



ANAS S.p.A.

Direzione Generale

DG 41/08

LAVORI DI COSTRUZIONE DEL 3° MEGALOTTO DELLA S.S. 106 JONICA - CAT. B -
DALL'INNESTO CON LA S.S. 534 (km 365+150) A ROSETO CAPO SPULICO (km 400+000)

PROGETTO ESECUTIVO

OPERE D'ARTE MINORI

TOMBINI IDRAULICI

Tombino circolare al km 25+600,00 - diam. 1500

Relazione di calcolo

CONTRAENTE GENERALE:

Società di Progetto

SIRJO S.C.p.A.

Presidente:

Dott. Arch. Maria Elena Cuzzocrea

PROGETTAZIONE :



Il progettista:
Dott. Ing. S.Lieto

Consulenti:

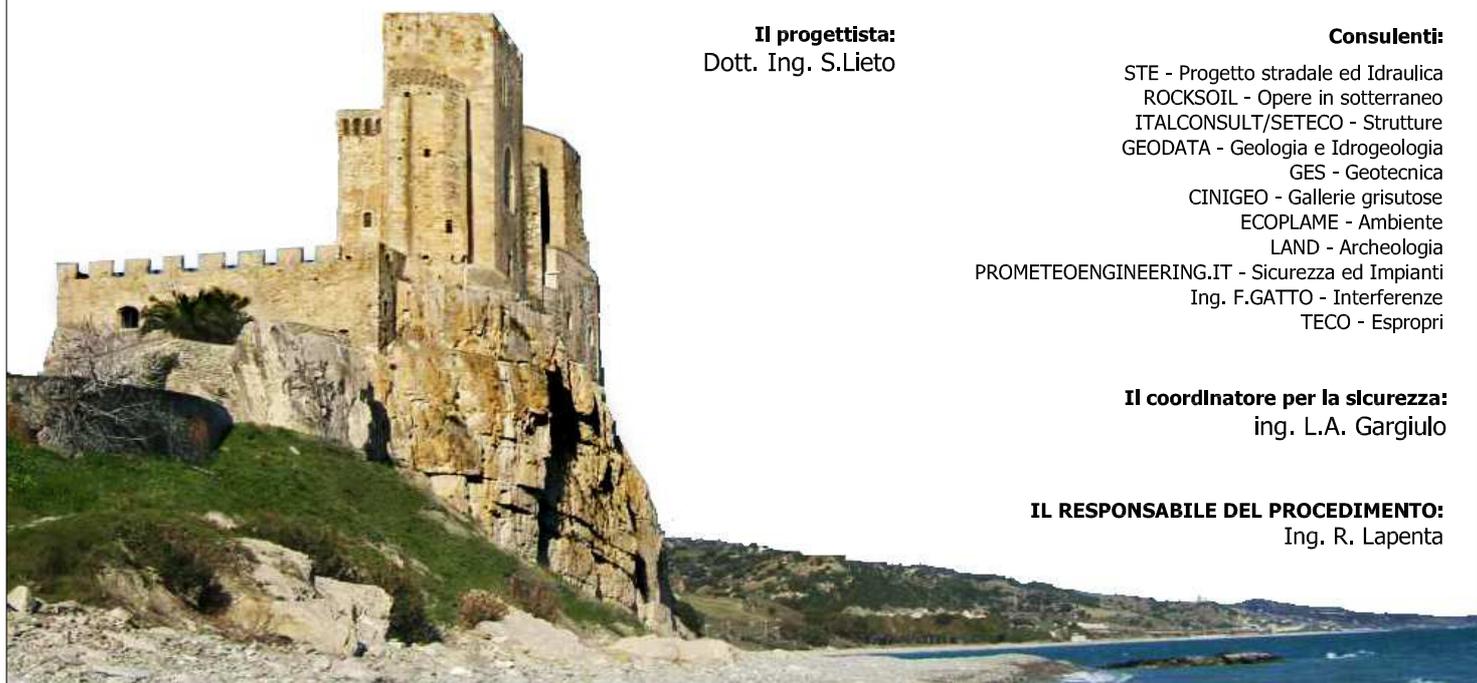
- STE - Progetto stradale ed Idraulica
- ROCKSOIL - Opere in sotterraneo
- ITALCONSULT/SETECO - Strutture
- GEO DATA - Geologia e Idrogeologia
- GES - Geotecnica
- CINIGEO - Gallerie grisuose
- ECOPLAME - Ambiente
- LAND - Archeologia
- PROMETEOENGINEERING.IT - Sicurezza ed Impianti
- Ing. F.GATTO - Interferenze
- TECO - Espropri

