

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. - CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

Gallerie Artificiali

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646

Relazione di calcolo opere provvisionali

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RS3T 30 D 78 CL GA1900 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Gen-2020	A. Donnarumma <i>A. Donnarumma</i>	Gen-2020	A. Barreca <i>A. Barreca</i>	Gen-2020	D. Tiberti Apr-2020
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoil - Edin	Apr-2020	A. Donnarumma <i>A. Donnarumma</i>	Apr-2020	A. Barreca <i>A. Barreca</i>	Apr-2020	

ITAFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Generale
UO Infrastrutture Sud
Dist. Ing. Paolo Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 1187/96

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. A	FOGLIO 1 di 171

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
5	FASE CONOSCITIVA.....	6
5.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
5.2	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	8
5.2.1	<i>Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi</i>	8
5.2.2	<i>Il regime idraulico</i>	8
5.3	CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	8
6	SOLUZIONI PROGETTUALI	10
6.1	GALLERIA ARTIFICIALE GA19.....	10
6.1.1	<i>Opere di sostegno.....</i>	10
7	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	12
8	CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE.....	13
8.1	OPERE DI SOSTEGNO	13
8.1.1	<i>Azioni.....</i>	13
8.1.2	<i>Approcci progettuali e metodi di verifica</i>	13
8.1.3	<i>Tiranti di ancoraggio.....</i>	15
8.1.4	<i>Stabilità globale.....</i>	16
9	VERIFICA DELLE OPERE.....	17
9.1	OPERE DI SOSTEGNO	17
9.1.1	<i>Paratia frontale H=28m – 3 tiranti + puntone.....</i>	18
9.1.2	<i>Paratia frontale H=28m – 4tiranti</i>	47

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali												
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 CL</td> <td>GA 08 00 002</td> <td>B</td> <td>2 di 171</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	2 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	2 di 171								

9.1.3	<i>Paratia frontale H=23m – 3 tiranti</i>	71
9.1.4	<i>Paratia frontale H=21m – 2 tiranti</i>	94
9.1.5	<i>Paratia frontale H=18m – no tiranti</i>	110
9.1.6	<i>Paratia frontale H=12m – no tiranti</i>	123
9.1.7	<i>Paratia frontale H=9m – no tiranti</i>	134
9.1.8	<i>Paratia frontale definitiva</i>	146

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali												
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 CL</td> <td>GA 08 00 002</td> <td>B</td> <td>3 di 171</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	3 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	3 di 171								

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento delle opere di sostegno provvisionali atte alle costruzioni della Galleria Artificiale GA19, inquadrata all'interno della Progettazione Definitiva della Direttoria Ferroviaria Messina – Catania - Palermo, nuovo collegamento Palermo-Catania, tratta Lercara DIR - Caltanissetta Xirbi (Lotto 3) dalla progressiva chilometrica 46+540.00 alla 46+645.00 km.

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Le opere di sostegno in esame consistono in paratie tirantate di pali trivellati CFA con diametro nominale di 1000 mm ed interasse 0.90 m.

In accordo con la Normativa vigente, al fine di valutare i parametri di azione sismica dell'area, si utilizzano le seguenti coordinate: lat = 37.536061 e long.= 14.057108

Si riporta inoltre di seguito in figura la posizione geografica dell'opera in esame.



Figura 1. Posizione Geografica della GA19

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	4 di 171

Di seguito si riporta la vista planimetrica, il profilo longitudinale e la sezione.

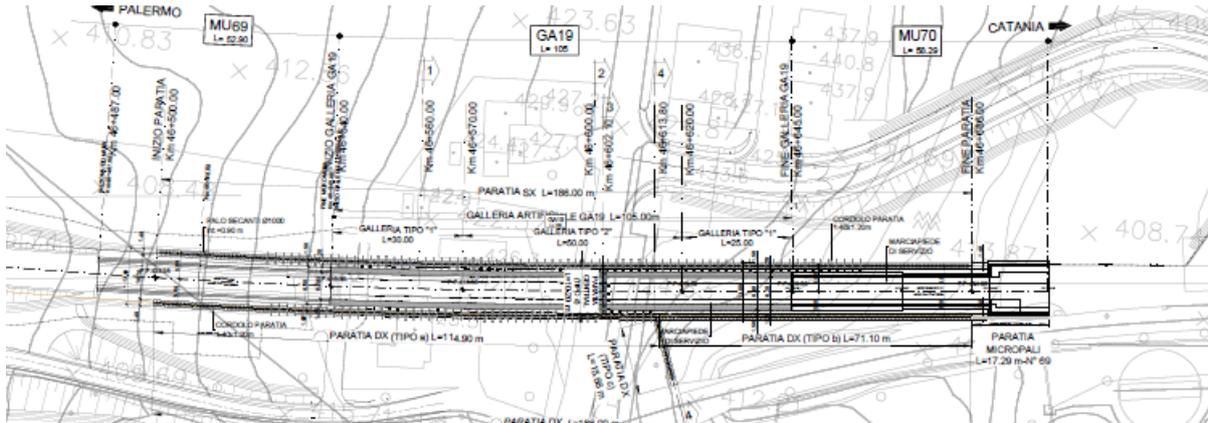


Figura 2 – Inquadramento della GA19 all'interno del lotto di progettazione.

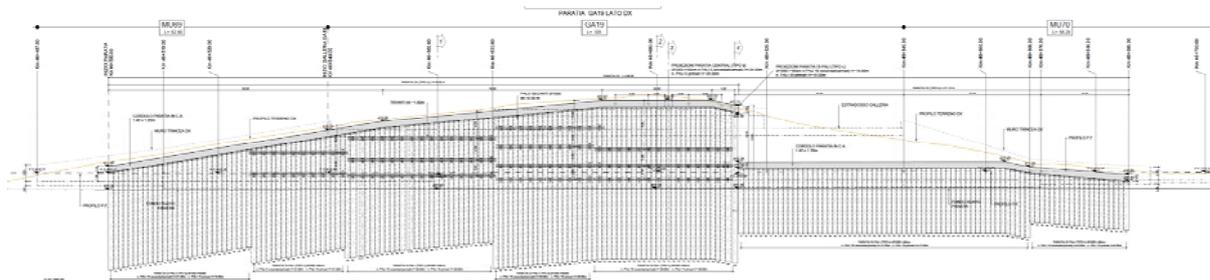


Figura 3 – Profilo longitudinale dx della paratia di pali provvisionali della GA19.

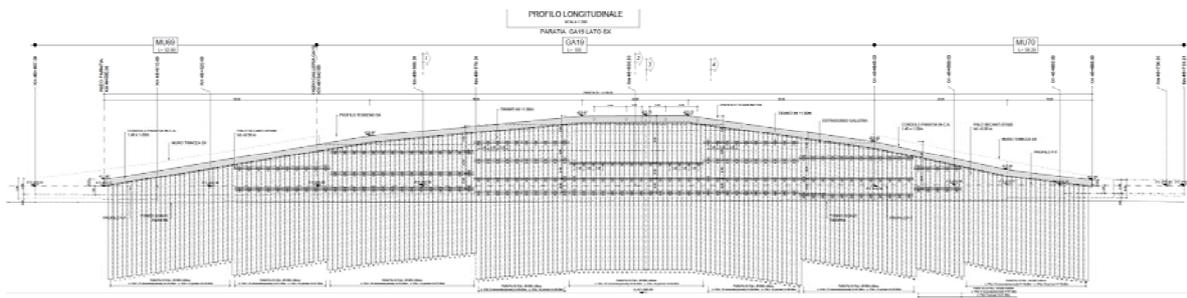


Figura 4 – Profilo longitudinale sx della paratia di pali provvisionali della GA19.

Figura 5 – Sezione trasversale della GA19

Nel seguito si mostrano le principali verifiche strutturali e geotecniche delle opere di sostegno secondo normativa NTC2018.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 5 di 171

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14/01/2018”.
- Rif. [3] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 “Manuale di progettazione delle Opere Civili” del ;

4 DESCRIZIONE DELL’OPERA

L’opera presenta interferenza sia con l’esercizio ferroviario (una galleria artificiale e la trincea della linea storica per Agrigento) sia con una viabilità esistente come è possibile osservare nella seguente Figura 6.



Figura 6 - Profilo geotecnico della Galleria Artificiale GA19

Al fine di risolvere le suddette interferenze la paratia destra della GA19 è stata opportunamente suddivisa in tre tipi:

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 6 di 171

- tipo a che è simmetrico alla paratia lato sinistro ovvero si sviluppa da piano campagna parallelamente al binario
- tipo b che si sviluppa trasversalmente alla linea veloce a chiudersi sull'imbocco della galleria esistente
- tipo c che si sviluppa parallelamente alla linea veloce ma la quota di imposta dei pali è stata abbassata alla quota della trincea esistente per Agrigento scavando il terreno delimitato con un triangolo rosso in Figura 6.

Per risolvere l'interferenza con la viabilità esistente sono state studiate le seguenti fasi realizzative che prevedono la deviazione della viabilità verso Palermo permettendo la realizzazione dei pali indicati nella seguente

A seguito della realizzazione dello scatolare lato Catania e successivo ritombamento si procede alla realizzazione della fase 2 ovvero la deviazione della strada sopra la galleria appena costruita e la realizzazione della parte della GA19 lato Palermo.

In generale la realizzazione della galleria è prevista secondo le seguenti fasi costruttive:

1. Preparazione del piano di lavoro
2. Perforazione pali dal piano di lavoro
3. scavo successivo a seguito della realizzazione di un ordine di puntoni e differenti ordini di tiranti
4. Realizzazione scatolare a singola o a doppia altezza
5. Ritombamento

5 FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo del mezzo interessato dall'opera. Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica con specifico riferimento al volume significativo interessato dalle opere.

5.1 Inquadramento geologico

La Galleria Artificiale (GA19) si estende per una lunghezza di circa 105m, a partire dal piano campagna si incontrano le litologie del C (Coltri) e del AV .

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Per una dettagliata descrizione del modello geologico del sito si rimanda al documento “Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica”.

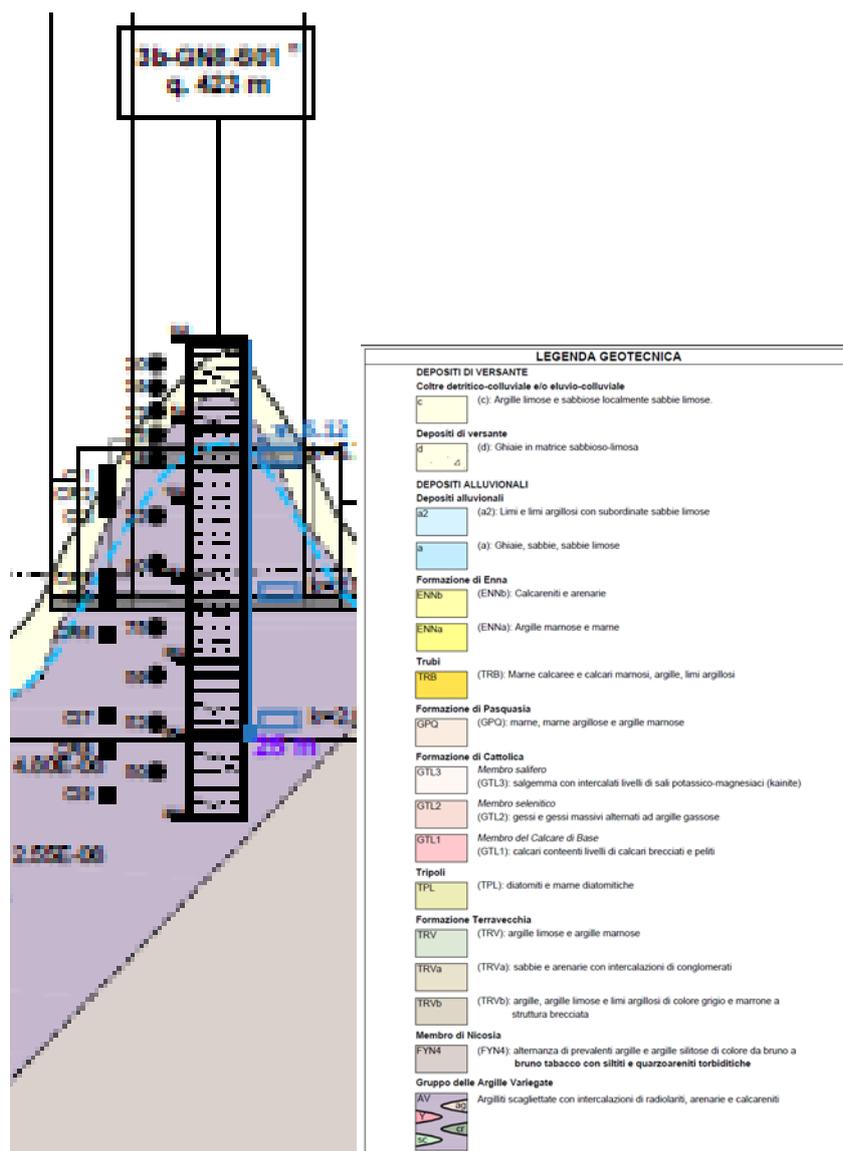


Figura 7. Profilo geotecnico della Galleria Artificiale GA19

Per una dettagliata descrizione del modello geologico del sito si rimanda alla relazione geotecnica.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

5.2 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

I risultati delle indagini geotecniche, in sito e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni/rocce interessati dall'opera in oggetto.

5.2.1 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi

Si definiscono dunque i parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle analisi numeriche mostrate nel seguito.

Tabella 1. Parametri geotecnici caratteristici

U.G.	Distanza da p.c.	γ	c'	ϕ'	E_{op}
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
C	0-2.5	19	0	20	15
AV	2.5-40	20	26.5	21.5	60

5.2.2 Il regime idraulico

Secondo quanto riportato sul profilo geologico, la falda di riferimento può essere posta a circa 4.70 m da piano campagna.

5.3 Caratteristiche del sito e definizione dell'azione sismica

Le opere in progetto della Galleria GA19 interessano un sito con le seguenti coordinate geografiche: lat = 37.536061 e long. = 14.056272

Alle strutture di sostegno, trattandosi di opere provvisionali, si attribuisce un periodo di riferimento $V_R = 35$ anni (cfr. tab. C2.4.I della Circolare 7/19).

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, P_{V_R} , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo V_R dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato con approccio semplificato (cfr. § 3.2.2 del DM 17/01/2018) basato sulla classificazione del sottosuolo sulla base dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.3.II del DM 17/01/2018.

La categoria di suolo di riferimento è la categoria di suolo C.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Pertanto, tenendo conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (cfr. cap. 7 DM 17/01/2018):

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;

S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici F_0 e a_g/g (Tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/2018);

S_T è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/2018).

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica per le opere sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 1 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

	Galleria Artificiale GA19	
	Strutture di sostegno	
Coord. geografiche	Latitudine: 37.536061	Longitudine: 14.056272
T_R	332 (SLV)	
a_g/g	0.067	
F_0	2.581	
Categoria sottosuolo	C	
S_s	1.50	
Categoria topografica	1	

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 10 di 171

S_T	1.00
a_{max}/g	0.998

6 SOLUZIONI PROGETTUALI

6.1 Galleria artificiale GA19

6.1.1 Opere di sostegno

L'opera di sostegno GA19 comprende:

a) Una paratia puntonata in testa e tirantata su tre ordini realizzata con pali CFA di diametro 1000 mm di 290 m di lunghezza e interasse pari a 0.9 m. L'altezza massima di scavo è di circa 16.50 m da estradosso cordolo. Questa paratia viene realizzata nella zona interferenza della paratia più alta e la galleria esistente per Agrigento viene realizzato un puntone in testa e il primo ordine di tirante è posto a 9.50 m di profondità dall'estradosso del cordolo, gli altri due ordini sono posti a 12.00 e 14.50 m di profondità.

I puntoni sono costituiti da tubi metallici di diametro 609 mm spessore 20 mm posti in corrispondenza del cordolo a passo 5 m. I tiranti saranno disposti su più ordini a passo variabile (al fine di rispettare il passo dei pali della paratia). Tali tiranti si comporranno di più trefoli (da 4 e da 5) con un diametro del bulbo di 18 cm. La lunghezza massima del bulbo sarà di circa 12.00 m. La lunghezza libera è valutata in base all'inclinazione del tirante di 20°, alla sua distanza dal piede della paratia e al valore di accelerazione massima in situ.

b) Una paratia tirantata su quattro ordini realizzata con pali CFA di diametro 1000 mm e interasse pari a 0.9 m. L'altezza massima di scavo è di circa 16.00 m da estradosso cordolo.

I tiranti saranno disposti su più ordini a passo variabile (al fine di rispettare il passo dei pali della paratia). Tali tiranti si comporranno di più trefoli (da 4 e da 5) con un diametro del bulbo di 18 cm. La lunghezza massima del bulbo sarà di circa 13.00m. La lunghezza libera è valutata in base all'inclinazione del tirante di 20°, alla sua distanza dal piede della paratia e al valore di accelerazione massima in situ.

c) Una paratia tirantata su tre ordini realizzata con pali CFA di diametro 1000 mm e interasse pari a 0.9 m. L'altezza massima di scavo è di circa 15.00 m da testa palo.

I tiranti saranno disposti su più ordini a passo variabile (al fine di rispettare il passo dei pali della paratia). Tali tiranti si comporranno di più trefoli (da 4 e da 5) con un diametro del bulbo di 18 cm. La lunghezza massima del bulbo sarà di circa 11.000 m. La lunghezza libera è valutata in

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 11 di 171

base all'inclinazione del tirante di 20°, alla sua distanza dal piede della paratia e al valore di accelerazione massima in situ.

e) Una paratia tirantata su due ordini realizzata con pali CFA di diametro 1000 mm e interasse pari a 0.9 m. L'altezza massima di scavo è di circa 11.00 m da testa palo.

I tiranti saranno disposti su più ordini a passo variabile (al fine di rispettare il passo dei pali della paratia). Tali tiranti si comporranno di più trefoli (da 4 e da 5) con un diametro del bulbo di 18 cm. La lunghezza massima del bulbo sarà di circa 11.00 m. La lunghezza libera è valutata in base all'inclinazione del tirante di 20°, alla sua distanza dal piede della paratia e al valore di accelerazione massima in situ.

e) Una paratia non tirantata realizzata con pali CFA di diametro 1000 mm e interasse pari a 0.90 m. L'altezza massima di scavo è di circa 7.50

f) Una paratia non tirantata realizzata con pali CFA di diametro 1000 mm e interasse pari a 0.90 m. L'altezza massima di scavo è di circa 5.00

g) Una paratia non tirantata realizzata con pali CFA di diametro 1000 mm e interasse pari a 0.90 m. L'altezza massima di scavo è di circa 4.00

h) Una paratia non tirantata - definitiva realizzata con pali CFA di diametro 1000 mm e interasse pari a 0.90 m. L'altezza massima di scavo è di circa 6.50m.

Le strutture di sostegno verranno realizzate tramite l'esecuzione di pali trivellati di lunghezza variabile e successivamente per fasi di ribasso si eseguirà l'installazione degli ordini di tiranti attivi, che verranno opportunamente pretirati secondo le esigenze progettuali descritte negli allegati di calcolo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

7 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 17/01/2018 e del "Manuale di progettazione delle opere civili" RFI DTC SI MA IFS 001 C .

Strutture di sostegno provvisionali

Calcestruzzo per pali	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 14.17 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 29962 \text{ MPa}$

Acciaio per tubi e profilati	
Tipo	S 355 JR / S 275 JR
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 510 / 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	cfr. 4.2.4 a 4.2.8 del D.M. 17/01/18

Acciaio armonico per tiranti	
Tipo	Trefoli da 0,6"
Tensione di rottura caratteristica	$f_{ptk} \geq 1860 \text{ MPa}$
Tensione elastica all'1% di deformazione	$f_{p(1)k} \geq 1670 \text{ MPa}$

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B450C
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (DM 17/01/2018 Rif. [1]).	$\sigma_{lim} = 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 13 di 171

8 CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 17/01/2018 e della Circolare n.7/19 (Rif. [1]- Rif. [2]).

8.1 Opere di sostegno

8.1.1 Azioni

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno sono le seguenti:

- **azioni permanenti:** peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera, carico fittizio simulante l'inclinazione del pendio a monte dell'opera opportunamente discretizzato in modo da simulare fedelmente il reale andamento del profilo topografico del pendio.
- **azioni variabili:** carico variabile sul piano campagna a monte della struttura di sostegno, Q_{1M} , atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere.
- **azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 8.4.

8.1.2 Approcci progettuali e metodi di verifica

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- collasso del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi,
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Per le strutture di sostegno flessibili si adotta l'Approccio Progettuale 1 con le due combinazioni di coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 17/01/2018):

- combinazione 1: $A1 + M1 + R1$
- combinazione 2: $A2 + M2 + R1$.

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 ($A2+M2+R1$). Per le verifiche di stati limite ultimi STR

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 14 di 171

l'analisi è stata condotta con la combinazione 1 (A1+M1+R1), applicando i coefficienti parziali A1 ($\gamma = 1,3$) all'effetto delle azioni. A tale scopo, nelle analisi, i valori caratteristici dei carichi variabili sfavorevoli sono stati amplificati di un coefficiente pari a $1,5/1,3 = 1,15$.

Al fine di rispettare le richieste della Normativa in merito al modello geometrico di riferimento (§6.5.2.2 DM 17/01/2018) nel caso di opere in cui la funzione di sostegno è affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota di valle è diminuita della quantità prevista, per opere vincolate:

$$\Delta h = \min (0.5; 10\% \Delta t)$$

in cui Δt è la differenza di quota tra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo.

Il corretto dimensionamento nei confronti degli SLU assicura che gli spostamenti dell'opera siano compatibili con le esigenze di funzionalità della stessa; pertanto, trattandosi di opere provvisionali, in assenza di fabbricati o altre opere da salvaguardare a ridosso delle stesse, non si ritengono necessarie ulteriori valutazioni di verifica nei confronti degli SLE.

Per le verifiche di stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1- Combinazione 2 (A2+M2+R2 – tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 17/01/2018).

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla configurazione finale dell'opera di sostegno. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici sono pari all'unità. Si adotta il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni della normativa (DM 17/01/2018):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right)$$

dove:

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- α è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 17/01/2018);
- β è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 17/01/2018).

Per la definizione dell'azione sismica si rimanda al paragrafo 7.4. L'effetto del sisma sulle strutture di sostegno è ottenuto applicando un incremento di spinta (cfr § 7.11.6.3.1 del D.M. 17/01/2018 e § C7.11.6.3 della Circolare 7/19) del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 15 di 171

$$\Delta S_E = \left[\frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H,$$

dove: γ rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce, H rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso), K_{aE} e K_a rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

Per la valutazione della spinta passiva si assume $\alpha=1$ (§7.11.6.3 del DM 17/01/2018). Il coefficiente sismico verticale, k_v , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 17/01/2018).

I coefficienti di spinta attiva sono determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). I coefficienti di spinta passiva sono determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura, δ , si assume pari a 2/3 della resistenza al taglio del terreno naturale.

Le verifiche sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo PARATIE (Paratie Plus 2014.1).

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il codice di calcolo SLOPE/W (GEO-SLOPE/W 2007).

8.1.3 Tiranti di ancoraggio

Gli Stati Limite Ultimi per questa tipologia di opere si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e del raggiungimento della resistenza dei materiali strutturali da cui sono composti.

Per il dimensionamento geotecnico, deve risultare verificata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

con specifico riferimento allo stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. La verifica di tale condizione è da effettuarsi con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, utilizzando per i coefficienti A1 ed M1 i valori riportati nelle Tab. 6.2.I e Tab 6.2.II del DM 17/01/2018 e per le resistenze i valori riportati in Tab. 6.6.I del DM17/01/2018.

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto (E_d) con la resistenza di progetto R_{ad} , determinata applicando alla resistenza caratteristica R_{sk} i coefficienti parziali Y_R riportati nella tabella precedente, in funzione del tipo di ancoraggio.

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio è stato determinato utilizzando metodi analitici, pertanto il valore di questa deve essere assunto come il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione ξ_{a3} e ξ_{a4} riportati in Tab. 6.6.II del DM 17/01/2018, in funzione del numero di verticali di indagine che consentono la completa

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 16 di 171

identificazione del modello geotecnico del sottosuolo per il terreno interessato dalle fondazioni degli ancoraggi.

Nella valutazione analitica della resistenza allo sfilamento degli ancoraggi, inoltre, si fa riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza del terreno M1 (pertanto non vengono ridotte le caratteristiche dei terreni in cui le fondazioni degli ancoraggi verranno realizzate).

La lunghezza libera del tirante, in assenza di evento sismico è definita dall'intersezione con un piano inclinato di $(45^\circ - \phi/2)$ sulla verticale, parallelo al piano passante per il piede della paratia e da esso distante 0.20 h.

In presenza di evento sismico, con i tiranti attivi, secondo quanto proposto dal DM 17/01/2018 al § 7.11.6.4, la lunghezza libera da considerare è:

$$L_E = L_L \times (1 + 1.5 \times a_{\max}/g)$$

dove:

L_E : lunghezza libera in condizioni sismiche

L_L : lunghezza libera in condizioni statiche

8.1.4 Stabilità globale

In accordo con le indicazioni del DM 17/01/2018 § 6.8.2, le verifiche di sicurezza SLU sono state condotte secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2), in cui A2 sono i coefficienti moltiplicativi delle azioni e M2 e R2 sono i coefficienti riduttivi dei parametri di resistenza dei materiali e della resistenza globale del sistema. Il rapporto tra R_d ed E_d dovrà risultare sempre maggiore o uguale a $\gamma_R = 1.1$ in condizioni statiche per assicurare che la verifica di sicurezza richiesta da normativa sia rispettata.

Per le verifiche sismiche si applicano gli stessi criteri ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§7.11.1 e § 7.11.4 del DM 17/01/2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$. (§ 7.11.4 del DM 17/01/2018).

Per la valutazione della superficie di scorrimento critica (ed in generale di tutte le superfici di scorrimento) è stato utilizzato il metodo di Morgenstern & Price.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi SLV, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_h = k_h \cdot W \quad \text{ed} \quad F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v pari rispettivamente ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max}/g \quad \text{e} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 17 di 171

in cui:

- β_s : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- a_{max} : accelerazione orizzontale massima attesa al sito (cfr. §7.4).
- g: accelerazione di gravità.

Il valore di β_s è assunto pari a 0.38 coerentemente con le indicazioni del §7.11.4 delle DM 17/01/2018.

9 VERIFICA DELLE OPERE

9.1 Opere di sostegno

Sono state verificate le seguenti sezioni:

- a: paratia frontale H= 28 m – 3 tiranti + puntone
- b: paratia frontale H= 28m – 4 tiranti
- c: paratia frontale H=23 m: 3 tiranti
- e: paratia frontale H=21 m: 2 tiranti
- f: paratia frontale H=18 m: no tiranti
- g: paratia definitiva H=18 m: no tiranti
- h: paratia definitiva H=12 m: no tiranti
- i: paratia definitiva H=9m: no tiranti

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

9.1.1 Paratia frontale H=28m – 3 tiranti + puntone

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.

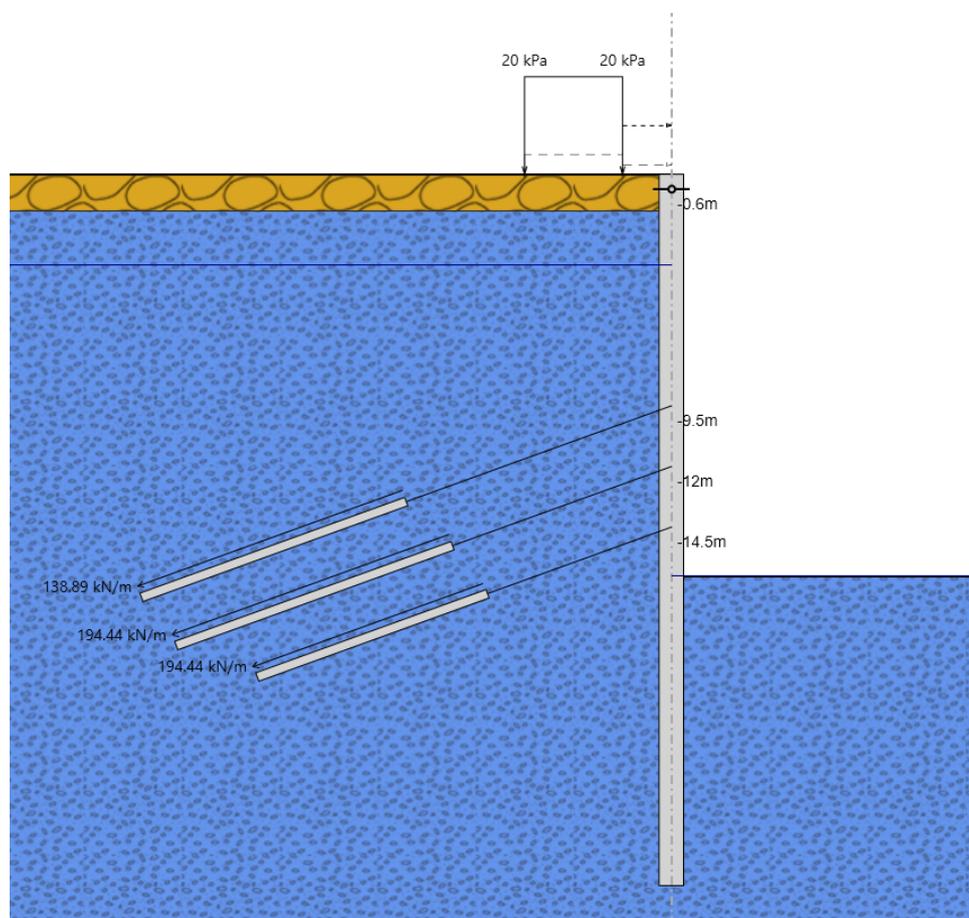


Figura 8. Schema di calcolo paratia

Tabella 2. Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo 1

Tipologia struttura di sostegno	pali CFA ϕ 1000 ad interasse 0.90 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 28\text{m (palo)} + 1.2\text{ m (cordolo)}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Altezza di scavo (da estradosso cordolo)	H = 16.30 m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2) (da estradosso cordolo)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% \Delta t] = 16.50 \text{ m}$
Ordini di tiranti (n°)	3
Passo orizzontale tiranti	da 1.80m a
Passo verticale dei tiranti	Da 2.50m
Inclinazione del piano campagna a monte	0°
Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	g = 0 kPa
Sovraccarichi permanenti a valle	g = 0 kPa
Sovraccarichi accidentali a monte	q = 20 kPa
Sovraccarichi variabili a valle	q = 0 kPa

Tabella 3. Parametri geotecnici di calcolo

Terreno	z_f	γ	c'	φ	E_{op}
	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
C	2.5	19	0	20	15
AV	40	20	26.5	21.5	60

Tabella 4. Parametri per l'analisi sismica

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	ag(g)	S	amax/g	us	θ
		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[-]
C	SLV	C	T1	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52
AV	SLV	C	T1	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52

Fasi di calcolo

- 1) Geostatico e carico permanente del versante a monte della paratia di pali, quota di falda a 3.70 m da p.c.;
- 2) Posa del puntone;
- 3) Primo scavo fino a quota z=10.50 m ;
- 4) Posa del primo ordine di tiranti a z= 9.50 m;

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 20 di 171

- 5) Secondo scavo fino a quota $z=12.50\text{m}$;
- 6) Posa del secondo ordine di tiranti a $z= 12.00\text{m}$;
- 7) Terzo scavo fino a quota $z=15.00\text{m}$;
- 8) Posa del terzo ordine di tiranti a $z= 14.50\text{m}$;

- 9) Ribasso ulteriore al fine di raggiungere la “Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)” di 16.50m da testa cordolo, posizione della falda a monte a $z=-3.70\text{ m}$ dal p.c., posizione della falda a valle sotto quota piano di scavo.

Risultati delle analisi e verifiche

I risultati delle analisi sono di seguito descritti.

