
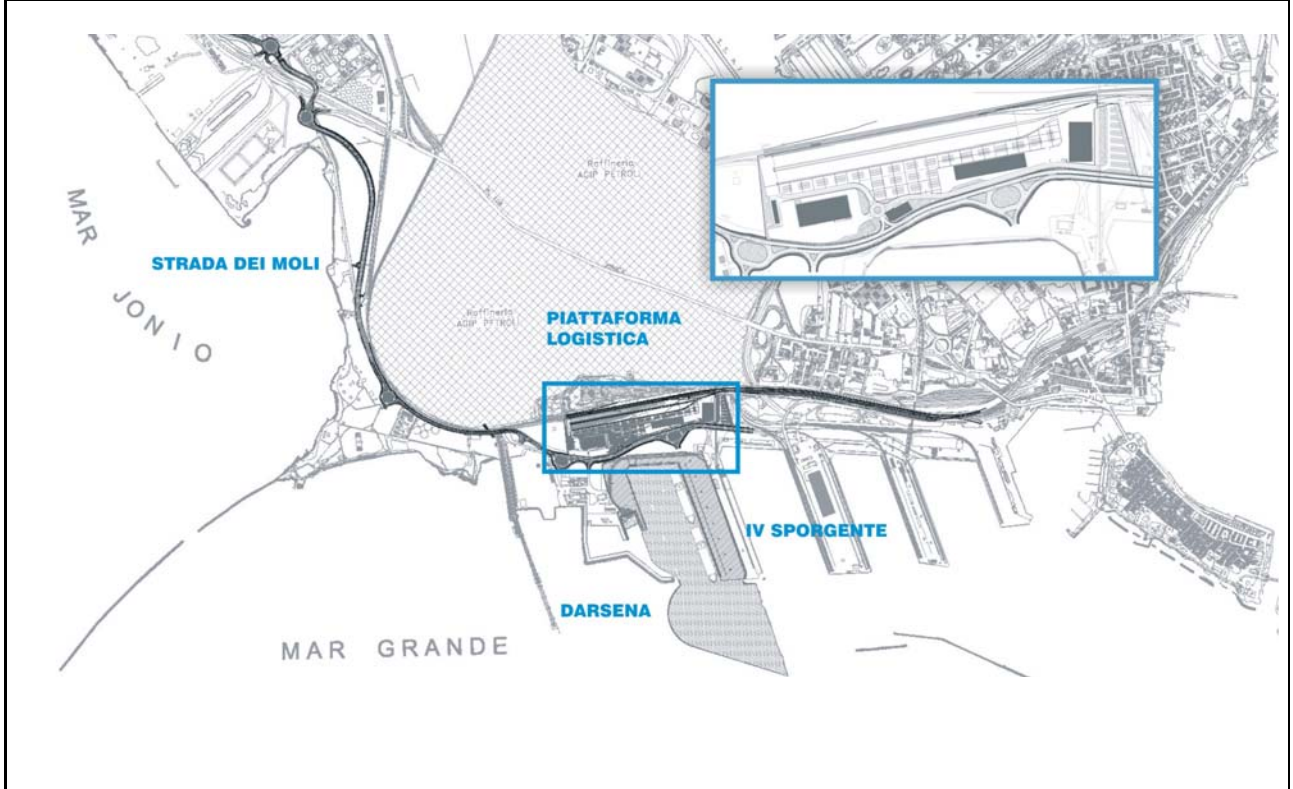




Titolo <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> Ampliamento IV Sporgente Relazione di Calcolo Opere di sostegno provvisionali		Documento no. 123.700 B1 OOT S 001	Rev 01	Pag. 1	di 9
Tipo doc. ORC		Emesso da DTL	Commessa no. 123-700	 <b>Autorità Portuale di Taranto</b> Progetto: Piastra Portuale di Taranto Legge obiettivo delibera CIPE 74/03 Responsabile del procedimento: Ing. D. Daraio	



<b>Progettazione</b> 	Consulenti Progettisti  INGEGNERIA E SISTEMI  Il Direttore Tecnico: Dott. Ing. Andrea PANIZZA  Il Direttore Tecnico: Dott. Ing. Marco GONELLA
---	--

