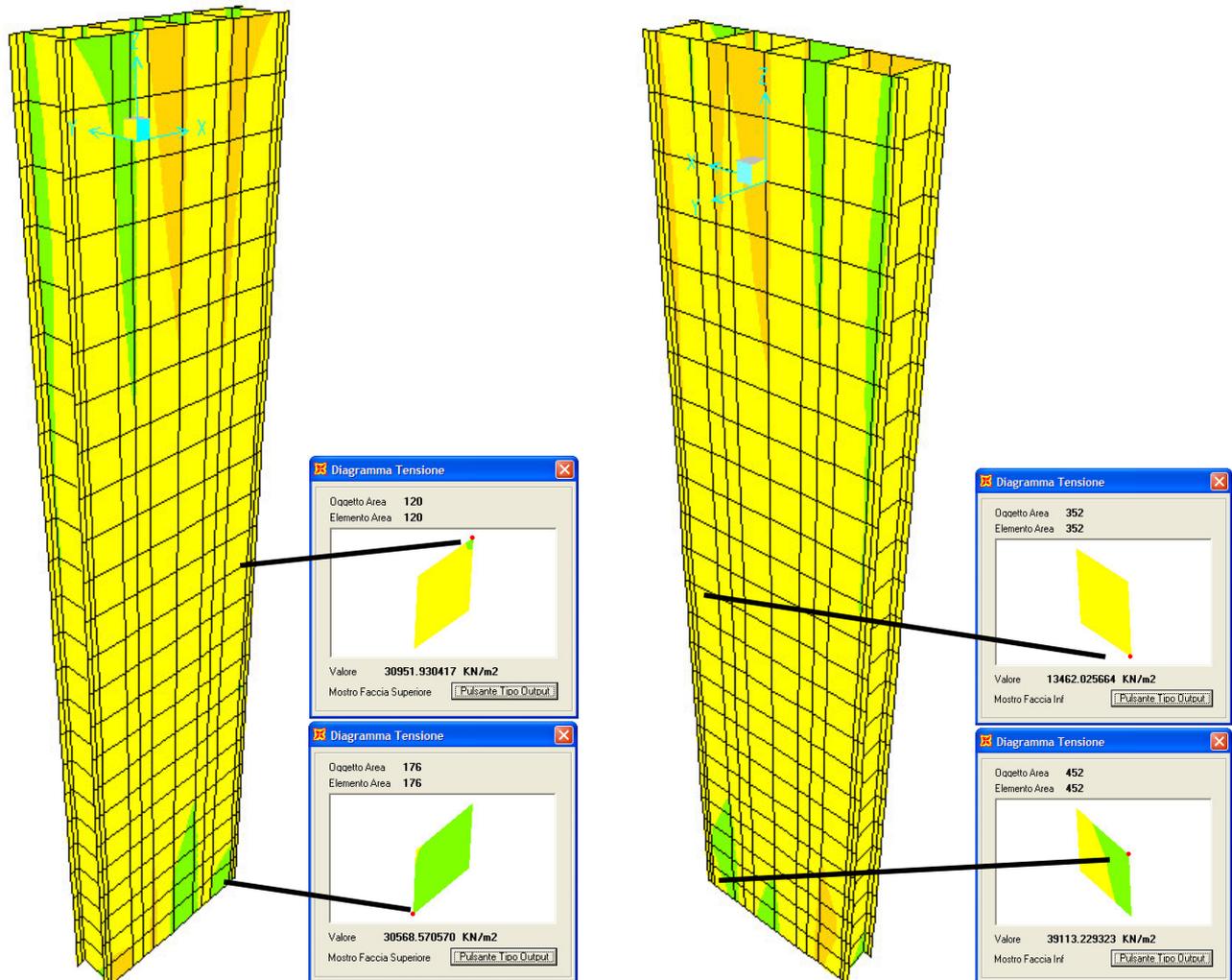


Diagramma tensionale assiale massimo dovuto alle distorsioni lato colmata e lato mare

Lo stato tensionale assiale massimo è pari a:

Elemento “shell” 120:

$$\sigma_{\max} = 253983 + 30952 = 284935 \text{ kN/m}^2 = 284.94 \text{ MPa} < f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 355/1.05 = 338.09 \text{ MPa}$$

Elemento “shell” 176:

$$\sigma_{\max} = 283730 + 30569 = 314299 \text{ kN/m}^2 = 314.30 \text{ MPa} < f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 355/1.05 = 338.09 \text{ MPa}$$

9.9.4 Verifica dello stato tensionale tangenziale sugli irrigidimenti

Dall'analisi delle tensioni prodotte dalle pressioni e dalle distorsioni si ottiene una tensione tangenziale massima pari a:

$$\tau_{Ed} = 15783 + 741 = 16524 \text{ kN/m}^2 = 16.53 \text{ MPa} < 0.5 \cdot \tau_{Rd} = 0.5 \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 97.6 \text{ Mpa}$$

- la verifica è soddisfatta

Essendo la tensione tangenziale di calcolo inferiore a metà della tensione tangenziale resistente, si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

La verifica all'instabilità pannello soggetto a taglio deve essere condotta se

$$\frac{h_w}{t} > \frac{72}{\eta} \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}}$$

Nel nostro caso tale rapporto è uguale a:

$$\frac{h_w}{t} = \frac{1.16}{0.02} = 58 \text{ (con } t=0.02 \text{ m spessore medio irrigidimento; } h_w=1.16 \text{ altezza media irrig.)}$$

e risulta essere minore del limite:

$$\frac{72}{\eta} \cdot \sqrt{\frac{235}{f_{yk}}} = 58.58 \text{ (con } f_{yk}=355 \text{ MPa)}$$

Pertanto la verifica di instabilità del pannello di irrigidimento può essere omessa.

9.9.5 Verifica di deformabilità in esercizio (SLE)

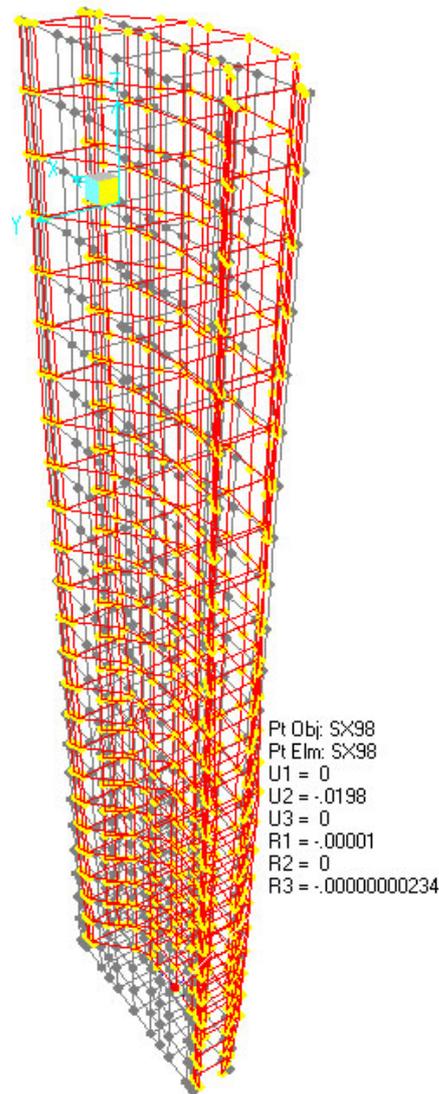


Diagramma di massime deformazioni

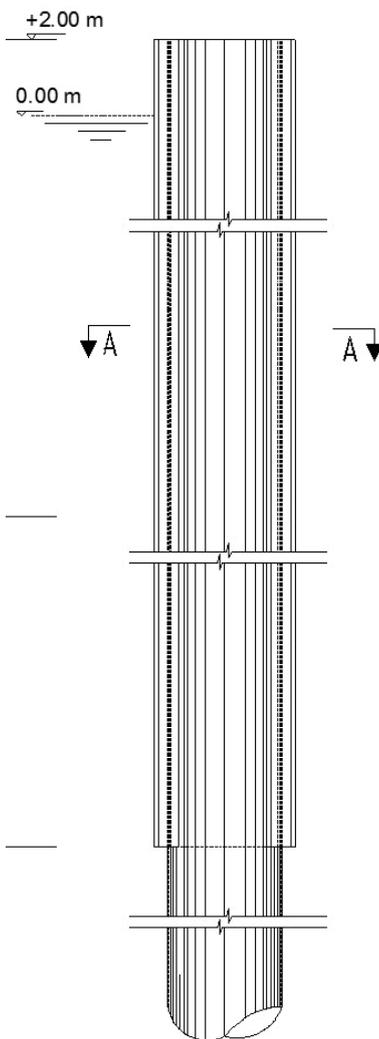
$$U2 = 0.0198 \text{ m} < 1/200 * H = 1/200 * 5.75 = 0.02875 \text{ m}$$

10 METODO DI ANALISI – VERIFICA STRUTTURALE GARGAME

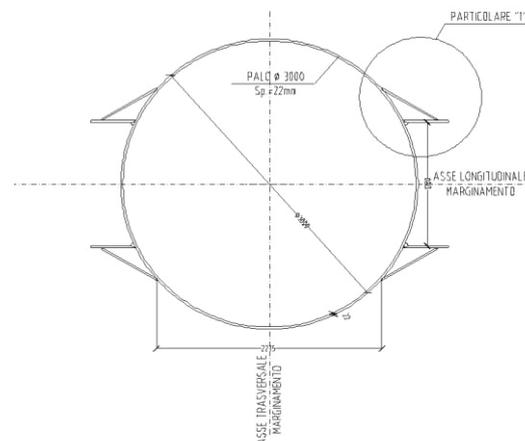
10.1 DESCRIZIONE

Il “gargame” è un guida metallica continua saldata al monopalo dentro la quale scorre il diaframma vibro infisso (vedi elaborati grafici).