1) Verifiche SLU GEO

- Verifica del complesso opera-terreno – deformata dell'opera di sostegno

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	21 di 171

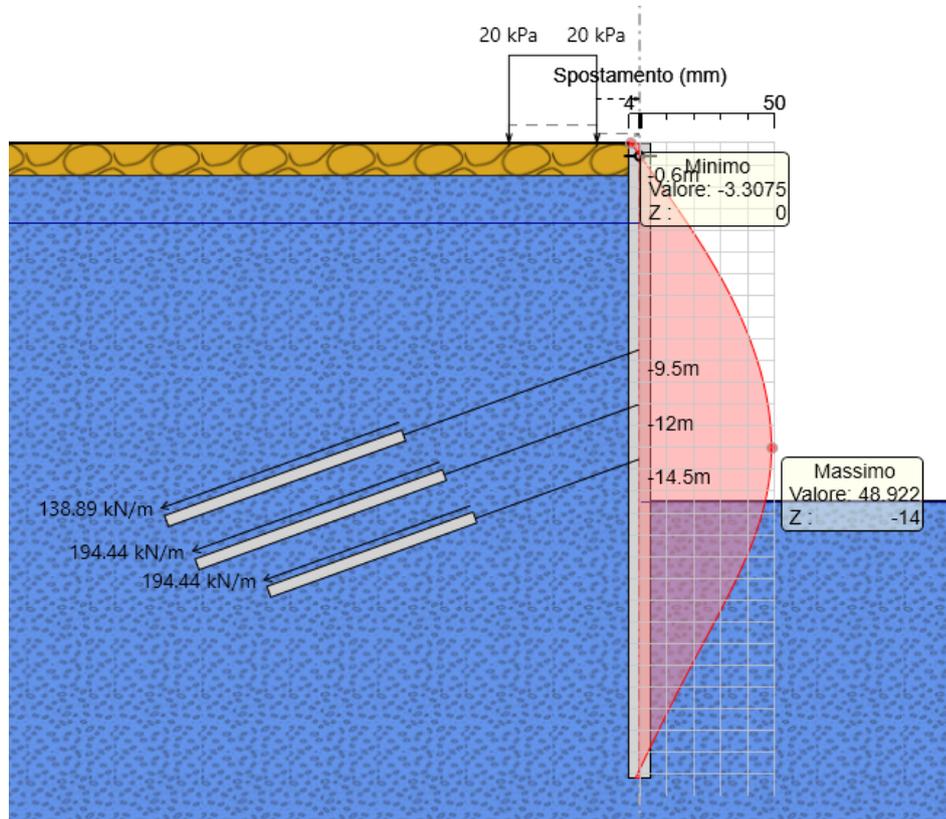


Figura 9. Deformata dell'opera di sostegno nella configurazione di fondo scavo

La deformata dell'opera rientra nei limiti progettuali stabiliti.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	22 di 171

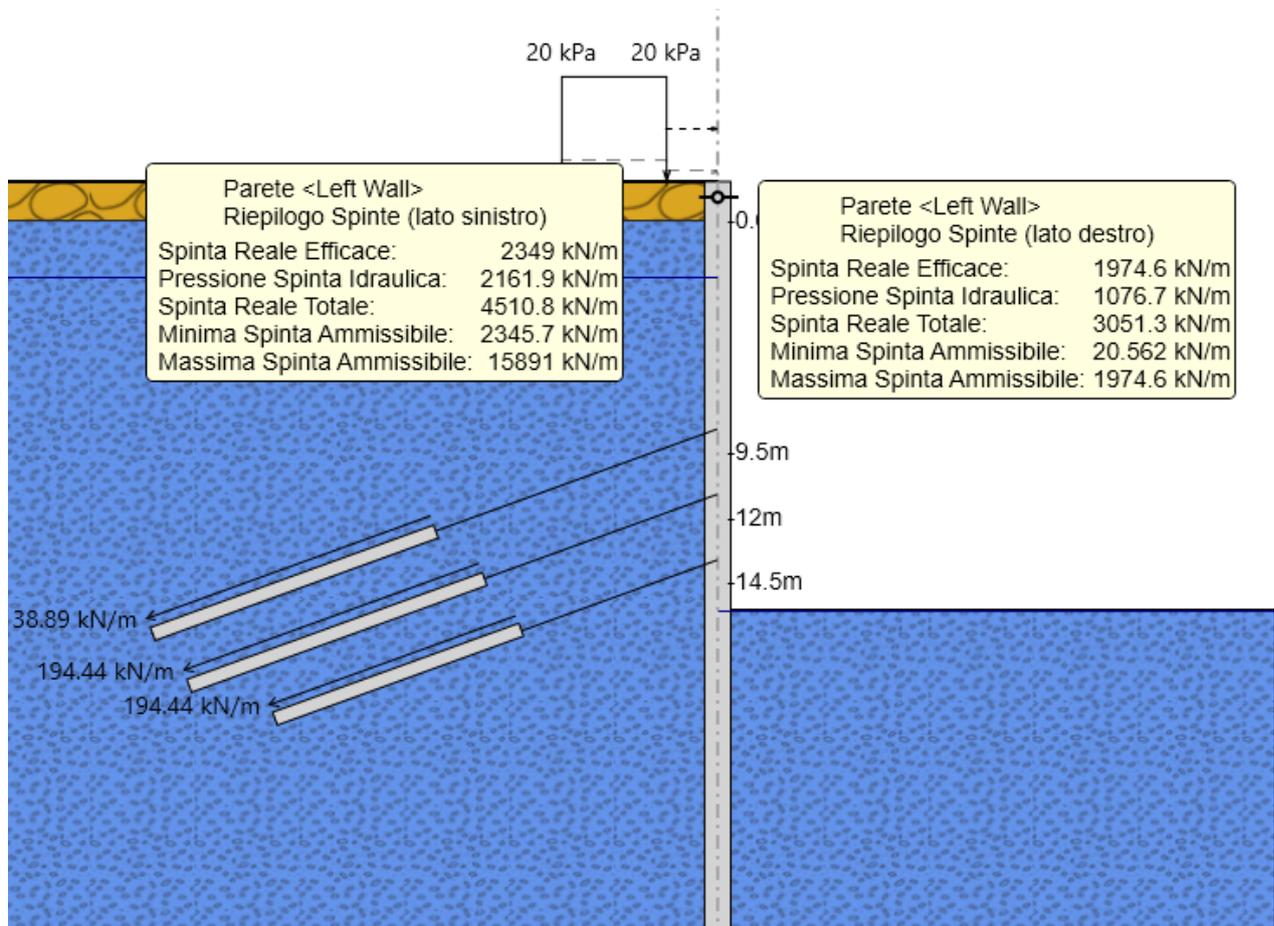


Figura 10. Riepilogo spinte SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	23 di 171

1) Momento di involucro SLU

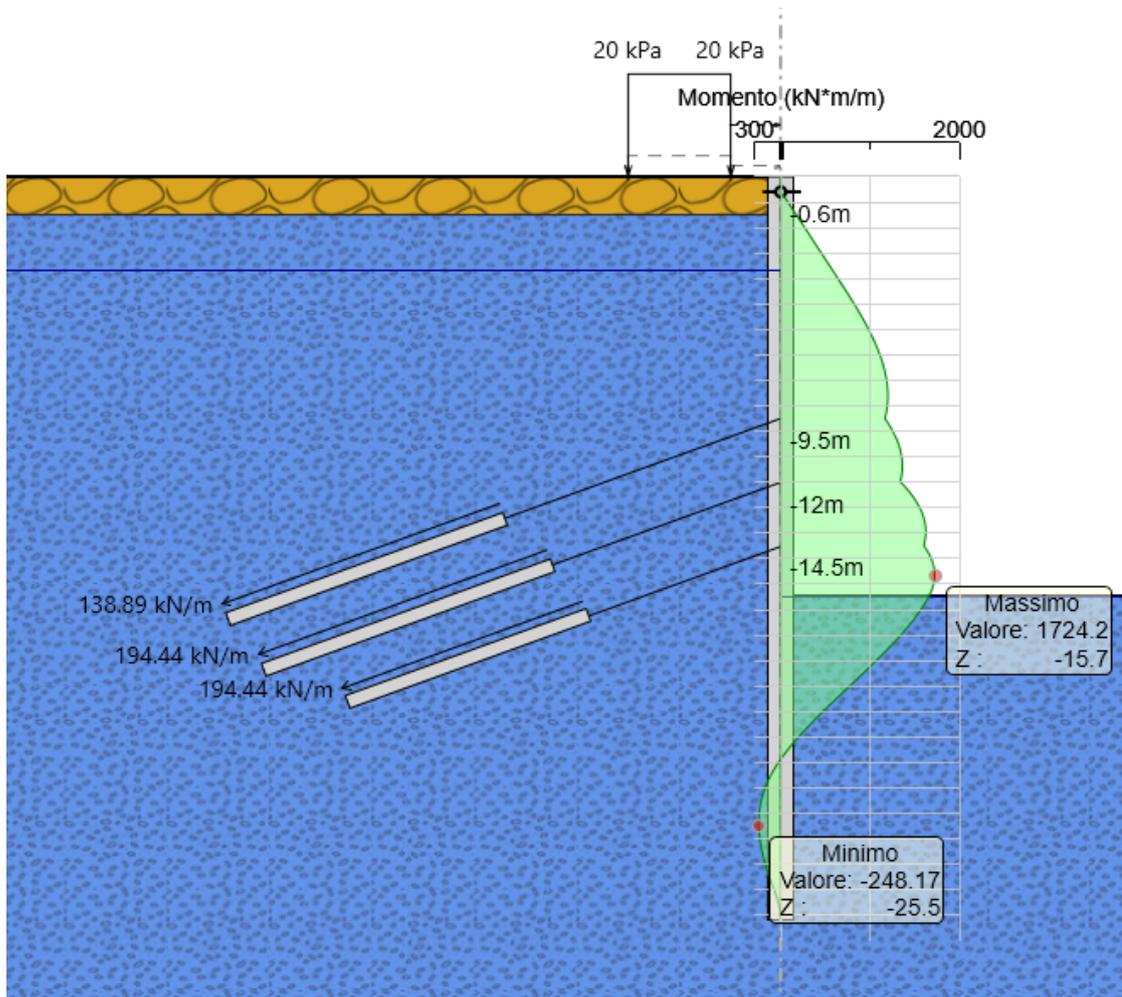


Figura 11. Momento di involucro SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	24 di 171

2) Taglio di involucro SLU

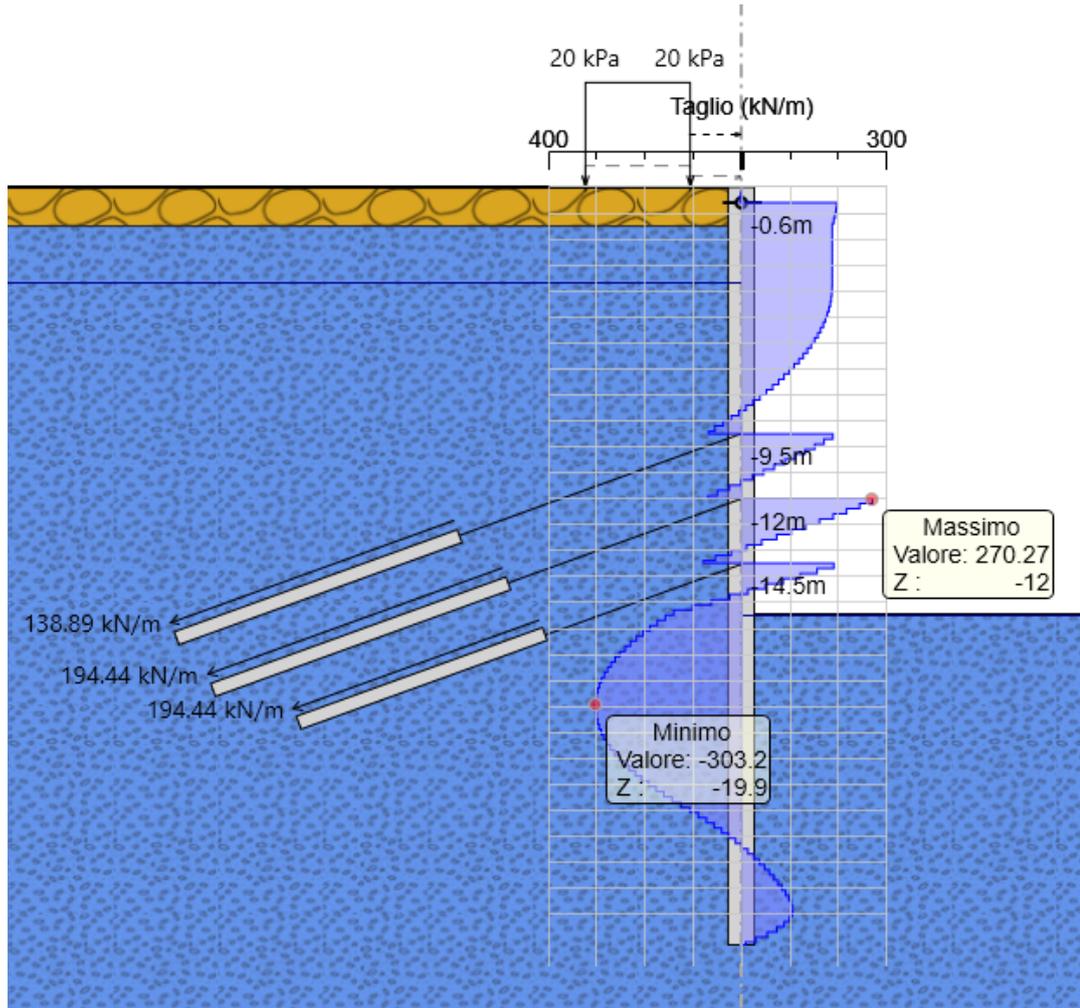


Figura 12. Taglio di involucro SLU

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– Verifica tiranti

Tabella 5. Geometrie ordini tiranti a trefoli

Ordine tirante	Quota da estradosso cordolo	n° trefoli	L _{libera}	L _{fondazione}	L _{totale}	pretiro
				bulbo		
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[KN]
A1	9.50	4	11.50	11.50	23.00	250
A2	12.00	5	9.50	12.00	21.50	350
A3	14.50	5	8.00	12.00	20.00	350

Tabella 6. Tensioni di aderenza bulbi di ancoraggio

ordine	Diam.Perf. [cm]	coeff. sbulbam.	τ k [kPa]	ξ
I	18	1.2	150	1.8
II	18	1.2	150	1.8
III	18	1.2	200	1.8

VERIFICA ANCORAGGIO S.L.U. - CONDIZIONE STATICA - A1+M1														
ordine	passo tiranti	Tiro max paratie	L	τ terr-fond.	Diametro perf.	γ_n	αD	γ_{azioni}	α	Rsd	Esd	Rsd/Esd	V.sfilamento	V. g. resistenza (*)
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN/m ²]	[cm]	[-]	[cm]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]		
1	1.80	288.6	11.5	150	18	1.15	21.6	1.3	1.2	565.5	519.5	1.089	si	si
2	1.80	383.14	12	200	18	1.15	21.6	1.3	1.2	786.8	689.7	1.141	si	si
3	1.80	314.38	10	200	18	1.15	21.6	1.3	1.2	655.6	565.9	1.159	si	si

Figura 13. Verifica dell'ancoraggio dei tiranti a trefoli in condizioni statiche

Le verifiche dell'ancoraggio dei tiranti in condizioni statiche sono soddisfatte.

ordine	passo tiranti	Tiro max paratie	L	τ terr-fond.	Diametro perf.	γ_n	αD	γ_{azioni}	α	Rsd	Esd	Rsd/Esd	V.sfilamento	V. g. resistenza (*)
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN/m ²]	[cm]	[-]	[cm]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]		
1	1.80	260.32	11.5	150	18	1.15	21.6	1	1.2	565.5	468.6	1.207	si	si
2	1.80	354	12	200	18	1.15	21.6	1	1.2	786.8	637.2	1.235	si	si
3	1.80	321.91	10	200	18	1.15	21.6	1	1.2	655.6	579.4	1.132	si	si

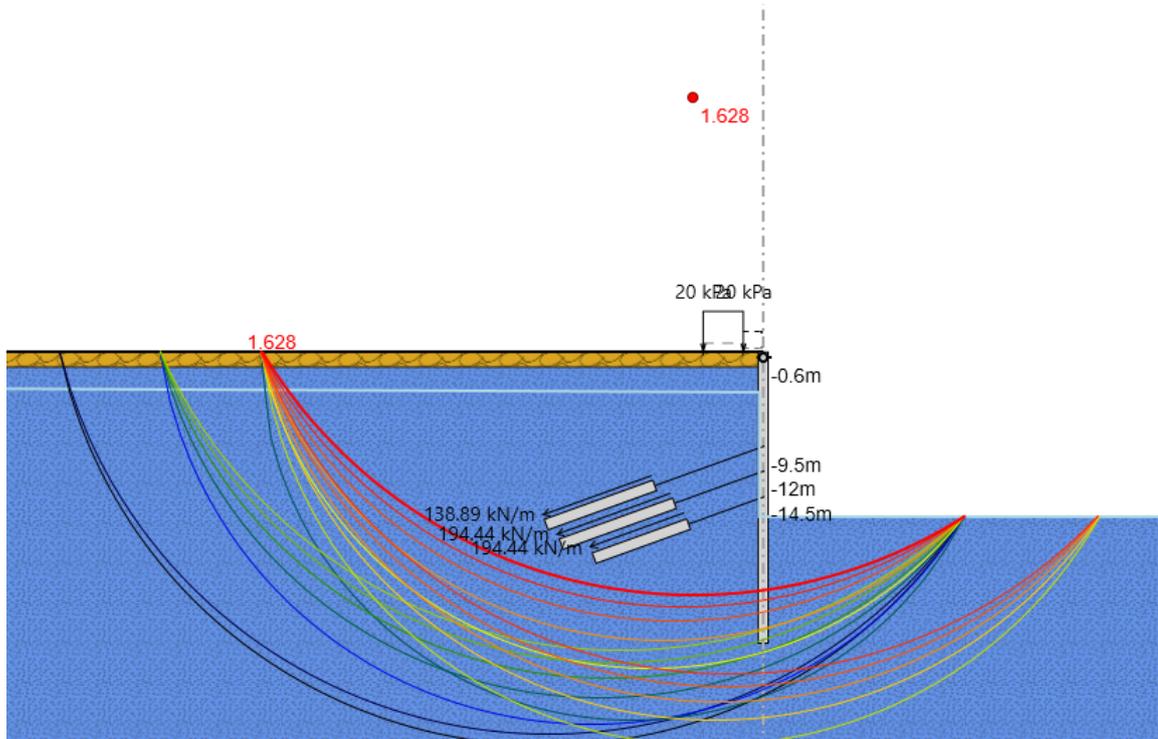
Figura 14. Verifica dell'ancoraggio dei tiranti a trefoli in condizioni sismiche

Le verifiche dell'ancoraggio dei tiranti in condizioni sismiche sono soddisfatte.

– Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni statiche

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	26 di 171

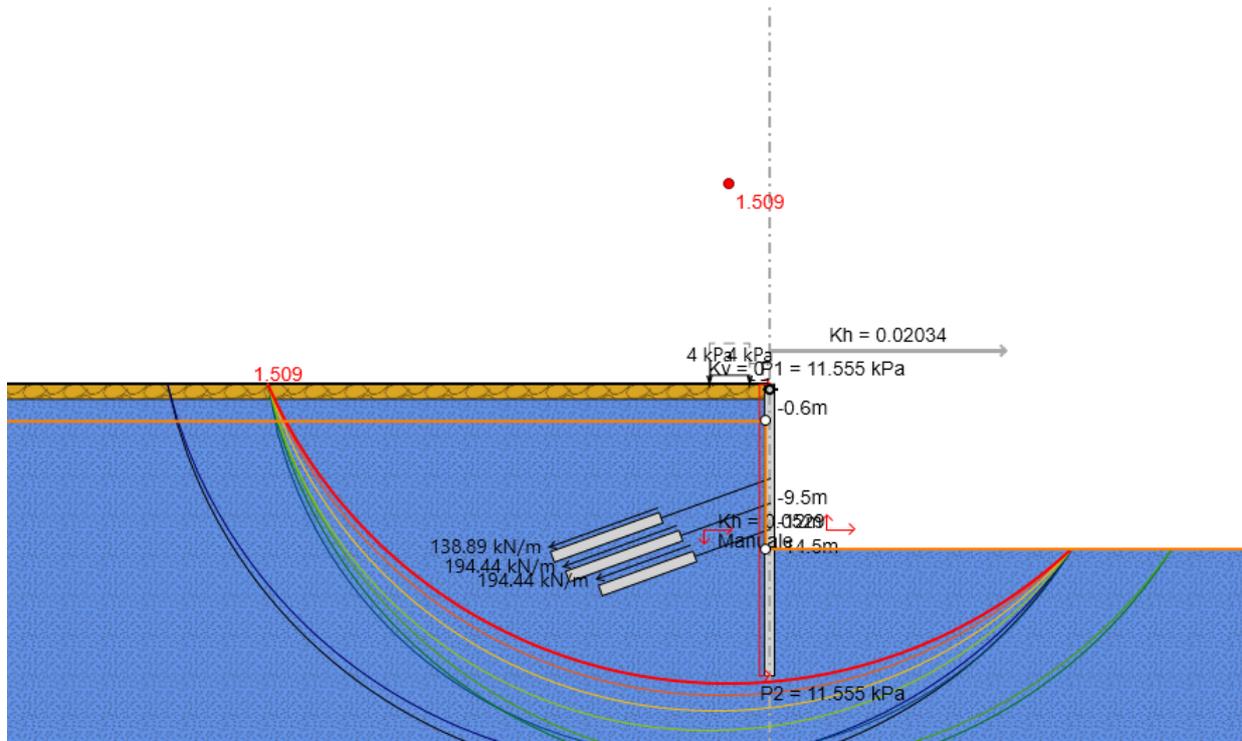


FS=1.628

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni simiche GEO

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	27 di 171



FS= 1.509

3) Verifiche SLU STR

Le verifiche sono state condotte prendendo in considerazione le due sezioni critiche:

- SEZ. A: zona centrale del palo (da $z=-8\text{m}$ a $z=-18.00\text{m}$)

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. SEZ.A , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 2 ordini di barre di diametro 26 mm (30 + 20=50totali) con copriferro di 85 mm.

	N_{max}	M_{max}		T_{max}
	<i>daN</i>	<i>daNm</i>		<i>daN</i>
SLU - A1+M1	57030	219870		2185
SLU - A1+M1	72286	209200		45520
SLV	84215	226980		4516
SLV	62769	208170		27263

Tabella 7. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a. – SEZ.A

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	28 di 171

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80 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:	314750 daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	26.00 daN/cm ²	

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

Raggio circ.:	50.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	30	26
2	0.0	0.0	34.0	20	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
---	---

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	29 di 171

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	57030	219870	0	2185	0
2	72286	209200	0	45520	0
3	84215	226980	0	4516	0
4	62769	208170	0	27263	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.9 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	57030	219870	0	57048	228434	0	1.04	265.5(23.6)
2	S	72286	209200	0	72282	231555	0	1.11	265.5(23.6)
3	S	84215	226980	0	84204	233977	0	1.03	265.5(23.6)
4	S	62769	208170	0	62762	229606	0	1.10	265.5(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00164	0.0	50.0	0.00131	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00168	0.0	50.0	0.00134	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00170	0.0	50.0	0.00136	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	30 di 171

4 0.00165 0.0 50.0 0.00132 0.0 41.5 -0.00196 0.0 -41.5

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000039312	-0.000325052	----	----
2	0.000000000	0.000039689	-0.000309389	----	----
3	0.000000000	0.000039985	-0.000297122	----	----
4	0.000000000	0.000039453	-0.000319192	----	----

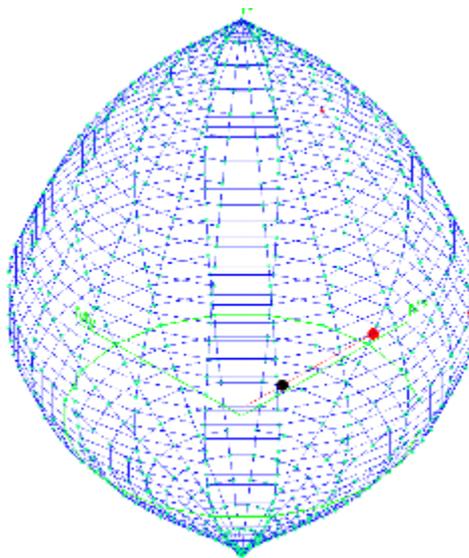


Figura 15. Dominio M-N in condizioni statiche

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali												
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 CL</td> <td>GA 08 00 002</td> <td>B</td> <td>31 di 171</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	31 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	31 di 171								

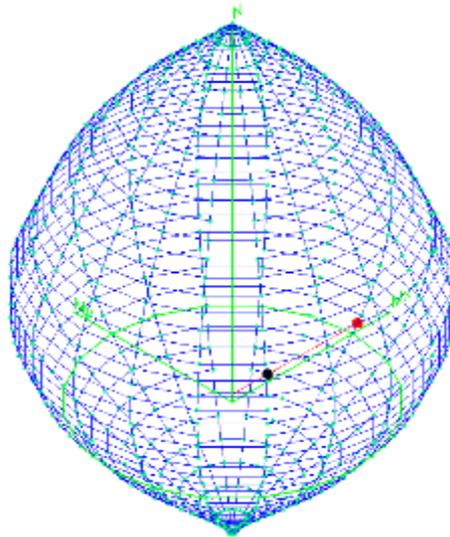


Figura 16. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	32 di 171

Tabella 8. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	20	ϕ	26.0
Asl	10619	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.016					
ρ_1	0.016		Vrd	403.0	kN	
vmin	0.325		Ved	455	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.89	-	
Vrd	402999	N				
Occorre armatura a taglio						

Tabella 9. Verifica a taglio in condizioni sismiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	20	ϕ	26.0
Asl	10619	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.016					
ρ_1	0.016		Vrd	403.0	kN	
vmin	0.325		Ved	273	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	1.48	-	
Vrd	402999	N				
Non necessita di armatura a taglio						

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Nelle due tabelle precedenti si sono riportate le verifiche a taglio per sezioni non armate a taglio, le verifiche non risultano essere soddisfatte in condizioni statiche, quindi è necessario armare a taglio: si predispone un'armatura a taglio avente diametro 12mm, passo 10 cm, armata al 100% delle barre longitudinali per la zona interessata.

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	2185	214125	101881	76.6 63.3	90.9	1.000	1.051	0.9	41.2(0.0)
2	S	45520	216220	101600	76.6 63.1	90.9	1.000	1.065	18.4	41.2(0.0)
3	S	4516	217854	101383	76.6 63.0	90.9	1.000	1.076	1.8	41.2(0.0)
4	S	27263	214915	101775	76.6 63.2	90.9	1.000	1.056	11.0	41.2(0.0)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– SEZ. B: interessa la zona (da testa palo a z=8.00 ; da z=8.00 fino a z=31.00m)

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. SEZ. B , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 1 ordine di barre di diametro 26mm (32 in totale) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	<i>daN</i>	<i>daNm</i>		<i>daN</i>
<i>SLU - A1+MI</i>	57030	168336		53730
<i>SLU - A1+MI</i>	72286	145102		54576
<i>SLV</i>	99384	168700		35899
<i>SLV</i>	62769	150480		44152

Tabella 10. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a. – SEZ.B

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	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:	314750	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30
Raggio circ.:	50.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
 Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	35 di 171

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	32	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	57030	168336	0	53730	0
2	72286	145102	0	54576	0
3	99384	168700	0	35899	0
4	62769	150480	0	44152	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.5 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 5.6 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	57030	168336	0	57017	173090	0	1.03	169.9(23.6)
2	S	72286	145102	0	72274	176660	0	1.22	169.9(23.6)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
 Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	36 di 171

3	S	99384	168700	0	99383	182897	0	1.08 169.9(23.6)
4	S	62769	150480	0	62740	174433	0	1.16 169.9(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00147	0.0	50.0	0.00115	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00151	0.0	50.0	0.00119	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00158	0.0	50.0	0.00126	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00148	0.0	50.0	0.00116	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000037401	-0.000404349	----	----
2	0.000000000	0.000037870	-0.000384908	----	----
3	0.000000000	0.000038702	-0.000350352	----	----
4	0.000000000	0.000037577	-0.000397065	----	----

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	37 di 171

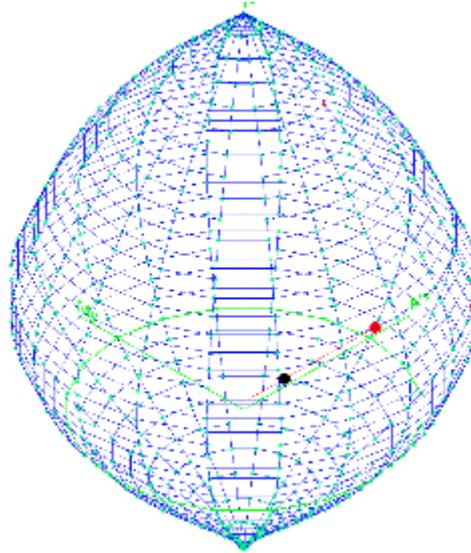


Figura 17. Dominio M-N in condizioni statiche

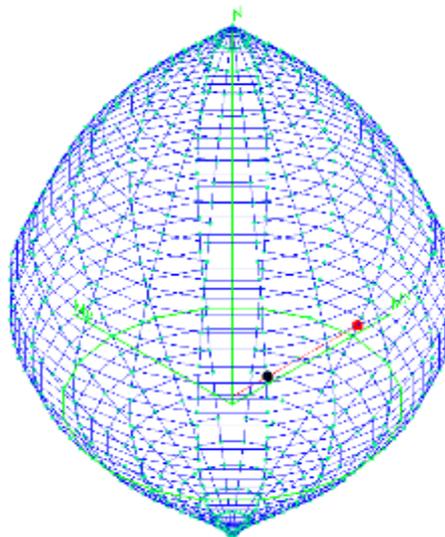


Figura 18. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	38 di 171

Tabella 11. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	546	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.59	-	
Vrd	319860	N				
Occorre armatura a taglio						

Tabella 12. Verifica a taglio in condizioni sismiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	442	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.72	-	
Vrd	319860	N				
Occorre armatura a taglio						

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Nelle due tabelle precedenti si sono riportate le verifiche a taglio per sezioni non armate a taglio, le verifiche non risultano essere soddisfatte in condizioni statiche, quindi è necessario armare a taglio: si predispone un'armatura a taglio avente diametro 12mm, passo 10 cm, armata al 100% delle barre longitudinali per la zona interessata.

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 16 mm
 Passo staffe: 18.4 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	53730	217835	54910	76.6 64.2	91.2	1.000	1.051	21.4	21.9(0.0)
2	S	54576	219721	54706	76.6 64.0	91.1	1.000	1.065	21.8	21.9(0.0)
3	S	35899	223067	54354	76.6 63.6	91.0	1.000	1.089	14.4	21.9(0.0)
4	S	44152	218546	54833	76.6 64.1	91.1	1.000	1.056	17.6	21.9(0.0)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– Verifica dei trefoli in acciaio dei tiranti

VERIFICA DEI TREFOLI A TRAZIONE - CONDIZIONE STATICA - A1+M1												
ordine	num. trefoli	passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{p(1)k}$	γ_{azioni}	γ_s	γ_R	Rd	Ed	Rsd/Esd	verifica >1
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cm ²]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	
1	4	1.80	298.27	1.39	1670	1.3	1.15	1	807.4	536.9	1.504	si
2	4	1.80	386.6	1.39	1670	1.3	1.15	1	807.4	695.9	1.160	si
3	5	1.80	316.22	1.39	1670	1.3	1.15	1	1009.3	569.2	1.773	si

Figura 19. Verifiche dei trefoli dei tiranti in condizioni statiche

Le verifiche dei trefoli in acciaio a trazione in condizioni statiche sono soddisfatte.

VERIFICA DEI TREFOLI A TRAZIONE - CONDIZIONE SISMICA												
ordine	num. trefoli	passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{p(1)k}$	γ_{azioni}	γ_s	γ_R	Rd	Ed	Rsd/Esd	verifica >1
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cm ²]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	
1	4	1.80	265.32	1.39	1670	1	1.15	1	807.4	477.6	1.691	si
2	4	1.80	359.28	1.39	1670	1	1.15	1	807.4	646.7	1.248	si
3	5	1.80	325.43	1.39	1670	1	1.15	1	1009.3	585.8	1.723	si

Figura 20. Verifiche dei trefoli dei tiranti in condizioni sismiche

Le verifiche dei trefoli in acciaio a trazione in condizioni sismiche sono soddisfatte.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– Verifica travi di ripartizione

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 1 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie	passo	Tipo	f _{yk}	γ _{m0}	f _{yd}	Tipo e numero	b	t flangia	t _{web}	r	h _{web}	W _{el}	W _{pl}	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]		[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ²]	[cm ²]
STATICO	188.3	1.8	S355	355	1.05	338.0952	HEB 160	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	153.68						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)			
	Msk	Vsk	γ _A	Msd	Vsd	M _{el,Rd}	M _{pl,Rd}	M _{rd}	V _{pl,Rd}	M _{rd} /M _{ed}	V _{rd} /V _{ed}	X	Y		
	[kN/m]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN]	[-]	[-]	C/t _f	(235/f _y) ^{0.5}		
STATICO	30.5046	84.735	1.3	39.65598	110.1555	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	3.02	>1	3.118781	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	24.89616	69.156	1	24.89616	69.156	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	4.81	>1	4.967767	>1		

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _y	355 [MPa]
Coefficiente ε	ε	0.81 [-]
Classificazione dell'anima		
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	104.00 [mm]
Spessore dell'anima	t _w	8.00 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t _w	13.00 [-]
Classificazione dell'anima per flessione		CLASSE 1
Classificazione dell'anima per compressione		CLASSE 1
Classificazione delle ali		
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	61 [mm]
Spessore delle ali	t _f	13.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t _f	4.69 [-]
Classificazione delle ali per flessione		CLASSE 1

Figura 21. Verifica della trave di ripartizione del primo ordine di tiranti

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	42 di 171

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 2 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie	passo	Tipo	f _{yk}	γ _{m0}	f _{yd}	Tipo e numero	b	t flangia	t _{web}	r	h _{web}	W _{el}	W _{pl}	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]	HEB 160	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ²]	[cm ²]
STATICO	270.27	1.80	S355	355	1.05	338.0952	2	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	249.02						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)			
	Msk	Vsk	γ _A	Msd	Vsd	Mel,Rd	Mpl,Rd	Mrd	Vpl,Rd	Mrd/Med	Vrd/Ved	X	Y		
	[kN/m]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN]	[-]	[-]	C/τ _f	(235/f _y) ^{0.5}		
STATICO	43.78374	121.6215	1.3	56.91886	158.108	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.10	>1	2.172888	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	40.34124	112.059	1	40.34124	112.059	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.97	>1	3.065804	>1		

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio

 f_y 355 [MPa]

Coefficiente ε

ε 0.81 [-]

Classificazione dell'anima

Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature

c 104.00 [mm]

Spessore dell'anima

 t_w 8.00 [mm]

Rapporto tra altezza e spessore

 c/t_w 13.00 [-]

Classificazione dell'anima per flessione

CLASSE 1

Classificazione dell'anima per compressione

CLASSE 1
Classificazione delle ali

Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature

c 61 [mm]

Spessore delle ali

 t_f 13.00 [mm]

Rapporto tra semi larghezza e spessore

 c/t_f 4.69 [-]

Classificazione delle ali per flessione

CLASSE 1

Figura 22. Verifica della trave di ripartizione del secondo ordine di tiranti

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 3 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie	passo	Tipo	f _{yk}	γ _{m0}	f _{yd}	Tipo e numero	b	t flangia	t _{web}	r	h _{web}	W _{el}	W _{pl}	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]	HEB 160	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ²]	[cm ²]
STATICO	189.9	1.80	S355	355	1.05	338.0952	2	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	235.04						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)			
	Msk	Vsk	γ _A	Msd	Vsd	Mel,Rd	Mpl,Rd	Mrd	Vpl,Rd	Mrd/Med	Vrd/Ved	X	Y		
	[kN/m]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN]	[-]	[-]	C/τ _f	(235/f _y) ^{0.5}		
STATICO	30.7638	85.455	1.3	39.99294	111.0915	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.99	>1	3.092504	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	38.07648	105.768	1	38.07648	105.768	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	3.14	>1	3.248155	>1		

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

<u>CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE</u>	
Valore di snervamento dell'acciaio	f_y 355 [MPa]
Coefficiente ϵ	ϵ 0.81 [-]
<u>Classificazione dell'anima</u>	
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c 104.00 [mm]
Spessore dell'anima	t_w 8.00 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t_w 13.00 [-]
<i>Classificazione dell'anima per flessione</i>	CLASSE 1
<i>Classificazione dell'anima per compressione</i>	CLASSE 1
<u>Classificazione delle ali</u>	
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c 61 [mm]
Spessore delle ali	t_f 13.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t_f 4.69 [-]
<i>Classificazione delle ali per flessione</i>	CLASSE 1

Figura 23. Verifica della trave di ripartizione del terzo ordine di tiranti

Le verifiche delle travi di ripartizione in condizioni statiche e sismiche sono soddisfatte.