P	A	M.Tondello	M.Gonella	A.Panizza	G.Geddo	01	Prima emissione	29-09-2006
P	A	M.Tondello	M.Gonella	A.Panizza	G.Geddo	00	Emissione in bozza	31-05-2006
St.	Sc.	Redatto	Controllato	Controllato	Approvato	Rev.	Tipo di revisione	Data

SOCIETA' DI PROGETTO:

**TARANTO LOGISTICA S.p.A**



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – IV Sporgente	123.700 B1 OOT S 001	01	2	9

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA.....</b>	<b>3</b>
2.1	NORMATIVA ITALIANA.....	3
2.2	NORME GEOTECNICHE .....	3
2.3	NORME SPECIFICHE SULL'ACCIAIO.....	3
2.4	NORME SULLE COSTRUZIONI MARITTIME .....	4
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>ANALISI DEI RISULTATI.....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO PLAXIS .....</b>	<b>8</b>
5.1	MODELLAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL TERRENO .....	8
5.2	MODELLO ELASTICO LINEARE.....	8
5.3	MODELLO INCRUDENTE ISOTROPO .....	9
5.4	MODELLO VISCOPLASTICO.....	9

Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – IV Sporgente	123.700 B1 OOT S 001	01	3	9

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta i risultati delle verifiche condotte con il codice di calcolo PLAXIS sulle opere di sostegno provvisoria, da realizzare in corrispondenza della testata del IV sporgente. Si rende, infatti, necessario provvedere al sostegno dell'esistente banchina, fondata su una profondità di -5 m s.m.m., durante la preparazione del piano di fondazione e la posa dei nuovi cassoni, per la realizzazione dei quali si richiede per lo scavo di imbasamento una profondità provvisoria di dragaggio pari a -14 m s.m.m.

## 2 NORMATIVA

### 2.1 Normativa italiana

Legge n. 1086 del 5/11/1971, “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso, e a struttura metallica”;  
DM.LL.PP. del 16/1/96, Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi”;  
Circolare 4/7/96, “Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi" di cui al DM prec.”;  
DM.LL.PP. 9/1/96, “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;  
Circolare Min.LL.PP. del 15/10/96, “Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al D.M. prec.”;  
DM.LL.PP. 16/1/96, “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;  
Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20/03/2003, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionali e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

### 2.2 Norme geotecniche

DM.LL.PP. 11/3/88, “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;  
Raccomandazioni AICAP, “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce”, 1993;  
EN 1537 - dic. 1997 – “Execution of special geotechnical work - Ground Anchor”;  
ROM 05-1994 – “Geotechnical recommendations for the design of maritime and harbour works”  
ROM 05-1994 – “Geotechnical recommendations for the design of maritime and harbour works”  
ROM 02-1990 – “Actions in the design of maritime and harbour works”

### 2.3 Norme specifiche sull'acciaio

CNR-UNI 10011, “Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”, 1987;  
UNI-EN 10219-1/2 - sett. 1999 – “Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate”;  
API - Specification 5L – March 1983 – “*Api Specification for Line Pipe*”;  
API - Recommended Practice 2A-WSD – Luglio 1993 – “Recommended practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design”;

Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – IV Sporgente	123.700 B1 OOT S 001	01	4	9

## 2.4 Norme sulle costruzioni marittime

PIANC - 1987 – “Guidelines for the design and construction of flexible revetments incorporating geotextiles for inland waterways”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses.

## 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

La stratigrafia proposta per il dimensionamento delle opere provvisionali si basa sul nuovo sondaggio “m IV 7” eseguito appositamente in corrispondenza della testata del IV sporgente (cfr appendice A – Sezioni stratigrafiche, “Relazione Geologica e Geotecnica”, allegato B10OAS002) e può essere schematizzata come segue:

- dal fondale (-5 m s.m.m.) a -8 m s.m.m.: deposito di fondale,  $c' = 0$ ,  $\Phi' = 27^\circ$ ;
- da -8 m s.m.m.: argilla di Taranto,  $c' = 30$  kPa,  $\Phi' = 27^\circ$ , OCR = 10.