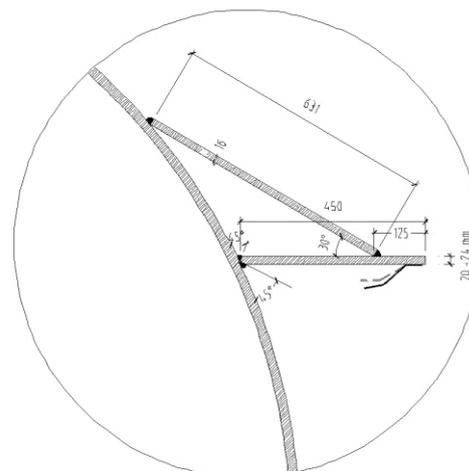
PROSPETTO



SEZIONE A-A

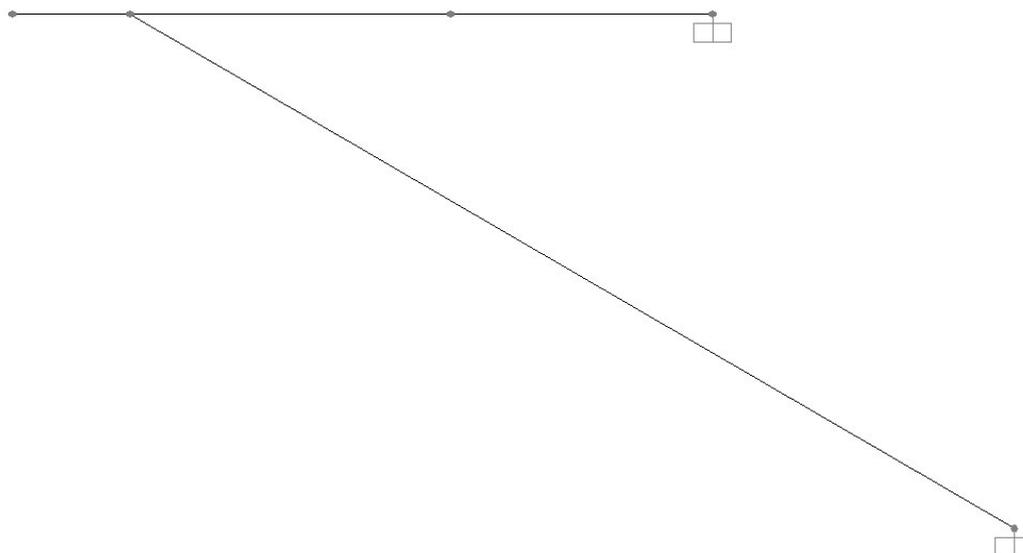


PARTICOLARE "1"



10.2 MODELLO DI CALCOLO

Da un punto di vista strutturale viene schematizzato con due elementi “trave”, di profondità unitaria, ancorati con un vincolo di continuità tra di loro ed esternamente sono vincolati al monopalo con vincoli di incastro a simulare la presenza della saldatura.



Schema statico gargame

Il carico agente sull'elemento orizzontale (di spessore variabile lungo l'altezza del gargame da 24 mm a 20 mm), sopra rappresentato, è costituito da una forza viaggiante lungo tutto l'elemento a simulare il possibile spostamento del punto di contatto tra diaframma e gargame lungo l'infissione del diaframma stesso.

Pertanto verranno effettuati due calcoli:

- 1) il primo relativo al gargame con spessore dell'elemento orizzontale, su cui grava la forza viaggiante, di spessore pari a 20 mm;
- 2) il secondo relativo al gargame con spessore pari a 24 mm.

Il valore delle forze che competono a ciascuno dei due gargami è pari alla reazione massima derivante dai modelli del diaframmi analizzati precedentemente e di seguito riportate in forma tabellare:

REAZIONI DI CONTATTO TRA GARGAME E DIAFRAMMA – SEZ. 1

TABLE: Joint Reactions				
Quota	Joint	OutputCase	CaseType	F2
m	Text	Text	Text	KN
2	DX405	SLU ENV NL	Combination	7.343
2	DX415	SLU ENV NL	Combination	7.352
2	SX406	SLU ENV NL	Combination	15.056
2	SX416	SLU ENV NL	Combination	14.839
1	DX392	SLU ENV NL	Combination	14.431
1	DX402	SLU ENV NL	Combination	14.448
1	SX393	SLU ENV NL	Combination	30.009
1	SX403	SLU ENV NL	Combination	29.57
0	DX379	SLU ENV NL	Combination	15.232
0	DX389	SLU ENV NL	Combination	15.249
0	SX379	SLU ENV NL	Combination	30.348
0	SX389	SLU ENV NL	Combination	29.889
-1	DX366	SLU ENV NL	Combination	12.908
-1	DX376	SLU ENV NL	Combination	12.924
-1	SX366	SLU ENV NL	Combination	30.037
-1	SX376	SLU ENV NL	Combination	29.593
-2	DX353	SLU ENV NL	Combination	12.381
-2	DX363	SLU ENV NL	Combination	12.397
-2	SX353	SLU ENV NL	Combination	28.272
-2	SX363	SLU ENV NL	Combination	27.988
-3	DX340	SLU ENV NL	Combination	12.602
-3	DX350	SLU ENV NL	Combination	12.617
-3	SX340	SLU ENV NL	Combination	30.066
-3	SX350	SLU ENV NL	Combination	29.625
-4	DX327	SLU ENV NL	Combination	15.686
-4	DX337	SLU ENV NL	Combination	15.7
-4	SX327	SLU ENV NL	Combination	22.364
-4	SX337	SLU ENV NL	Combination	22.556
-5	DX314	SLU ENV NL	Combination	13.113
-5	DX324	SLU ENV NL	Combination	13.126
-5	SX314	SLU ENV NL	Combination	19.457
-5	SX324	SLU ENV NL	Combination	19.884
-6	DX301	SLU ENV NL	Combination	24.103
-6	DX311	SLU ENV NL	Combination	24.122
-6	SX301	SLU ENV NL	Combination	31.473
-6	SX311	SLU ENV NL	Combination	31.848
-7	DX288	SLU ENV NL	Combination	31.441
-7	DX298	SLU ENV NL	Combination	31.462
-7	SX288	SLU ENV NL	Combination	44.26
-7	SX298	SLU ENV NL	Combination	44.44
-8	DX275	SLU ENV NL	Combination	37.861
-8	DX285	SLU ENV NL	Combination	37.881
-8	SX275	SLU ENV NL	Combination	43.518
-8	SX285	SLU ENV NL	Combination	43.759
-9	DX262	SLU ENV NL	Combination	38.544
-9	DX272	SLU ENV NL	Combination	38.557
-9	SX262	SLU ENV NL	Combination	51.855
-9	SX272	SLU ENV NL	Combination	51.246
-10	DX249	SLU ENV NL	Combination	56.903
-10	DX259	SLU ENV NL	Combination	56.913
-10	SX249	SLU ENV NL	Combination	57.527
-10	SX259	SLU ENV NL	Combination	56.47
-11	DX236	SLU ENV NL	Combination	59.369
-11	DX246	SLU ENV NL	Combination	59.368
-11	SX236	SLU ENV NL	Combination	62.195
-11	SX246	SLU ENV NL	Combination	61.079
-12	DX223	SLU ENV NL	Combination	76.603
-12	DX233	SLU ENV NL	Combination	76.601
-12	SX223	SLU ENV NL	Combination	62.28
-12	SX233	SLU ENV NL	Combination	62.193
-13	DX210	SLU ENV NL	Combination	71.99
-13	DX220	SLU ENV NL	Combination	71.966
-13	SX210	SLU ENV NL	Combination	73.668
-13	SX220	SLU ENV NL	Combination	72.609
-14	DX197	SLU ENV NL	Combination	78.639
-14	DX207	SLU ENV NL	Combination	78.608
-14	SX197	SLU ENV NL	Combination	158.47
-14	SX207	SLU ENV NL	Combination	153.226

L=16 m; (spessore =20 mm)