– Verifica del puntone:

La forza normale massima agente nel puntone è quella in fase sismica ed è pari a 237.66kN/m moltiplicando per l'interasse tra i puntoni di 5 metri si ottiene una forza pari a 1188.3 kN con cui sono state svolte le verifiche di resistenza ed instabilità del puntone in acciaio phi 609.6 mm di spessore 20 mm, considerando una lunghezza di calcolo di 14 m.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	44 di 171

Diametro esterno nominale	D	609.60 [mm]
Spessore nominale	T	20.00 [mm]
Diametro interno nominale	d	569.60 [mm]

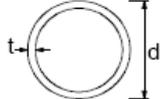
CARATTERISTICHE MECCANICHE

Area della sezione trasversale	A	370.5 [cm ²]
Momento d'inerzia	I	161162 [cm ⁴]
Raggio d'inerzia	i	20.86 [cm]
Modulo di resistenza elastico	W _{el,yy}	5287 [cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W _{pl,yy}	6955 [cm ³]
Momento d'inerzia torsionale	I _t	322323 [cm ⁴]
Modulo di torsione	C _t	10575 [cm ³]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _y	275 [MPa]
Coefficiente ε	ε	0.92 [-]
<u>Classificazione</u>		
Diametro	d	609.60 [mm]
Spessore	t	20.00 [mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	30.48 [-]
Classificazione della sezione	CLASSE 1	

Tubular sections



Class	Section in bending and/or compression					
1	d / t ≤ 50ε ²					
2	d / t ≤ 70ε ²					
3	d / t ≤ 90ε ²					
NOTE For d / t > 90ε ² see EN 1993-1-6.						
ε = √(235 / f _y)	f _y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ε ²	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	45 di 171

VERIFICHE DI RESISTENZA per sezioni di classe 1,2

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\gamma_{M1} = 1.1$$

Sollecitazioni di progetto	$N_{ed} =$	1188.3	KN
	$M_{ed} =$	0.0	KNm
	$V_{ed} =$	0.00	KN
Resistenze di calcolo	$N_{c,rd} =$	9702.44	KN
	$M_{c,rd} =$	1738.81	KNm
	$V_{c,rd} =$	3566.16	KN

Condizione
 $V_{ed} \leq 0.5 \cdot V_{c,rd}$ SI \Rightarrow taglio non influenza la resistenza a flessione
 $\Rightarrow \rho = (2V_{cd}/V_{c,rd}-1)^2 = 0$

Compressione $N_{ed}/N_{c,rd} = 0.122474397 \leq 1$

Flessione $M_{ed}/M_{c,rd} = 0 \leq 1$

Taglio $V_{ed}/V_{c,rd} = 0 \leq 1$

Flessione e Taglio

$$M_{v,rd} = (1-\rho)M_{c,rd} = 1738.807467 \text{ KNm}$$

$$M_{ed}/M_{v,rd} = 0 \leq 1$$

Presso-Flessione $n = N_{ed}/N_{c,rd} = 0.122474397$

$$M_{N,rd} = 1.04 \cdot M_{c,rd} \cdot (1-n^{1.7}) = 1757.431 \text{ KNm}$$

$$M_{ed}/M_{N,rd} = 0 \leq 1$$

Presso-Flessione e Taglio

$$M_{N,rd} = 1.04 \cdot M_{v,rd} \cdot (1-n^{1.7}) = 1757.431 \text{ KNm}$$

$$M_{ed}/M_{N,rd} = 0 \leq 1$$

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	46 di 171

VERIFICA DI STABILITA'

E =	210000	MPa	$\alpha =$	0.21	vedi Tab. 4.2.VI N.T.C.
$f_{yk} =$	275	MPa	$v =$	0.3	
A =	0.037046	m ²	G =	80769	MPa
$J_y = J_z =$	0.00161162	m ⁴	$K_c =$	0.94	vedi Tab. 4.2.VIII N.T.C.
$J_t =$	0.00322323	m ⁴	K =	1	vedi Prosp. F1.1 e F1.2 EC3 Appen. F
$J_w =$	0.000280122	m ⁶	$K_w =$	1	vedi EC3 App. F par F1.2 P(4)
i =	0.2086	m	$C_1 =$	1.132	vedi Prosp. F1.1 e F1.2 EC3 Appen. F
l =	14	m	$\alpha_{LT} =$	0.76	vedi Tab. 4.2.VII N.T.C.
$\beta =$	1		$\alpha_{my} =$	0.9	vedi Tab. C4.2.VI Circolare 617/09
$l_0 =$	14	m			
$\lambda =$	67				
$N_{cr,y,z} =$	17.042	MN			
$\lambda^* =$	0.773	< 0.2	NO	considero instabilità a compressione	
		$N_{ed} < 0.04N_{cr}$	NO	considero instabilità a compressione	
$\Phi =$	0.859				
$\chi_y = \chi_z =$	0.81067				
$M_{cr} =$	75.8288	MNm			
$\lambda_{LT} =$	0.159	≤ 0.4	SI	trascura instabilità flessionale	

$\Phi_{LT} =$	0.633		
f =	0.995		
$\chi_{LT} =$	0.80435	≤ 0.1	NO
		$\leq 1/(\lambda_{LT}^2 \cdot f)$	SI
$k_{yy} =$	1.014		

$$\frac{N_{ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yk}} = 0.158271 \leq 1 \quad \text{VERIFICATO}$$

$$\frac{N_{ed} \cdot Y_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} = 0.158 \leq 1 \quad \text{VERIFICATO}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

9.1.2 Paratia frontale H=28m – 4tiranti

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.

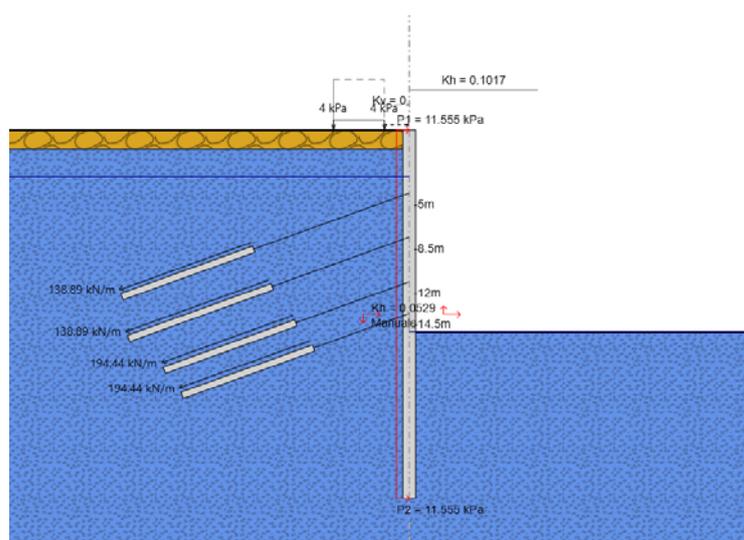


Figura 24. Schema di calcolo paratia

Tabella 13. Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo 1

Tipologia struttura di sostegno	pali CFA ϕ 1000 ad interasse 0.90 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 28 \text{ m (palo)} + 1.2 \text{ m (cordolo)}$
Altezza di scavo (da estradosso cordolo)	$H = 15.80\text{m}$
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2) (da estradosso cordolo)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\%\Delta t] = 16.00 \text{ m}$
Ordini di tiranti (n°)	4
Passo orizzontale tiranti	da 1.80 m
Passo verticale dei tiranti	da 2.50 a 3.50 m
Inclinazione del piano campagna a monte	0°
Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	$g = 0 \text{ kPa}$
Sovraccarichi permanenti a valle	$g = 0 \text{ kPa}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Sovraccarichi accidentali a monte	q = 20 kPa
Sovraccarichi variabili a valle	q = 0 kPa

Tabella 14. Parametri geotecnici di calcolo

<i>Terreno</i>	<i>z_f</i>	<i>γ</i>	<i>c'</i>	<i>φ</i>	<i>E_{op}</i>
	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
<i>C</i>	2.5	19	0	20	15
<i>AV</i>	40	20	26.5	21.5	60

Tabella 15. Parametri per l'analisi sismica

<i>Terreno</i>	<i>Condizione</i>	<i>Categoria sottosuolo</i>	<i>Categoria topografica</i>	<i>ag(g)</i>	<i>S</i>	<i>amax/g</i>	<i>us</i>	<i>θ</i>
		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[-]
<i>C</i>	<i>SLV</i>	<i>C</i>	<i>T1</i>	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52
<i>AV</i>	<i>SLV</i>	<i>C</i>	<i>T1</i>	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52

Fasi di calcolo

- 1) Geostatico e carico permanente del versante a monte della paratia di pali, quota di falda a 3.70 m da p.c.;
- 2) Primo scavo fino a quota z= 5.50 m ;
- 3) Posa del primo ordine di tiranti a z= 5.00 m;
- 4) Secondo scavo fino a quota z= 9.00m;
- 5) Posa del secondo ordine a z= 8.50;
- 6) Terzo scavo fino a quota z=12.50m;
- 7) Posa del terzo ordine di tiranti a z= 12.50m;
- 8) Quarto scavo fino a quota z=12.00m;
- 9) Posa del quarto ordine di tiranti a z= 15.00m;
- 10) Quinto scavo fino a quota z=14.50m;
- 11) Ribasso ulteriore al fine di raggiungere la "Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)" di 16.00m da testa cordolo, posizione della falda a monte a z=-3.70 m dal p.c., posizione della falda a valle sotto quota piano di scavo.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	49 di 171

Risultati delle analisi e verifiche

I risultati delle analisi sono di seguito descritti.

2) Verifiche SLU GEO

- Verifica del complesso opera-terreno – deformata dell'opera di sostegno

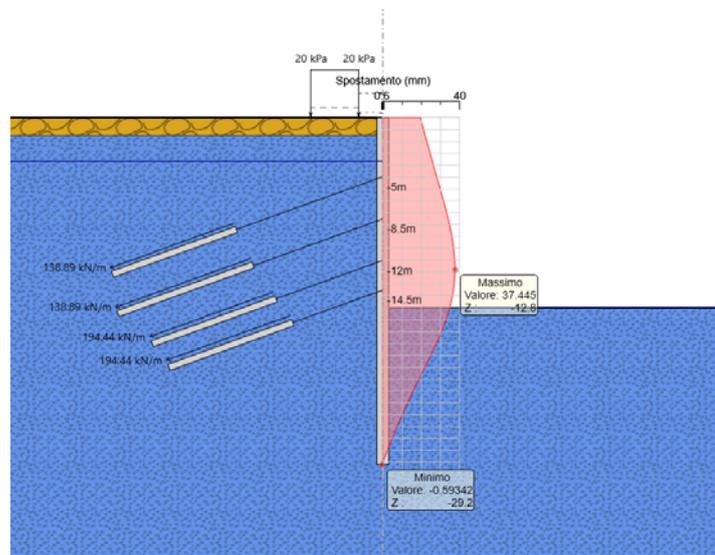


Figura 25. Deformata dell'opera di sostegno nella configurazione di fondo scavo

La deformata dell'opera rientra nei limiti progettuali stabiliti.

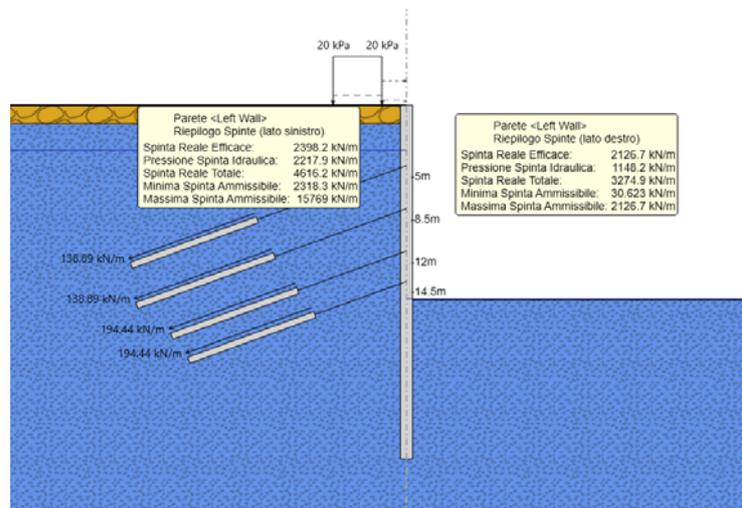


Figura 26. Riepilogo spinte SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	50 di 171

4) Momento di involucro SLU

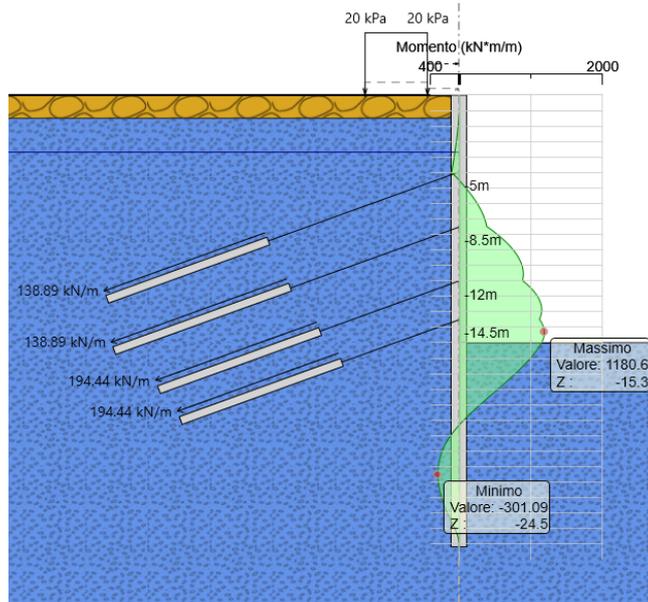


Figura 27. Momento di involucro SLU

5) Taglio di involucro SLU

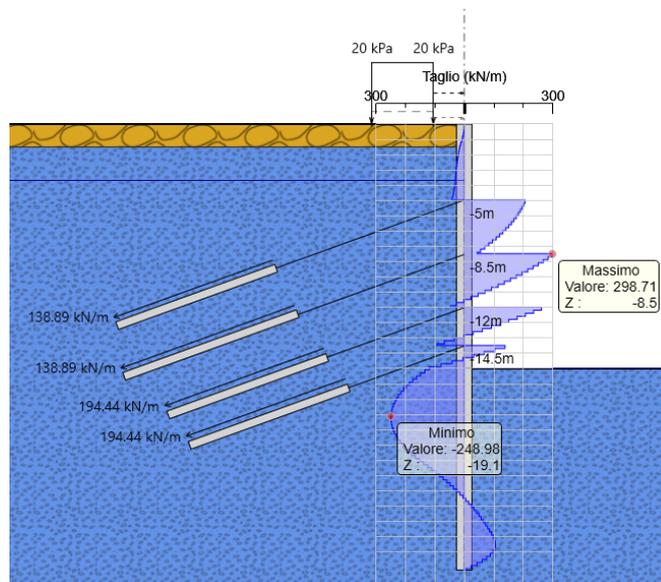


Figura 28. Taglio di involucro SLU

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– Verifica tiranti

Tabella 16. Geometrie ordini tiranti a trefoli

Ordine tirante	Quota da estradosso cordolo	n° trefoli	L _{libera}	L _{fondazione}	L _{totale}	pretiro
				bulbo		
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[KN]
B1	5.00	4	13.00	11.00	24.00	250
B2	8.50	4	11.50	12.00	23.50	250
B3	12.00	5	9.50	11.00	20.50	350
B4	14.50	5	8.00	11.00	19.00	350

Tabella 17. Tensioni di aderenza bulbi di ancoraggio

ordine	Diam.Perf. [cm]	coeff. sbulbam.	τ k [kPa]	ξ
I	18	1.2	150	1.8
II	18	1.2	150	1.8
III	18	1.2	200	1.8
IV	18	1.2	200	1.8

VERIFICA ANCORAGGIO S.L.U. - CONDIZIONE STATICA - A1+M1														
ordine	passo tiranti	Tiro max paratie	L	τ terr-fond.	Diametro perf.	γ_s	αD	γ_{azioni}	α	Rsd	Esd	Rsd/Esd	V.sfilamento	V. g. resistenza (*)
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN/m ²]	[cm]	[-]	[cm]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]		
1	1.80	181.1	11	150	18	1.15	21.6	1.3	1.2	540.9	326.0	1.659	si	si
2	1.80	283.77	12	150	18	1.15	21.6	1.3	1.2	590.1	510.8	1.155	si	si
3	1.80	348	11	200	18	1.15	21.6	1.3	1.2	721.2	626.4	1.151	si	si
4	1.80	271.71	11	200	18	1.15	21.6	1.3	1.2	721.2	489.1	1.475	si	si

Figura 29. Verifica dell'ancoraggio dei tiranti a trefoli in condizioni statiche

Le verifiche dell'ancoraggio dei tiranti in condizioni statiche sono soddisfatte.

VERIFICA ANCORAGGIO S.L.U. - CONDIZIONE SISMICA														
ordine	passo tiranti	Tiro max paratie	L	τ terr-fond.	Diametro perf.	γ_s	αD	γ_{azioni}	α	Rsd	Esd	Rsd/Esd	V.sfilamento	V. g. resistenza (*)
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN/m ²]	[cm]	[-]	[cm]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]		
1	1.80	266.39	11	150	18	1.15	21.6	1	1.2	540.9	479.5	1.128	si	si
2	1.80	271.81	12	150	18	1.15	21.6	1	1.2	590.1	489.3	1.206	si	si
3	1.80	336.82	11	200	18	1.15	21.6	1	1.2	721.2	606.3	1.190	si	si
4	1.80	279.09	11	200	18	1.15	21.6	1	1.2	721.2	502.4	1.436	si	si

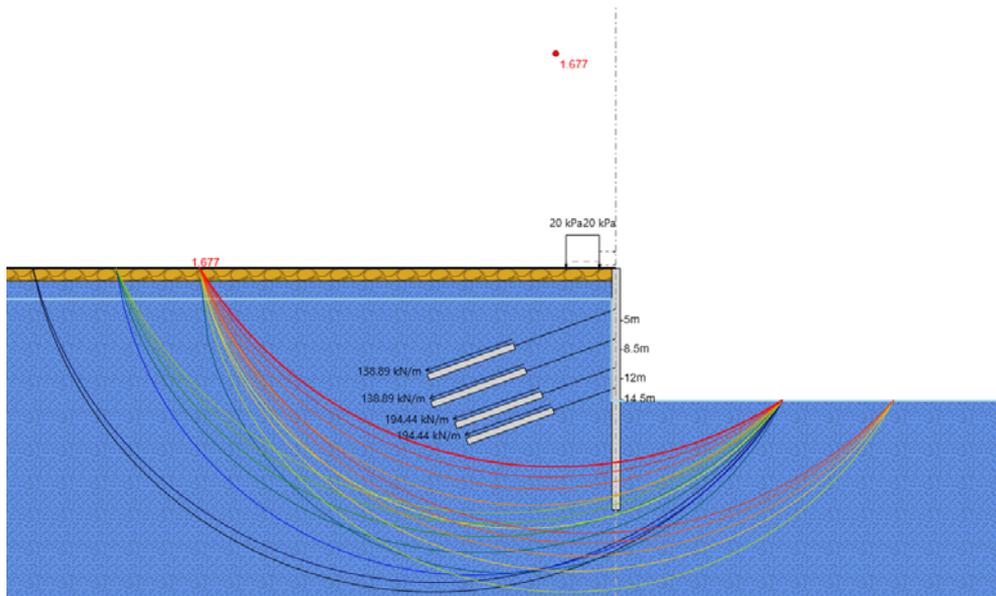
Figura 30. Verifica dell'ancoraggio dei tiranti a trefoli in condizioni sismiche

Le verifiche dell'ancoraggio dei tiranti in condizioni sismiche sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

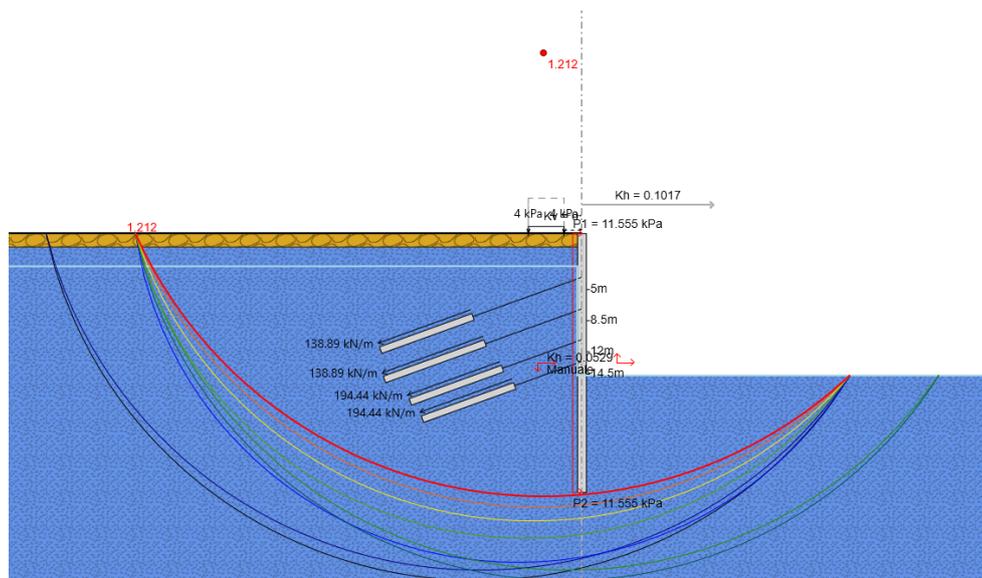
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	52 di 171

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni statiche



FS=1.677

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni simiche GEO



FS=1.212

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

6) Verifiche SLU STR

Le verifiche sono state condotte prendendo in considerazione le due sezioni critiche:

- SEZ. A: zona centrale del palo (da z=-8m a z= -18.00m)

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. SEZ.A , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 2 ordini di barre di diametro 26 mm (30 + 20 =50 totali) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	daN	daNm		daN
SLU - A1+MI	30041	212508		5632
SLU - A1+MI	16690	68036		53768
SLV	31220	180612		3215
SLV	16690	27320		45954

Tabella 18. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a. – SEZ.A

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	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:	314750	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	54 di 171

 Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C25/30

 Raggio circ.: 50.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	30	26
2	0.0	0.0	34.0	20	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	30041	212508	0	5632	0
2	16690	68036	0	53768	0
3	31220	180612	0	3215	0
4	16690	27320	0	45954	0

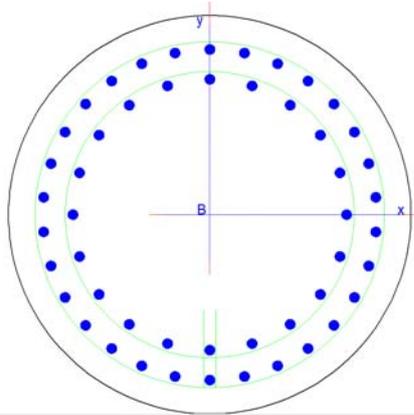
RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.9 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0 cm

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	55 di 171



VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIAMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	30041	212508	0	30012	222824	0	1.05	265.5(23.6)
2	S	16690	68036	0	16664	220022	0	3.23	265.5(23.6)
3	S	31220	180612	0	31242	223081	0	1.24	265.5(23.6)
4	S	16690	27320	0	16664	220022	0	8.05	265.5(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIAMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00158	0.0	50.0	0.00125	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00155	0.0	50.0	0.00122	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00158	0.0	50.0	0.00125	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00155	0.0	50.0	0.00122	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

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.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	56 di 171

x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000038643	-0.000352817	----	----
2	0.000000000	0.000038313	-0.000366507	----	----
3	0.000000000	0.000038673	-0.000351557	----	----
4	0.000000000	0.000038313	-0.000366507	----	----

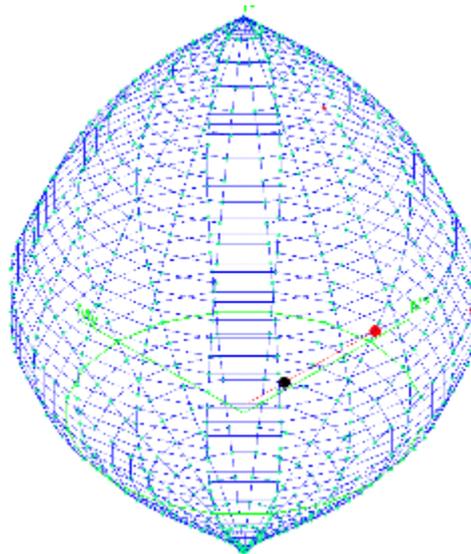


Figura 31. Dominio M-N in condizioni statiche

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali												
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 CL</td> <td>GA 08 00 002</td> <td>B</td> <td>57 di 171</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	57 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	57 di 171								

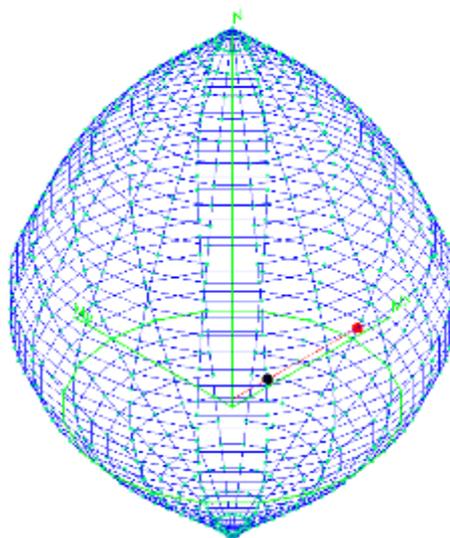


Figura 32. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	58 di 171

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	538	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.59	-	
Vrd	319860	N				
Occorre armatura a taglio						

Tabella 19. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	460	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.70	-	
Vrd	319860	N				
Occorre armatura a taglio						

Tabella 20. Verifica a taglio in condizioni sismiche

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Nelle due tabelle precedenti si sono riportate le verifiche a taglio per sezioni non armate a taglio, le verifiche non risultano essere soddisfatte in condizioni statiche, quindi è necessario armare a taglio: si predispone un'armatura a taglio avente diametro 12mm, passo 10 cm, armata al 100% delle barre longitudinali per la zona interessata.

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	5632	210410	102393	76.6 63.6	91.0	1.000	1.027	2.3	41.2(0.0)
2	S	53768	208565	102652	76.6 63.7	91.1	1.000	1.015	21.6	41.2(0.0)
3	S	3215	210571	102369	76.6 63.6	91.0	1.000	1.028	1.3	41.2(0.0)
4	S	45954	208565	102652	76.6 63.7	91.1	1.000	1.015	18.4	41.2(0.0)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– SEZ. B: interessa la zona (da testa palo a z=8.00 ; da z=8.00 fino a z=31.00m)

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. SEZ. B , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 1 ordine di barre di diametro 26 mm (24 in totale) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	daN	daNm		daN
SLU - A1+MI	15708	62831		14760
SLU - A1+MI	35343	135952		41404
SLV	9817	36238		30132
SLV	40644	68827		33700

Tabella 21. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a. – SEZ.B

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	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:	314750	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30
Raggio circ.:	50.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	24	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 16 mm
Passo staffe: 24.6 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	15708	62831	0	14760	0
2	35343	135952	0	41404	0
3	9817	36238	0	30132	0
4	40644	68827	0	33700	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.6 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	62 di 171

 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	15708	62831	0	15686	126998	0	2.02	127.4(23.6)
2	N	35343	135952	0	35363	136995	0	1.97	127.4(23.6)
3	S	9817	36238	0	9826	125491	0	3.46	127.4(23.6)
4	S	40644	68827	0	40645	133322	0	1.94	127.4(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00123	0.0	50.0	0.00093	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00129	0.0	50.0	0.00099	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00121	0.0	50.0	0.00091	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00131	0.0	50.0	0.00100	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000034779	-0.000513163	----	----
2	0.000000000	0.000035465	-0.000484686	----	----
3	0.000000000	0.000034573	-0.000521706	----	----
4	0.000000000	0.000035649	-0.000477074	----	----

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali												
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 CL</td> <td>GA 08 00 002</td> <td>B</td> <td>63 di 171</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	63 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	63 di 171								

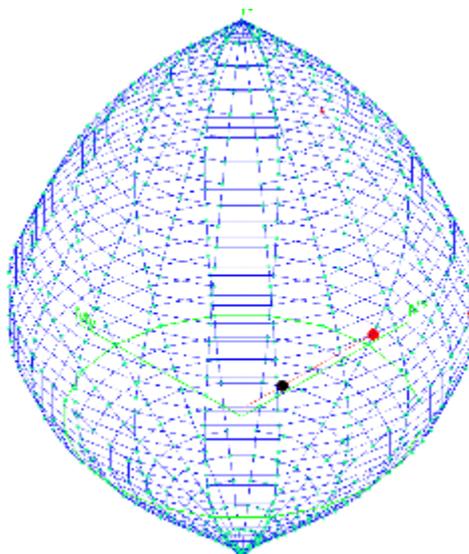


Figura 33. Dominio M-N in condizioni statiche

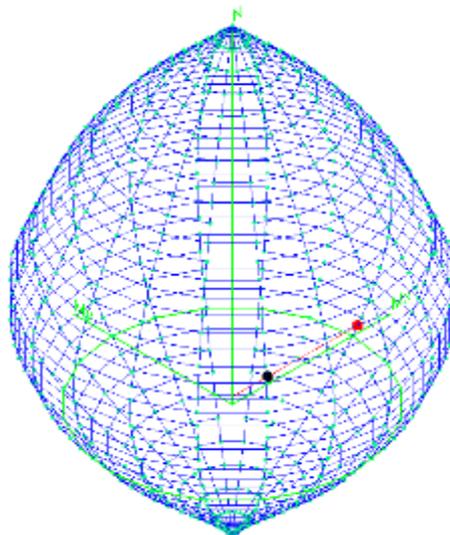


Figura 34. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	64 di 171

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	414	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.77	-	
Vrd	319860	N				
Occorre armatura a taglio						

Tabella 22. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	337	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.95	-	
Vrd	319860	N				
Occorre armatura a taglio						

Tabella 23. Verifica a taglio in condizioni sismiche

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Nelle due tabelle precedenti si sono riportate le verifiche a taglio per sezioni non armate a taglio, le verifiche non risultano essere soddisfatte in condizioni statiche, quindi è necessario armare a taglio: si predispone un'armatura a taglio avente diametro 12mm, passo 10 cm, armata al 100% delle barre longitudinali per la zona interessata.

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 16 mm
 Passo staffe: 24.6 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	14760	214476	42182	77.0 65.9	90.6	1.000	1.014	5.7	16.3(0.0)
2	S	41404	216683	41921	77.0 65.5	90.5	1.000	1.032	16.1	16.3(0.0)
3	S	30132	213815	42263	77.0 66.1	90.6	1.000	1.009	11.7	16.3(0.0)
4	S	33700	217284	41853	77.0 65.4	90.5	1.000	1.037	13.2	16.3(0.0)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– Verifica dei trefoli in acciaio dei tiranti

VERIFICA DEI TREFOLI A TRAZIONE - CONDIZIONE STATICA - A1+M1												
ordine	num. trefoli	passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{p(1)k}$	γ_{azioni}	γ_s	γ_R	Rd	Ed	Rsd/Eds	verifica >1
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cm ²]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	
1	4	1.80	268.13	1.39	1670	1.3	1.15	1	807.4	482.6	1.673	si
2	4	1.80	283.77	1.39	1670	1.3	1.15	1	807.4	510.8	1.581	si
3	5	1.80	348	1.39	1670	1.3	1.15	1	1009.3	626.4	1.611	si
4	5	1.80	271.71	1.39	1670	1.3	1.15	1	1009.3	489.1	2.064	si

Figura 35. Verifiche dei trefoli dei tiranti in condizioni statiche

Le verifiche dei trefoli in acciaio a trazione in condizioni statiche sono soddisfatte.