Le caratteristiche del materiale limo argilloso-sabbioso (Argilla di Taranto) e dello strato di terreno superficiale (deposito di fondale) sono stati aggiornati in base alle nuove indagini geotecniche eseguite, i cui risultati sono riportati nella Relazione Geotecnica (rif. allegato B10OAS002).

Per quanto riguarda, invece, l'esistente banchina, in mancanza di riferimenti certi sulla tipologia dell'opera, essa è stata schematizzata con un corpo rigido della larghezza di 5 m, posto su un fondale di -5.0 m s.m.m., la cui quota di coronamento è pari a +3.0 m s.m.m..

A tergo della banchina è stato schematizzato un rinfiacco in tout-venant, da interporre tra la stessa e il riempimento; alla base del corpo rigido di banchina è stata, inoltre, ragionevolmente ipotizzata la presenza di uno strato di imbasamento, anch'esso in tout-venant. Le caratteristiche e i parametri geotecnici dei vari materiali impiegati nel modello vengono riportati nella seguente Tabella 1.

DESCRIZIONE MATERIALE	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi'$	$c'$	$\nu$	E
Banchina esistente	21.00	-	-	-	0.15	31220
Riempimento	18.00	19.00	35	-	0.30	30*
Rinfiacco in tout-venant	18.00	21.00	38	-	0.30	50
Deposito di fondale	18.00	19.00	27	-	0.20	3.5*
Argilla di Taranto	20.00	20.00	27	30.00	0.20	15*

Tabella 1 – Parametri geotecnici di progetto

dove:

$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in $\text{kN/m}^3$
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in $\text{kN/m}^3$
$\phi'$	Angolo d'attrito interno del terreno espresso in gradi
$c'$	Coesione del terreno espressa in kPa
$\nu$	Coefficiente di Poisson
E	Modulo elastico espresso in MPa
*	Modulo elastico $E_{50}$ espresso in MPa

Nell'analisi sono state considerate le diverse fasi di realizzazione dell'opera di sostegno provvisionale; in particolare si sono simulate la seguenti fasi (Figura 1):

- infissione della palancola fino alla profondità di -25 m s.m.m.;
- scavo dei primi 5 m di terreno (da -5.0 m s.m.m. a -10.0 m s.m.m.);

Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – IV Sporgente	123.700 B1 OOT S 001	01	5	9

- scavo dei rimanenti 4 m di terreno (da -10.0 m s.m.m. a -14.0 m s.m.m.) fino alla quota di imbasamento dei nuovi cassoni.

L'analisi mediante il codice di calcolo PLAXIS è stata condotta al fine di valutare gli spostamenti totali dovuti alle diverse fasi di realizzazione e le sollecitazioni sulla palancola, indotti dalle fasi di scavo.