158.47
MAX

TABLE: Joint Reactions				
Quota	Joint	OutputCase	CaseType	F2
m	Text	Text	Text	KN
-15	DX184	SLU ENV NL	Combination	102.192
-15	DX194	SLU ENV NL	Combination	102.132
-15	SX184	SLU ENV NL	Combination	178.014
-15	SX194	SLU ENV NL	Combination	173.261
-16	DX171	SLU ENV NL	Combination	117.578
-16	DX181	SLU ENV NL	Combination	117.517
-16	SX171	SLU ENV NL	Combination	183.913
-16	SX181	SLU ENV NL	Combination	179.484
-17	DX158	SLU ENV NL	Combination	121.087
-17	DX168	SLU ENV NL	Combination	121.023
-17	SX158	SLU ENV NL	Combination	177.975
-17	SX168	SLU ENV NL	Combination	174.075
-18	DX145	SLU ENV NL	Combination	130.689
-18	DX155	SLU ENV NL	Combination	130.624
-18	SX145	SLU ENV NL	Combination	180.45
-18	SX155	SLU ENV NL	Combination	176.905
-19	DX132	SLU ENV NL	Combination	134.468
-19	DX142	SLU ENV NL	Combination	134.425
-19	SX132	SLU ENV NL	Combination	176.696
-19	SX142	SLU ENV NL	Combination	173.532
-20	DX119	SLU ENV NL	Combination	142.416
-20	DX129	SLU ENV NL	Combination	142.421
-20	SX119	SLU ENV NL	Combination	178.387
-20	SX129	SLU ENV NL	Combination	175.419
-21	DX106	SLU ENV NL	Combination	147.249
-21	DX116	SLU ENV NL	Combination	147.373
-21	SX106	SLU ENV NL	Combination	177.582
-21	SX116	SLU ENV NL	Combination	174.839
-22	DX93	SLU ENV NL	Combination	152.368
-22	SX93	SLU ENV NL	Combination	177.01
-22	DX103	SLU ENV NL	Combination	152.516
-22	SX103	SLU ENV NL	Combination	174.404
-23	DX80	SLU ENV NL	Combination	165.386
-23	DX90	SLU ENV NL	Combination	163.341
-23	SX80	SLU ENV NL	Combination	177.358
-23	SX90	SLU ENV NL	Combination	174.277
-24	DX67	SLU ENV NL	Combination	208.135
-24	DX77	SLU ENV NL	Combination	206.617
-24	SX67	SLU ENV NL	Combination	189.997
-24	SX77	SLU ENV NL	Combination	185.839
-25	DX54	SLU ENV NL	Combination	223.535
-25	DX64	SLU ENV NL	Combination	223.729
-25	SX54	SLU ENV NL	Combination	184.62
-25	SX64	SLU ENV NL	Combination	181.147
-26	DX41	SLU ENV NL	Combination	205.698
-26	DX51	SLU ENV NL	Combination	205.852
-26	SX41	SLU ENV NL	Combination	117.905
-26	SX51	SLU ENV NL	Combination	118.786
-27.5	DX28	SLU ENV NL	Combination	108.089
-27.5	DX38	SLU ENV NL	Combination	108.121
-27.5	SX28	SLU ENV NL	Combination	31.424
-27.5	SX38	SLU ENV NL	Combination	33.786

L=13.5 m; (spessore = 24 mm)

MAX
223.729

Reazioni dovute alle pressioni



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

REAZIONE DI CONTATTO TRA GARGAME E DIAFRAMMA – SEZ. 2

TABLE: Joint Reactions				
Quota	Joint	OutputCase	CaseType	F2
m	Text	Text	Text	KN
2	DX405	SLU_ENV_NL	Combination	2.502
2	DX415	SLU_ENV_NL	Combination	2.503
2	SX406	SLU_ENV_NL	Combination	11.73
2	SX416	SLU_ENV_NL	Combination	12.472
1	DX392	SLU_ENV_NL	Combination	4.829
1	DX402	SLU_ENV_NL	Combination	4.829
1	SX393	SLU_ENV_NL	Combination	24.085
1	SX403	SLU_ENV_NL	Combination	25.498
0	DX379	SLU_ENV_NL	Combination	5.316
0	DX389	SLU_ENV_NL	Combination	5.316
0	SX379	SLU_ENV_NL	Combination	24.423
0	SX389	SLU_ENV_NL	Combination	25.798
-1	DX366	SLU_ENV_NL	Combination	2.544
-1	DX376	SLU_ENV_NL	Combination	2.544
-1	SX366	SLU_ENV_NL	Combination	19.579
-1	SX376	SLU_ENV_NL	Combination	21.329
-2	DX353	SLU_ENV_NL	Combination	0
-2	DX363	SLU_ENV_NL	Combination	0
-2	SX353	SLU_ENV_NL	Combination	11.66
-2	SX363	SLU_ENV_NL	Combination	14.102
-3	DX340	SLU_ENV_NL	Combination	2.42
-3	DX350	SLU_ENV_NL	Combination	2.42
-3	SX340	SLU_ENV_NL	Combination	15.159
-3	SX350	SLU_ENV_NL	Combination	17.284
-4	DX327	SLU_ENV_NL	Combination	4.594
-4	DX337	SLU_ENV_NL	Combination	4.594
-4	SX327	SLU_ENV_NL	Combination	18.494
-4	SX337	SLU_ENV_NL	Combination	20.403
-5	DX314	SLU_ENV_NL	Combination	4.141
-5	DX324	SLU_ENV_NL	Combination	4.141
-5	SX314	SLU_ENV_NL	Combination	17.406
-5	SX324	SLU_ENV_NL	Combination	19.358
-6	DX301	SLU_ENV_NL	Combination	7.188
-6	DX311	SLU_ENV_NL	Combination	7.188
-6	SX301	SLU_ENV_NL	Combination	33.429
-6	SX311	SLU_ENV_NL	Combination	35.711
-7	DX288	SLU_ENV_NL	Combination	13.142
-7	DX298	SLU_ENV_NL	Combination	13.142
-7	SX288	SLU_ENV_NL	Combination	50.188
-7	SX298	SLU_ENV_NL	Combination	52.594
-8	DX275	SLU_ENV_NL	Combination	14.02
-8	DX285	SLU_ENV_NL	Combination	14.02
-8	SX275	SLU_ENV_NL	Combination	54.763
-8	SX285	SLU_ENV_NL	Combination	56.722
-9	DX262	SLU_ENV_NL	Combination	20.443
-9	DX272	SLU_ENV_NL	Combination	20.444
-9	SX262	SLU_ENV_NL	Combination	55.43
-9	SX272	SLU_ENV_NL	Combination	57.19
-10	DX249	SLU_ENV_NL	Combination	28.685
-10	DX259	SLU_ENV_NL	Combination	28.684
-10	SX249	SLU_ENV_NL	Combination	63.723
-10	SX259	SLU_ENV_NL	Combination	64.7
-11	DX236	SLU_ENV_NL	Combination	41.191
-11	DX246	SLU_ENV_NL	Combination	41.192
-11	SX236	SLU_ENV_NL	Combination	63.893
-11	SX246	SLU_ENV_NL	Combination	64.768
-12	DX223	SLU_ENV_NL	Combination	42.775
-12	DX233	SLU_ENV_NL	Combination	42.775
-12	SX223	SLU_ENV_NL	Combination	77.475
-12	SX233	SLU_ENV_NL	Combination	77.182
-13.5	DX210	SLU_ENV_NL	Combination	44.341
-13.5	DX220	SLU_ENV_NL	Combination	44.341
-13.5	SX210	SLU_ENV_NL	Combination	174.211
-13.5	SX220	SLU_ENV_NL	Combination	169.29

L = 16.5 m, spessore 20 mm

MAX
174.211

TABLE: Joint Reactions				
Quota	Joint	OutputCase	CaseType	F2
m	Text	Text	Text	KN
-14	DX197	SLU_ENV_NL	Combination	58.812
-14	DX207	SLU_ENV_NL	Combination	58.813
-14	SX197	SLU_ENV_NL	Combination	198.594
-14	SX207	SLU_ENV_NL	Combination	194.249
-15	DX184	SLU_ENV_NL	Combination	68.839
-15	DX194	SLU_ENV_NL	Combination	68.838
-15	SX184	SLU_ENV_NL	Combination	209.536
-15	SX194	SLU_ENV_NL	Combination	205.379
-16	DX171	SLU_ENV_NL	Combination	71.251
-16	DX181	SLU_ENV_NL	Combination	71.252
-16	SX171	SLU_ENV_NL	Combination	206.803
-16	SX181	SLU_ENV_NL	Combination	203.036
-17	DX158	SLU_ENV_NL	Combination	77.179
-17	DX168	SLU_ENV_NL	Combination	77.178
-17	SX158	SLU_ENV_NL	Combination	213.847
-17	SX168	SLU_ENV_NL	Combination	210.364
-18	DX145	SLU_ENV_NL	Combination	79.314
-18	DX155	SLU_ENV_NL	Combination	79.315
-18	SX145	SLU_ENV_NL	Combination	212.921
-18	SX155	SLU_ENV_NL	Combination	209.591
-19	DX132	SLU_ENV_NL	Combination	84.798
-19	DX142	SLU_ENV_NL	Combination	84.797
-19	SX132	SLU_ENV_NL	Combination	218.387
-19	SX142	SLU_ENV_NL	Combination	215.226
-20	DX119	SLU_ENV_NL	Combination	87.74
-20	DX129	SLU_ENV_NL	Combination	87.741
-20	SX119	SLU_ENV_NL	Combination	219.268
-20	SX129	SLU_ENV_NL	Combination	216.01
-21	DX106	SLU_ENV_NL	Combination	93.794
-21	DX116	SLU_ENV_NL	Combination	93.792
-21	SX106	SLU_ENV_NL	Combination	225.345
-21	SX116	SLU_ENV_NL	Combination	221.989
-22	DX93	SLU_ENV_NL	Combination	102.522
-22	SX93	SLU_ENV_NL	Combination	232.822
-22	DX103	SLU_ENV_NL	Combination	102.523
-22	SX103	SLU_ENV_NL	Combination	228.627
-23	DX80	SLU_ENV_NL	Combination	115.266
-23	DX90	SLU_ENV_NL	Combination	115.264
-23	SX80	SLU_ENV_NL	Combination	248.263
-23	SX90	SLU_ENV_NL	Combination	243.028
-24	DX67	SLU_ENV_NL	Combination	111.995
-24	DX77	SLU_ENV_NL	Combination	111.998
-24	SX67	SLU_ENV_NL	Combination	215.975
-24	SX77	SLU_ENV_NL	Combination	212.74
-25	DX54	SLU_ENV_NL	Combination	61.873
-25	DX64	SLU_ENV_NL	Combination	61.871
-25	SX54	SLU_ENV_NL	Combination	80.342
-25	SX64	SLU_ENV_NL	Combination	80.708