VERIFICA DEI TREFOLI A TRAZIONE - CONDIZIONE SISMICA												
ordine	num. trefoli	passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{p(1)k}$	γ_{azioni}	γ_s	γ_R	Rd	Ed	Rsd/Eds	verifica >1
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cm ²]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	
1	4	1.80	266.39	1.39	1670	1	1.15	1	807.4	479.5	1.684	si
2	4	1.80	271.81	1.39	1670	1	1.15	1	807.4	489.3	1.650	si
3	5	1.80	336.82	1.39	1670	1	1.15	1	1009.3	606.3	1.665	si
4	5	1.80	279.09	1.39	1670	1	1.15	1	1009.3	502.4	2.009	si

Figura 36. Verifiche dei trefoli dei tiranti in condizioni sismiche

Le verifiche dei trefoli in acciaio a trazione in condizioni sismiche sono soddisfatte.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– Verifica travi di ripartizione

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 1 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie [kN/m]	passo [m]	Tipo acciaio	f _{yk} [MPa]	γ _{m0} [-]	f _{yd} [MPa]	Tipo e numero	b [cm]	t _{flangia} [cm]	t _{web} [cm]	r [cm]	h _{web} [cm]	W _{el} [cm ³]	W _{pl} [cm ³]	A [cm ²]	A _v [cm ²]
STATICO	205.31	1.8	S355	355	1.05	338.0952	HEB 160	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	167.4						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche			controllo classe sezione (*)		
	Msk [kN/m]	Vsk [kN]	γ _A [-]	Msd [kN/m]	Vsd [kN]	Mel,Rd [kN/m]	Mpl,Rd [kN/m]	Mrd [kN/m]	Vpl,rd [kN]	Mrd/Med [-]	Vrd/Ved [-]	X C/tf	Y (235/f _y) ^{0.5}		
STATICO	33.26022	92.3895	1.3	43.23829	120.1064	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.77	>1	2.860389	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	27.1188	75.33	1	27.1188	75.33	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	4.41	>1	4.560612	>1		

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _y	355 [MPa]
Coefficiente ε	ε	0.81 [-]
Classificazione dell'anima		
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	104.00 [mm]
Spessore dell'anima	t _w	8.00 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t _w	13.00 [-]
<i>Classificazione dell'anima per flessione</i>		CLASSE 1
<i>Classificazione dell'anima per compressione</i>		CLASSE 1
Classificazione delle ali		
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	61 [mm]
Spessore delle ali	t _f	13.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t _f	4.69 [-]
<i>Classificazione delle ali per flessione</i>		CLASSE 1

Figura 37. Verifica della trave di ripartizione del primo ordine di tiranti

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 2 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie	passo	Tipo	f _{yk}	γ _{m0}	f _{yd}	Tipo e	b	t _{flangia}	t _{web}	r	h _{web}	W _{el}	W _{pl}	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]	numero	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ²]	[cm ²]
STATICO	298.71	1.80	S355	355	1.05	338.0952	HEB 160	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	255.3						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)			
	Msk	Vsk	γ _A	Msd	Vsd	Mel,Rd	Mpl,Rd	Mrd	Vpl,rđ	Mrd/Med	Vrd/Ved	X	Y		
	[kN/m]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN]	[-]	[-]				
STATICO	48.39102	134.4195	1.3	62.90833	174.7454	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	1.90	>1	1.966009	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	41.3586	114.885	1	41.3586	114.885	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.89	>1	2.99039	>1		

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _y	355 [MPa]
Coefficiente ε	ε	0.81 [-]
Classificazione dell'anima		
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	104.00 [mm]
Spessore dell'anima	t _w	8.00 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t _w	13.00 [-]
<i>Classificazione dell'anima per flessione</i>		CLASSE 1
<i>Classificazione dell'anima per compressione</i>		CLASSE 1
Classificazione delle ali		
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	61 [mm]
Spessore delle ali	t _f	13.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t _f	4.69 [-]
<i>Classificazione delle ali per flessione</i>		CLASSE 1

Figura 38. Verifica della trave di ripartizione del secondo ordine di tiranti

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	69 di 171

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 3 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie	passo	Tipo	fyk	γ _{m0}	fyd	Tipo e numero	b	t flangia	t_web	r	hweb	Wel	Wpl	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]	HEB 160	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ²]	[cm ²]
STATICO	260.59	1.80	S355	355	1.05	338.0952	2	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	254.37						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)			
	Msk	Vsk	γ _A	Msd	Vsd	Mel,Rd	Mpl,Rd	Mrd	Vpl,Rd	Mrd/Med	Vrd/Ved	X	Y		
	[kN/m]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN]	[-]	[-]	C/tf	(235/fy) ^{0.5}		
STATICO	42.21558	117.2655	1.3	54.88025	152.4452	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.18	>1	2.253603	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	41.20794	114.4665	1	41.20794	114.4665	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.90	>1	3.001323	>1		

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio

 f_y 355 [MPa]

Coefficiente ε

 ϵ 0.81 [-]

Classificazione dell'anima

Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature

 c 104.00 [mm]

Spessore dell'anima

 t_w 8.00 [mm]

Rapporto tra altezza e spessore

 c/t_w 13.00 [-]

Classificazione dell'anima per flessione

CLASSE 1

Classificazione dell'anima per compressione

CLASSE 1
Classificazione delle ali

Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature

 c 61 [mm]

Spessore delle ali

 t_f 13.00 [mm]

Rapporto tra semi larghezza e spessore

 c/t_f 4.69 [-]

Classificazione delle ali per flessione

CLASSE 1

Figura 39. Verifica della trave di ripartizione del terzo ordine di tiranti

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 4 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie	passo	Tipo	fyk	γ _{m0}	fyd	Tipo e numero	b	t flangia	t_web	r	hweb	Wel	Wpl	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]	HEB 160	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ²]	[cm ²]
STATICO	136.95	1.80	S355	355	1.05	338.0952	2	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	198.01						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)			
	Msk	Vsk	γ _A	Msd	Vsd	Mel,Rd	Mpl,Rd	Mrd	Vpl,Rd	Mrd/Med	Vrd/Ved	X	Y		
	[kN/m]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN]	[-]	[-]	C/tf	(235/fy) ^{0.5}		
STATICO	22.1859	61.6275	1.3	28.84167	80.11575	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	4.15	>1	4.288182	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	32.07762	89.1045	1	32.07762	89.1045	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	3.73	>1	3.855595	>1		

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

<u>CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE</u>	
Valore di snervamento dell'acciaio	f_y 355 [MPa]
Coefficiente ϵ	ϵ 0.81 [-]
<u>Classificazione dell'anima</u>	
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c 104.00 [mm]
Spessore dell'anima	t_w 8.00 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t_w 13.00 [-]
<i>Classificazione dell'anima per flessione</i>	CLASSE 1
<i>Classificazione dell'anima per compressione</i>	CLASSE 1
<u>Classificazione delle ali</u>	
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c 61 [mm]
Spessore delle ali	t_f 13.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t_f 4.69 [-]
<i>Classificazione delle ali per flessione</i>	CLASSE 1

Figura 40. Verifica della trave di ripartizione del quarto ordine di tiranti

Le verifiche delle travi di ripartizione in condizioni statiche e sismiche sono soddisfatte.

9.1.3 Paratia frontale H=23m – 3 tiranti

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.

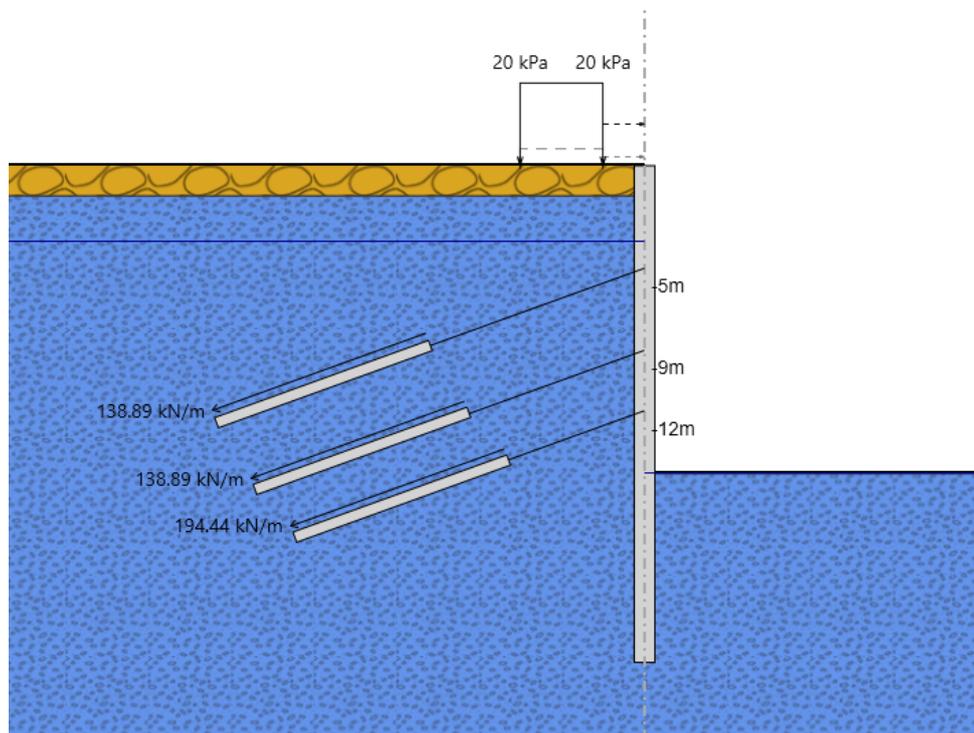


Figura 41. Schema di calcolo paratia

Tabella 24. Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo 1

Tipologia struttura di sostegno	pali CFA ϕ 1000 ad interasse 0.90 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 23.00\text{m (palo)} + 1.2 \text{ m (cordolo)}$
Altezza di scavo (da estradosso cordolo)	$H = 14.80 \text{ m}$
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2) (da estradosso cordolo)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\%\Delta t] = 15.00\text{m}$
Ordini di tiranti (n°)	3
Passo orizzontale tiranti	da 1.80m
Passo verticale dei tiranti	Da 3.50m a 4.00m
Inclinazione del piano campagna a monte	0°

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	g = 0 kPa
Sovraccarichi permanenti a valle	g = 0 kPa
Sovraccarichi accidentali a monte	q = 20 kPa
Sovraccarichi variabili a valle	q = 0 kPa

Tabella 25. Parametri geotecnici di calcolo

<i>Terreno</i>	<i>z_f</i>	<i>γ</i>	<i>c'</i>	<i>φ</i>	<i>E_{op}</i>
	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
C	2.5	19	0	20	15
AV	40	20	26.5	21.5	60

Tabella 26. Parametri per l'analisi sismica

<i>Terreno</i>	<i>Condizione</i>	<i>Categoria sottosuolo</i>	<i>Categoria topografica</i>	<i>ag(g)</i>	<i>S</i>	<i>amax/g</i>	<i>us</i>	<i>θ</i>
		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[-]
C	SLV	C	T1	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52
AV	SLV	C	T1	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52

Fasi di calcolo

- 10) Geostatico e carico permanente del versante a monte della paratia di pali, quota di falda a 3.70 m da p.c.;
- 11) Primo scavo fino a quota z= 5.50 m ;
- 12) Posa del primo ordine di tiranti a z= 5.00 m;
- 13) Secondo scavo fino a quota z= 9.00m;
- 14) Posa del secondo ordine a z= 8.50;
- 15) Terzo scavo fino a quota z=12.50m;
- 16) Posa del terzo ordine di tiranti a z= 12.00m;
- 17) Ribasso ulteriore al fine di raggiungere la "Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)" di 15.00m da testa cordolo, posizione della falda a monte a z=-3.70 m dal p.c., posizione della falda a valle sotto quota piano di scavo.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Risultati delle analisi e verifiche

I risultati delle analisi sono di seguito descritti.

3) Verifiche SLU GEO

- Verifica del complesso opera-terreno – deformata dell'opera di sostegno

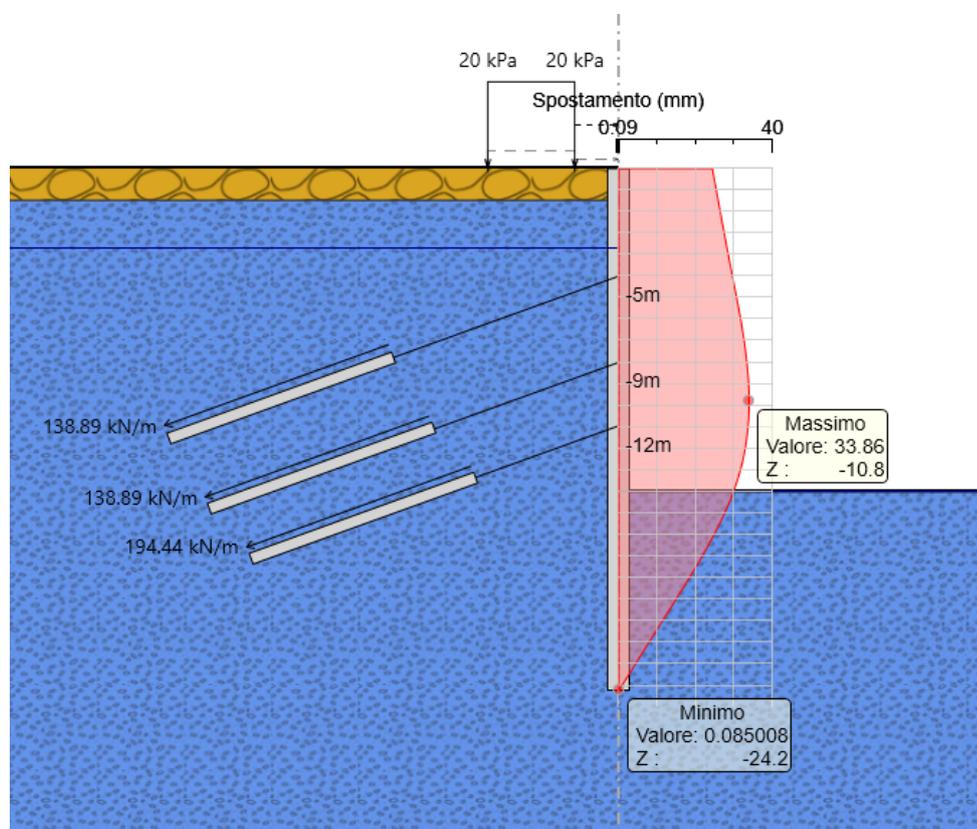


Figura 42. Deformata dell'opera di sostegno nella configurazione di fondo scavo

La deformata dell'opera rientra nei limiti progettuali stabiliti.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	74 di 171

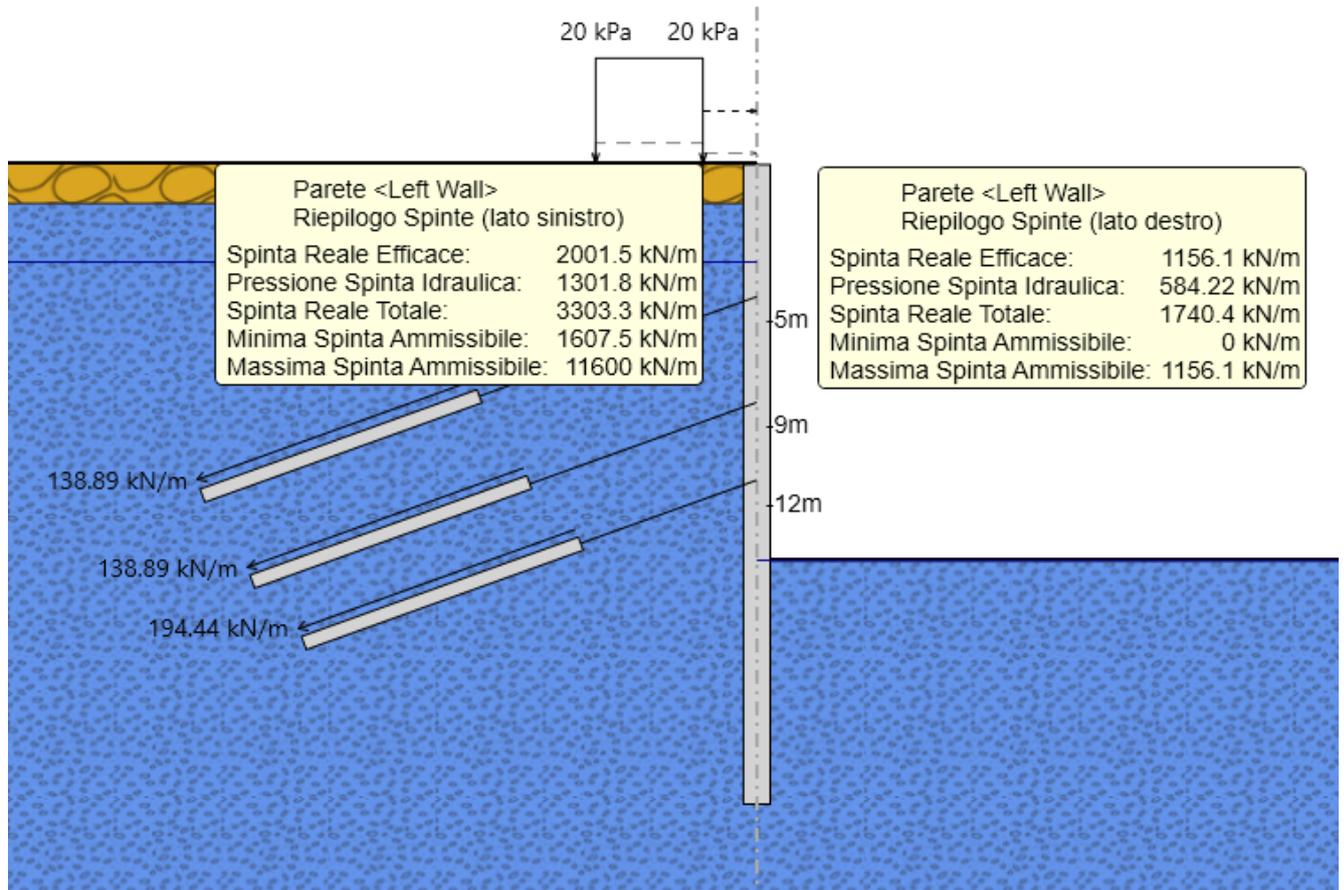


Figura 43. Riepilogo spinte SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	75 di 171

7) Momento di involucro SLU

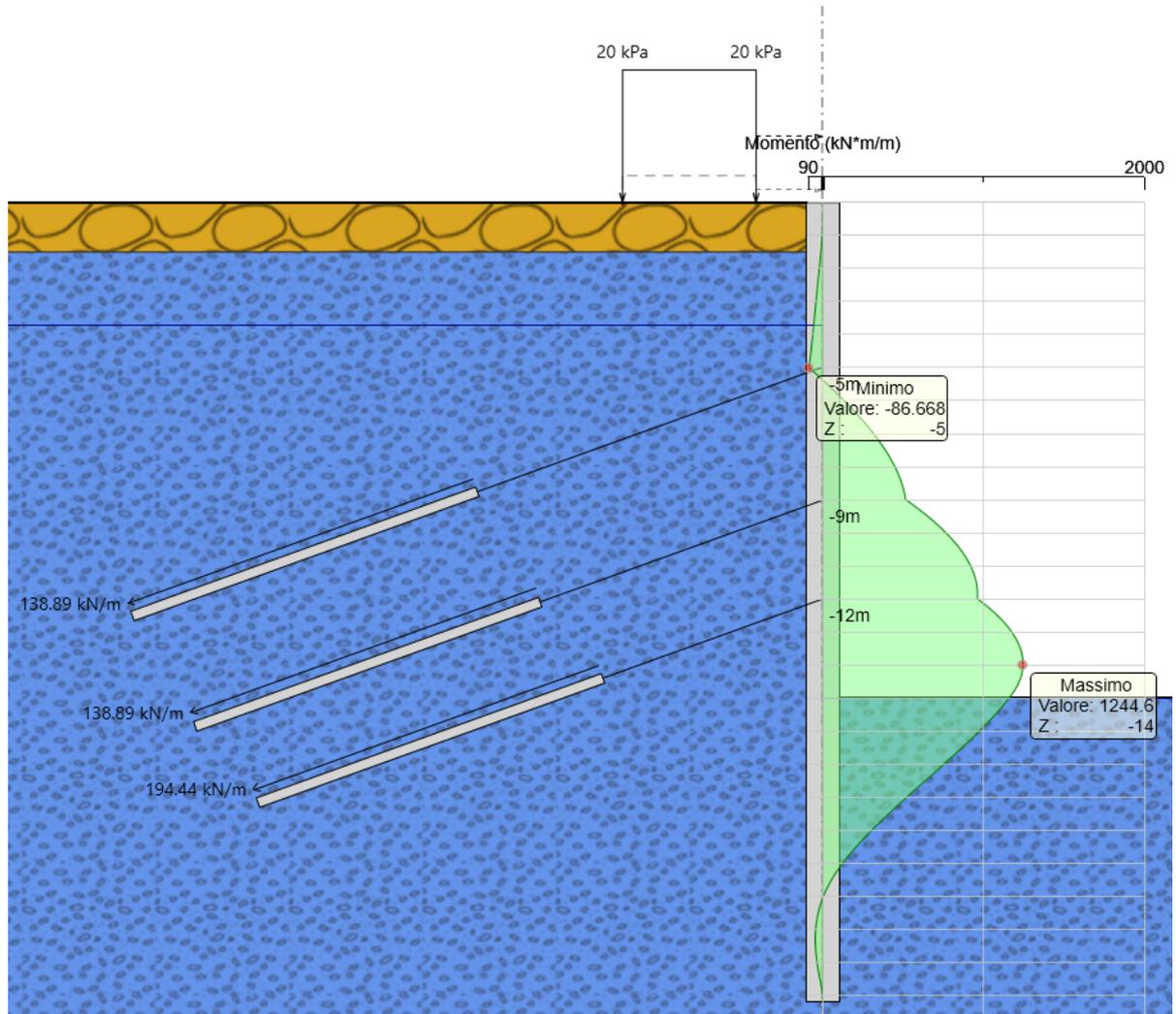


Figura 44. Momento di involucro SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	76 di 171

8) Taglio di inviluppo SLU

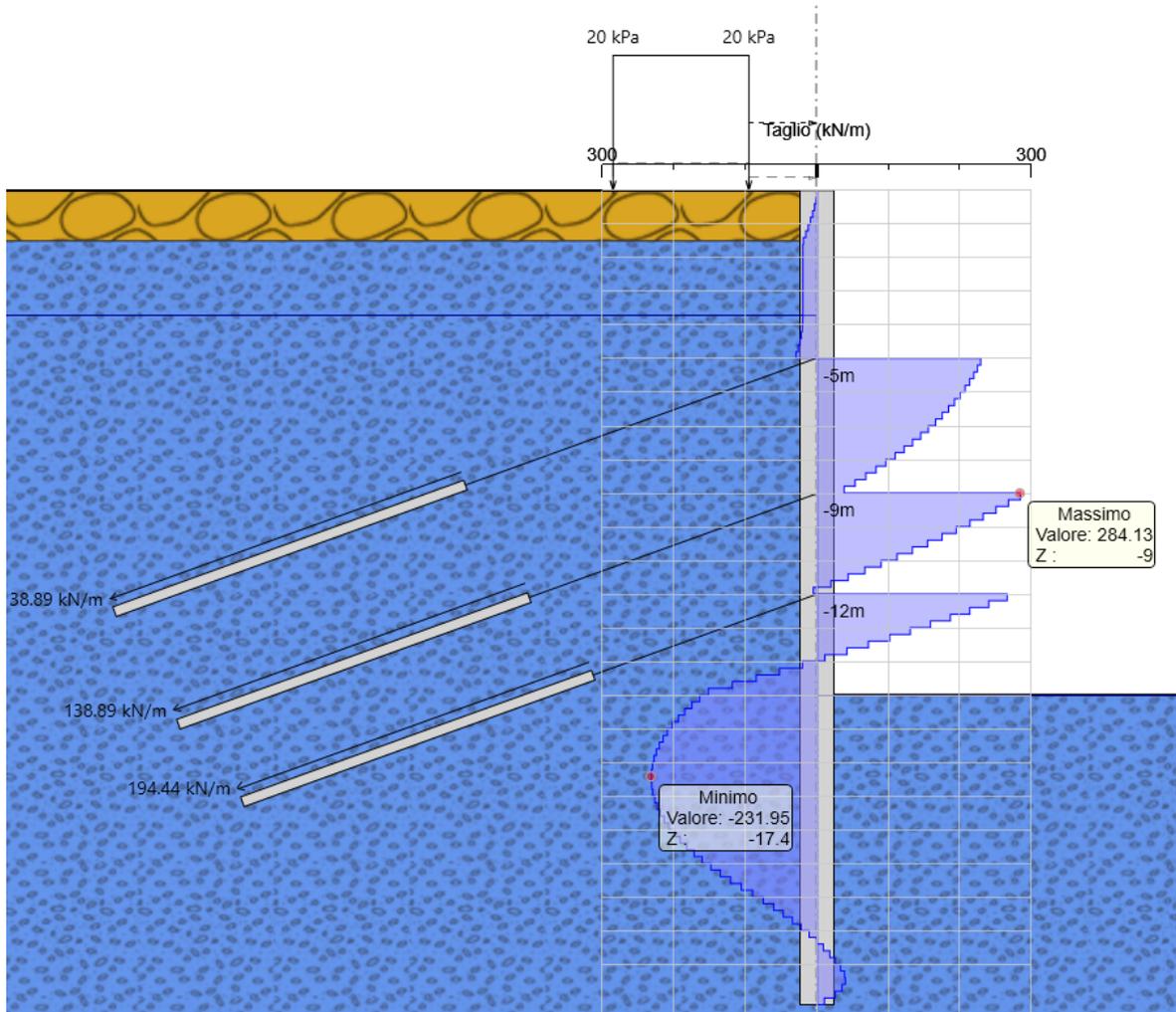


Figura 45. Taglio di inviluppo SLU

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

- Verifica tiranti

Tabella 27. Geometrie ordini tiranti a trefoli

Ordine tirante	i	Quota da testa paratia	n° trefoli	L _{libera di progetto}	L _{fondazione}	L _{totale}	pretiro
					bulbo		
[-]	[°]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[KN]
I	20	5	4	11	11	22	250
II	20	9	4	9	11	20	250
III	20	12	5	7	11	18	350

Tabella 28. Tensioni di aderenza bulbi di ancoraggio

ordine	Diam.Perf. [cm]	coeff. sbulbam.	τ_k [kPa]	ξ
I	18	1.2	150	1.8
II	18	1.2	150	1.8
III	18	1.2	200	1.8

VERIFICA ANCORAGGIO S.L.U. - CONDIZIONE STATICA - A1+M1														
ordine	passo tiranti	Tiro max paratie	L	τ terr-fond.	Diametro perf.	γ_R	αD	γ_{azioni}	α	Rsd	Esd	Rsd/Esd	V.sfilamento	V. g. resistenza (*)
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN/m ²]	[cm]	[-]	[cm]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]		
1	1.80	268.22	11	150	18	1.15	21.6	1.3	1.2	540.9	482.8	1.120	si	si
2	1.80	272.45	11	150	18	1.15	21.6	1.3	1.2	540.9	490.4	1.103	si	si
3	1.80	312.41	11	200	18	1.15	21.6	1.3	1.2	721.2	562.3	1.283	si	si

Figura 46. Verifica dell'ancoraggio dei tiranti a trefoli in condizioni statiche

Le verifiche dell'ancoraggio dei tiranti in condizioni statiche sono soddisfatte.

VERIFICA ANCORAGGIO S.L.U. - CONDIZIONE SISMICA														
ordine	passo tiranti	Tiro max paratie	L	τ terr-fond.	Diametro perf.	γ_R	αD	γ_{azioni}	α	Rsd	Esd	Rsd/Esd	V.sfilamento	V. g. resistenza (*)
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN/m ²]	[cm]	[-]	[cm]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]		
1	1.80	274.5	11	150	18	1.15	21.6	1	1.2	540.9	494.1	1.095	si	si
2	1.80	271.62	11	150	18	1.15	21.6	1	1.2	540.9	488.9	1.106	si	si
3	1.80	315.39	11	200	18	1.15	21.6	1	1.2	721.2	567.7	1.270	si	si

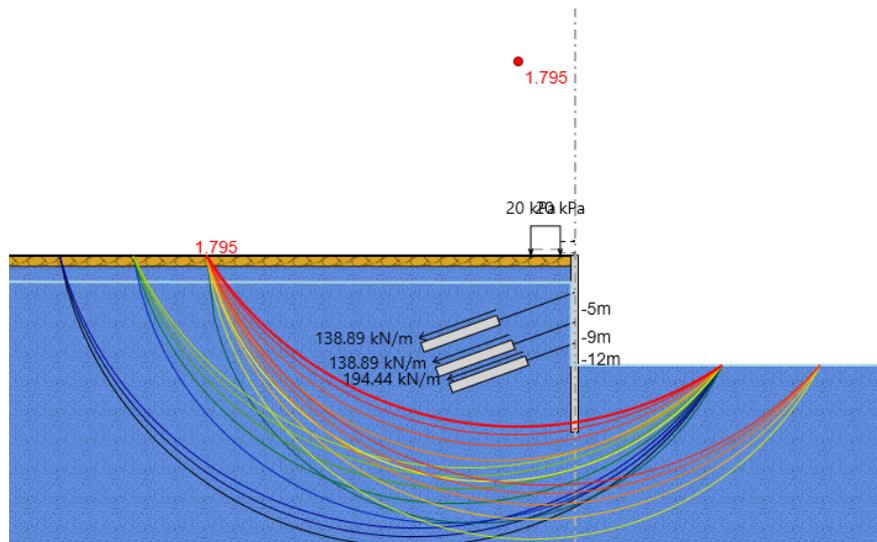
Figura 47. Verifica dell'ancoraggio dei tiranti a trefoli in condizioni sismiche

Le verifiche dell'ancoraggio dei tiranti in condizioni sismiche sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

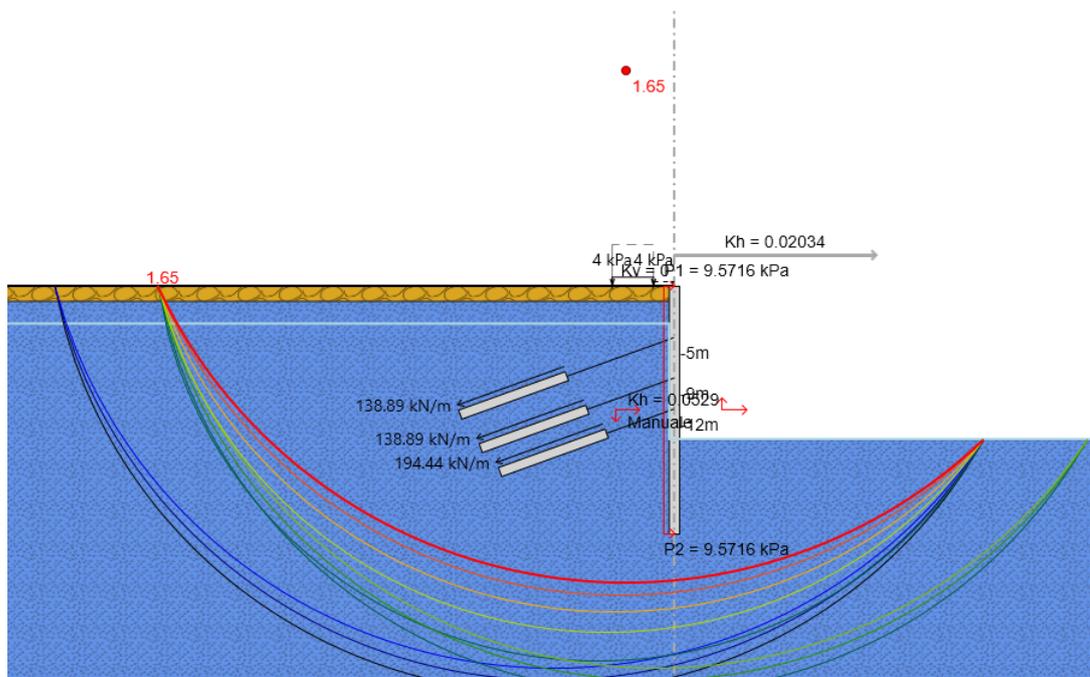
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	78 di 171

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni statiche



FS=1.795

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni simiche GEO



FS= 1.650

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

9) Verifiche SLU STR

Le verifiche sono state condotte prendendo in considerazione le due sezioni critiche:

- SEZ. A: zona centrale del palo (da z=-8m a z= -18.00m)

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. SEZ.A , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 2 ordini di barre di diametro 26 mm (30 + 28 =58 totali) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	daN	daNm		daN
SLU - A1+MI	27489	224028		3715
SLU - A1+MI	17671	92731		51143
SLV	28274	191178		2977
SLV	36128	101700		31527

Tabella 29. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a. – SEZ.A

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	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:	314750	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 50.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	30	26
2	0.0	0.0	34.0	24	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	27489	224028	0	3715	0
2	17671	92731	0	51143	0
3	28274	191178	0	2977	0
4	36128	101700	0	31527	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.9 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	81 di 171

As Totale Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	27489	224028	0	27491	234873	0	1.05 286.7(23.6)	
2	S	17671	92731	0	17649	232851	0	2.51 286.7(23.6)	
3	S	28274	191178	0	28274	235033	0	1.23 286.7(23.6)	
4	S	36128	101700	0	36135	236638	0	2.33 286.7(23.6)	

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00161	0.0	50.0	0.00128	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00159	0.0	50.0	0.00126	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00161	0.0	50.0	0.00128	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00163	0.0	50.0	0.00129	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000038939	-0.000340550	----	----
2	0.000000000	0.000038705	-0.000350243	----	----
3	0.000000000	0.000038957	-0.000339783	----	----
4	0.000000000	0.000039143	-0.000332061	----	----

	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali</p>												
<p>GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 CL</td> <td>GA 08 00 002</td> <td>B</td> <td>82 di 171</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	82 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	82 di 171								

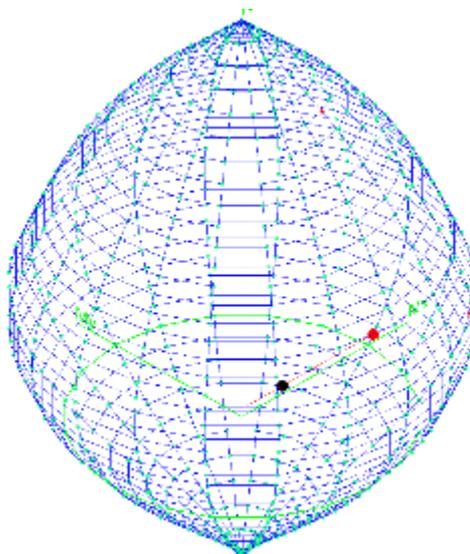


Figura 48. Dominio M-N in condizioni statiche

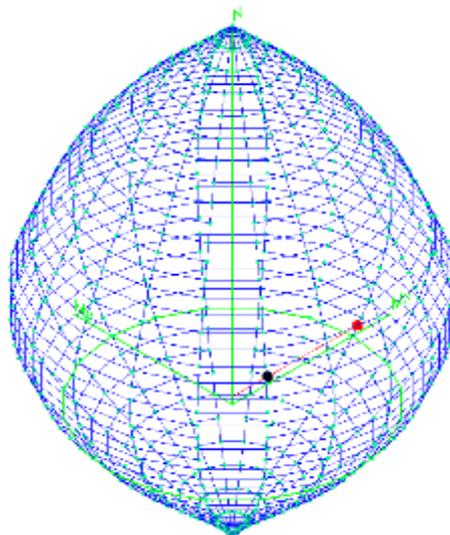


Figura 49. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	83 di 171

Tabella 30. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	20	ϕ	26.0
Asl	10619	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.016					
ρ_1	0.016		Vrd	403.0	kN	
vmin	0.325		Ved	511	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.79	-	
Vrd	402999	N				
Occorre armatura a taglio						

Tabella 31. Verifica a taglio in condizioni sismiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	20	ϕ	26.0
Asl	10619	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.016					
ρ_1	0.016		Vrd	403.0	kN	
vmin	0.325		Ved	315	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	1.28	-	
Vrd	402999	N				
Non necessita di armatura a taglio						

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Nelle due tabelle precedenti si sono riportate le verifiche a taglio per sezioni non armate a taglio, le verifiche non risultano essere soddisfatte in condizioni statiche, quindi è necessario armare a taglio: si predispone un'armatura a taglio avente diametro 12mm, passo 10 cm, armata al 100% delle barre longitudinali per la zona interessata.