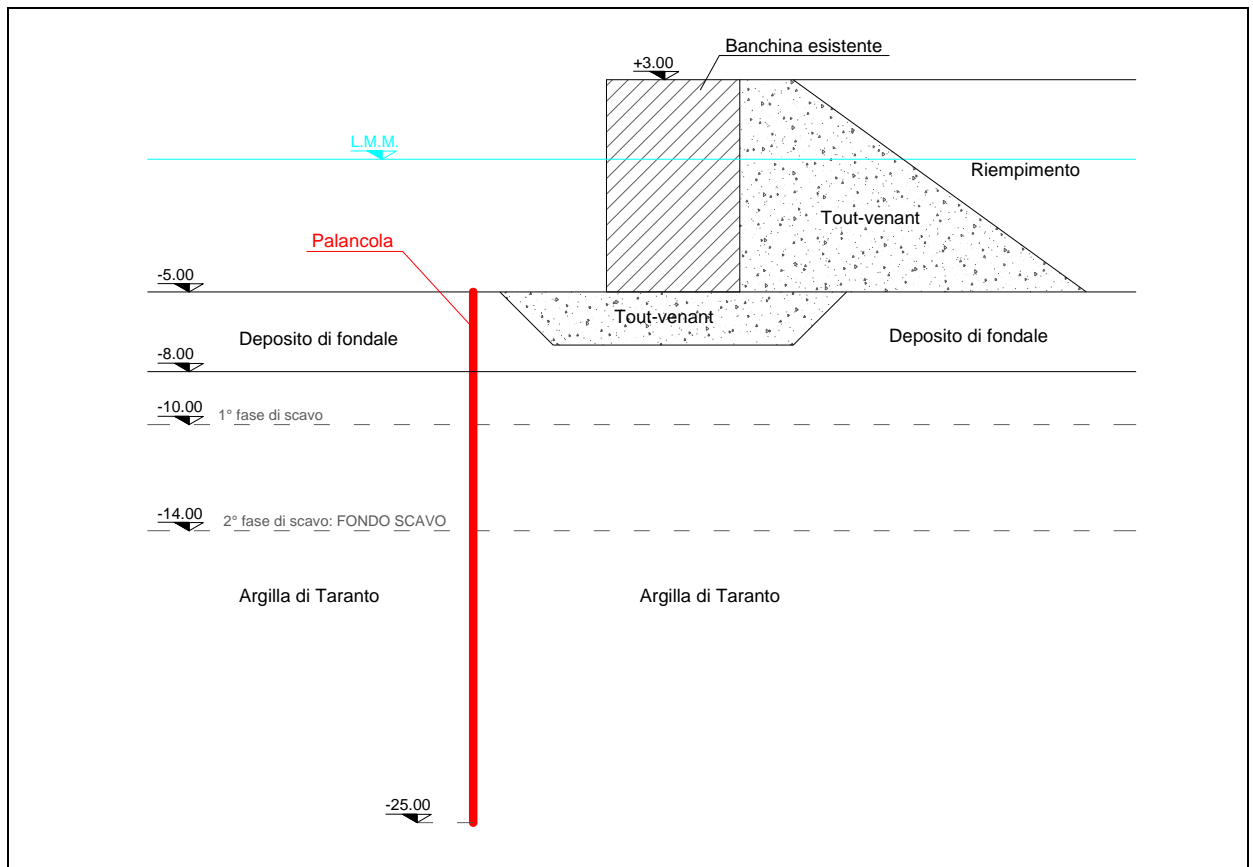


Figura 1 – Schema della sezione considerata per la modellazione condotta sulle opere provvisionali

Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – IV Sporgente	123.700 B1 OOT S 001	01	6	9

## 4 ANALISI DEI RISULTATI

I risultati ottenuti, dall'analisi condotta utilizzando il codice di calcolo PLAXIS, sono riportati in termini di spostamenti totali in Figura 2. Si può osservare come i cedimenti maggiori si verificano a ridosso della banchina esistente (circa 25 cm), mentre per quanto riguarda la palanca i cedimenti maggiori si verificano, com'è ragionevole supporre, in testa alla stessa e sono dell'ordine di 20 cm (vedi Figura 3). La profondità di infissione della palanca, pari a 11 m, è invece in grado di garantire l'incastro alla base della stessa.

La schematizzazione della palanca utilizzata nel modello ha permesso di calcolare, oltre ai cedimenti dell'opera di sostegno, le sollecitazioni agenti ed, in particolare, il diagramma dei momenti flettenti (Figura 3). Ne risulta, pertanto, un valore di momento massimo pari a circa 430 kNm.

Con riferimento ad un profilo commerciale del tipo PU 32, considerando un acciaio da palancole S390GP con  $\sigma_{adm}$  pari a  $260 \text{ N/mm}^2$ , risulta che il profilo in questione è in grado di sopportare un momento massimo pari a circa 830 kNm, che risulta ampiamente superiore ai 430 kNm, ricavati dalla simulazione.

Si è ritenuto tuttavia necessario utilizzare un profilo di spessore adeguato a consentire l'infissione in terreni particolarmente critici quali le argille di Taranto, molto consistenti e fortemente sovraconsolidate.