L = 11.5 m, spessore 24 mm

MAX
248.263

Reazioni dovute alle pressioni



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

REAZIONE DI CONTATTO TRA GARGAME E DIAFRAMMA – SEZ. 3

TABLE: Joint Reactions				
Quota	Joint	OutputCase	CaseType	F2
m	Text	Text	Text	KN
2	DX405	SLU ENV NL	Combination	3.64
2	DX415	SLU ENV NL	Combination	3.64
2	SX406	SLU ENV NL	Combination	24.12
2	SX416	SLU ENV NL	Combination	24.15
1	DX392	SLU ENV NL	Combination	7.15
1	DX402	SLU ENV NL	Combination	7.15
1	SX393	SLU ENV NL	Combination	48.12
1	SX403	SLU ENV NL	Combination	48.17
0	DX379	SLU ENV NL	Combination	7.28
0	DX389	SLU ENV NL	Combination	7.28
0	SX379	SLU ENV NL	Combination	48.24
0	SX389	SLU ENV NL	Combination	48.31
-1	DX366	SLU ENV NL	Combination	5.84
-1	DX376	SLU ENV NL	Combination	5.84
-1	SX366	SLU ENV NL	Combination	48.23
-1	SX376	SLU ENV NL	Combination	48.26
-2	DX353	SLU ENV NL	Combination	3.78
-2	DX363	SLU ENV NL	Combination	3.78
-2	SX353	SLU ENV NL	Combination	46.60
-2	SX363	SLU ENV NL	Combination	46.80
-3	DX340	SLU ENV NL	Combination	5.84
-3	DX350	SLU ENV NL	Combination	5.84
-3	SX340	SLU ENV NL	Combination	48.45
-3	SX350	SLU ENV NL	Combination	48.46
-4	DX327	SLU ENV NL	Combination	6.53
-4	DX337	SLU ENV NL	Combination	6.53
-4	SX327	SLU ENV NL	Combination	41.56
-4	SX337	SLU ENV NL	Combination	42.14
-5	DX314	SLU ENV NL	Combination	6.84
-5	DX324	SLU ENV NL	Combination	6.84
-5	SX314	SLU ENV NL	Combination	38.42
-5	SX324	SLU ENV NL	Combination	39.23
-6	DX301	SLU ENV NL	Combination	10.59
-6	DX311	SLU ENV NL	Combination	10.59
-6	SX301	SLU ENV NL	Combination	60.54
-6	SX311	SLU ENV NL	Combination	61.38
-7	DX288	SLU ENV NL	Combination	18.22
-7	DX298	SLU ENV NL	Combination	18.22
-7	SX288	SLU ENV NL	Combination	82.43
-7	SX298	SLU ENV NL	Combination	83.21
-8	DX275	SLU ENV NL	Combination	18.68
-8	DX285	SLU ENV NL	Combination	18.68
-8	SX275	SLU ENV NL	Combination	83.85
-8	SX285	SLU ENV NL	Combination	84.41
-9	DX262	SLU ENV NL	Combination	26.14
-9	DX272	SLU ENV NL	Combination	26.14
-9	SX262	SLU ENV NL	Combination	90.06
-9	SX272	SLU ENV NL	Combination	89.92
-10	DX249	SLU ENV NL	Combination	35.15
-10	DX259	SLU ENV NL	Combination	35.15
-10	SX249	SLU ENV NL	Combination	97.53
-10	SX259	SLU ENV NL	Combination	96.52
-11	DX236	SLU ENV NL	Combination	49.64
-11	DX246	SLU ENV NL	Combination	49.64
-11	SX236	SLU ENV NL	Combination	98.95
-11	SX246	SLU ENV NL	Combination	97.62
-12	DX223	SLU ENV NL	Combination	49.64
-12	DX233	SLU ENV NL	Combination	49.64
-12	SX223	SLU ENV NL	Combination	102.51
-12	SX233	SLU ENV NL	Combination	100.79
MAX				102.51

L = 14 m; spessore 20 mm

TABLE: Joint Reactions				
Quota	Joint	OutputCase	CaseType	F2
m	Text	Text	Text	KN
-13	DX210	SLU ENV NL	Combination	50.05
-13	DX220	SLU ENV NL	Combination	50.05
-13	SX210	SLU ENV NL	Combination	182.86
-13	SX220	SLU ENV NL	Combination	177.91
-14	DX197	SLU ENV NL	Combination	65.64
-14	DX207	SLU ENV NL	Combination	65.64
-14	SX197	SLU ENV NL	Combination	209.20
-14	SX207	SLU ENV NL	Combination	204.78
-15	DX184	SLU ENV NL	Combination	77.62
-15	DX194	SLU ENV NL	Combination	77.62
-15	SX184	SLU ENV NL	Combination	220.43
-15	SX194	SLU ENV NL	Combination	216.18
-16	DX171	SLU ENV NL	Combination	81.78
-16	DX181	SLU ENV NL	Combination	81.78
-16	SX171	SLU ENV NL	Combination	217.91
-16	SX181	SLU ENV NL	Combination	213.98
-17	DX158	SLU ENV NL	Combination	89.92
-17	DX168	SLU ENV NL	Combination	89.92
-17	SX158	SLU ENV NL	Combination	225.58
-17	SX168	SLU ENV NL	Combination	221.88
-18	DX145	SLU ENV NL	Combination	95.25
-18	DX155	SLU ENV NL	Combination	95.25
-18	SX145	SLU ENV NL	Combination	226.08
-18	SX155	SLU ENV NL	Combination	222.34
-19	DX132	SLU ENV NL	Combination	102.97
-19	DX142	SLU ENV NL	Combination	102.97
-19	SX132	SLU ENV NL	Combination	232.83
-19	SX142	SLU ENV NL	Combination	229.08
-20	DX119	SLU ENV NL	Combination	111.29
-20	DX129	SLU ENV NL	Combination	111.30
-20	SX119	SLU ENV NL	Combination	239.78
-20	SX129	SLU ENV NL	Combination	235.31
-21	DX106	SLU ENV NL	Combination	123.57
-21	DX116	SLU ENV NL	Combination	123.57
-21	SX106	SLU ENV NL	Combination	261.58
-21	SX116	SLU ENV NL	Combination	255.70
-22	DX93	SLU ENV NL	Combination	121.97
-22	SX93	SLU ENV NL	Combination	246.92
-22	DX103	SLU ENV NL	Combination	121.97
-22	SX103	SLU ENV NL	Combination	241.87
-23	DX80	SLU ENV NL	Combination	64.37
-23	DX90	SLU ENV NL	Combination	64.37
-23	SX80	SLU ENV NL	Combination	94.30
-23	SX90	SLU ENV NL	Combination	93.87
MAX				261.58

L = 11 m; spessore 24 mm

Reazioni dovute alle pressioni



Autorità Portuale di Taranto
Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

REAZIONE DI CONTATTO TRA GARGAME E DIAFRAMMA – SEZ. 4

TABLE: Joint Reactions				
Quota	Joint	OutputCase	CaseType	F2
m	Text	Text	Text	KN
2	SX416	SLU_ENV_N	Combination	5.768
2	SX416	SLU_ENV_N	Combination	5.768
2	SX406	SLU_ENV_N	Combination	24.846
2	SX403	SLU_ENV_N	Combination	24.869
1	SX393	SLU_ENV_N	Combination	11.466
1	DX402	SLU_ENV_N	Combination	11.466
1	DX392	SLU_ENV_N	Combination	49.769
1	SX389	SLU_ENV_N	Combination	49.776
0	SX379	SLU_ENV_N	Combination	11.532
0	DX389	SLU_ENV_N	Combination	11.532
0	DX379	SLU_ENV_N	Combination	50.082
0	SX376	SLU_ENV_N	Combination	50.101
-1	SX376	SLU_ENV_N	Combination	11.536
-1	SX366	SLU_ENV_N	Combination	11.536
-1	DX376	SLU_ENV_N	Combination	51.033
-1	DX366	SLU_ENV_N	Combination	50.924
-2	SX363	SLU_ENV_N	Combination	11.151
-2	SX353	SLU_ENV_N	Combination	11.152
-2	DX405	SLU_ENV_N	Combination	53.49
-2	DX353	SLU_ENV_N	Combination	53.236
-3	SX350	SLU_ENV_N	Combination	11.902
-3	SX340	SLU_ENV_N	Combination	11.902
-3	SX337	SLU_ENV_N	Combination	52.048
-3	SX327	SLU_ENV_N	Combination	51.835
-4	DX327	SLU_ENV_N	Combination	11.27
-4	SX324	SLU_ENV_N	Combination	11.27
-4	SX314	SLU_ENV_N	Combination	43.735
-4	SX311	SLU_ENV_N	Combination	44.235
-5	SX301	SLU_ENV_N	Combination	12.278
-5	DX314	SLU_ENV_N	Combination	12.279
-5	SX298	SLU_ENV_N	Combination	40.551
-5	SX298	SLU_ENV_N	Combination	41.223
-6	SX288	SLU_ENV_N	Combination	18.216
-6	SX288	SLU_ENV_N	Combination	18.216
-6	SX285	SLU_ENV_N	Combination	63.886
-6	SX285	SLU_ENV_N	Combination	64.55
-7	SX275	SLU_ENV_N	Combination	29.757
-7	SX275	SLU_ENV_N	Combination	29.757
-7	SX272	SLU_ENV_N	Combination	86.704
-7	SX272	SLU_ENV_N	Combination	87.193
-8	SX262	SLU_ENV_N	Combination	32.063
-8	SX262	SLU_ENV_N	Combination	32.064
-8	SX259	SLU_ENV_N	Combination	94.114
-8	SX259	SLU_ENV_N	Combination	93.945
-9	SX249	SLU_ENV_N	Combination	47.749
-9	SX249	SLU_ENV_N	Combination	47.748
-9	SX246	SLU_ENV_N	Combination	101.31
-9	SX246	SLU_ENV_N	Combination	100.284
-10	SX236	SLU_ENV_N	Combination	52.096
-10	SX236	SLU_ENV_N	Combination	52.097
-10	SX233	SLU_ENV_N	Combination	103.419
-10	SX233	SLU_ENV_N	Combination	102.004
-11	SX223	SLU_ENV_N	Combination	67.309
-11	SX223	SLU_ENV_N	Combination	67.309
-11	SX220	SLU_ENV_N	Combination	102.583
-11	SX210	SLU_ENV_N	Combination	100.932
-12	SX207	SLU_ENV_N	Combination	64.663
-12	SX197	SLU_ENV_N	Combination	64.663
-12	SX194	SLU_ENV_N	Combination	105.81
-12	SX194	SLU_ENV_N	Combination	103.881
-13	SX184	SLU_ENV_N	Combination	65.035
-13	SX184	SLU_ENV_N	Combination	65.036
-13	SX181	SLU_ENV_N	Combination	198.6
-13	SX181	SLU_ENV_N	Combination	193.517