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	3715	209394	102164	76.6 63.4	91.0	1.000	1.025	1.5	41.2(0.0)
2	S	51143	208017	102344	76.6 63.6	91.0	1.000	1.016	20.6	41.2(0.0)
3	S	2977	209504	102150	76.6 63.4	91.0	1.000	1.025	1.2	41.2(0.0)
4	S	31527	210605	102008	76.6 63.3	91.0	1.000	1.032	12.7	41.2(0.0)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– SEZ. B: interessa la zona (da testa palo a z=8.00 ; da z=8.00 fino a z=31.00m)

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. SEZ. B , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 1 ordine di barre di diametro 26mm (20 in totale) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	daN	daNm		daN
SLU - A1+MI	14530	67487		26051
SLU - A1+MI	9817	15599		41155
SLV	39270	82834		28723
SLV	36128	101700		31527

Tabella 32. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a. – SEZ.B

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	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:	314750	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	86 di 171

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidistanti disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	20	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 10.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ. d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ. d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	14530	67487	0	26051	0
2	9817	15599	0	41155	0
3	39270	82834	0	28723	0
4	36128	101700	0	31527	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	87 di 171

 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	14530	67487	0	14501	108243	0	1.60	106.2(23.6)
2	S	9817	15599	0	9837	107000	0	6.86	106.2(23.6)
3	S	39270	82834	0	39260	114737	0	1.39	106.2(23.6)
4	S	36128	101700	0	36146	113930	0	1.12	106.2(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00115	0.0	50.0	0.00086	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00113	0.0	50.0	0.00084	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00123	0.0	50.0	0.00094	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00122	0.0	50.0	0.00093	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000033916	-0.000548978	----	----
2	0.000000000	0.000033739	-0.000556316	----	----
3	0.000000000	0.000034845	-0.000510425	----	----
4	0.000000000	0.000034729	-0.000515244	----	----

	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali</p>												
<p>GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 CL</td> <td>GA 08 00 002</td> <td>B</td> <td>88 di 171</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	88 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	88 di 171								

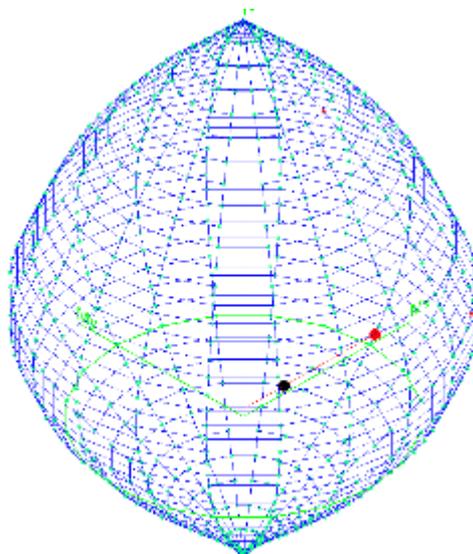


Figura 50. Dominio M-N in condizioni statiche

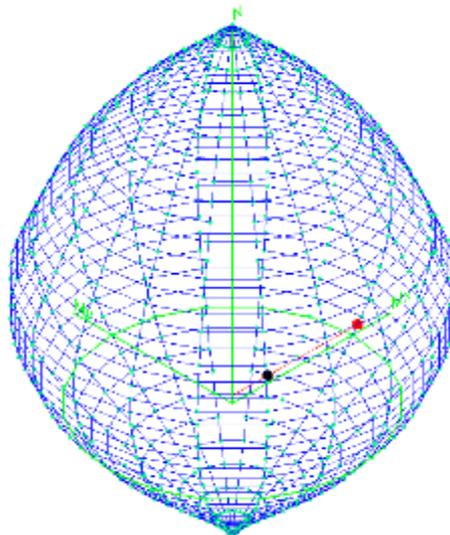


Figura 51. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	89 di 171

Tabella 33. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw· d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	412	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.78	-	
Vrd	319860	N				
Occorre armatura a taglio						

Tabella 34. Verifica a taglio in condizioni sismiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw· d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	315	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	1.01	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– Verifica dei trefoli in acciaio dei tiranti

VERIFICA DEI TREFOLI A TRAZIONE - CONDIZIONE STATICA - A1+M1												
ordine	num. trefoli	passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{p(1)k}$	γ_{azioni}	γ_s	γ_R	Rd	Ed	Rsd/Esd	verifica >1
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cm ²]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	
1	4	1.80	268.22	1.39	1670	1.3	1.15	1	807.4	482.8	1.672	si
2	4	1.80	272.45	1.39	1670	1.3	1.15	1	807.4	490.4	1.646	si
3	5	1.80	312.41	1.39	1670	1.3	1.15	1	1009.3	562.3	1.795	si

Figura 52. Verifiche dei trefoli dei tiranti in condizioni statiche

Le verifiche dei trefoli in acciaio a trazione in condizioni statiche sono soddisfatte.

VERIFICA DEI TREFOLI A TRAZIONE - CONDIZIONE SISMICA												
ordine	num. trefoli	passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	$f_{p(1)k}$	γ_{azioni}	γ_s	γ_R	Rd	Ed	Rsd/Esd	verifica >1
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cm ²]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	
1	4	1.80	274.5	1.39	1670	1	1.15	1	807.4	494.1	1.634	si
2	4	1.80	271.62	1.39	1670	1	1.15	1	807.4	488.9	1.651	si
3	5	1.80	315.39	1.39	1670	1	1.15	1	1009.3	567.7	1.778	si

Figura 53. Verifiche dei trefoli dei tiranti in condizioni sismiche

Le verifiche dei trefoli in acciaio a trazione in condizioni sismiche sono soddisfatte.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– Verifica travi di ripartizione

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 1 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie	passo	Tipo	fyk	ym0	fyd	Tipo e numero	b	t flangia	t_web	r	hweb	Wel	Wpl	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]		[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm3]	[cm3]	[cm2]	[cm2]
STATICO	228.64	1.8	S355	355	1.05	338.0952	HEB 160	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	188.77						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)			
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel,Rd	Mpl,Rd	Mrd	Vpl,rd	Mrd/Med	Vrd/Ved	X	Y		
	[kN/m]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN]	[-]	[-]	C/tf	(235/fy)^0.5		
STATICO	37.03968	102.888	1.3	48.15158	133.7544	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.49	>1	2.56852	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	30.58074	84.9465	1	30.58074	84.9465	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	3.91	>1	4.044321	>1		

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	fy	355 [MPa]
Coefficiente ε	ε	0.81 [-]
Classificazione dell'anima		
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	104.00 [mm]
Spessore dell'anima	tw	8.00 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/tw	13.00 [-]
Classificazione dell'anima per flessione		CLASSE 1
Classificazione dell'anima per compressione		CLASSE 1
Classificazione delle ali		
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	61 [mm]
Spessore delle ali	tf	13.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/tf	4.69 [-]
Classificazione delle ali per flessione		CLASSE 1

Figura 54. Verifica della trave di ripartizione del primo ordine di tiranti

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 2 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie	passo	Tipo	fyk	ym0	fyd	Tipo e numero	b	t flangia	t_web	r	hweb	Wel	Wpl	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]		[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm3]	[cm3]	[cm2]	[cm2]
STATICO	284.13	1.80	S355	355	1.05	338.0952	HEB 160	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	254.22						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)			
	Msk	Vsk	γA	Msd	Vsd	Mel,Rd	Mpl,Rd	Mrd	Vpl,rd	Mrd/Med	Vrd/Ved	X	Y		
	[kN/m]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN]	[-]	[-]	C/tf	(235/fy)^0.5		
STATICO	46.02906	127.8585	1.3	59.83778	166.2161	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.00	>1	2.066894	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	41.18364	114.399	1	41.18364	114.399	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.91	>1	3.003094	>1		

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f_y	355 [MPa]
Coefficiente ϵ	ϵ	0.81 [-]
Classificazione dell'anima		
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	104.00 [mm]
Spessore dell'anima	t_w	8.00 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t_w	13.00 [-]
<i>Classificazione dell'anima per flessione</i>		CLASSE 1
<i>Classificazione dell'anima per compressione</i>		CLASSE 1
Classificazione delle ali		
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	61 [mm]
Spessore delle ali	t_f	13.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t_f	4.69 [-]
<i>Classificazione delle ali per flessione</i>		CLASSE 1

Figura 55. Verifica della trave di ripartizione del secondo ordine di tiranti

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 3 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie	passo	Tipo	f_{yk}	γ_{M0}	f_{yd}	Tipo e	b	$t_{flangia}$	t_{web}	r	h_{web}	Wel	Wpl	A	Av
CASO	[kN/m]	[m]	acciaio	[MPa]	[-]	[MPa]	numero	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ²]	[cm ²]
STATICO	265.66	1.80	S355	355	1.05	338.0952	HEB 160	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	280.84						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)	
	Msk	Vsk	γ_A	Msd	Vsd	MeI,Rd	Mpl,Rd	Mrd	Vpl,rld	Mrd/Med	Vrd/Ved	X	Y
	[kN/m]	[kN]	[-]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN]	[-]	[-]	C/tf	$(235/f_y)^{0.5}$
STATICO	43.03692	119.547	1.3	55.948	155.4111	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.14	>1	2.210594	>1
SISMICO	45.49608	126.378	1	45.49608	126.378	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.63	>1	2.718439	>1

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f_y	355 [MPa]
Coefficiente ϵ	ϵ	0.81 [-]
Classificazione dell'anima		
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	104.00 [mm]
Spessore dell'anima	t_w	8.00 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t_w	13.00 [-]
<i>Classificazione dell'anima per flessione</i>		CLASSE 1
<i>Classificazione dell'anima per compressione</i>		CLASSE 1
Classificazione delle ali		
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	61 [mm]
Spessore delle ali	t_f	13.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t_f	4.69 [-]
<i>Classificazione delle ali per flessione</i>		CLASSE 1

Figura 56. Verifica della trave di ripartizione del terzo ordine di tiranti

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Le verifiche delle travi di ripartizione in condizioni statiche e sismiche sono soddisfatte.

9.1.4 aratia frontale $H=21m$ – 2 tiranti

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.

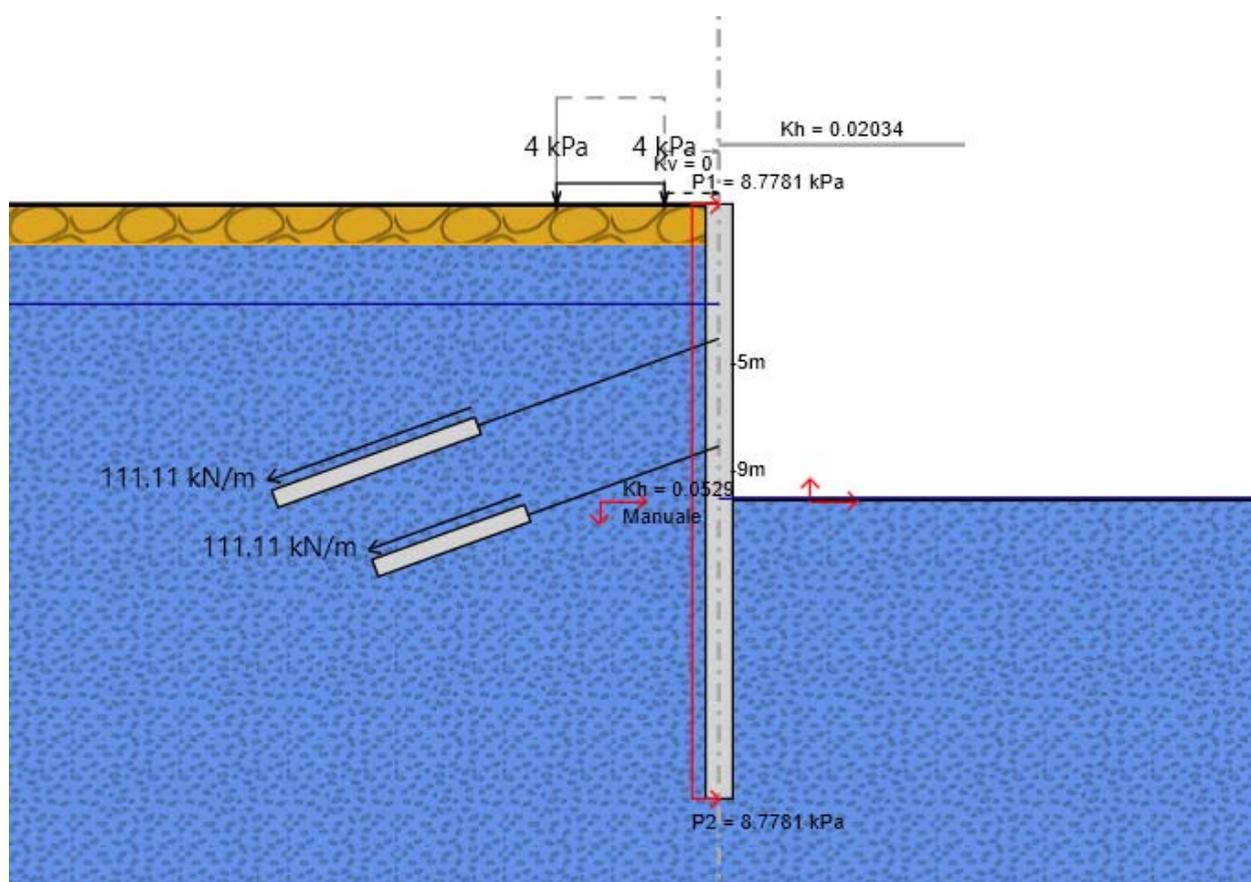


Figura 57. Schema di calcolo paratia

Tabella 35. Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo 1

Tipologia struttura di sostegno	pali CFA $\phi 1000$ ad interasse 0.90 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 21.00m$ (palo) + 1.2 m (cordolo)
Altezza di scavo (da estradosso cordolo)	$H = 10.80$ m

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2) (da estradosso cordolo)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% \Delta t] = 11.00\text{m}$
Ordini di tiranti (n°)	2
Passo orizzontale tiranti	Da 1.80m
Passo verticale dei tiranti	4.00m
Inclinazione del piano campagna a monte	0°
Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	$g = 0 \text{ kPa}$
Sovraccarichi permanenti a valle	$g = 0 \text{ kPa}$
Sovraccarichi accidentali a monte	$q = 20 \text{ kPa}$
Sovraccarichi variabili a valle	$q = 0 \text{ kPa}$

Tabella 36. Parametri geotecnici di calcolo

Terreno	z_f	γ	c'	φ	E_{op}
	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
C	2.5	19	0	20	15
AV	40	20	26.5	21.5	60

Tabella 37. Parametri per l'analisi sismica

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	$ag(g)$	S	$a_{max/g}$	u_s	θ
		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[-]
C	SLV	C	T1	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52
AV	SLV	C	T1	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52

Fasi di calcolo

- 1) Geostatico e carico permanente del versante a monte della paratia di pali, quota di falda a 3.70 m da p.c.;
- 2) Primo scavo fino a quota $z = 5.50 \text{ m}$;
- 3) Posa del primo ordine di tiranti a $z = 5.00 \text{ m}$;
- 4) Secondo scavo fino a quota $z = 9.00 \text{ m}$;
- 5) Posa del secondo ordine a $z = 8.50$;

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	96 di 171

- 6) Ribasso ulteriore al fine di raggiungere la “Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)” di 11.00m da testa cordolo, posizione della falda a monte a $z=-3.70$ m dal p.c., posizione della falda a valle sotto quota piano di scavo.

Risultati delle analisi e verifiche

I risultati delle analisi sono di seguito descritti.

4) Verifiche SLU GEO

- Verifica del complesso opera-terreno – deformata dell’opera di sostegno

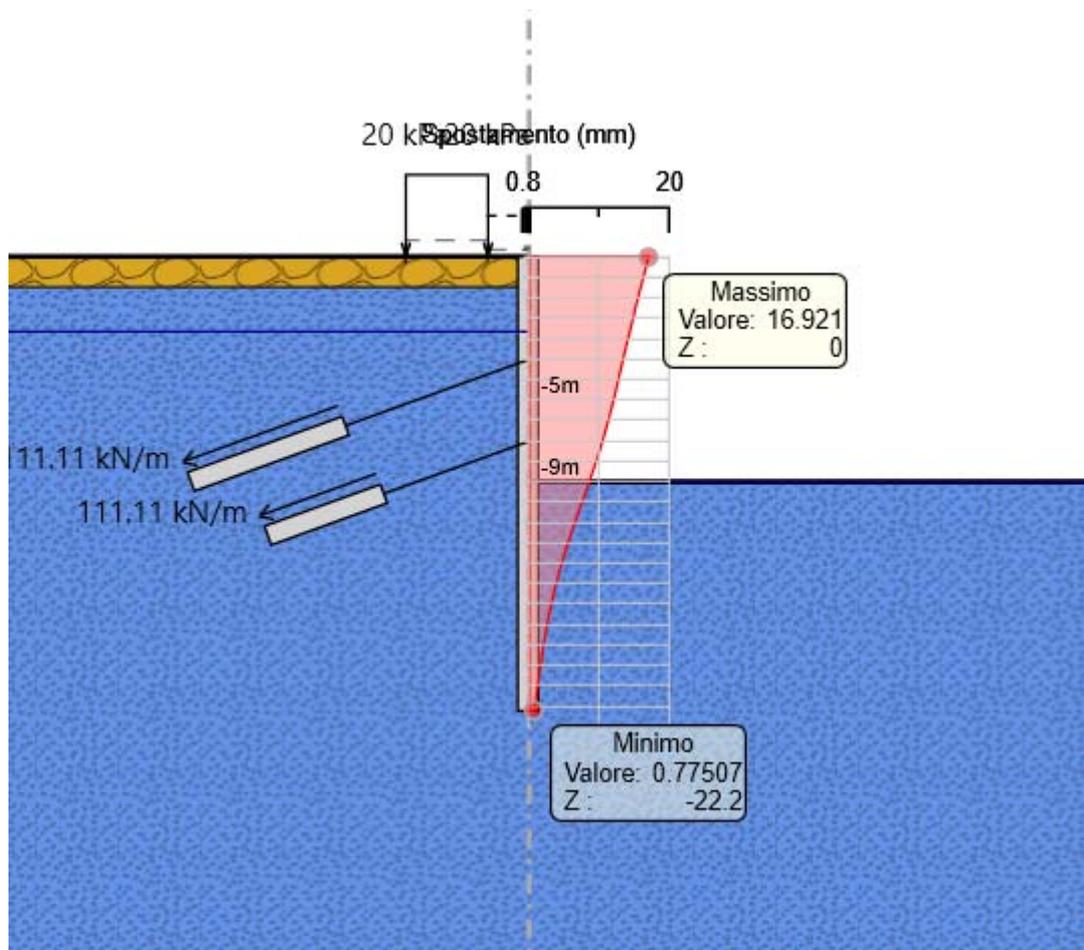


Figura 58. Deformata dell’opera di sostegno nella configurazione di fondo scavo

La deformata dell’opera rientra nei limiti progettuali stabiliti.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	97 di 171

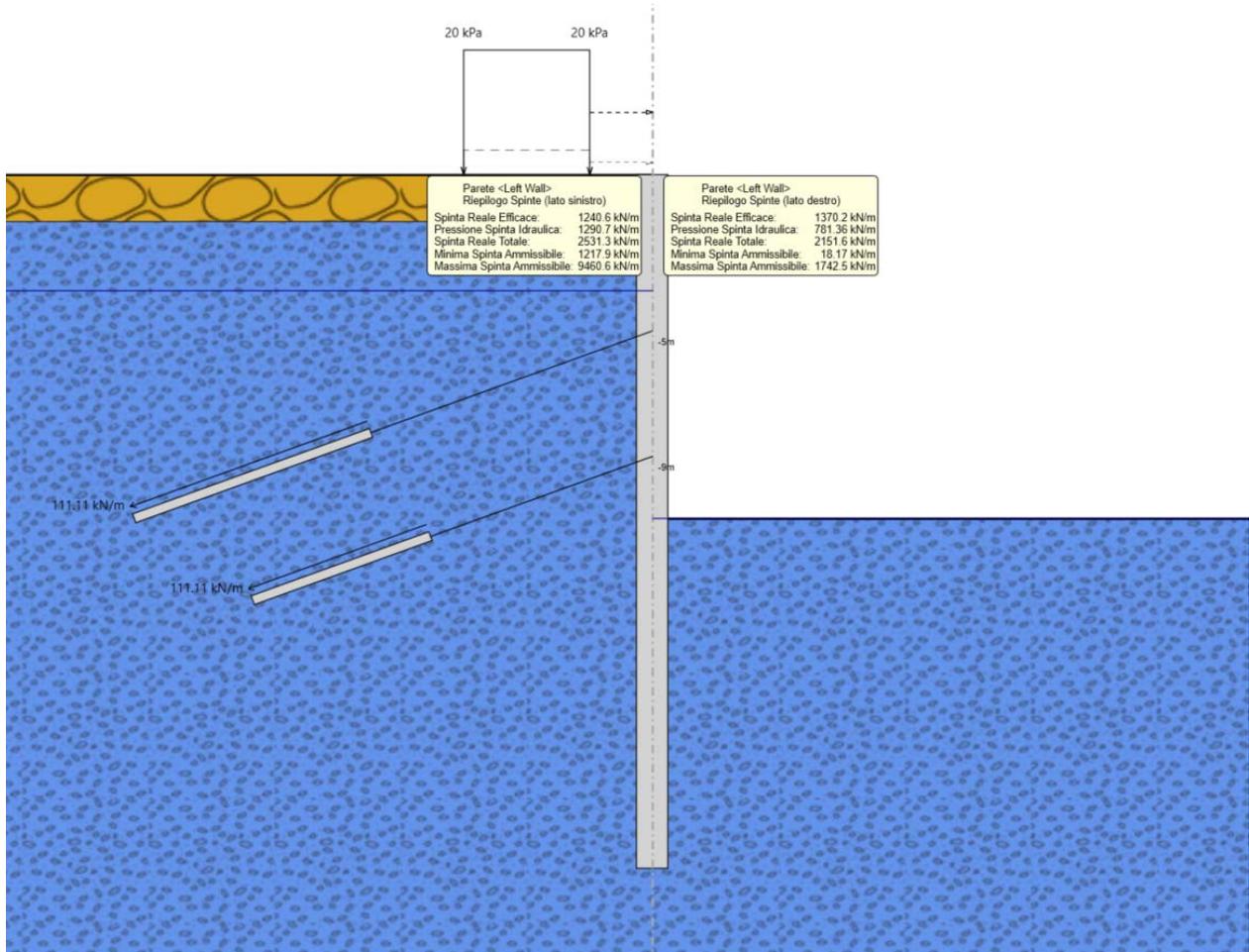


Figura 59. Riepilogo spinte SLU GEO

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	98 di 171

10) Momento di involucro SLU

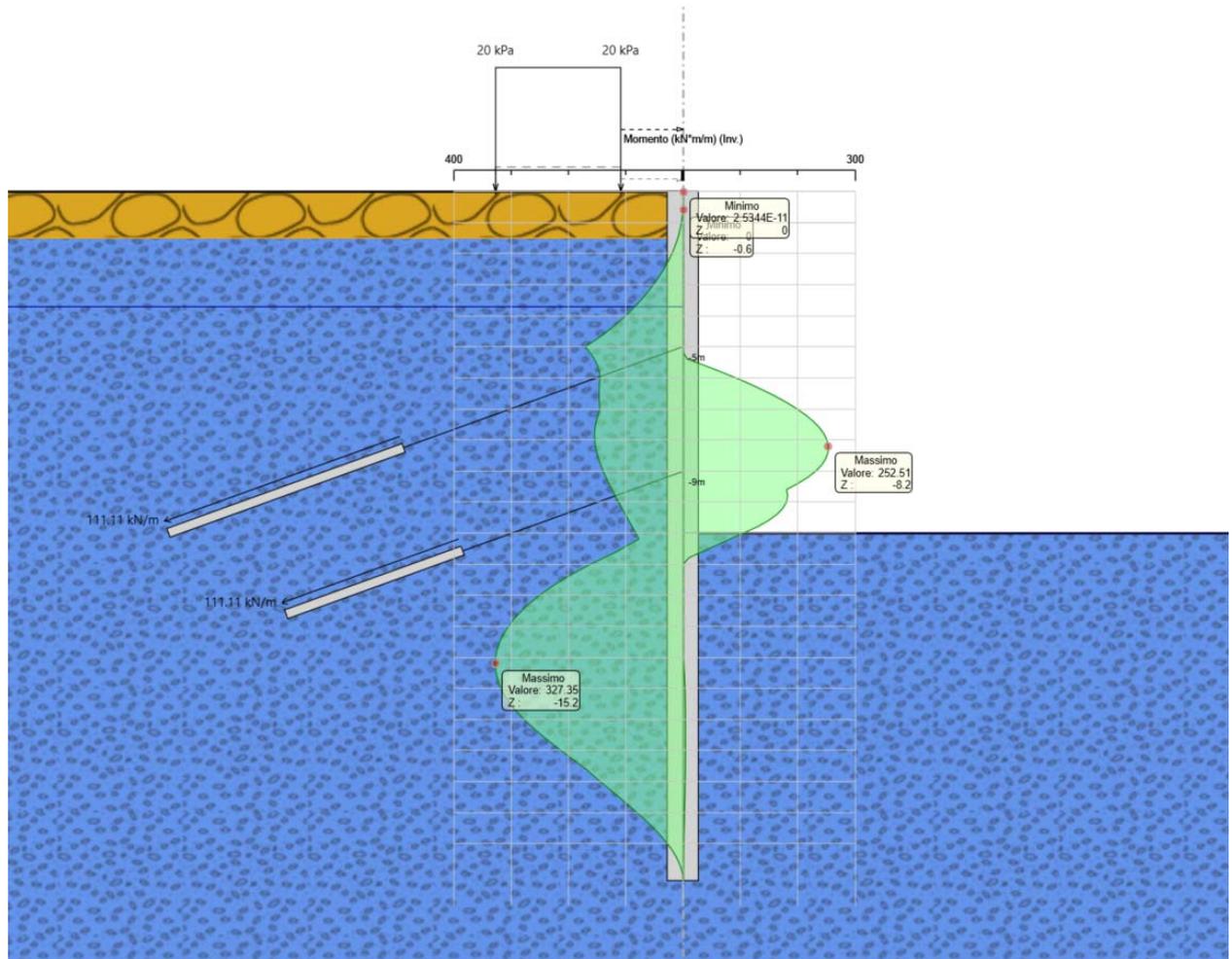


Figura 60. Momento di involucro SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	99 di 171

11) Taglio di involuppo SLU

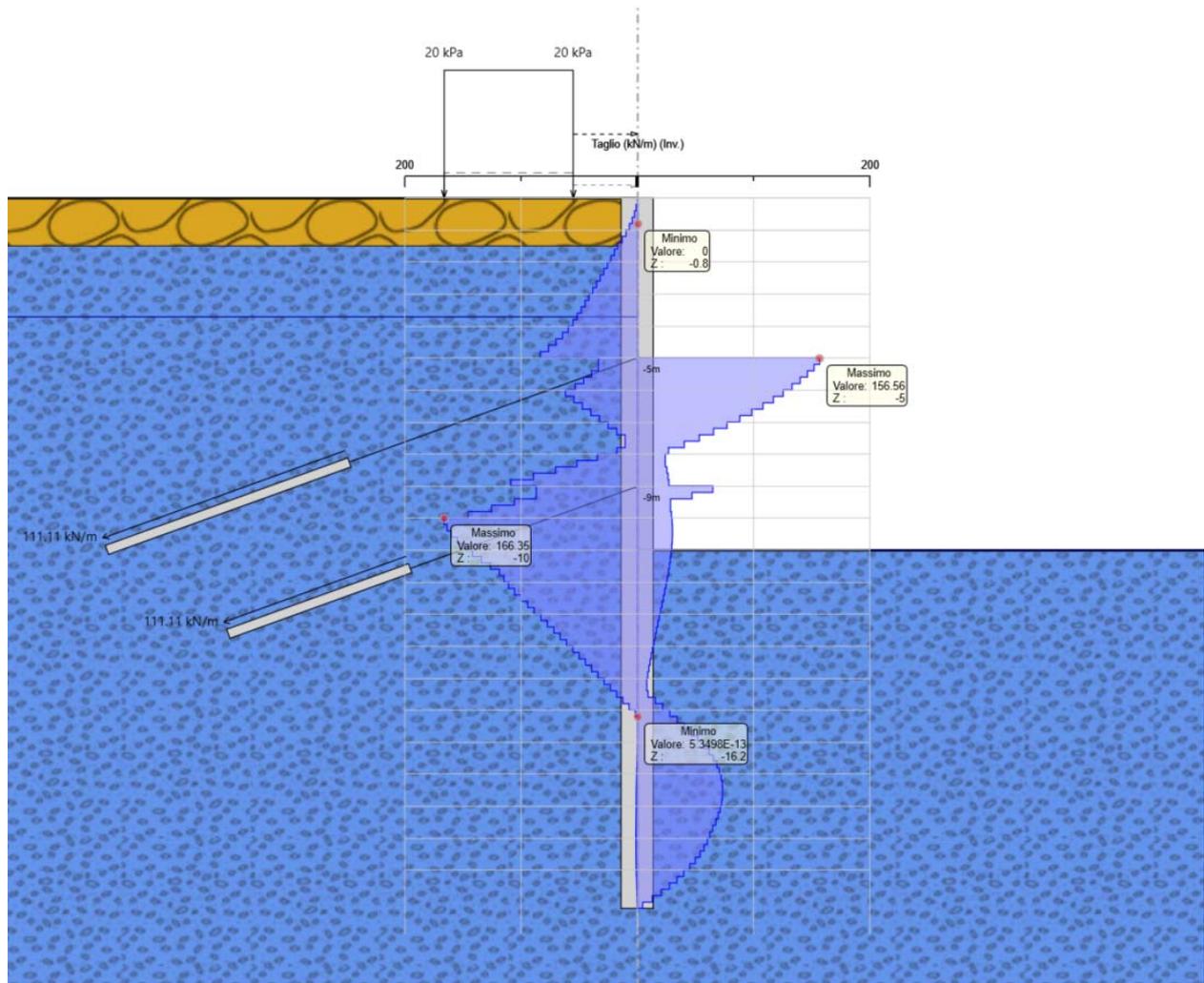


Figura 61. Taglio di involuppo SLU

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

- Verifica tiranti

Tabella 38. Geometrie ordini tiranti a trefoli

TABELLA TIRANTI PALO L=21 m - 2 ordini di tiranti inclinati 20° sull'orizzontale							
Ordine tirante	numero	Quota da estradosso cordolo	n° trefoli	L _{libera}	L _{fondazione}	L _{totale}	pretiro
					bulbo		
[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[KN]
D1	20	5.00	4	9.50	8.00	17.50	200
D2	20	9.00	4	7.50	6.00	13.50	200

Tabella 39. Tensioni di aderenza bulbi di ancoraggio

ordine	Diam.Perf. [cm]	coeff. sbulbam.	τ k [kPa]	ξ
I	18	1.2	150	1.8
II	18	1.2	150	1.8

ordine	passo tiranti	Tiro max paratie	L	τ terr-fond.	Diametro perf.	γ_R	αD	γ_{azioni}	α	Rsd	Esd	Rsd/Esd	V.filamento	V.g.resistenza
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN/m ²]	[cm]	[-]	[cm]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]		
1	1.80	196	8	150	18	1.15	21.6	1.3	1.2	393.4	352.4	1.116	si	si
2	1.80	150.72	6	150	18	1.15	21.6	1.3	1.2	295.0	271.3	1.088	si	si

Figura 62. Verifica dell'ancoraggio dei tiranti a trefoli in condizioni statiche

Le verifiche dell'ancoraggio dei tiranti in condizioni statiche sono soddisfatte.

ordine	passo tiranti	Tiro max paratie	L	τ terr-fond.	Diametro perf.	γ_R	αD	γ_{azioni}	α	Rsd	Esd	Rsd/Esd	V.filamento	V.g.resistenza
[-]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN/m ²]	[cm]	[-]	[cm]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]		
1	1.80	199.08	8	150	18	1.15	21.6	1	1.2	393.4	358.3	1.098	si	si
2	1.80	157.52	6	150	18	1.15	21.6	1	1.2	295.0	283.5	1.041	si	si

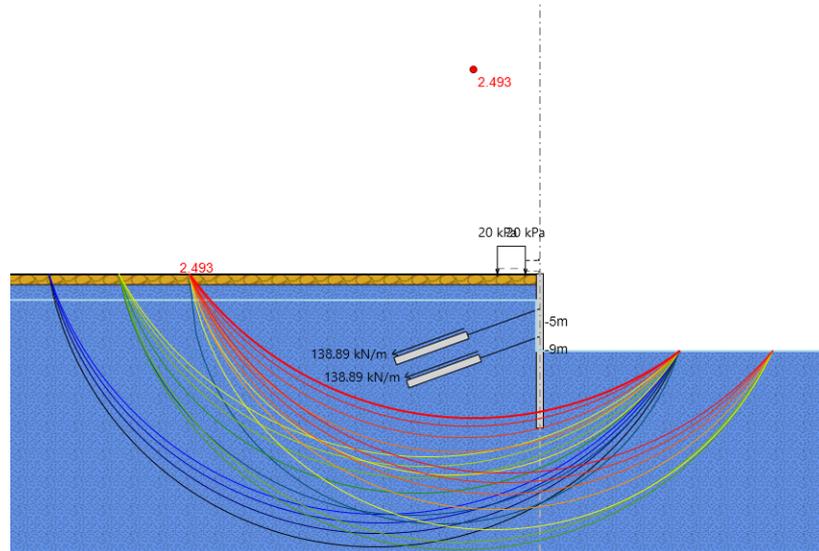
Figura 63. Verifica dell'ancoraggio dei tiranti a trefoli in condizioni sismiche

Le verifiche dell'ancoraggio dei tiranti in condizioni sismiche sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

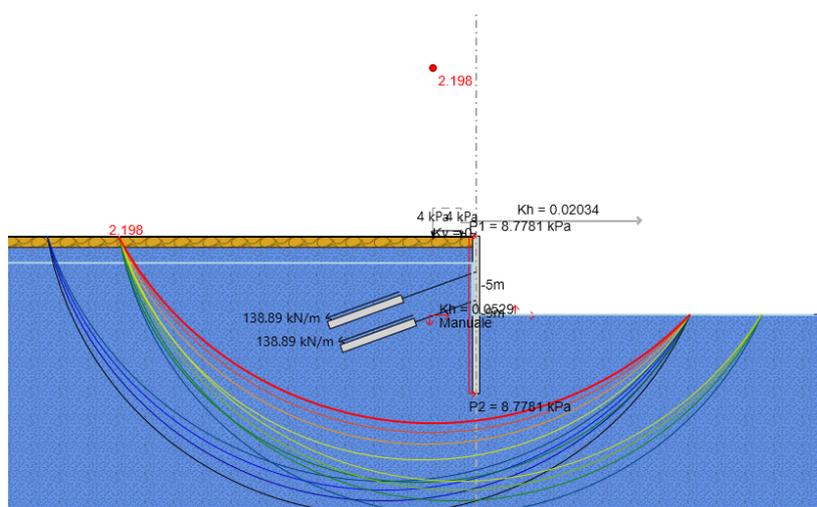
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	101 di 171

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni statiche



FS=2.493

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni simiche GEO



FS= 2.198

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

12) Verifiche SLU STR

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 1 ordine di barre di diametro 26 mm (20 totali) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	daN	daNm		daN
SLU - A1+MI	16101	45452		2216
SLU - A1+MI	19635	22462		29943
SLV	31809	44429		396
SLV	9817	17066		25771

Tabella 40. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a.