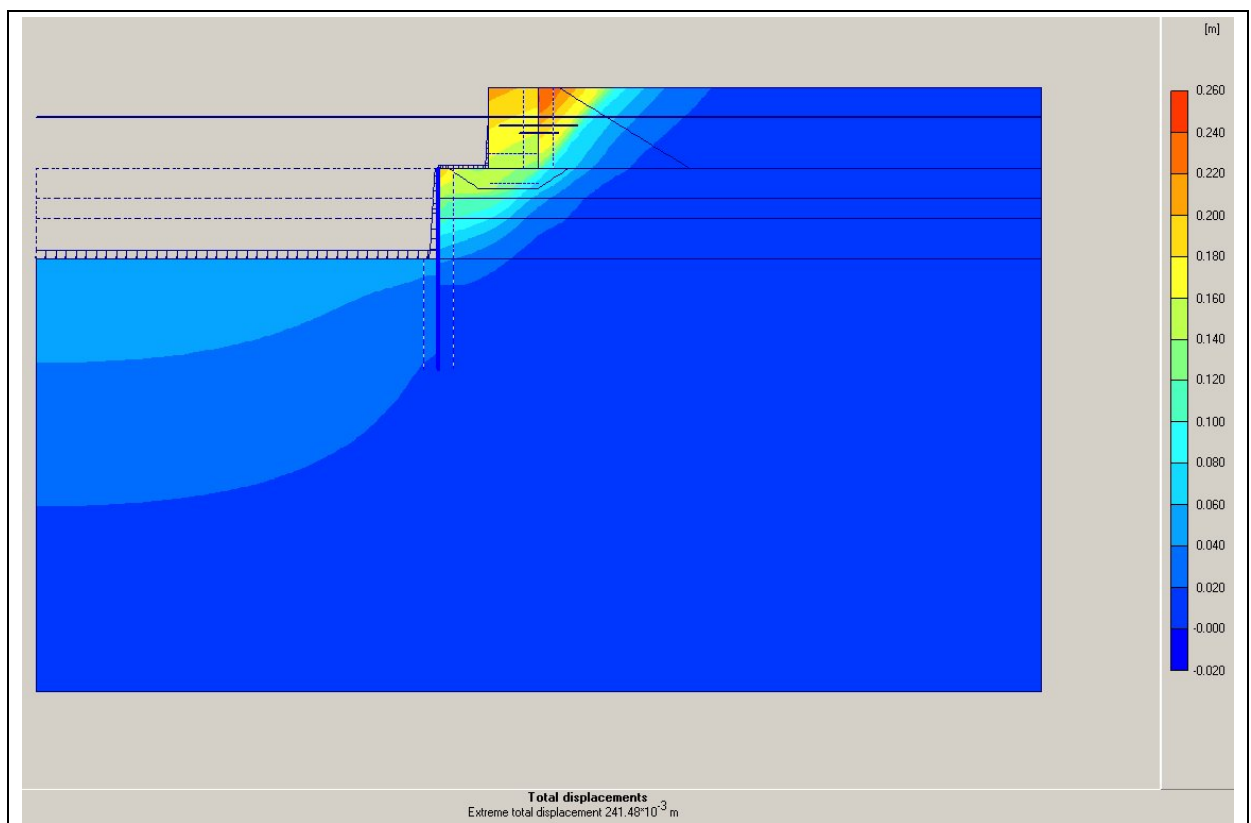


Figura 2 – Cedimenti totali al termine delle due fasi di scavo

Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – IV Sporgente	123.700 B1 OOT S 001	01	7	9