L = 15 m; spessore 20 mm

MAX
198.6

TABLE: Joint Reactions				
Quota	Joint	OutputCase	CaseType	F2
m	Text	Text	Text	KN
-14	SX171	SLU_ENV_N	Combination	88.421
-14	SX171	SLU_ENV_N	Combination	88.421
-14	SX168	SLU_ENV_N	Combination	228.874
-14	SX168	SLU_ENV_N	Combination	224.419
-15	SX158	SLU_ENV_N	Combination	103.251
-15	SX158	SLU_ENV_N	Combination	103.252
-15	SX155	SLU_ENV_N	Combination	239.56
-15	SX155	SLU_ENV_N	Combination	235.097
-16	SX145	SLU_ENV_N	Combination	111.635
-16	SX145	SLU_ENV_N	Combination	111.635
-16	SX142	SLU_ENV_N	Combination	238.729
-16	SX142	SLU_ENV_N	Combination	234.656
-17	SX132	SLU_ENV_N	Combination	123.577
-17	SX132	SLU_ENV_N	Combination	123.578
-17	SX129	SLU_ENV_N	Combination	247.614
-17	SX129	SLU_ENV_N	Combination	243.269
-18	SX119	SLU_ENV_N	Combination	132.507
-18	SX119	SLU_ENV_N	Combination	132.506
-18	SX116	SLU_ENV_N	Combination	252.344
-18	SX116	SLU_ENV_N	Combination	247.867
-19	SX106	SLU_ENV_N	Combination	138.973
-19	SX106	SLU_ENV_N	Combination	138.975
-19	SX93	SLU_ENV_N	Combination	272.888
-19	SX93	SLU_ENV_N	Combination	266.653
-20	SX103	SLU_ENV_N	Combination	150.152
-20	SX103	SLU_ENV_N	Combination	150.15
-20	SX406	SLU_ENV_N	Combination	298.911
-20	SX403	SLU_ENV_N	Combination	291.23
-21	SX393	SLU_ENV_N	Combination	175.092
-21	SX389	SLU_ENV_N	Combination	175.095
-21	SX379	SLU_ENV_N	Combination	217.752
-21	SX366	SLU_ENV_N	Combination	215.111
-21.5	SX363	SLU_ENV_N	Combination	96.99
-21.5	SX353	SLU_ENV_N	Combination	83.268
-21.5	SX350	SLU_ENV_N	Combination	96.989
-21.5	SX340	SLU_ENV_N	Combination	83.857

8.5 m; spessore 24 mm

MAX
298.911

Reazioni dovute alle pressioni



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

TABLE: Joint Reactions				
Quota	Joint	OutputCase	CaseType	F2
m	Text	Text	Text	KN
2	DX405	CEDIMENTI	LinStatic	12.416
2	DX415	CEDIMENTI	LinStatic	-12.124
2	SX406	CEDIMENTI	LinStatic	12.54
2	SX416	CEDIMENTI	LinStatic	-12.326
1	DX392	CEDIMENTI	LinStatic	18.257
1	DX402	CEDIMENTI	LinStatic	-19.156
1	SX393	CEDIMENTI	LinStatic	18.273
1	SX403	CEDIMENTI	LinStatic	-18.331
0	DX379	CEDIMENTI	LinStatic	14.682
0	DX389	CEDIMENTI	LinStatic	-11.931
0	SX379	CEDIMENTI	LinStatic	13.527
0	SX389	CEDIMENTI	LinStatic	-13.546
-1	DX366	CEDIMENTI	LinStatic	9.842
-1	DX376	CEDIMENTI	LinStatic	-12.421
-1	SX366	CEDIMENTI	LinStatic	9.363
-1	SX376	CEDIMENTI	LinStatic	-9.899
-2	DX353	CEDIMENTI	LinStatic	10.155
-2	DX363	CEDIMENTI	LinStatic	-6.3
-2	SX353	CEDIMENTI	LinStatic	9.077
-2	SX363	CEDIMENTI	LinStatic	-9.656
-3	DX340	CEDIMENTI	LinStatic	9.175
-3	DX350	CEDIMENTI	LinStatic	-13.28
-3	SX340	CEDIMENTI	LinStatic	8.575
-3	SX350	CEDIMENTI	LinStatic	-8.927
-4	DX327	CEDIMENTI	LinStatic	11.247
-4	DX337	CEDIMENTI	LinStatic	-5.371
-4	SX327	CEDIMENTI	LinStatic	10.384
-4	SX337	CEDIMENTI	LinStatic	-10.629
-5	DX314	CEDIMENTI	LinStatic	7.607
-5	DX324	CEDIMENTI	LinStatic	-13.698
-5	SX314	CEDIMENTI	LinStatic	6.799
-5	SX324	CEDIMENTI	LinStatic	-7.275
-6	DX301	CEDIMENTI	LinStatic	15.162
-6	DX311	CEDIMENTI	LinStatic	-6.62
-6	SX301	CEDIMENTI	LinStatic	13.88
-6	SX311	CEDIMENTI	LinStatic	-14.321
-7	DX288	CEDIMENTI	LinStatic	18.767
-7	DX298	CEDIMENTI	LinStatic	-28.125
-7	SX288	CEDIMENTI	LinStatic	17.42
-7	SX298	CEDIMENTI	LinStatic	-17.988
-8	DX275	CEDIMENTI	LinStatic	9.558
-8	DX285	CEDIMENTI	LinStatic	3.659
-8	SX275	CEDIMENTI	LinStatic	7.101
-8	SX285	CEDIMENTI	LinStatic	-8.935
-9	DX262	CEDIMENTI	LinStatic	12.668
-9	DX272	CEDIMENTI	LinStatic	-29.192
-9	SX262	CEDIMENTI	LinStatic	10.809
-9	SX272	CEDIMENTI	LinStatic	-12.922
-10	DX249	CEDIMENTI	LinStatic	13.458
-10	DX259	CEDIMENTI	LinStatic	6.08
-10	SX249	CEDIMENTI	LinStatic	11.523
-10	SX259	CEDIMENTI	LinStatic	-13.552
-11	DX236	CEDIMENTI	LinStatic	19.142
-11	DX246	CEDIMENTI	LinStatic	-47.562
-11	SX236	CEDIMENTI	LinStatic	17.988
-11	SX246	CEDIMENTI	LinStatic	-22.393
-12	DX223	CEDIMENTI	LinStatic	14.374
-12	DX233	CEDIMENTI	LinStatic	12.565
-12	SX223	CEDIMENTI	LinStatic	12.629
-12	SX233	CEDIMENTI	LinStatic	-18.053
-13	DX210	CEDIMENTI	LinStatic	19.792
-13	DX220	CEDIMENTI	LinStatic	-63.817
-13	SX210	CEDIMENTI	LinStatic	18.58
-13	SX220	CEDIMENTI	LinStatic	-26.382
-14	DX197	CEDIMENTI	LinStatic	30.665
-14	DX207	CEDIMENTI	LinStatic	77.012
-14	SX197	CEDIMENTI	LinStatic	28.062
-14	SX207	CEDIMENTI	LinStatic	-11.843

L = 16 m. spessore 20 mm

MAX	MIN
77.012	-63.817

TABLE: Joint Reactions				
Quota	Joint	OutputCase	CaseType	F2
m	Text	Text	Text	KN
-15	DX184	CEDIMENTI	LinStatic	21.165
-15	DX194	CEDIMENTI	LinStatic	-67.306
-15	SX184	CEDIMENTI	LinStatic	16.42
-15	SX194	CEDIMENTI	LinStatic	-27.947
-16	DX171	CEDIMENTI	LinStatic	15.126
-16	DX181	CEDIMENTI	LinStatic	9.183
-16	SX171	CEDIMENTI	LinStatic	9.861
-16	SX181	CEDIMENTI	LinStatic	-17.93
-17	DX158	CEDIMENTI	LinStatic	13.536
-17	DX168	CEDIMENTI	LinStatic	-40.933
-17	SX158	CEDIMENTI	LinStatic	7.791
-17	SX168	CEDIMENTI	LinStatic	-14.823
-18	DX145	CEDIMENTI	LinStatic	-4.338
-18	DX155	CEDIMENTI	LinStatic	24.468
-18	SX145	CEDIMENTI	LinStatic	-11.94
-18	SX155	CEDIMENTI	LinStatic	6.955
-19	DX132	CEDIMENTI	LinStatic	-1.905
-19	DX142	CEDIMENTI	LinStatic	-10.784
-19	SX132	CEDIMENTI	LinStatic	-9.982
-19	SX142	CEDIMENTI	LinStatic	4.992
-20	DX119	CEDIMENTI	LinStatic	-5.122
-20	DX129	CEDIMENTI	LinStatic	19.736
-20	SX119	CEDIMENTI	LinStatic	-12.762
-20	SX129	CEDIMENTI	LinStatic	8.963
-21	DX106	CEDIMENTI	LinStatic	-2.367
-21	DX116	CEDIMENTI	LinStatic	-1.555
-21	SX106	CEDIMENTI	LinStatic	-11.033
-21	SX116	CEDIMENTI	LinStatic	7.298
-22	DX93	CEDIMENTI	LinStatic	-16.769
-22	SX93	CEDIMENTI	LinStatic	-25.571
-22	DX103	CEDIMENTI	LinStatic	26.653
-22	SX103	CEDIMENTI	LinStatic	21.176
-23	DX80	CEDIMENTI	LinStatic	-14.579
-23	DX90	CEDIMENTI	LinStatic	16.235
-23	SX80	CEDIMENTI	LinStatic	-24.11
-23	SX90	CEDIMENTI	LinStatic	20.213
-24	DX67	CEDIMENTI	LinStatic	-17.487
-24	DX77	CEDIMENTI	LinStatic	24.773
-24	SX67	CEDIMENTI	LinStatic	-27.41
-24	SX77	CEDIMENTI	LinStatic	25.427
-25	DX54	CEDIMENTI	LinStatic	-44.046
-25	DX64	CEDIMENTI	LinStatic	54.075
-25	SX54	CEDIMENTI	LinStatic	-56.293
-25	SX64	CEDIMENTI	LinStatic	53.663
-26	DX41	CEDIMENTI	LinStatic	-69.756
-26	DX51	CEDIMENTI	LinStatic	82.906
-26	SX41	CEDIMENTI	LinStatic	-85.814
-26	SX51	CEDIMENTI	LinStatic	83.212
-27	DX28	CEDIMENTI	LinStatic	-53.211
-27	DX38	CEDIMENTI	LinStatic	49.4
-27	SX28	CEDIMENTI	LinStatic	-63.017
-27	SX38	CEDIMENTI	LinStatic	49.323