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80 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:	314750 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	26.00 daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	103 di 171

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N° Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	20	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ. d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ. d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	16101	45452	0	2216	0
2	19635	22462	0	29943	0
3	31809	44429	0	396	0
4	9817	17066	0	25771	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >= 1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	104 di 171

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	16101	45452	0	16114	108670	0	2.39	106.2(23.6)
2	S	19635	22462	0	19610	109596	0	4.88	106.2(23.6)
3	S	31809	44429	0	31808	112799	0	2.54	106.2(23.6)
4	S	9817	17066	0	9837	107000	0	6.27	106.2(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00115	0.0	50.0	0.00086	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00116	0.0	50.0	0.00087	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00121	0.0	50.0	0.00091	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00113	0.0	50.0	0.00084	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000033977	-0.000546459	----	----
2	0.000000000	0.000034109	-0.000540983	----	----
3	0.000000000	0.000034567	-0.000521980	----	----
4	0.000000000	0.000033739	-0.000556316	----	----

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	105 di 171

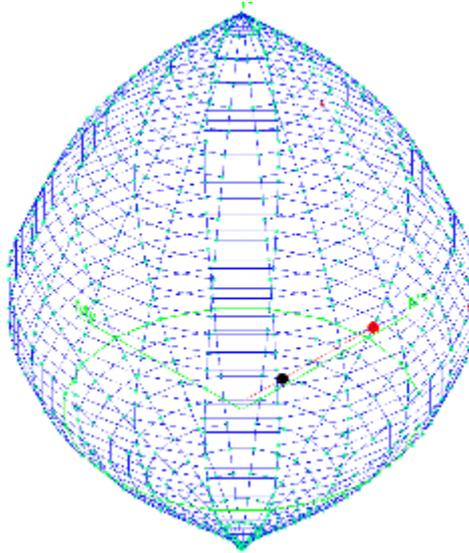


Figura 64. Dominio M-N in condizioni statiche

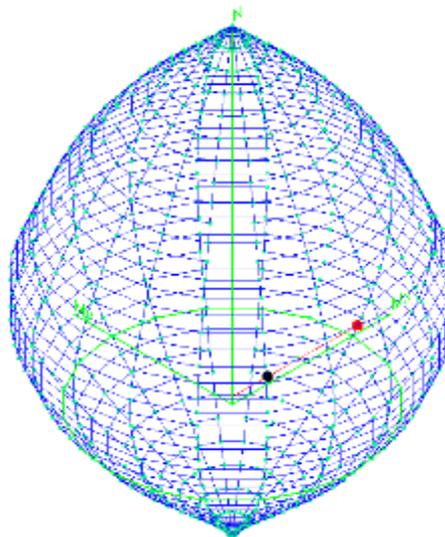


Figura 65. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	106 di 171

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	299	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	1.07	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

Tabella 41. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	0	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	#DIV/0!	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

Tabella 42. Verifica a taglio in condizioni sismiche

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Non è necessario armare a taglio

- Verifica dei trefoli in acciaio dei tiranti

VERIFICA DEI TREFOLI A TRAZIONE - CONDIZIONE STATICA - A1+M1												
ordine	num. trefoli	passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	f_{p13k}	γ_{azioni}	γ_s	γ_R	Rd	Ed	Rsd/Eds	verifica >1
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cm ²]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	
1	4	1.80	268.22	1.39	1670	1.3	1.15	1	807.4	482.8	1.672	si
2	4	1.80	272.45	1.39	1670	1.3	1.15	1	807.4	490.4	1.646	si

Figura 66. Verifiche dei trefoli dei tiranti in condizioni statiche

Le verifiche dei trefoli in acciaio a trazione in condizioni statiche sono soddisfatte.

VERIFICA DEI TREFOLI A TRAZIONE - CONDIZIONE SISMICA												
ordine	num. trefoli	passo tiranti	Tiro max paratie	Area trefolo	f_{p13k}	γ_{azioni}	γ_s	γ_R	Rd	Ed	Rsd/Eds	verifica >1
[-]	[-]	[m]	[kN/m]	[cm ²]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	
1	4	1.80	274.5	1.39	1670	1	1.15	1	807.4	494.1	1.634	si
2	4	1.80	271.62	1.39	1670	1	1.15	1	807.4	488.9	1.651	si

Figura 67. Verifiche dei trefoli dei tiranti in condizioni sismiche

Le verifiche dei trefoli in acciaio a trazione in condizioni sismiche sono soddisfatte.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

– Verifica travi di ripartizione

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 1 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie [kN/m]	passo [m]	Tipo acciaio	f _{yk} [MPa]	γ _{M0} [-]	f _{yd} [MPa]	Tipo e numero	b [cm]	t flangia [cm]	t_web [cm]	r [cm]	hweb [cm]	W _{el} [cm ³]	W _{pl} [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]
STATICO	196	1.8	S355	355	1.05	338.0952	HEB 160	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	199.08						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)			
	Msk [kN/m]	Vsk [kN]	γ _A [-]	Msd [kN/m]	Vsd [kN]	Mel,Rd [kN/m]	Mpl,Rd [kN/m]	Mrd [kN/m]	Vpl,Rd [kN]	Mrd/Med [-]	Vrd/Ved [-]	X C/tf	Y (235/f _y) ^{0.5}		
STATICO	31.71312	88.092	1.3	41.22706	114.5196	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	2.90	>1	2.999931	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	32.25096	89.586	1	32.25096	89.586	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	3.71	>1	3.834873	>1		

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _y	355 [MPa]
Coefficiente ε	ε	0.81 [-]
Classificazione dell'anima		
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	104.00 [mm]
Spessore dell'anima	t _w	8.00 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t _w	13.00 [-]
Classificazione dell'anima per flessione		CLASSE 1
Classificazione dell'anima per compressione		CLASSE 1
Classificazione delle ali		
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	61 [mm]
Spessore delle ali	t _f	13.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t _f	4.69 [-]
Classificazione delle ali per flessione		CLASSE 1

Figura 68. Verifica della trave di ripartizione del primo ordine di tiranti

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

VERIFICA DI PROFILATI TIPO "H" A FLESSIONE E TAGLIO - 2 ORDINE

A1+M1	Dati da Paratie		Tipo di acciaio				Profilato									
	T.Paratie [kN/m]	passo [m]	Tipo acciaio	f _{yk} [MPa]	γ _{M0} [-]	f _{yd} [MPa]	Tipo e numero	b [cm]	t flangia [cm]	t web [cm]	r [cm]	hweb [cm]	W _{el} [cm ³]	W _{pl} [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]
STATICO	150.72	1.80	S355	355	1.05	338.0952	HEB 160	16	1.3	0.8	1.5	13.4	311.5	354	54.25	17.6
SISMICO	158						2									

CASO	Azioni sollecitanti					Azioni resistenti				Verifiche		controllo classe sezione (*)			
	Msk [kN/m]	Vsk [kN]	γ _A [-]	Msd [kN/m]	Vsd [kN]	Mel,Rd [kN/m]	Mpl,Rd [kN/m]	Mrd [kN/m]	Vpl,Rd [kN]	Mrd/Med [-]	Vrd/Ved [-]	X C/tf	Y (235/f _y) ^{0.5}		
STATICO	24.41664	67.824	1.3	31.74163	88.1712	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	3.77	>1	3.896407	>1	4.69	7.322548621
SISMICO	25.51824	70.884	1	25.51824	70.884	105.3167	119.6857	119.6857	343.5509	4.69	>1	4.846664	>1		

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _y	355 [MPa]
Coefficiente ε	ε	0.81 [-]
Classificazione dell'anima		
Altezza dell'anima depurata dei raccordi o delle saldature	c	104.00 [mm]
Spessore dell'anima	t _w	8.00 [mm]
Rapporto tra altezza e spessore	c/t _w	13.00 [-]
<i>Classificazione dell'anima per flessione</i>		CLASSE 1
<i>Classificazione dell'anima per compressione</i>		CLASSE 1
Classificazione delle ali		
Semi larghezza delle ali depurata dei raccordi o delle saldature	c	61 [mm]
Spessore delle ali	t _f	13.00 [mm]
Rapporto tra semi larghezza e spessore	c/t _f	4.69 [-]
<i>Classificazione delle ali per flessione</i>		CLASSE 1

Figura 69. Verifica della trave di ripartizione del secondo ordine di tiranti

Le verifiche delle travi di ripartizione in condizioni statiche e sismiche sono soddisfatte.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

9.1.5 Paratia frontale H=18m – no tiranti

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.

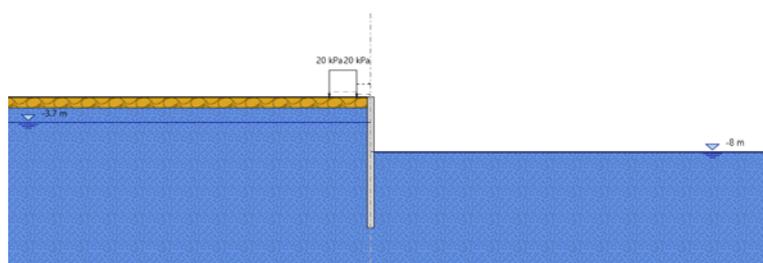


Figura 70. Schema di calcolo paratia

Tabella 43. Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo 1

Tipologia struttura di sostegno	pali CFA ϕ 1000 ad interasse 0.90 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 18.00 + 1.2$ m (cordolo)
Altezza di scavo (da estradosso cordolo)	$H = 7.50$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2) (da estradosso cordolo)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% \Delta t] = 8.00$ m
Inclinazione del piano campagna a monte	0°
Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	$g = 0$ kPa
Sovraccarichi permanenti a valle	$g = 0$ kPa
Sovraccarichi accidentali a monte	$q = 20$ kPa
Sovraccarichi variabili a valle	$q = 0$ kPa

Tabella 44. Parametri geotecnici di calcolo

Terreno	z_f	γ	c'	φ	E_{op}
	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[$^\circ$]	[MPa]
C	2.5	19	0	20	15
AV	40	20	26.5	21.5	60

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Tabella 45. Parametri per l'analisi sismica

<i>Terreno</i>	<i>Condizione</i>	<i>Categoria sottosuolo</i>	<i>Categoria topografica</i>	<i>ag(g)</i>	<i>S</i>	<i>amax/g</i>	<i>us</i>	<i>β</i>
		<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>[-]</i>	<i>[m]</i>	<i>[-]</i>
<i>C</i>	<i>SLV</i>	<i>C</i>	<i>T1</i>	<i>0.068</i>	<i>1.5</i>	<i>0.102</i>	<i>0.1</i>	<i>0.52</i>
<i>AV</i>	<i>SLV</i>	<i>C</i>	<i>T1</i>	<i>0.068</i>	<i>1.5</i>	<i>0.102</i>	<i>0.1</i>	<i>0.52</i>

Fasi di calcolo

- 1) Geostatico e carico permanente del versante a monte della paratia di pali, quota di falda a 3.70 m da p.c.;
- 2) Primo step di scavo
- 3) Secondo step di scavo;
- 4) Ribasso ulteriore al fine di raggiungere la “Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)” di 8.00m da testa cordolo, posizione della falda a monte a z=-3.70 m dal p.c., posizione della falda a valle sotto quota piano di scavo.

Risultati delle analisi e verifiche

I risultati delle analisi sono di seguito descritti.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali												
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 CL</td> <td>GA 08 00 002</td> <td>B</td> <td>112 di 171</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	112 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	112 di 171								

5) Verifiche SLU GEO

-Verifica del complesso opera-terreno – deformata dell’opera di sostegno

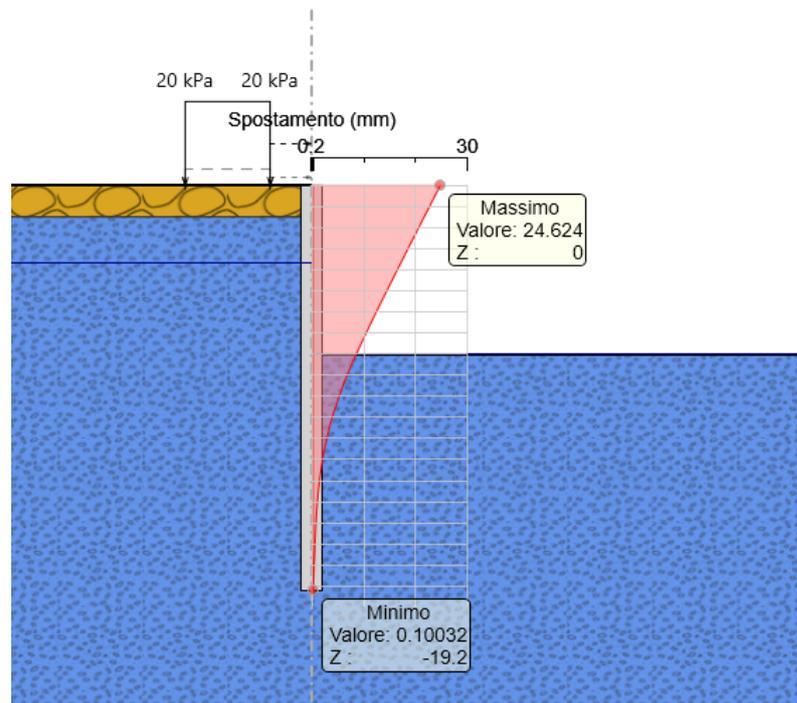


Figura 71. Deformata dell’opera di sostegno nella configurazione di fondo scavo

La deformata dell’opera rientra nei limiti progettuali stabiliti.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	113 di 171

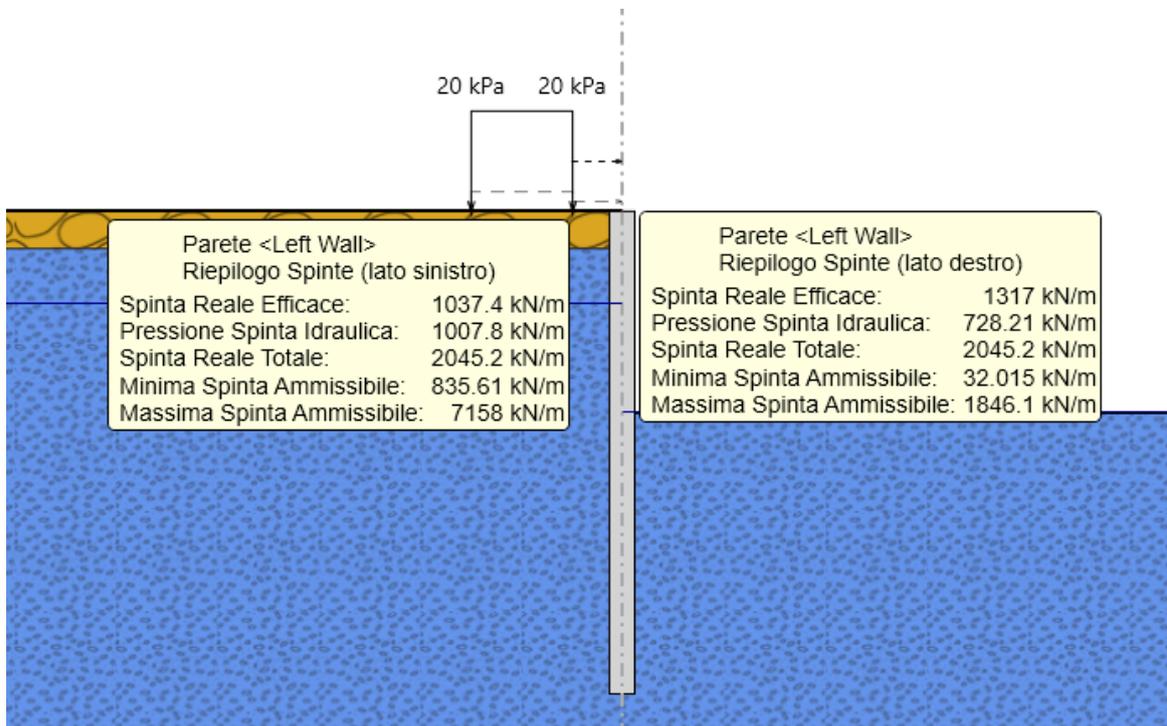


Figura 72. Riepilogo spinte SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	114 di 171

13) Momento di inviluppo SLU

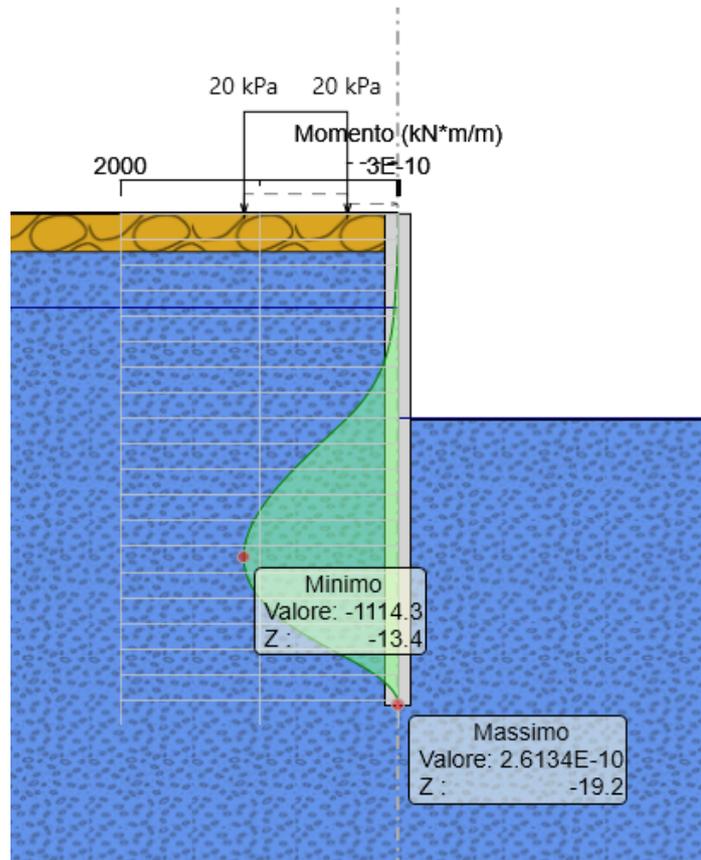


Figura 73. Momento di inviluppo SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	115 di 171

14) Taglio di involuppo SLU

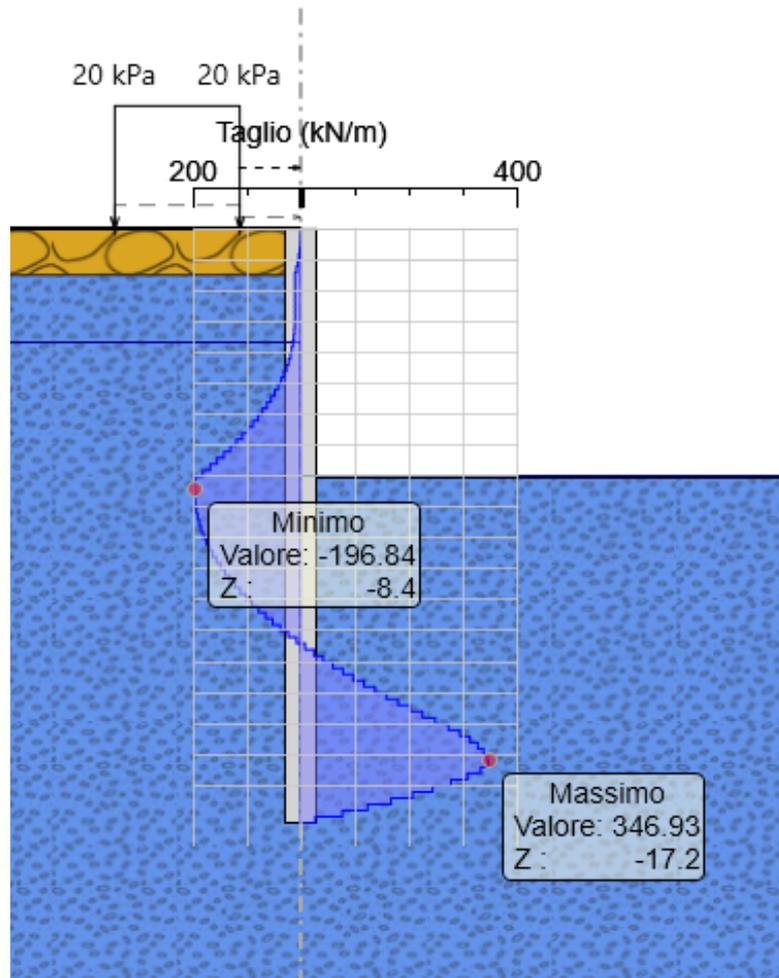
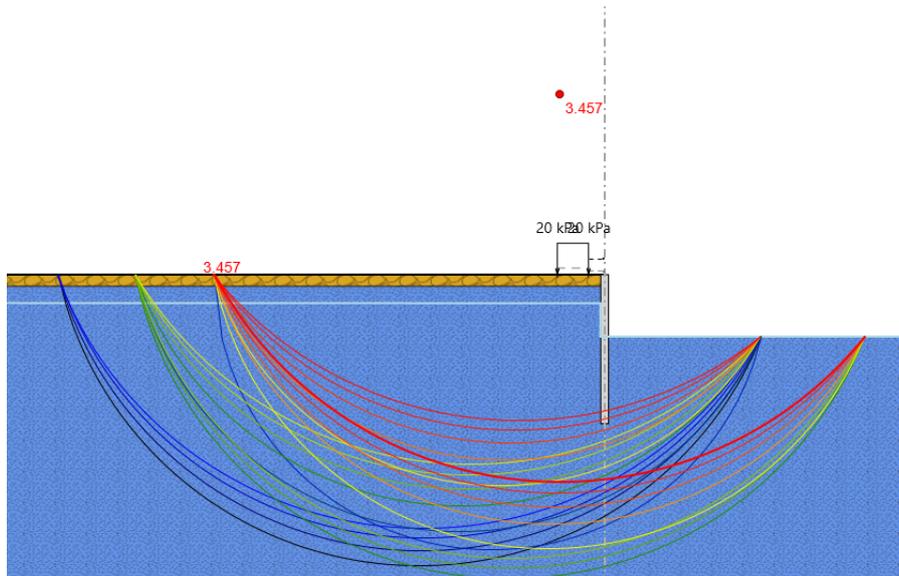


Figura 74. Taglio di involuppo SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

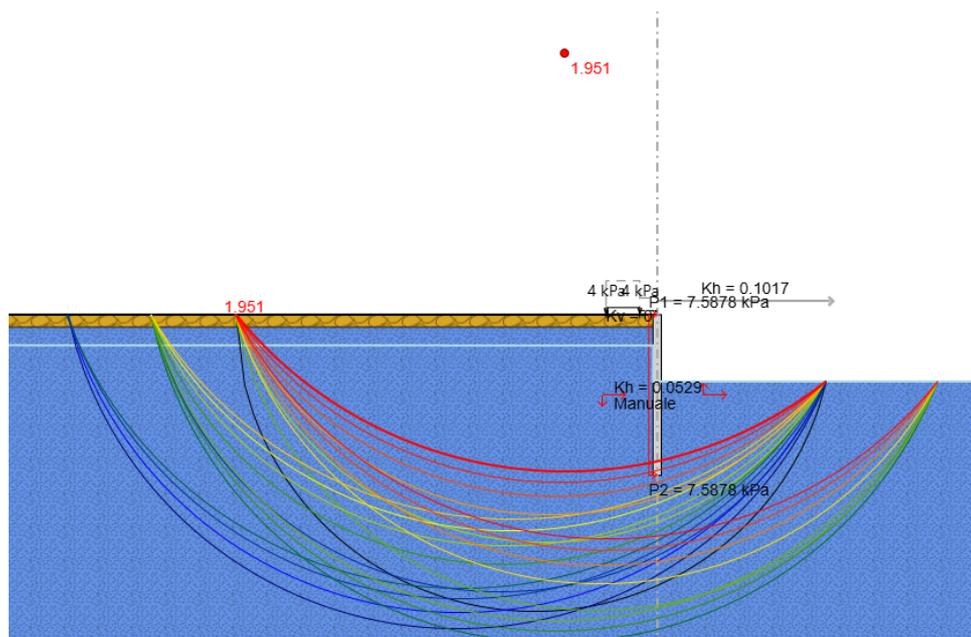
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	116 di 171

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni statiche



FS=3.457

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni simiche GEO



FS= 1.951

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

15) Verifiche SLU STR

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con zordine di barre di diametro 26 mm (38 totali) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	daN	daNm		daN
SLU - A1+MI	21991	105802		1129
SLU - A1+MI	15708	55055		31457
SLV	22777	165290		1877
SLV	31023	78480		35210

Tabella 46. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a.

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	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:	314750	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	150.00	daN/cm ²
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		4500.0	daN/cm ²
Resist. caratt. rottura ftk:		5400.0	daN/cm ²
Resist. snerv. di progetto fyd:		3913.0	daN/cm ²
Resist. ultima di progetto ftd:		4500.0	daN/cm ²
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :		1.00	
Coeff. Aderenza differito β1*β2 :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm ²	



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
 Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	118 di 171

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 50.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	28	26
2	0.0	0.0	35.9	10	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	21991	105802	0	1129	0
2	15708	55055	0	31457	0
3	22777	165290	0	1877	0
4	31023	78480	0	35210	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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	21598	49162	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	119 di 171

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	21991	105802	0	22014	182900	0	1.73	201.8(23.6)
2	S	15708	55055	0	15707	181457	0	3.30	201.8(23.6)
3	S	22777	165290	0	22760	183070	0	1.11	201.8(23.6)
4	S	31023	78480	0	31024	184950	0	2.36	201.8(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00144	0.0	50.0	0.00113	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00143	0.0	50.0	0.00111	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00144	0.0	50.0	0.00113	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00147	0.0	50.0	0.00115	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.00000000	0.000037139	-0.000415247	----	----
2	0.00000000	0.000036959	-0.000422694	----	----
3	0.00000000	0.000037160	-0.000414370	----	----
4	0.00000000	0.000037395	-0.000404623	----	----

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	120 di 171

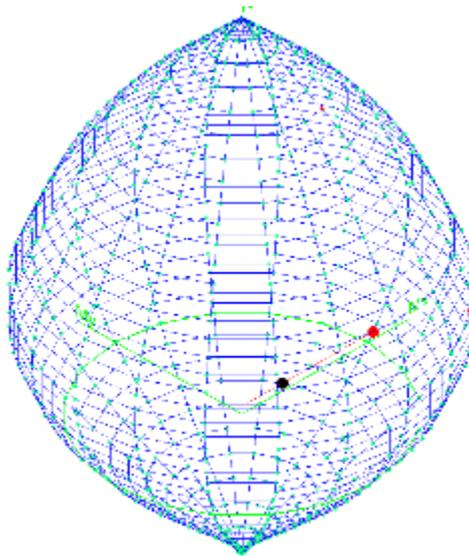


Figura 75. Dominio M-N in condizioni statiche

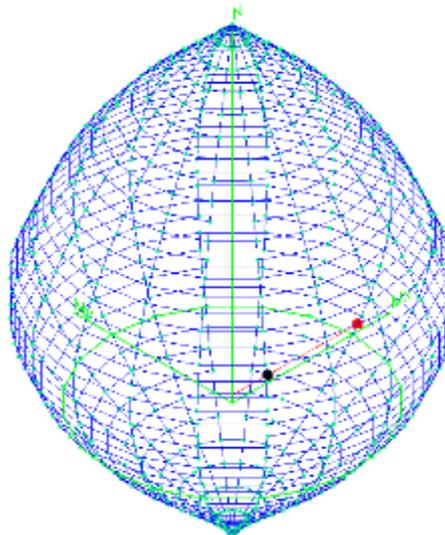


Figura 76. Dominio M-N in condizioni sismiche

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	315	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	1.02	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

Tabella 47. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	352	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.91	-	
Vrd	319860	N				
Occorre armatura a taglio						

Tabella 48. Verifica a taglio in condizioni sismiche

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Nelle due tabelle precedenti si sono riportate le verifiche a taglio per sezioni non armate a taglio, le verifiche non risultano essere soddisfatte in condizioni statiche, quindi è necessario armare a taglio: si predispone un'armatura a taglio avente diametro 12mm, passo 10 cm, armata al 100% delle barre longitudinali per la zona interessata.

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1129	211830	106221	76.6 64.3	91.2	1.000	1.020	0.4	42.2(0.0)
2	S	31457	211016	106377	76.6 64.4	91.2	1.000	1.014	12.5	42.2(0.0)
3	S	1877	211934	106203	76.6 64.3	91.2	1.000	1.020	0.7	42.2(0.0)
4	S	35210	213002	106001	76.6 64.2	91.2	1.000	1.028	14.0	42.2(0.0)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

9.1.6 Paratia frontale H=12m – no tiranti

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.

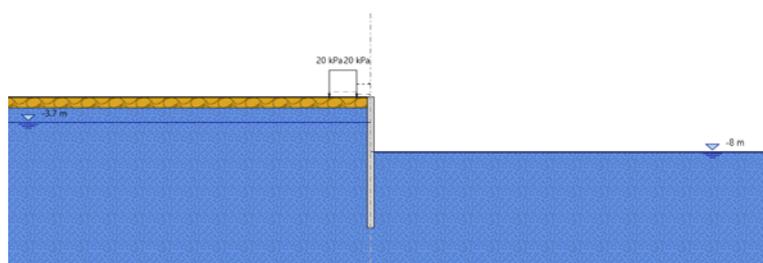


Figura 77. Schema di calcolo paratia

Tabella 49. Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo 1

Tipologia struttura di sostegno	pali CFA ϕ 1000 ad interasse 0.90 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 12+1.2$ m (cordolo)
Altezza di scavo (da estradosso cordolo)	$H = 4.80$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2) (da estradosso cordolo)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% \Delta t] = 5.00$ m
Inclinazione del piano campagna a monte	0°
Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	$g = 0$ kPa
Sovraccarichi permanenti a valle	$g = 0$ kPa
Sovraccarichi accidentali a monte	$q = 20$ kPa
Sovraccarichi variabili a valle	$q = 0$ kPa

Tabella 50. Parametri geotecnici di calcolo

Terreno	z_f	γ	c'	φ	E_{op}
	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
C	2.5	19	0	20	15
AV	40	20	26.5	21.5	60

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali				
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002

Tabella 51. Parametri per l'analisi sismica

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	$ag(g)$	S	$amax/g$	us	β
		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[-]
C	SLV	C	T1	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52
AV	SLV	C	T1	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52

Fasi di calcolo

- 5) Geostatico e carico permanente del versante a monte della paratia di pali, quota di falda a 3.70 m da p.c.;
- 6) Primo step di scavo
- 7) Secondo step di scavo;
- 8) Ribasso ulteriore al fine di raggiungere la "Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)" di 5.00m da testa cordolo, posizione della falda a monte a $z=-3.70$ m dal p.c., posizione della falda a valle sotto quota piano di scavo.

Risultati delle analisi e verifiche

I risultati delle analisi sono di seguito descritti.