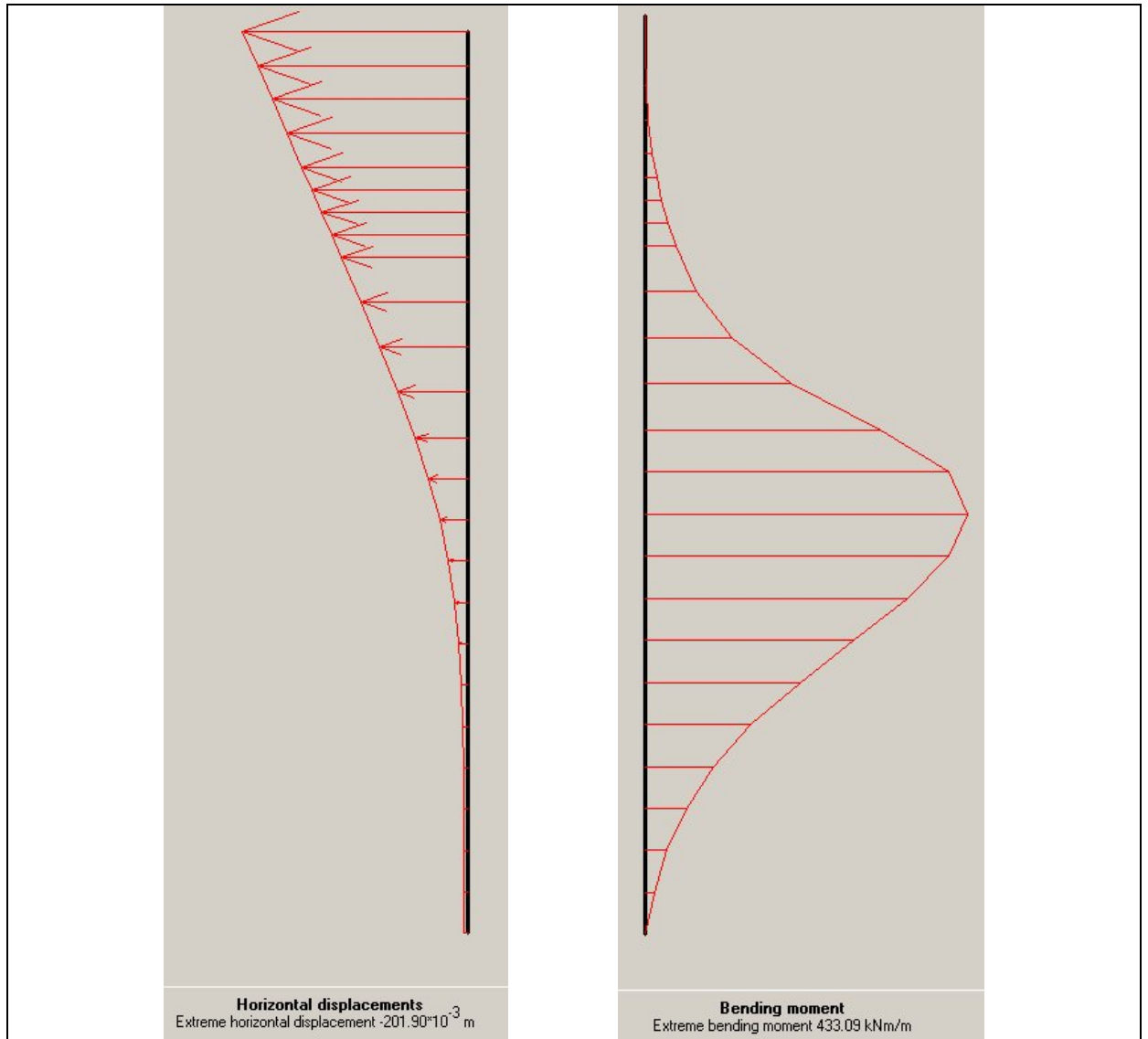


Figura 3 – Diagramma degli spostamenti e dei momenti sulla palancola



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – IV Sporgente	123.700 B1 OOT S 001	01	8	9

## 5 DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO PLAXIS

Per lo studio delle sollecitazioni indotte sulla pavimentazione dai carichi agenti (containers e transtainer), è stato utilizzato il programma di calcolo agli elementi finiti PLAXIS.

Lo sviluppo del codice di calcolo PLAXIS è iniziato nel 1987 presso il Politecnico di Delft, su iniziativa del Dutch Department of Public Works and Water Management. Originariamente concepito come un codice di calcolo agli elementi finiti per l'analisi dei corpi arginali e dei terreni molli dei polders olandesi, è stato successivamente ampliato per coprire la maggior parte delle problematiche di ingegneria geotecnica.