L = 13 m. spessore 24 mm

MAX	MIN
83.212	-85.814

Reazioni dovute alle distorsioni



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

Come si evince dalle tabelle sopra riportate il valore massimo della forza viaggiante (ottenuta come somma tra la reazione, a metro lineare di diaframma, dovuta alle pressioni e la reazione, a metro lineare di diaframma, dovuta alle distorsioni) lungo la lamiera orizzontale del gargame sarà:

$$F1 = 198.6 + 65 \approx 264 \text{ kN/m} \quad \text{per spessore della lamiera pari a 20 mm;}$$

$$F2 = 298.91 + 86 \approx 385 \text{ kN/m} \quad \text{per spessore della lamiera pari a 24 mm;}$$

L'elemento orizzontale rappresenta il tirante tenso-inflesso, soggetto a trazione e flessione.

L'elemento obliquo (di spessore pari a 16 mm) rappresenta nel modello il puntone soggetto prevalentemente a sforzo normale.


Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

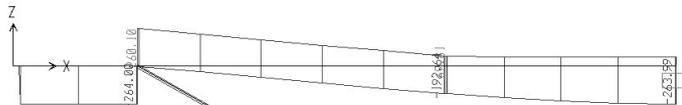
Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

10.3 SOLLECITAZIONI

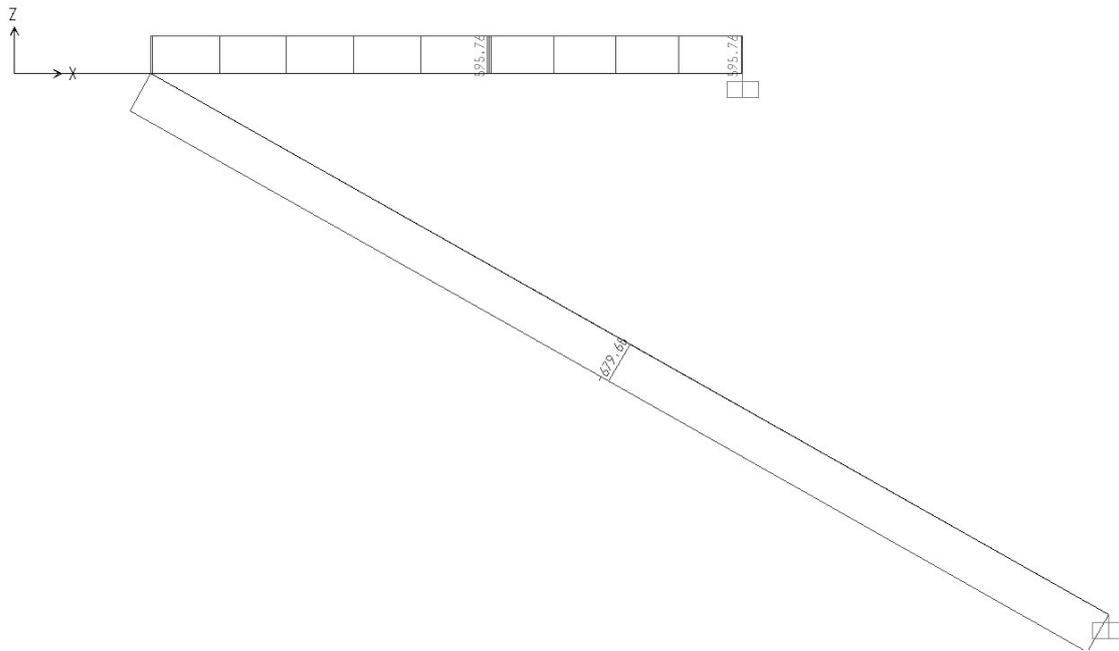
DIAGRAMMA DI SOLLECITAZIONE ESTERNA – MODELLO 1 CON SPESSORE LAMIERA ORIZZONTALE PARI A 20 mm