6) Verifiche SLU GEO

-Verifica del complesso opera-terreno – deformata dell'opera di sostegno

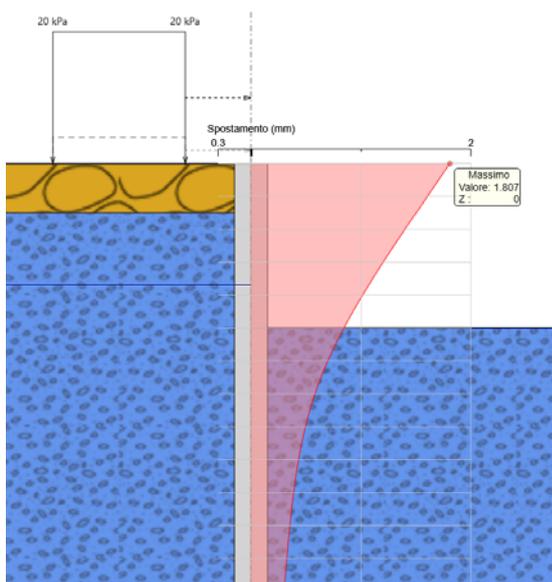


Figura 78. Deformata dell'opera di sostegno nella configurazione di fondo scavo

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali</p>												
<p>GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 CL</td> <td>GA 08 00 002</td> <td>B</td> <td>125 di 171</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	125 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	125 di 171								

La deformata dell'opera rientra nei limiti progettuali stabiliti.

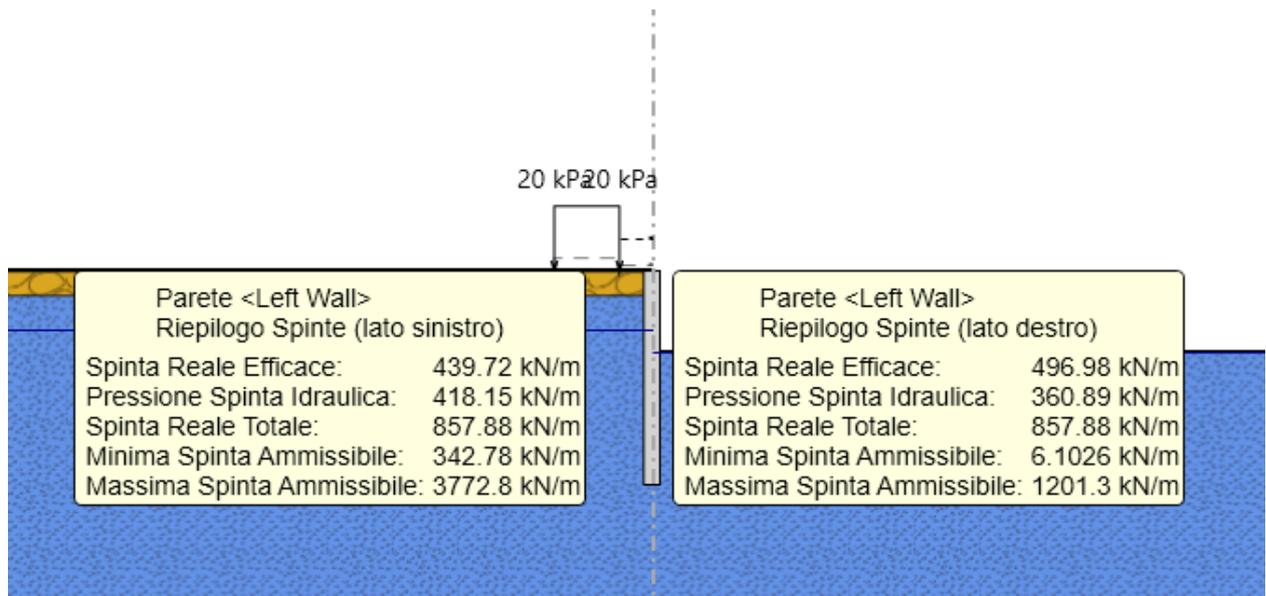


Figura 79. Riepilogo spinte SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	126 di 171

16) Momento di involucro SLU

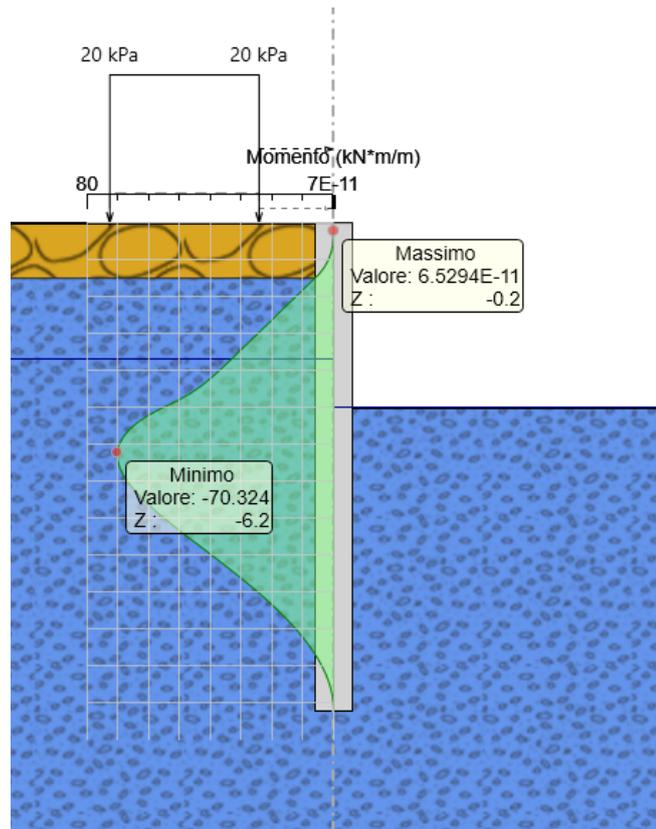


Figura 80. Momento di involucro SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	127 di 171

17) Taglio di involuppo SLU

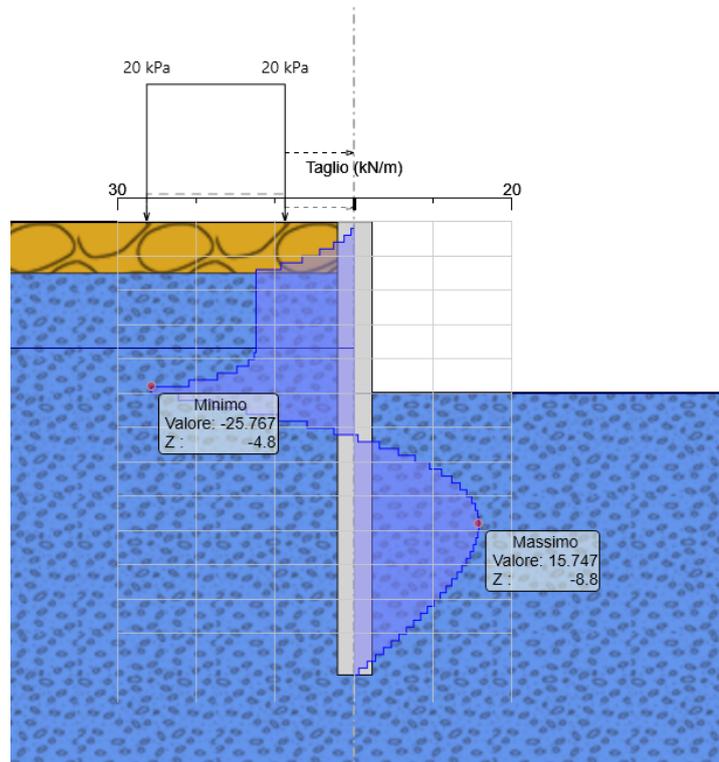
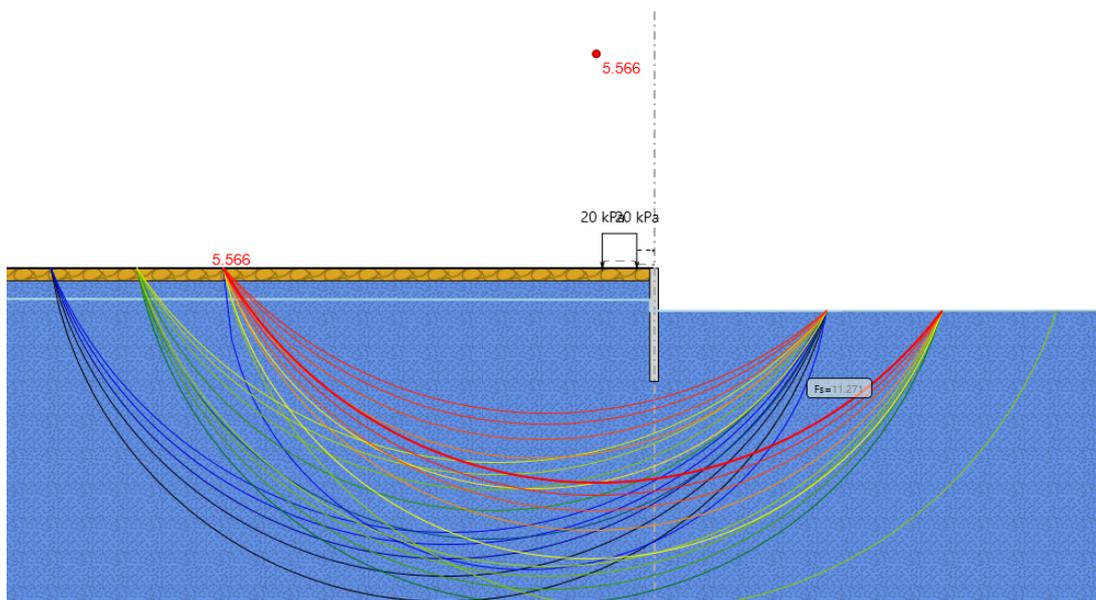


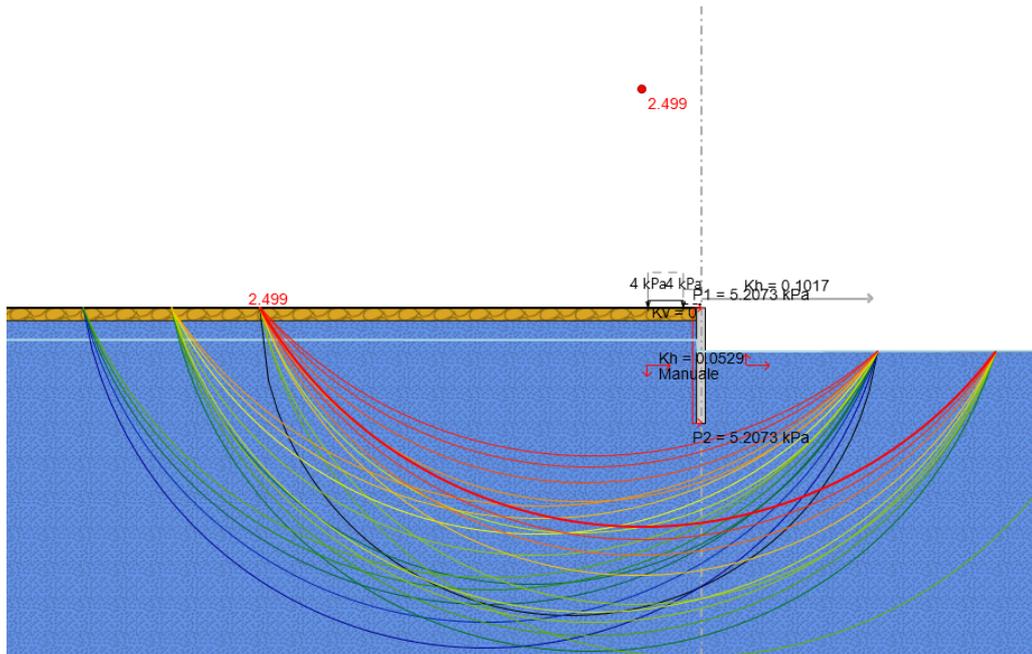
Figura 81. Taglio di involuppo SLU

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni statiche



FS=5.566

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni simiche GEO



FS= 2.499

18) Verifiche SLU STR

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 1 ordine di barre di diametro 26 mm (20 totali) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	daN	daNm		daN
SLU - A1+MI	12174	12661		470
SLU - A1+MI	9425	9128		4637
SLV	12174	26496		1048
SLV	9425	78480		8530

Tabella 52. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a.

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Tipologia sezione:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Sezione generica di Pilastro



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	129 di 171

Normativa di riferimento: N.T.C.
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	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:	314750	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 50.0 cm
X centro circ.: 0.0 cm
Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	20	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	130 di 171

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	12174	12661	0	470	0
2	9425	9128	0	4637	0
3	12174	26496	0	1048	0
4	9425	78480	0	8530	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.6 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	12174	12661	0	12200	107631	0	8.50	106.2(23.6)
2	S	9425	9128	0	9419	106889	0	11.71	106.2(23.6)
3	S	12174	26496	0	12200	107631	0	4.06	106.2(23.6)
4	S	9425	78480	0	9419	106889	0	1.36	106.2(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00114	0.0	50.0	0.00085	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00113	0.0	50.0	0.00084	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00114	0.0	50.0	0.00085	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00113	0.0	50.0	0.00084	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	131 di 171

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000033829	-0.000552592	----	----
2	0.000000000	0.000033724	-0.000556974	----	----
3	0.000000000	0.000033829	-0.000552592	----	----
4	0.000000000	0.000033724	-0.000556974	----	----

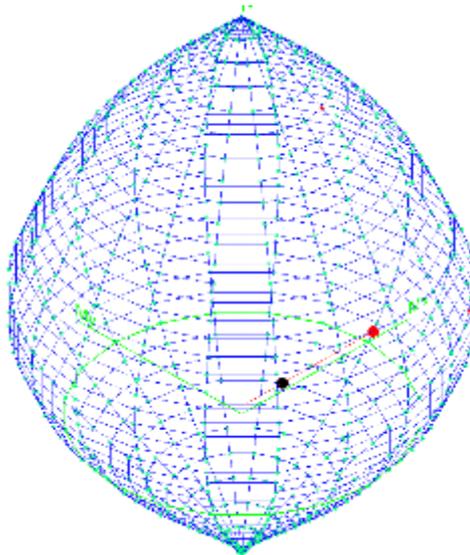


Figura 82. Dominio M-N in condizioni statiche

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	132 di 171

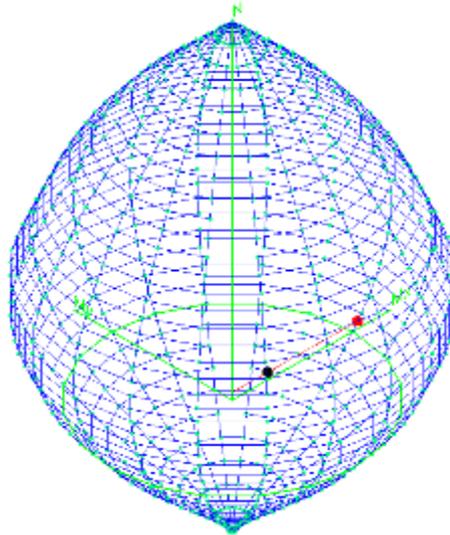


Figura 83. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

Tabella 53. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	46	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	6.90	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	133 di 171

Tabella 54. Verifica a taglio in condizioni sismiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	85	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	3.75	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

Nelle due tabelle precedenti si sono riportate le verifiche a taglio per sezioni non armate a taglio, le verifiche risultano essere soddisfatte in entrambe le condizioni, quindi non è necessario armare a taglio.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

9.1.7 Paratia frontale H=9m – no tiranti

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.

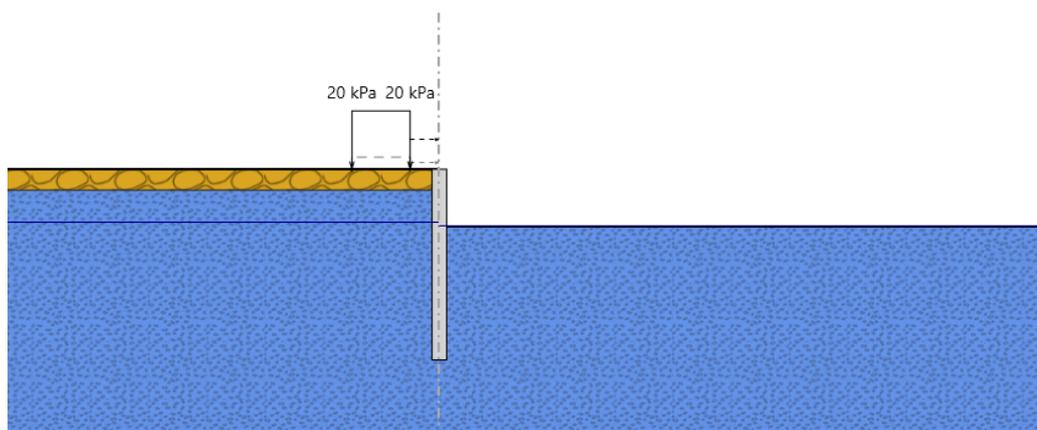


Figura 84. Schema di calcolo paratia

Tabella 55. Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo 1

Tipologia struttura di sostegno	pali CFA $\phi 1000$ ad interasse 0.90 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 9.00 + 1.2$ m (cordolo)
Altezza di scavo (da estradosso cordolo)	$H = 4.80$ m
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2) (da estradosso cordolo)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\% \Delta t] = 4.00$ m
Inclinazione del piano campagna a monte	0°
Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	$g = 0$ kPa
Sovraccarichi permanenti a valle	$g = 0$ kPa
Sovraccarichi accidentali a monte	$q = 20$ kPa
Sovraccarichi variabili a valle	$q = 0$ kPa

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Tabella 56. Parametri geotecnici di calcolo

<i>Terreno</i>	<i>z_f</i>	<i>γ</i>	<i>c'</i>	<i>φ</i>	<i>E_{op}</i>
	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
<i>C</i>	2.5	19	0	20	15
<i>AV</i>	40	20	26.5	21.5	60

Tabella 57. Parametri per l'analisi sismica

<i>Terreno</i>	<i>Condizione</i>	<i>Categoria sottosuolo</i>	<i>Categoria topografica</i>	<i>a_g(g)</i>	<i>S</i>	<i>a_{max}/g</i>	<i>u_s</i>	<i>θ</i>
		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[-]
<i>C</i>	<i>SLV</i>	<i>C</i>	<i>T1</i>	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52
<i>AV</i>	<i>SLV</i>	<i>C</i>	<i>T1</i>	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52

Fasi di calcolo

- 9) Geostatico e carico permanente del versante a monte della paratia di pali, quota di falda a 3.70 m da p.c.;
- 10) Primo step di scavo
- 11) Secondo step di scavo;
- 12) Ribasso ulteriore al fine di raggiungere la "Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)" di 4.00m da testa cordolo, posizione della falda a monte a z=-3.70 m dal p.c., posizione della falda a valle sotto quota piano di scavo.

Risultati delle analisi e verifiche

I risultati delle analisi sono di seguito descritti.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

7) Verifiche SLU GEO

-Verifica del complesso opera-terreno – deformata dell'opera di sostegno

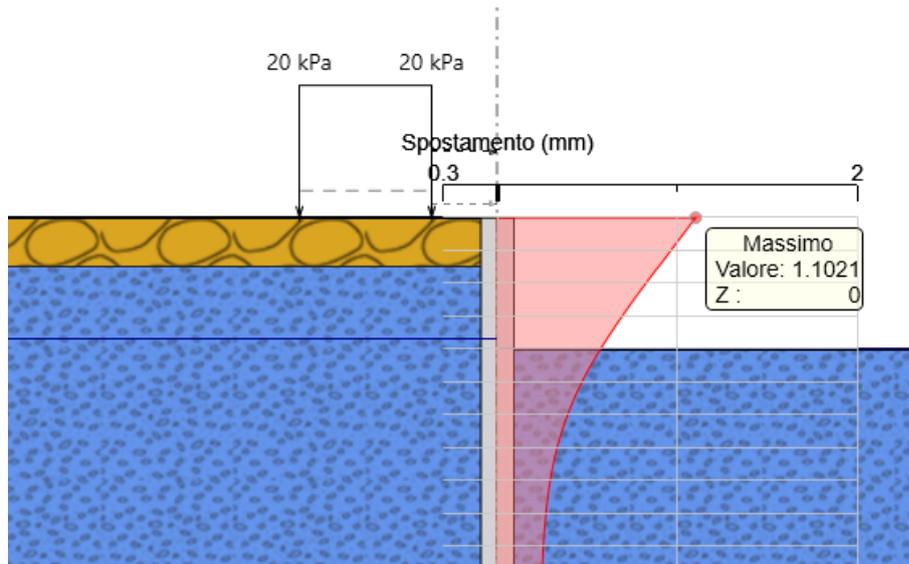


Figura 85. Deformata dell'opera di sostegno nella configurazione di fondo scavo

La deformata dell'opera rientra nei limiti progettuali stabiliti.

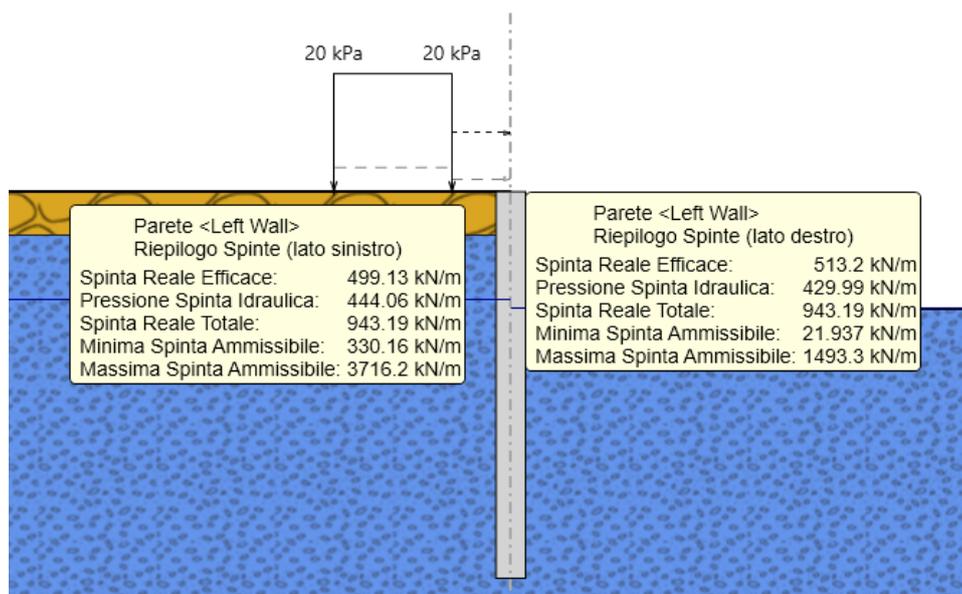


Figura 86. Riepilogo spinte SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	137 di 171

19) Momento di involucro SLU

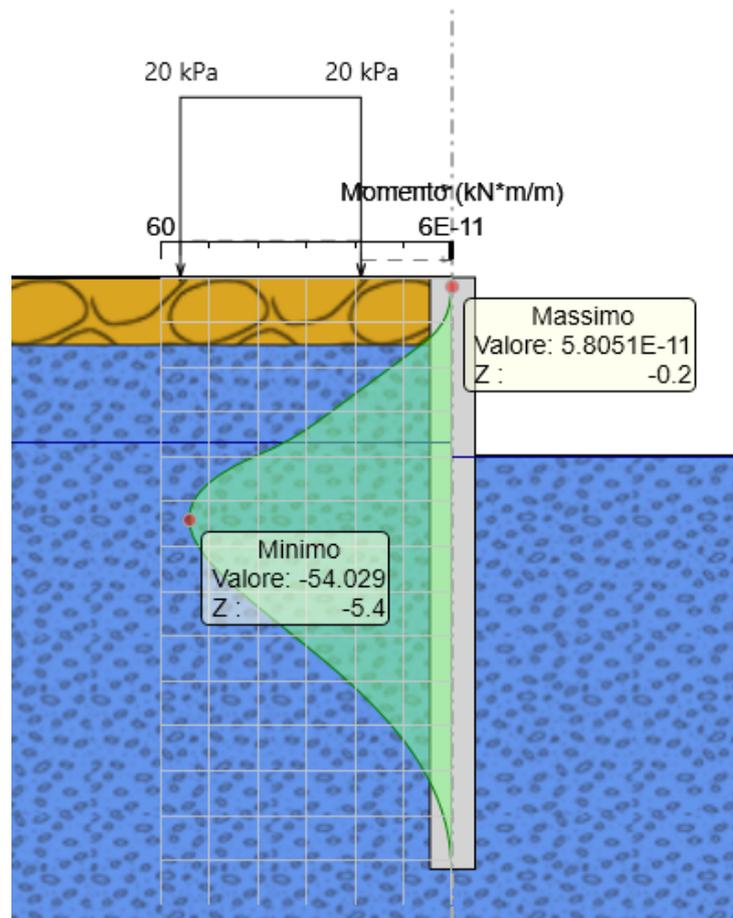


Figura 87. Momento di involucro SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	138 di 171

20) Taglio di involuppo SLU

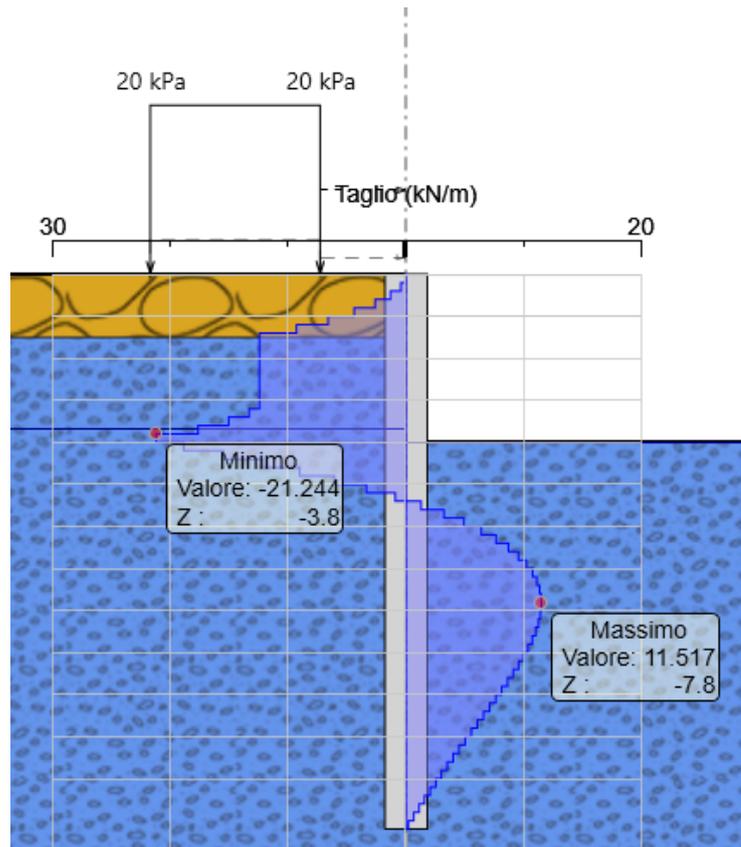
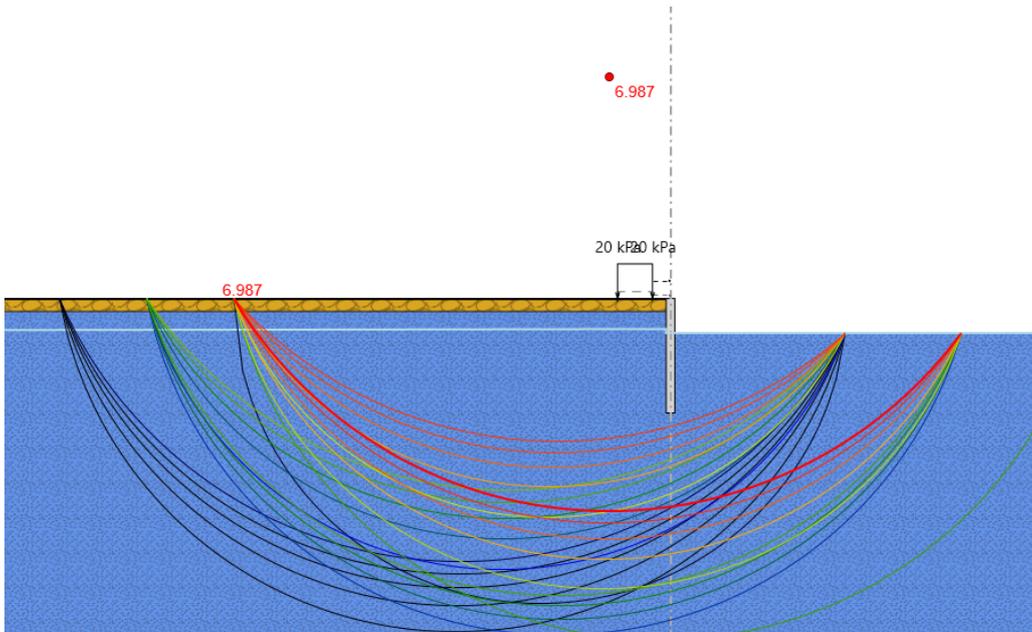


Figura 88. Taglio di involuppo SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

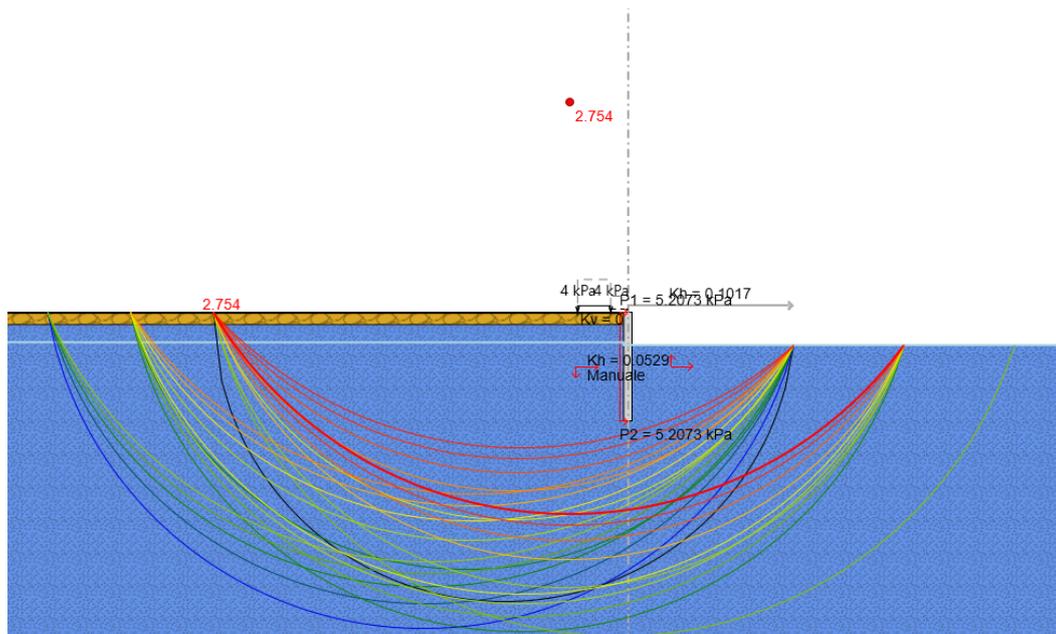
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	139 di 171

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni statiche



FS=6.987

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni simiche GEO



FS= 2.754

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

21) Verifiche SLU STR

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 1 ordine di barre di diametro 26 mm (20 totali) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	daN	daNm		daNm
SLU - A1+MI	10603	9720		232
SLU - A1+MI	7461	6584		3823
SLV	10210	17096		616
SLV	7461	12947		6161

Tabella 58. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a.

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	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:	314750	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30
Raggio circ.:	50.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	141 di 171

Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	20	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	10603	9720	0	232	0
2	7461	6584	0	3823	0
3	10210	17096	0	616	0
4	7461	12947	0	6161	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.6 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	10603	9720	0	10602	107205	0	11.03	106.2(23.6)
2	S	7461	6584	0	7468	106368	0	16.16	106.2(23.6)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
 Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	142 di 171

3	S	10210	17096	0	10185	107093	0	6.26 106.2(23.6)
4	S	7461	12947	0	7468	106368	0	8.22 106.2(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00113	0.0	50.0	0.00085	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00112	0.0	50.0	0.00084	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00113	0.0	50.0	0.00084	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00112	0.0	50.0	0.00084	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000033768	-0.000555112	----	----
2	0.000000000	0.000033650	-0.000560040	----	----
3	0.000000000	0.000033753	-0.000555769	----	----
4	0.000000000	0.000033650	-0.000560040	----	----

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	143 di 171

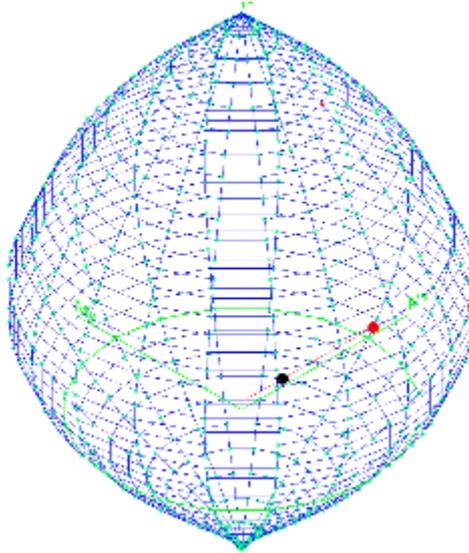


Figura 89. Dominio M-N in condizioni statiche

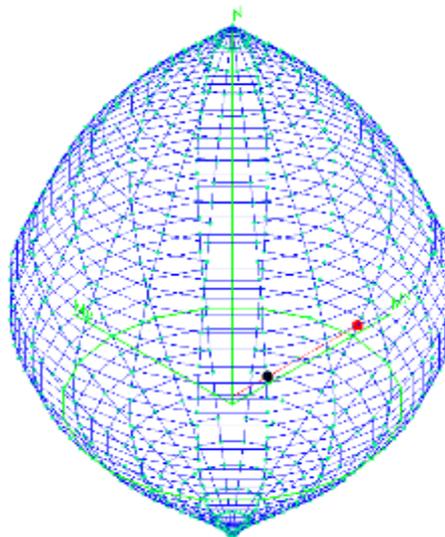


Figura 90. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	144 di 171

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	38	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	8.37	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

Tabella 59. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	62	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	5.19	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

Tabella 60. Verifica a taglio in condizioni sismiche

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B	FOGLIO 145 di 171

Nelle due tabelle precedenti si sono riportate le verifiche a taglio per sezioni non armate a taglio, le verifiche risultano essere soddisfatte in entrambe le condizioni, quindi non è necessario armare a taglio.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

9.1.8 Paratia frontale definitiva

Sono di seguito descritti il modello geotecnico e le principali caratteristiche dell'opera strutturale adottate nelle analisi di verifica.