Nel 1993 è stata formata una società, denominata PLAXIS BV, per lo sviluppo continuo del codice di calcolo. La ricerca e lo sviluppo sono finanziati grazie agli introiti da nuove licenze, ma soprattutto grazie al CUR (Center for Civil Engineering Research and Codes), un consorzio di più di 30 società europee interessate allo strumento di calcolo che forniscono, oltre al supporto economico, anche il necessario collegamento con la realtà applicativa e la validazione sul campo.

Il codice di calcolo è supportato da un valido background scientifico ed il suo standard tecnico è mantenuto costantemente elevato grazie al contributo delle numerose strutture di ricerca che collaborano direttamente allo sviluppo. Tra queste si ricorda la Delft University of Technology (Olanda), l'Institut für Geotechnik di Stoccarda (Germania), l'Università di Oxford (Gran Bretagna), il Massachusetts Institute of Technology (USA), l'Università di Grenoble (Francia), ecc..

### 5.1 Modellazione del comportamento del terreno

PLAXIS è un codice di calcolo non lineare agli elementi finiti espressamente concepito per i problemi di ingegneria geotecnica (problemi deformativi e filtrazione/consolidazione nei terreni e nelle rocce).

Il comportamento meccanico dei terreni può essere descritto attraverso diversi modelli che forniscono approcci più o meno accurati.

### 5.2 Modello elastico lineare

L'approccio più semplice è quello elastico lineare isotropo, che si basa su due soli parametri, il modulo di Young  $E$  e il rapporto di Poisson; il modello elastico lineare, tuttavia, non è sempre valido per trattare i problemi deformativi dei terreni, in particolare quando le deformazioni sono significative.

Un approccio più affine al comportamento reale dei terreni è quello descritto dal modello di Mohr-Coulomb; si tratta di un modello elastoplastico lineare (elastico – perfettamente plastico) che si basa su cinque parametri, di cui due descriventi il comportamento elastico ( $E$ ,  $\nu$ ) analogamente al modello lineare, due il comportamento plastico ( $\phi$  e  $c$ , rispettivamente angolo di attrito interno e coesione) ed uno ( $\psi$ ) la dilatanza del materiale. Tale modello, unitamente a quello incrudente di seguito descritto, è stato utilizzato nella presente analisi.





Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – IV Sporgente	123.700 B1 OOT S 001	01	9	9

### 5.3 Modello incrudente isotropo

Per descrivere il comportamento dei terreni coesivi, fortemente dipendente dalla storia tensionale, nel codice PLAXIS è disponibile un modello incrudente, in grado di rappresentare l'incrudimento isotropo del materiale mediante l'espansione della superficie di snervamento descritta alla Mohr-Coulomb. Oltre ai parametri impiegati nel modello Mohr-Coulomb, il modello incrudente necessita di ulteriori parametri descrittivi il comportamento elastico (il modulo  $E$  è infatti dipendente dallo stato tensionale), cioè  $E_{50,ref}$ , modulo di deformazione ricavato da compressione in cella triassiale al 50 % della rottura per una tensione di contenimento di 100 kPa,  $E_{ur}$ , modulo di deformazione ricavato da prove di estensione per scarico in cella triassiale, e  $E_{oed,ref}$ , modulo di deformazione in cella edometrica ricavato sulla curva di compressione vergine.

### 5.4 Modello viscoplastico

Per lo studio dei terreni coesivi e, in particolare, dei problemi di deformazione viscosa e di consolidazione si fa riferimento al modello SSC (Soft Soil Creep), la cui principale peculiarità consiste nel tener conto di:

- rigidezza variabile in funzione del livello di sollecitazione (curva logaritmica);
- distinzione tra curva di carico e di scarico;
- compressione secondaria viscosa;
- memoria della tensione di preconsolidazione;
- rottura secondo il criterio di Mohr-Coulomb.

Il modello necessita di ulteriori parametri per descrivere il comportamento deformativo dei terreni.