Momento flettente

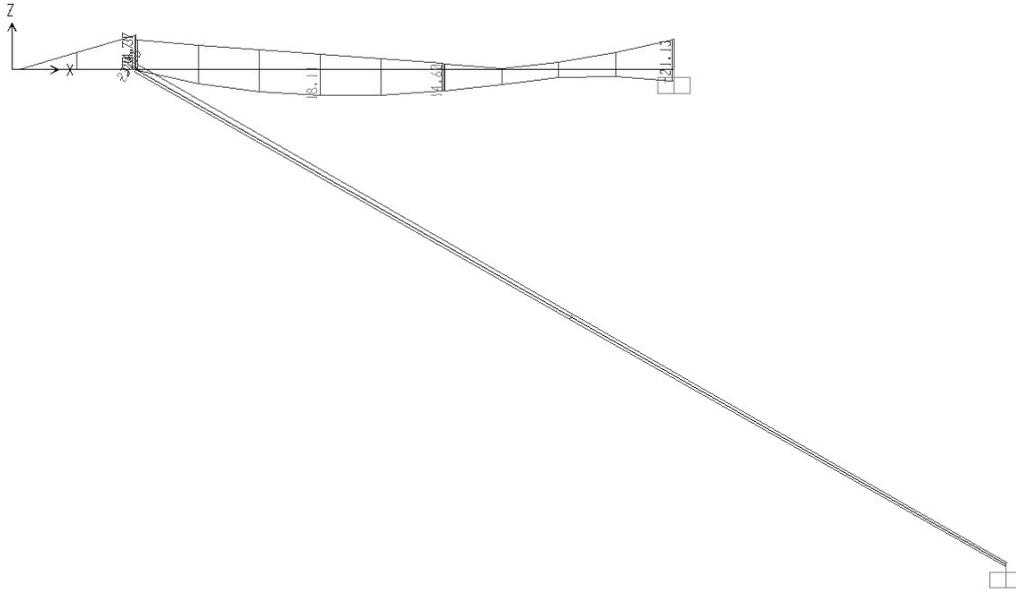


Taglio

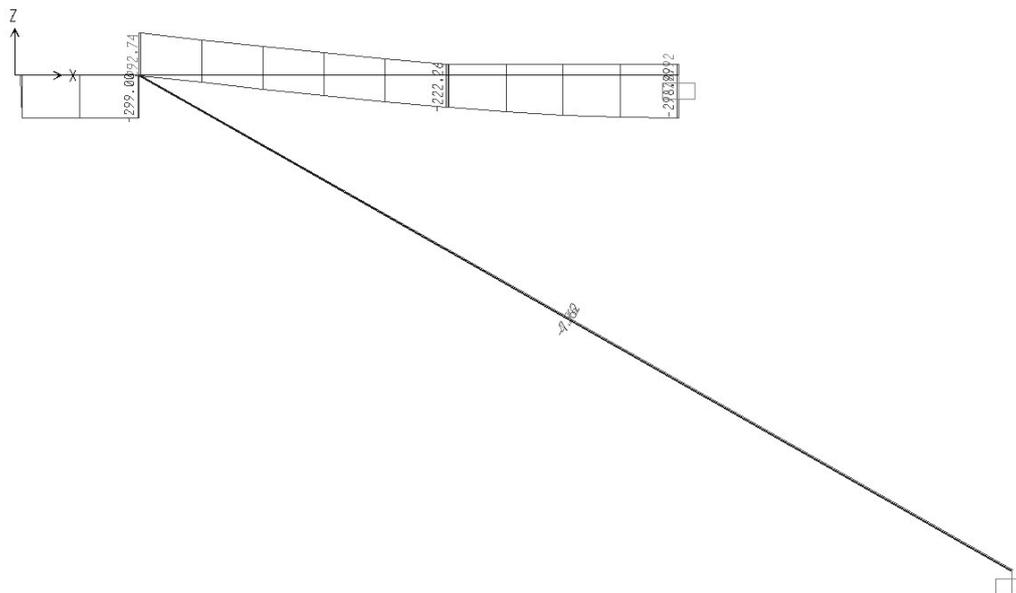


Sforzo normale

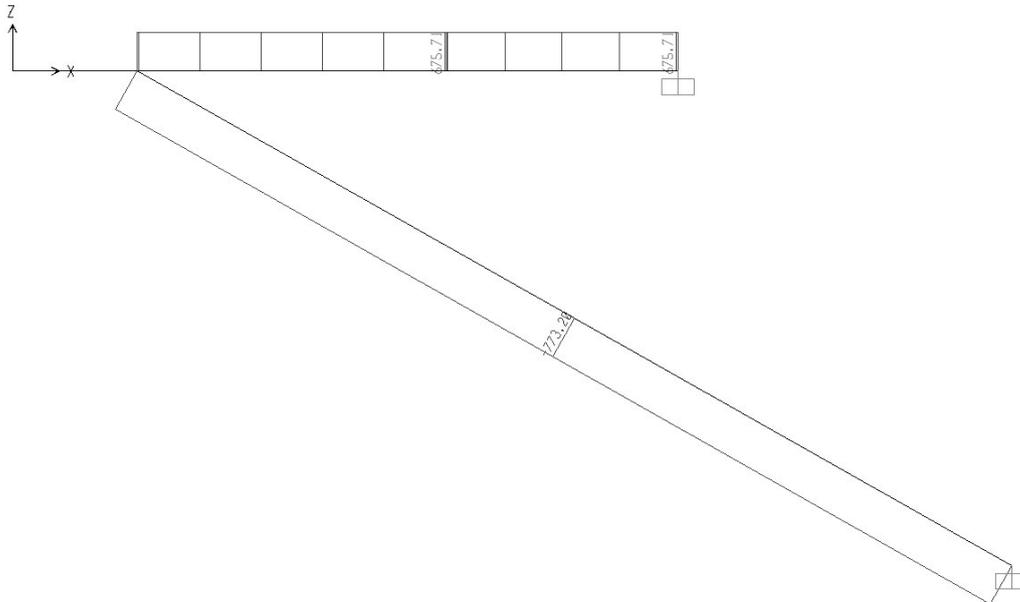
DIAGRAMMA DI SOLLECITAZIONE ESTERNA – MODELLO 2 CON SPESSORE LAMIERA ORIZZONTALE PARI A 24 mm



Momento flettente



Taglio



Sforzo normale

10.4 VERIFICHE

VERIFICHE – MODELLO 1

Elemento orizzontale

$M = -21.52 \text{ kNm/m}$ -momento flettente
 $T = 264.00 \text{ kN/m}$ -taglio
 $N = 595.76 \text{ kN/m}$ -sforzo normale (trazione)

$A = 1.00 \cdot 0.02 = 0.02 \text{ m}^2$ -area sezione
 $W_{pl} = 0.0001 \text{ m}^3$ -modulo di resistenza plastico (sezione compatta)

Verifica a tenso-flessione

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_{pl}} = \frac{595.76}{0.02} + \frac{21.52}{0.0001} = 244988 \text{ kN/m}^2 = 244.99 \text{ MPa} < f_{yd} = 355/1.05 = 338.09 \text{ MPa}$$

Verifica a taglio

$$T = 264.00 \text{ kN/m} < 0.5 \cdot V_{Rd} = 0.5 \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) \cdot A_v = 1951.99 \text{ kN/m} \quad \text{- la verifica è soddisfatta}$$

Essendo il taglio di calcolo inferiore a metà del taglio resistente, si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

Elemento obliquo

M _{max} = 3.07 kNm/m	-momento flettente massimo
M _{min} = -4.90 kNm/m	-momento flettente minimo
T = 10.30 kN/m	-taglio
N = -679.68 kN/m	-sforzo normale (compressione)
A= 1.00*0.016=0.016 m ²	-area sezione
J=3.4 *10 ⁻⁷ m ⁴	-momento di inerzia
W _{el} =0.00004266 m ³	-modulo di resistenza elastico

Verifica a presso-flessione

Per gli elementi strutturali soggetti a compressione e flessione il DM 14/01/2008 rimanda a normative di comprovata validità.

Per la verifica è stata seguita la norma del CNR 10011 par. 7.4

$$\sigma_{\max} = \omega \frac{N}{A} + \frac{M_{eq}}{\psi W_{el} \left(1 - \nu \frac{N}{N_{cr}}\right)} < f_{yd} = 355/1.05 = 338.09 \text{ MPa}$$

In cui:

$$\omega = 2.00 \text{ (tab. 7-IVa; CNR 10011)} \text{ è funzione di } \lambda = l_0/i = l_0/\sqrt{\frac{J}{A}} = 95.5 \quad (\text{con } l_0 = 0.7 \cdot l =$$

$$0.7 \cdot 63 = 44 \text{ cm})$$

$$\psi = 1$$

$$\nu = 1$$

$$N_{cr} = \sigma_{cr} A = 221 \cdot 0.016 \cdot 1000000 = 3533000 \text{ N} = 3533 \text{ kN} \quad (\text{con } \sigma_{cr} \text{ funzione di } \lambda)$$

$$M_{eq} = 0.6M_{\max} - 0.4M_{\min} = 1.71 \text{ kNm/m}$$

Pertanto avremo:

$$\sigma_{\max} = 2.00 \cdot \frac{679.68}{0.016} + \frac{1.71}{1 \cdot 0.00004266 \cdot \left(1 - 1 \cdot \frac{679.68}{3533.0}\right)} = 134593 \text{ kN/m}^2 = 134.60 \text{ MPa} < 338.1 \text{ MPa}$$

**Autorità Portuale di Taranto**

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

Elemento obliquo

M _{min} = 2.17 kNm/m	-momento flettente minimo
M _{max} = 3.66 kNm/m	-momento flettente massimo
T = 7.62 kN/m	-taglio
N = -773.20 kN/m	-sforzo normale (compressione)
A = 1.00*0.016=0.016 m ²	-area sezione
J=3.4 *10 ⁻⁷ m ⁴	-momento di inerzia
W _{el} =0.00004266 m ³	-modulo di resistenza elastico

Verifica a presso-flessione

Per gli elementi strutturali soggetti a compressione e flessione il DM 14/01/2008 rimanda a normative di comprovata validità.

Per la verifica è stata seguita la norma del CNR 10011 par. 7.4

$$\sigma_{\max} = \omega \frac{N}{A} + \frac{M_{eq}}{\psi W_{el} \left(1 - \nu \frac{N}{N_{cr}}\right)} < f_{yd} = 355/1.05 = 338.09 \text{ MPa}$$

In cui:

$$\omega = 2.00 \text{ (tab. 7-IVa; CNR 10011)} \text{ è funzione di } \lambda = l_0/i = l_0/\sqrt{\frac{J}{A}} = 95.5 \text{ (con } l_0 = 0.7 \cdot l =$$

$$0.7 \cdot 63 = 44 \text{ cm)}$$

$$\psi = 1$$

$$\nu = 1$$

$$N_{cr} = \sigma_{cr} A = 221 \cdot 0.016 \cdot 1000000 = 3533000 \text{ N} = 3533 \text{ kN} \text{ (con } \sigma_{cr} \text{ funzione di } \lambda)$$

$$M_{eq} = 0.6 M_{\max} - 0.4 M_{\min} = 1.33 \text{ kNm/m}$$

Pertanto avremo:

$$\sigma_{\max} = 2.00 \cdot \frac{773.20}{0.016} + \frac{1.33}{1 \cdot 0.00004266 \cdot \left(1 - 1 \cdot \frac{773.20}{3533.0}\right)} = 136618 \text{ kN/m}^2 = 136.62 \text{ MPa} < 338.1 \text{ MPa}$$



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

11 TRAVI DI COLLEGAMENTO BINARI DELLA GRU

Come detto in premessa, la cassa di colmata dovrà essere utilizzata come "Banchina Portuale", pertanto in futuro verranno montati due binari per accogliere la gru Transtainer, uno situato in asse marginamento a mare e l'altro posizionato a 30.48 m (scartamento dei rotaie) lato terra. Quest'ultimo binario è fondato su una doppia fila di pali ϕ 1200, disposti a 3.60 m una fila dall'altra (in senso trasversale alla rotaia), ogni coppia di pali è collegata con un plinto di dimensioni in pianta (5.40*2.40) m e sono posti ad un' interasse in senso longitudinale di 5.95 m, a loro volta sono collegati longitudinalmente con una trave in cls armato sulla quale è poggiata la rotaia della gru.

Le tolleranze dello scartamento ammesse per l'esercizio delle gru impongono la realizzazione di travi di collegamento (1.50 m x 0.75 m) tra le due strutture lato terra e lato mare al fine di impedire spostamenti relativi tra i due binari. Queste travi sono realizzate con interasse di 17.80m.

La presenza di tale trave si è resa necessaria al fine di limitare gli spostamenti trasversali tra le rotaie in fase di esercizio ed inoltre per trasferire parte del tiro delle bitte ai pali lato terra.

Pertanto, è indispensabile che prima del dragaggio a valle del marginamento a mare (-16.50 m s.l.m.) vengano realizzate le opere a monte del marginamento, nel presente paragrafo si riporta il dimensionamento delle armature di ripresa della trave di collegamento tra la trave di banchina lato mare e la trave di fondazione della seconda rotaia lato terra, mentre i pali ϕ 1200 con i rispettivi plinti e travi di collegamento longitudinali verranno realizzati in futuro.

Tali opere non sono previste in questo appalto. In questa sede si effettua la verifica della trave di collegamento tra la banchina, su cui è posizionata una rotaia del binario, e la struttura (plinti su pali) sede del secondo binario.