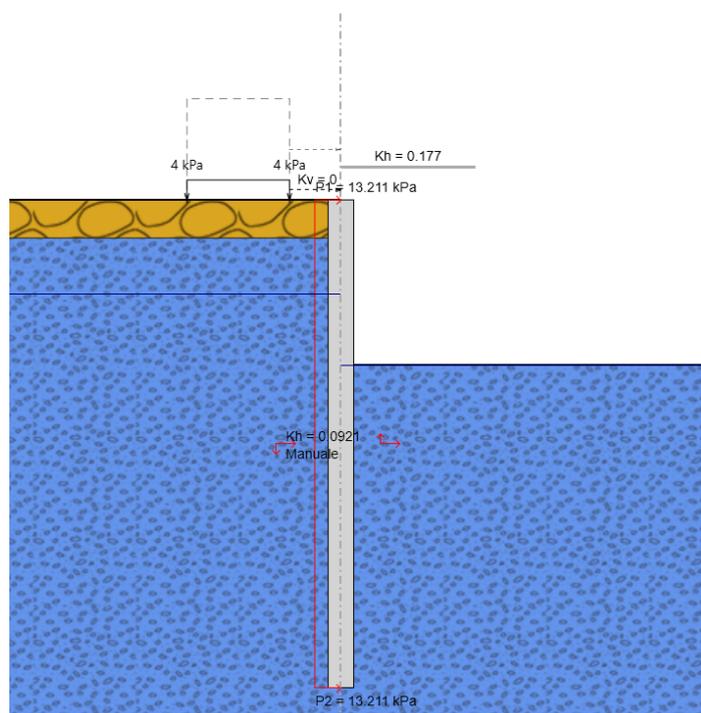


Figura 91. Schema di calcolo paratia

Tabella 61. Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo 1

Tipologia struttura di sostegno	pali CFA ϕ 1000 ad interasse 0.90 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 23\text{m (palo)} + 1.2\text{ m (cordolo)}$
Altezza MEDIA di scavo (da estradosso cordolo)	$H = 7.80\text{m}$
Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2) (da estradosso cordolo)	$H_1 = H + \min [0.5; 10\%\Delta t] = 8.00\text{m}$
Inclinazione del piano campagna a monte	0°
Inclinazione del piano campagna a valle	0°
Sovraccarichi permanenti a monte	$g = 0\text{ kPa}$
Sovraccarichi permanenti a valle	$g = 0\text{ kPa}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Sovraccarichi accidentali a monte	q = 20 kPa
Sovraccarichi variabili a valle	q = 0 kPa

Tabella 62. Parametri geotecnici di calcolo

Terreno	z_f	γ	c'	φ	E_{op}
	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
C	2.5	19	0	20	15
AV	40	20	26.5	21.5	60

Tabella 63. Parametri per l'analisi sismica

Terreno	Condizione	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	ag(g)	S	amax/g	us	β
		[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[-]
C	SLV	C	T1	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52
AV	SLV	C	T1	0.068	1.5	0.102	0.1	0.52

Fasi di di calcolo

- 1) Geostatico e carico permanente del versante a monte della paratia di pali, quota di falda a 3.70 m da p.c.;
- 2) Primo step di scavo
- 3) Secondo step di scavo;
- 4) Ribasso ulteriore al fine di raggiungere la "Altezza di scavo di calcolo (DM 2018 § 6.5.2.2)" di 8.00m da testa cordolo, posizione della falda a monte a z=-3.70 m dal p.c., posizione della falda a valle sotto quota piano di scavo.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	148 di 171

Si noti che, trattandosi di paratia definitiva i parametri sismici utilizzati sono i seguenti:

Stati limite

Classe Edificio

III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 75

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_y [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	68	0.039	2.523	0.286
Danno (SLD)	113	0.048	2.503	0.321
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0.097	2.658	0.468
Prevenzione collasso (SLC)	2193	0.118	2.730	0.524
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	112.5			

Coefficienti sismici

Tipo: Paratie NTC 2018

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 23 u_s (m): 0.115

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz. categoria	1,59	1,53	1,35	1,30
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.020	0.024	0.049	0.060
kv	--	--	--	--
Amax [m/s ²]	0.579	0.704	1.426	1.732
Beta	0.502	0.502	0.502	0.502

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	149 di 171

Risultati delle analisi e verifiche

I risultati delle analisi sono di seguito descritti.

8) Verifiche SLU GEO

- Verifica del complesso opera-terreno – deformata dell'opera di sostegno

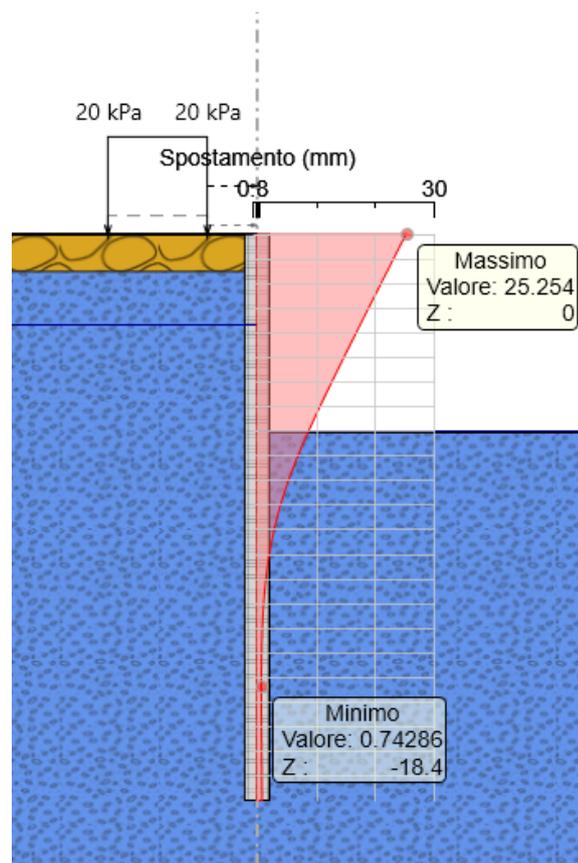


Figura 92. Deformata dell'opera di sostegno nella configurazione di fondo scavo

La deformata dell'opera rientra nei limiti progettuali stabiliti.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	150 di 171

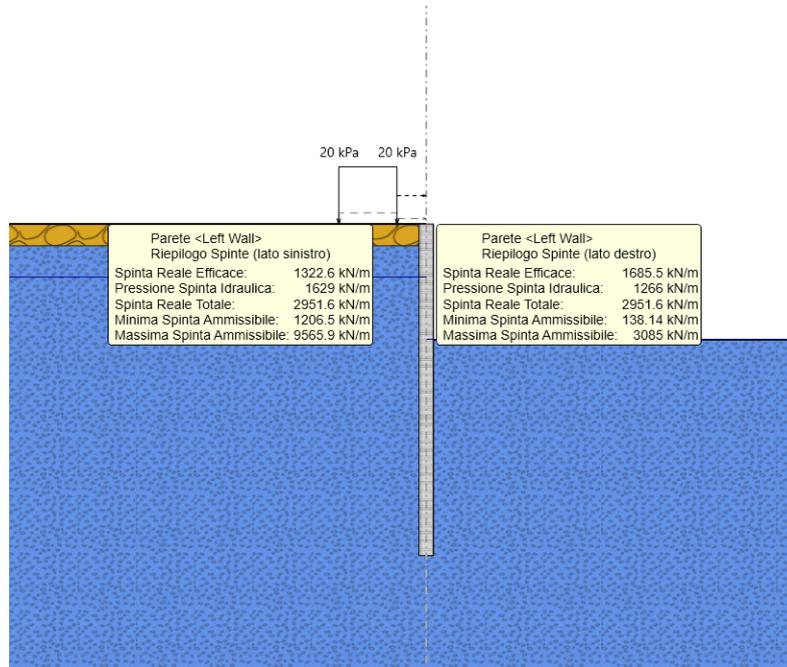


Figura 93. Riepilogo spinte SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	151 di 171

22) Momento di involucro SLU

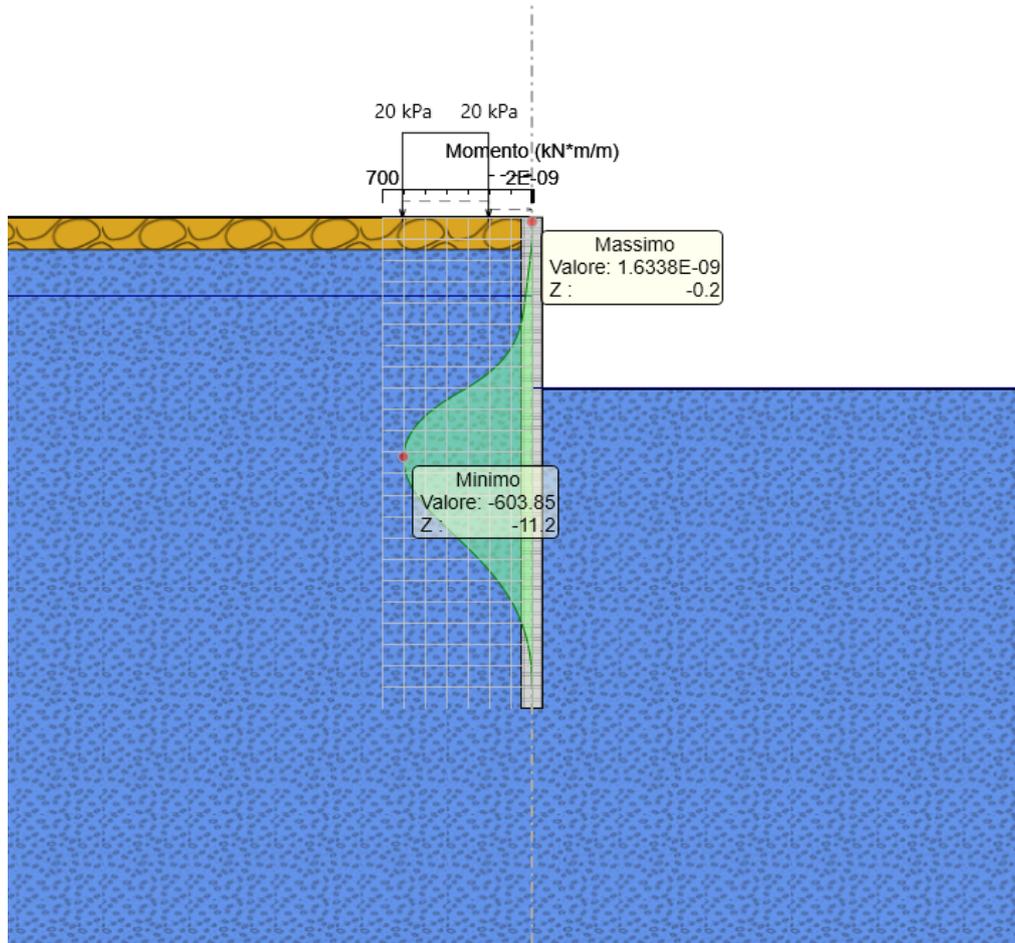


Figura 94. Momento di involucro SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	152 di 171

23) Taglio di involuppo SLU

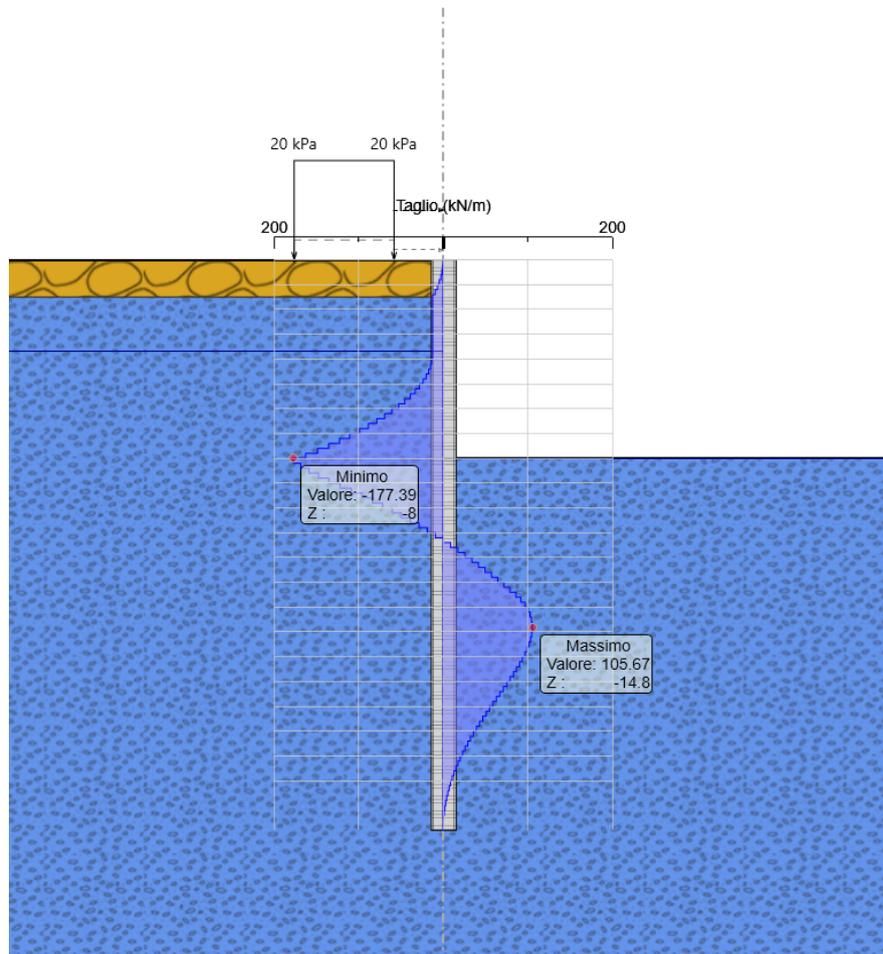


Figura 95. Taglio di involuppo SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	153 di 171

1) Momento di involuppo SLV

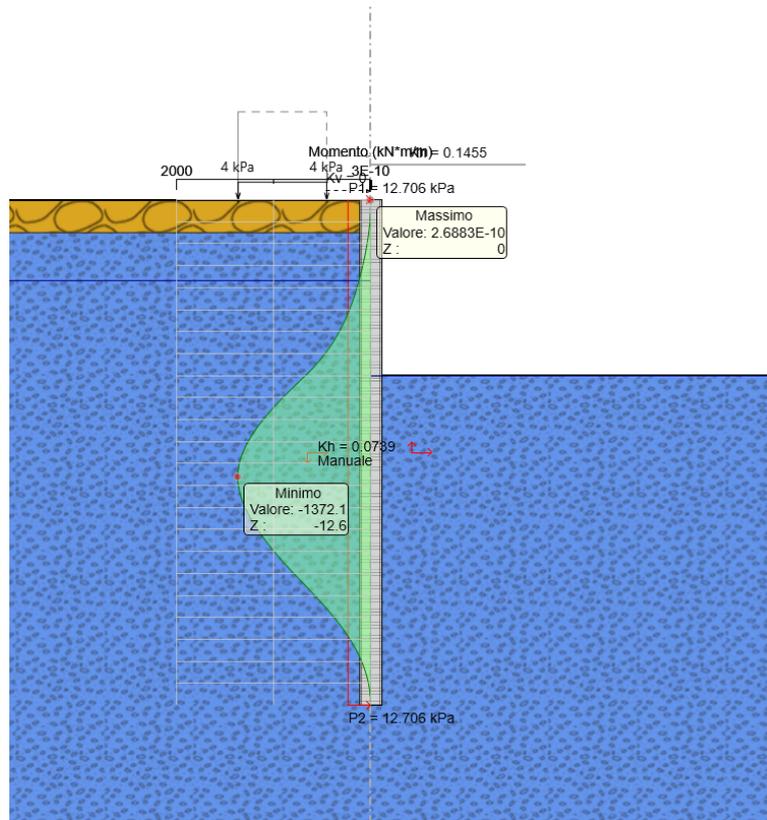


Figura 96. Momento di involuppo SLU

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	154 di 171

2) Taglio di involuppo SLV

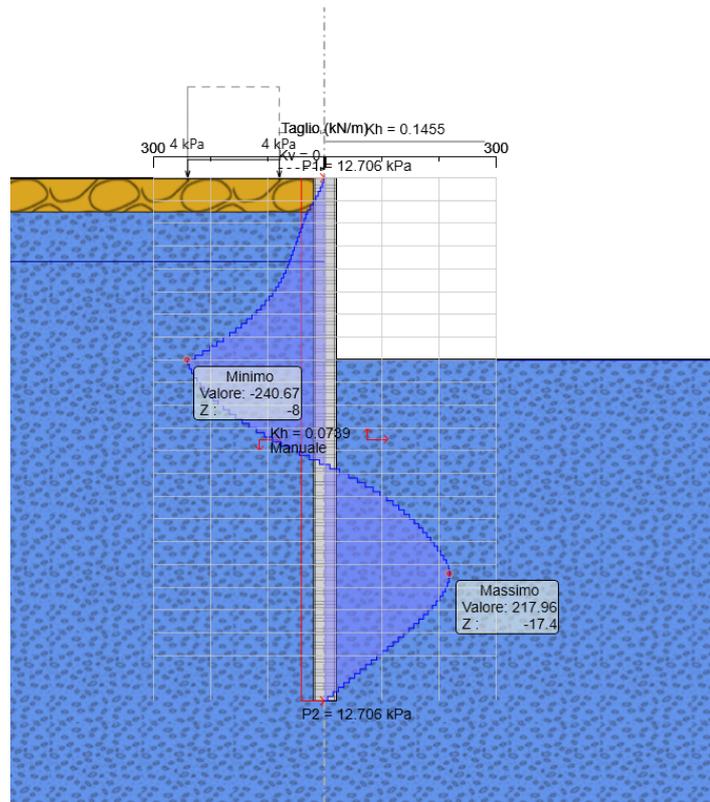
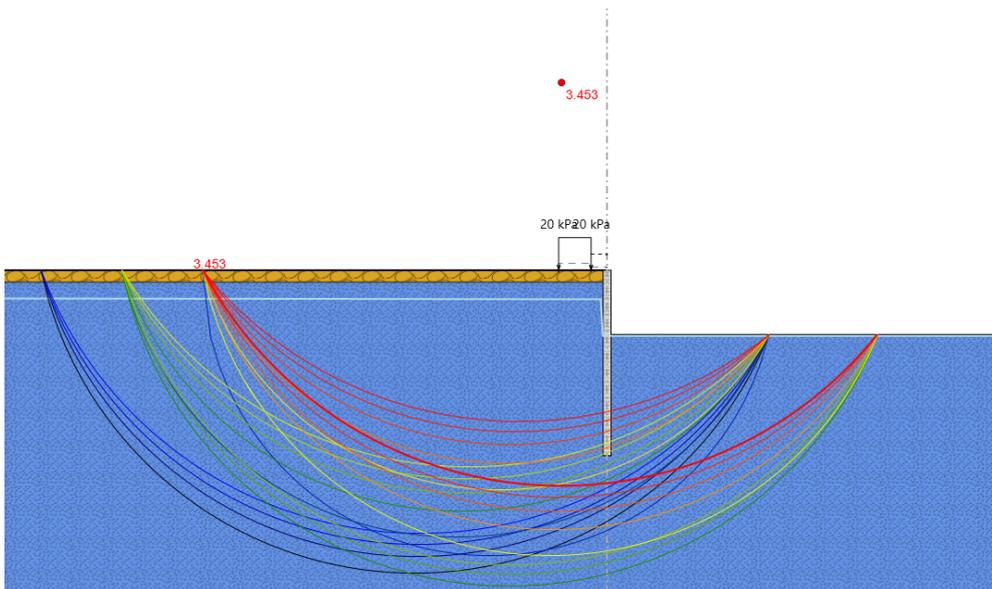


Figura 97. Taglio di involuppo SLV

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

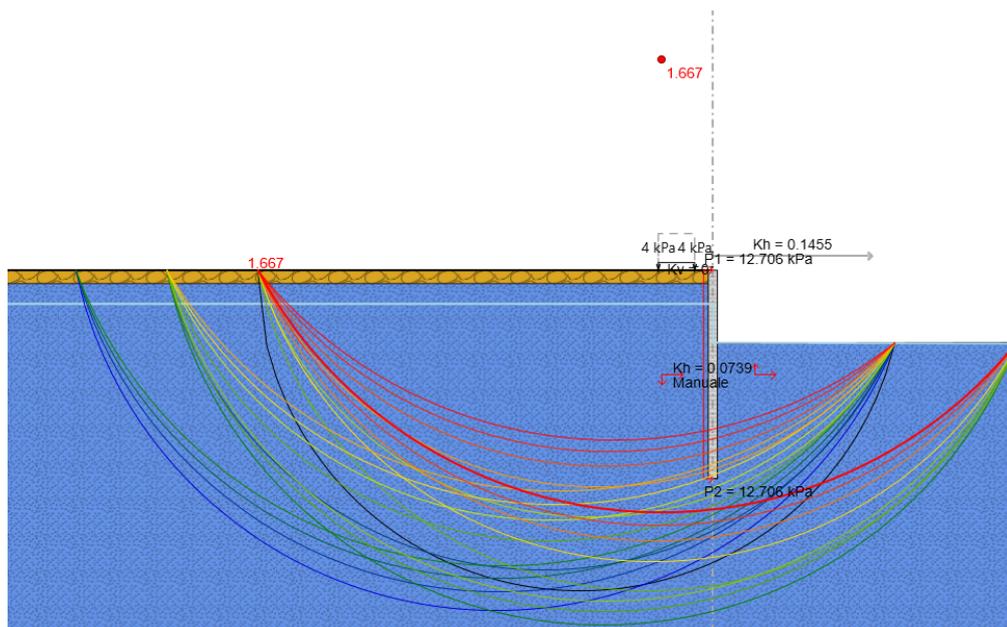
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	155 di 171

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni statiche



FS=3.453

- Verifica stabilità globale del sistema opera – terreno – condizioni simiche GEO



FS= 1.667

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

3) Verifiche SLU STR

4) SEZ. A: zona centrale del palo (da z=-8m a z= -18.00m)

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. SEZ.A , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 2 ordini di barre di diametro 26 mm (30 + 20 =50 totali) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	daN	daNm		daN
SLU- A1+MI	21991	108693		1620
SLU- A1+MI	15708	55705		31930
SLV	24600	246978		1733
SLV	15708	121109		43321
SLE	31667	54672		0

Tabella 64. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a. – SEZ.A

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	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:	314750	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	150.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	157 di 171

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:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

Raggio circ.:	50.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	30	26
2	0.0	0.0	35.9	20	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	21991	108693	0	1620	0
2	15708	55705	0	31930	0
3	24690	246978	0	1733	0
4	15708	121109	0	43321	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	3.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0	cm

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	21991	108693	0	22003	226567	0	2.08	265.5(23.6)
2	S	15708	55705	0	15701	225219	0	4.04	265.5(23.6)
3	N	24600	246978	0	24666	227136	0	0.92	265.5(23.6)
4	S	15708	121109	0	15701	225219	0	1.86	265.5(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00156	0.0	50.0	0.00123	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00155	0.0	50.0	0.00122	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00157	0.0	50.0	0.00124	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00155	0.0	50.0	0.00122	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

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 (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000038445	-0.000361031	----	----
2	0.000000000	0.000038289	-0.000367493	----	----
3	0.000000000	0.000038511	-0.000358293	----	----
4	0.000000000	0.000038289	-0.000367493	----	----

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali												
GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3T</td> <td>30</td> <td>D 78 CL</td> <td>GA 08 00 002</td> <td>B</td> <td>159 di 171</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	159 di 171
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	159 di 171								

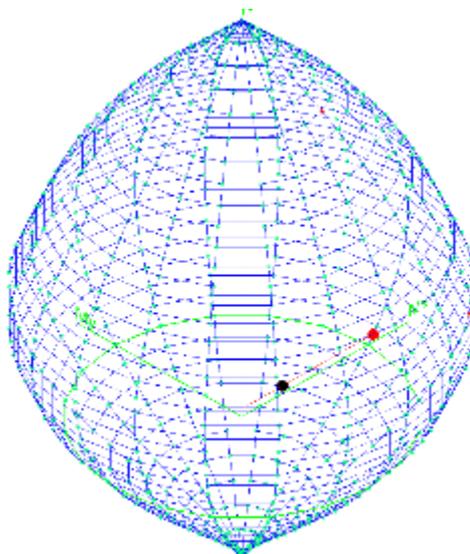


Figura 98. Dominio M-N in condizioni statiche

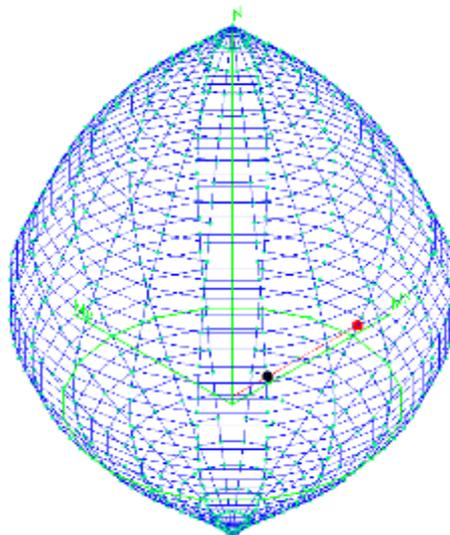


Figura 99. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	160 di 171

Tabella 65. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	178	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	1.79	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

Tabella 66. Verifica a taglio in condizioni sismiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	320	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	1.00	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

Nelle due tabelle precedenti si sono riportate le verifiche a taglio per sezioni non armate a taglio, le verifiche non risultano essere soddisfatte in condizioni statiche, quindi è necessario

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

armare a taglio: si predispone un'armatura a taglio avente diametro 12mm, passo 10 cm, armata al 100% delle barre longitudinali per la zona interessata.

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1620	209296	105128	76.6 63.7	91.0	1.000	1.020	0.7	42.2(0.0)
2	S	31930	208428	105255	76.6 63.8	91.1	1.000	1.014	12.8	42.2(0.0)
3	S	1733	209671	105075	76.6 63.7	91.0	1.000	1.022	0.7	42.2(0.0)
4	S	43321	208428	105255	76.6 63.8	91.1	1.000	1.014	17.4	42.2(0.0)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

9) Verifiche a fessurazione

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente [NTC – Tabella 4.1.IV]:

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 67 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Risultando $w_1 = 0.2 \text{ mm}$ $w_2 = 0.3 \text{ mm}$ $w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si aggiungono in tal caso quelle fornite dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

Combinazione Caratteristica (Rara) $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

1	31667	53221	0
---	-------	-------	---

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm ²]
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/cm ²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] 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	47.3	0.0	0.0	-809	0.0	-41.5	1039	53.1

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
	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	-0.00048	0	0.500	26.0	72	0.00024 (0.00024)	331	0.080 (0.20)	45088	0

Verificata

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

- SEZ. B: interessa la zona (da testa palo a z=8.00 ; da z=8.00 fino a z=23.00m)

Nel seguito si mostrano le combinazioni di azioni con cui sono state eseguite le verifiche del palo in c.a. SEZ. B , avente diametro 1000 mm, passo 0.9m (1.80 per il palo armato) , armato con 1 ordine di barre di diametro 26 mm (24 in totale) con copriferro di 85 mm.

	Nmax	Mmax		Tmax
	daN	daNm		daN
<i>SLU- A1+MI</i>	13744	31253		17833
<i>SLU- A1+MI</i>	13744	31930		17833
<i>SLV</i>	24690	84789		31975
<i>SLV</i>	37699	121109		29556
<i>SLE</i>	31667	40963		0

Tabella 68. Combinazioni di sollecitazioni agenti sul palo in c.a. – SEZ.B

DATI GENERALI

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	70.80	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:	314750	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	26.00	daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	150.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	5400.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	4500.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
 Gallerie Artificiali**

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	165 di 171

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 50.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	41.5	24	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ. d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ. d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	13744	31253	0	17833	0
2	13744	31930	0	17833	0
3	24690	84789	0	31975	0
4	37699	121109	0	29556	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	166 di 171

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sn Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
 Mx Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Sn Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N Res Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
 Mx Res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My res Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	13744	31253	0	13736	126497	0	4.05	127.4(23.6)
2	S	13744	31930	0	13736	126497	0	3.96	127.4(23.6)
3	S	24690	84789	0	24670	129292	0	1.52	127.4(23.6)
4	S	37699	121109	0	37723	132588	0	1.09	127.4(23.6)

METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 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	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00122	0.0	50.0	0.00092	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
2	0.00122	0.0	50.0	0.00092	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
3	0.00125	0.0	50.0	0.00096	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5
4	0.00130	0.0	50.0	0.00099	0.0	41.5	-0.00196	0.0	-41.5

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 (travi e solette)[S 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000034711	-0.000516011	----	----
2	0.000000000	0.000034711	-0.000516011	----	----
3	0.000000000	0.000035093	-0.000500129	----	----
4	0.000000000	0.000035547	-0.000481291	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	167 di 171

Ved	Taglio di progetto [daN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
d z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lunghezza legatura proiettata sulla direzione del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	17833	214255	58407	77.0 66.0	90.6	1.000	1.012	6.9	22.6(0.0)
2	S	17833	214255	58407	77.0 66.0	90.6	1.000	1.012	6.9	22.6(0.0)
3	S	31975	215484	58202	77.0 65.8	90.6	1.000	1.022	12.4	22.6(0.0)
4	S	29556	216949	57966	77.0 65.5	90.5	1.000	1.034	11.5	22.6(0.0)

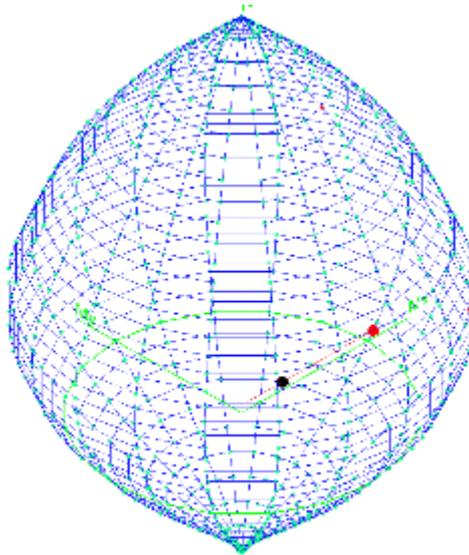


Figura 100. Dominio M-N in condizioni statiche

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
 Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	168 di 171

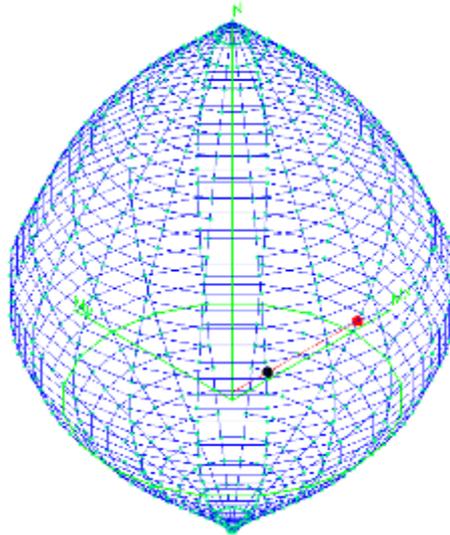


Figura 101. Dominio M-N in condizioni sismiche

Come mostrato nelle due figure precedenti, le verifiche a pressoflessione SLU e SLV sono soddisfatte.

Tabella 69. Verifica a taglio in condizioni statiche

VERIFICA A TAGLIO - SLU						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	319	kN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	1.00	-	
Vrd	319860	N				
Non necessita di armatura a taglio						

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

Tabella 70. Verifica a taglio in condizioni sismiche

VERIFICA A TAGLIO - SLV						
r	500	mm				
c	85	mm				
rs	415	mm				
α	0.56	rad				
Atot	785398	mm ²				
A	644028	mm ²				
h	931.9	mm	Rck	30		
d	764.2	mm	fck	24.9		
bw	842.8	mm	γ_c	1.5		
$1+(200/d)^{0,5}$	1.512			N.ro		area_ferro
k	1.512		As	10	ϕ	26.0
Asl	5309	mm ²				
Asl/(bw·d)	0.008					
ρ_1	0.008		Vrd	319.9	kN	
vmin	0.325		Ved	433	KN	
vmin·bw·d	209035	N	Vrd/Ved	0.74	-	
Vrd	319860	N				
Occorre armatura a taglio						

Nelle due tabelle precedenti si sono riportate le verifiche a taglio per sezioni non armate a taglio, le verifiche risultano essere soddisfatte in entrambe le condizioni.

10) Verifiche a fessurazione

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente [NTC – Tabella 4.1.IV]:

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR– CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) Gallerie Artificiali					
	GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646: Relazione di calcolo opere provvisionali	COMMESSA RS3T	LOTTO 30	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO GA 08 00 002	REV. B

c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 71 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Risultando $w_1 = 0.2 \text{ mm}$ $w_2 = 0.3 \text{ mm}$ $w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si aggiungono in tal caso quelle fornite dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l’apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

Combinazione Caratteristica (Rara) $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	31667	40963	0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm ²]
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/cm ²]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] 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	49.8	0.0	0.0	-1010	0.0	-41.5	1153	26.5

GA19 - Galleria Artificiale da pk 46+541 a pk 46+646:
Relazione di calcolo opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 78 CL	GA 08 00 002	B	171 di 171

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica	
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
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	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 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 [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_sm - e_cm)$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. 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	-0.00059	0	0.500	26.0	72	0.00030 (0.00030)	437	0.132 (0.20)	38031	0

Verificata