Il coordinatore per la sicurezza:

ing. L.A. Gargiulo

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. R. Lapenta



Rep.: -

Scala di rappresentazione: -

Codice Progetto:

L O 7 1 6 C E 1 9 0 1

Codice Elaborato:

T 0 3 T O E 7 S T R R E 0 1 A

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A	15.04.2019	Emissione	Ing. D. Di Renzo	Ing. F.M. La Camera	Ing. S. Lieto

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 1 di 43
---	---	----------------------------	------------------------

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	QUADRO NORMATIVO.....	5
3.	MATERIALI	6
	3.1. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI.....	7
4.	PARAMETRI GEOTECNICI.....	8
5.	CRITERI DI DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA	8
6.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	11
	6.1. COMBINAZIONI PER VERIFICA ALLO S.L.U.....	11
	6.2. COMBINAZIONI PER VERIFICA ALLO S.L.E.	13
	6.3. COMBINAZIONI PER LA CONDIZIONE SISMICA	13
7.	ANALISI DEI MANUFATTI IN C.A.V. A SEZIONE CIRCOLARE.....	14
8.	CRITERI DI ANALISI DEI MURI	15
	8.1. ANALISI DEI CARICHI.....	15
	8.1.1. Carichi Permanenti.....	15
	8.1.2. Azioni Sismiche.....	17
	8.2. COMBINAZIONI DELLE AZIONI	17
	8.3. IMPOSTAZIONI PER LE VERIFICHE.....	19
	8.4. VERIFICA DELLA SEZIONE DI CALCOLO.....	21
	8.4.1. Geometria e Stratigrafia	21
	8.4.2. Carichi applicati.....	22
	8.4.3. Combinazioni.....	23
	8.5. ANALISI SPINTE	28
9.	RISULTATI DELL'ANALISI.....	30
	9.1. INVILUPPO DELLE PRESSIONI	30
	9.2. INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI.....	31
	9.3. INVILUPPO DELLE VERIFICHE.....	34
	9.3.1. Verifiche SLU	34

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 2 di 43
---	---	----------------------------	------------------------

9.3.2. Verifiche SLE	36
9.3.3. Verifiche Fessurazione	37
10. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (punto 10.2)	42
10.1. Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo	42
10.2. Tipo di analisi svolta	42
10.3. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo	42
10.4. Affidabilità dei codici di calcolo.....	43
10.5. Modalità di presentazione dei risultati	43
10.6. Informazioni generali sull'elaborazione	43
10.7. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	43

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 3 di 43
---	--	----------------------------	------------------------

1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo ha per oggetto l'analisi e le relative verifiche del tombino idraulico scatolare TOD1 al Km 0+032.52 della rampa B dello svincolo di Roseto, facente parte delle opere minori nell'ambito del progetto esecutivo per i "Lavori di costruzione del 3° megalotto della S.S 106 Jonica – Cat B – dall'innesto con la S.S. 534 (Km 365+150) a Roseto Capo Spulico (km 400+000)".