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

11.1 SOLLECITAZIONI MASSIME

Di seguito si riportano delle tabelle riepilogative delle sollecitazioni massime agenti sulla trave in oggetto ricavate dalla modello di calcolo:

Sollecitazioni massime allo SLU

FASE/CONDIZIONE	N (kN/m)							
	SEZ. 1		SEZ. 2		SEZ. 3		SEZ. 4	
	NON DRENATA	DRENATA						
Approfondimento fondale	129.5	158.2	77.0	106.7	121.3	159.8	140.5	175.6
Esercizio piazzale	754.4	641.6	664.0	561.7	733.4	637.4	737.5	642.8
Cresta d'onda	350.2	289.5	289.3	219.3	334.9	286.0	350.7	305.3
Cavo d'onda	710.6	660.6	632.5	574.1	692.2	654.7	691.9	660.3
Sisma +	743.4	680.8	636.3	563.1	710.5	661.0	709.4	666.5
Sisma -	422.7	369.0	373.5	312.1	419.9	376.5	430.7	389.7

11.2 VERIFICHE DI RESISTENZA

La sezione di verifica è la seguente:

B= 150 cm

H = 75 cm

Af = 40 ϕ 32 + 40 ϕ 30 = 604.44 cm²

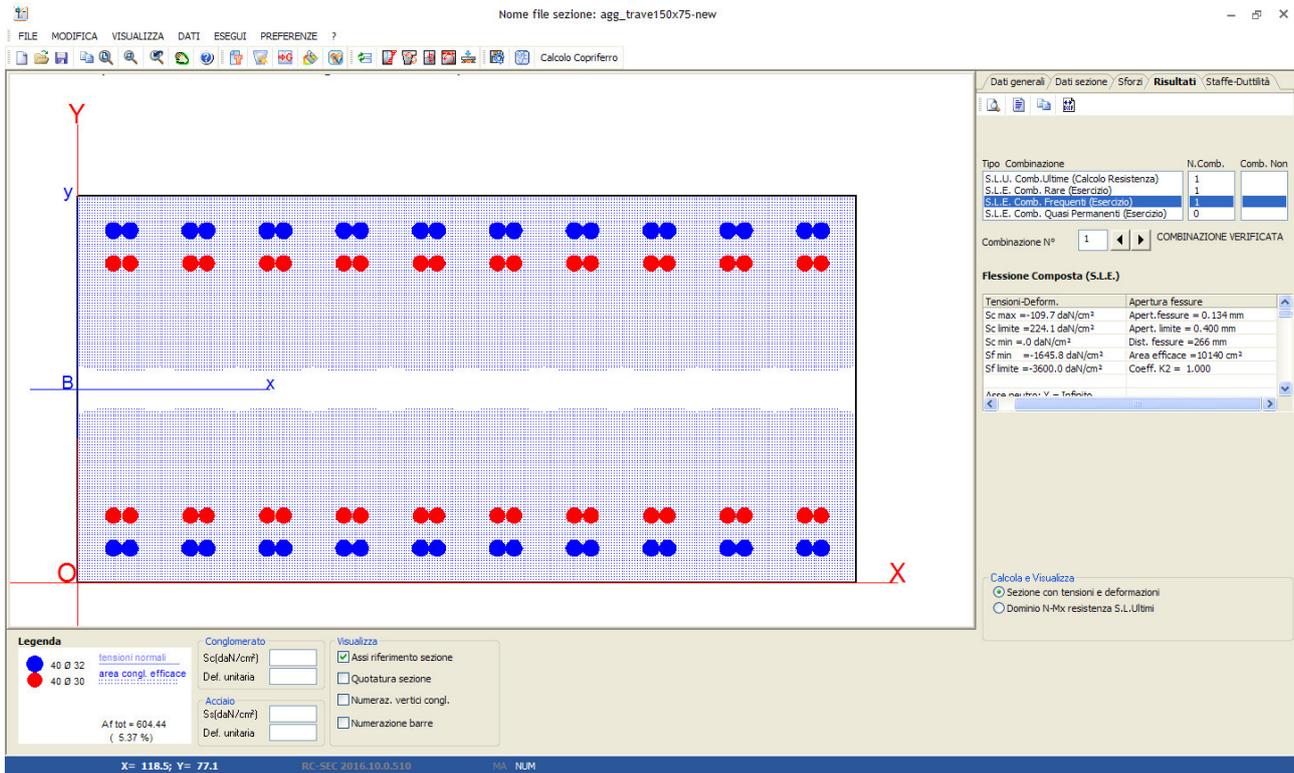
Così disposti:

10 ϕ 32 + 10 ϕ 32 accoppiati → Y = 6.7 cm

10 ϕ 30 + 10 ϕ 30 accoppiati → Y = 13.0 cm

10 ϕ 30 + 10 ϕ 30 accoppiati → Y = 62.0 cm

10 ϕ 32 + 10 ϕ 32 accoppiati → Y = 68.3 cm



Le sollecitazioni di verifica in esercizio si ricavano dalla tabella precedente, riducendo le sollecitazioni allo SLU innanzi riportate per un coefficiente pari a $(1.30+1.50)/2 = 1.40 \rightarrow 1.35$ in favore di sicurezza, da cui:

$$N_{SLU} = -754.50 \text{ kN/m} * 17.80 \text{ m} = -13430.1 \text{ kN/ trave}$$

- Esercizio piazzale

$$N_{SLE} = -754.50 \text{ kN/m} * 17.80 \text{ m} / 1.35 = -9948.2 \text{ kN/ trave}$$

- Messa in esercizio della banchina

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: agg_trave150x75-new

(Percorso File: D:\archivio\arc-sezcalA185_PORTO TARANTO\agg_trave150x75-new.sez)

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica
Tipologia sezione:	EC2/EC8
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Molto aggressive
Condizioni Ambientali:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Tipo di sollecitazione:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C35/45



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B

Resis. compr. di calcolo fcd:	211.70	daN/cm ²
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
Modulo Elastico Normale Ec:	346250	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	33.50	daN/cm ²
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	224.10	daN/cm ²
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	224.10	daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Coeff. K3 Ap.fess. :	1.7500	§ 7.3.4(3) EC2
Coeff. K4 Ap.fess. :	0.4250	§ 7.3.4(3) EC2

ACCIAIO -

Tipo:	B450C	
Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm ²
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.010	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C35/45

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	75.0
3	150.0	75.0
4	150.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	6.8	6.7	32
2	140.0	6.7	32
3	6.8	13.0	30
4	140.0	13.0	30
5	6.8	68.3	32
6	140.0	68.3	32
7	6.8	62.0	30
8	140.0	62.0	30
9	10.0	6.7	32
10	143.2	6.7	32
11	10.0	13.0	30
12	143.2	13.0	30
13	10.0	62.0	30
14	143.2	62.0	30
15	10.0	68.3	32
16	143.2	68.3	32



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
 Rev. B
 c.d.c.: C296A
 511B

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	32
2	3	4	8	30
3	5	6	8	32
4	7	8	8	30
5	9	10	8	32
6	11	12	8	30
7	13	14	8	30
8	15	16	8	32

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	-1343010	0	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-994820	0	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-994820	0 (0)	0 (0)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
 Rev. B
 c.d.c.: C296A
 511B

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale allo snervamento [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Sn Momento flettente di snervamento [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	-1342995	260754	-1343010	301796	999.000	302.2

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00114	-0.00410	0.0	75.0	0.00005	6.8	68.3	-0.01000	6.8	6.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000163084	-0.011092663	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.0	0.0	0.0	-1646	128.4	68.3	10140	604.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.0	0.0	0.0	-1646	128.4	68.3	10140	604.4



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
 Rev. B
 c.d.c.: C296A
 511B

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta come fessurata solo se la trazione nel calcestruzzo supera f_{ctm} in almeno una combinazione

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area A_c eff
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [eq.(7.13)EC2]
k3	= 1.750 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace A_c eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [eq.(7.8)EC2]
sr max	Tra parentesi: valore minimo dell'eq.(7.9) = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Valore calcolato [mm] dell'apertura fessure = $sr \cdot max \cdot (e \cdot sm - e \cdot cm)$ [eq.(7.8)]. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00082	-0.00082	1.000	31.0	51	0.00050 (0.00049)	266	0.134 (0.20)	0	0

VERIFICA ARMATURE MINIME SLE PER CONTROLLO FESSURAZIONE (§ 7.3.2 EC2)

N°Comb.	Numero della combinazione SLE
Tipo Comb.	Frequente o Quasi Permanente
Dom.	Numero e tipologia dominio di calcestruzzo assegnato (parte di sezione considerata)
k	Coeff. che tiene conto delle autotensioni [(7.1) EC2]
kc	Coeff. associato alla distribuzione degli sforzi [(7.1) EC2]
Act	Area di cls. teso (prima della fessurazione) relativo al dominio corrente [(7.1) EC2]
Ned	Sforzo normale (+ se di compressione) agente nel cls. del dominio prima della fessuraz.[daN]
Sc	=Ned/Ac sforzo normale medio nel dominio di area A_c per sezioni rett. o nervature [(7.1) EC2]
k1	Coeff. associato all'effetto dello sforzo normale sulla distribuzione degli sforzi (sez. rett. o nervature)
Frc	Sforzo di trazione (valore assoluto) agente nelle eventuali solette prima della fessuraz.[daN]
As dom	Area [cm²] delle barre long. in zona tesa effettivamente presenti nel dominio considerato.
As,min	Area [cm²] minima delle barre long. da disporre in zona tesa nel dominio considerato in base alla (7.1) EC2.

N°Comb	Tipo Comb.	Dom.	k	kc	Act	Ned	Sc	k1	Frc	As dom	As,min
1	Frequente	1 (Nervatura)	0.97	1.00	11250	---	---	---	-376875	604.4	101.0



Autorità Portuale di Taranto

Interventi per il dragaggio di 2,3 M m³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto

Relazione di calcolo allineamento "AB"

Data: 05/2016
Rev. B
c.d.c.: C296A
511B