A seguire uno stralcio planimetrico e la sezione longitudinale dell' opera in oggetto:

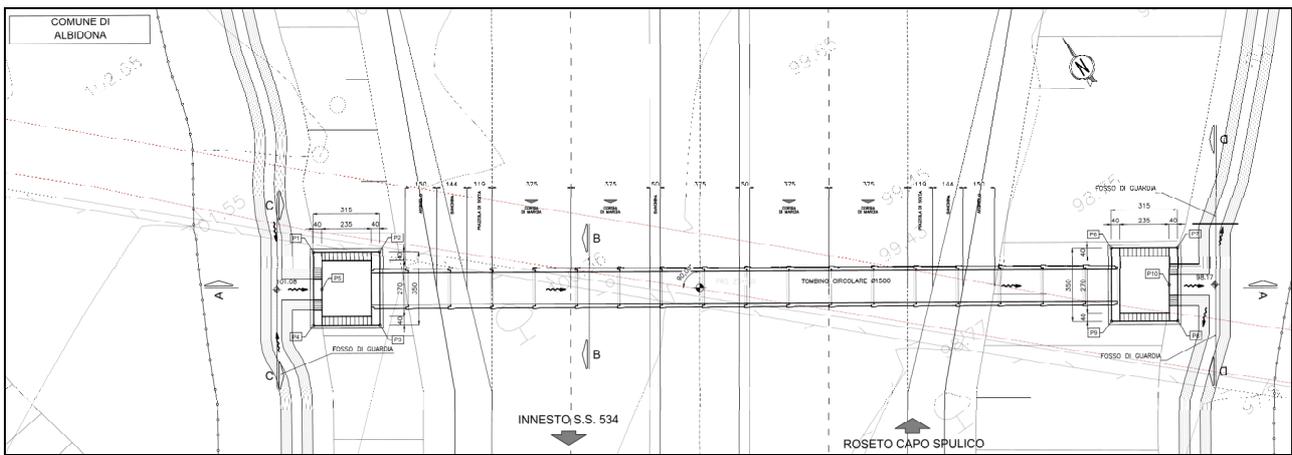


Figura 1 - Stralcio planimetrico

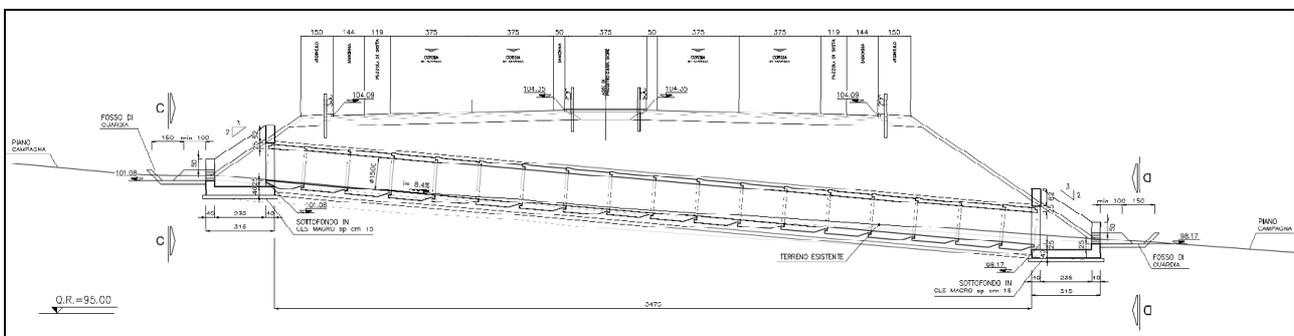
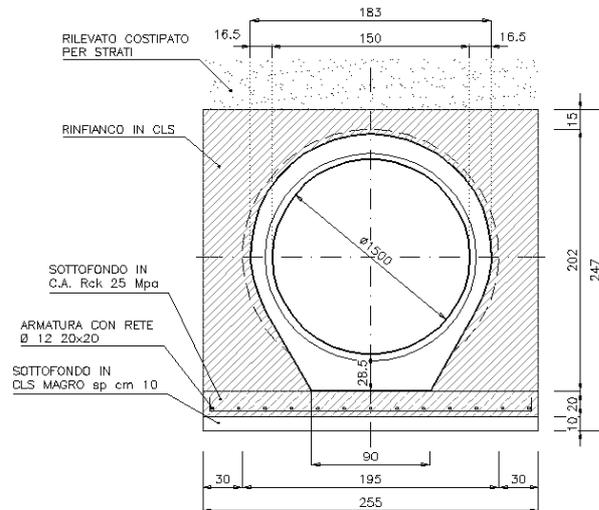


Figura 2 - Profilo longitudinale

Si tratta di una struttura costituita dall'insieme di moduli circolari in cemento vibrocompresso armato di diametro interno pari a 1500 mm e manufatti gettati in opera di imbocco e di uscita.

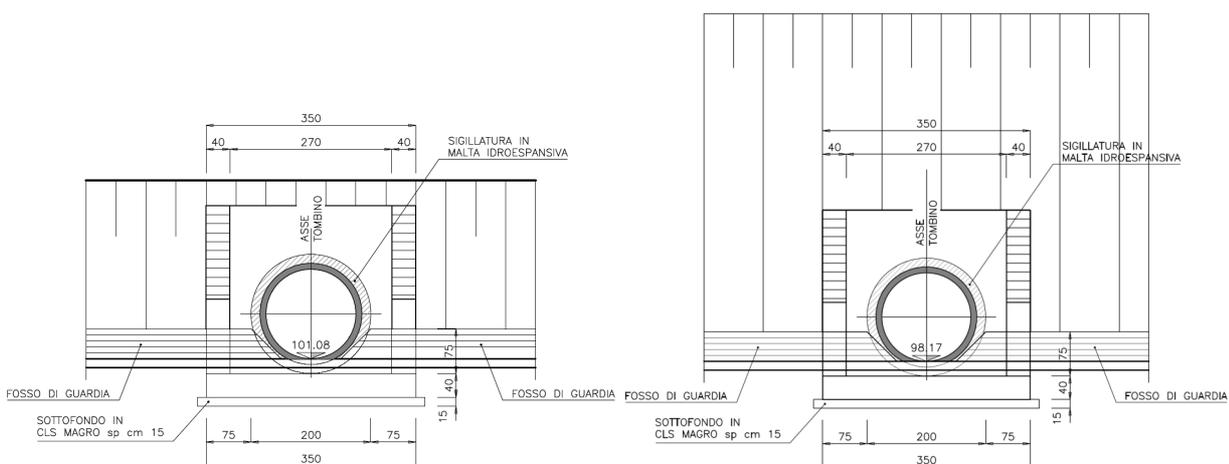
Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 4 di 43
---	--	----------------------------	------------------------



La sezione trasversale del muro di imbocco è costituita da una struttura ad “U” a pareti piene, presenta una sezione con luce interna pari a 2,70 m e altezza interna variabile da un minimo di 1,25 m ad un massimo di 2,82 m; lo spessore del solettone di fondazione è di 40 cm e quello dei piedritti è pari a 40 cm.

La sezione trasversale del muro di uscita è costituita da una struttura ad “U” a pareti piene, presenta una sezione con luce interna pari a 2,70 m e altezza interna variabile da un minimo di 1,25 m ad un massimo di 2,82 m; lo spessore del solettone di fondazione è di 40 cm e quello dei piedritti è pari a 40 cm.

Si riportano di seguito i prospetti di imbocco ed uscita



L’elaborazione dei calcoli statici e le verifiche di stabilità, in ottemperanza al metodo degli stati limite, sono state condotte con l’ausilio del programma di calcolo **“SCAT14.0”** prodotto da **Aztec informatica**.

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 5 di 43
---	---	----------------------------	------------------------

2. QUADRO NORMATIVO

Nell'esecuzione dei calcoli si fa riferimento alla legislazione vigente con particolare riferimento alle seguenti norme:

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 6 di 43
--	---	---------------------	-----------------

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

3. MATERIALI

CALCESTRUZZI

R_{ck} = Resistenza caratteristica cubica

f_{ck} = Resistenza caratteristica cilindrica = $R_{ck} \times 0.83$

f'_{cd} = Resistenza di calcolo cilindrica = $\alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$

α_{cc} = coefficiente riduttivo = 0.85

γ_c = coefficiente di sicurezza = 1.5

Cls Fondazione ed Elevazioni

Classe del calcestruzzo	C32/40	
Classe di esposizione	si rimanda alle indicazioni riportate nell'elaborato di tabella materiali	
Resistenza caratteristica cubica R_{ck}	≥ 40.00	[MPa]
Resistenza caratteristica f_{ck}	= 33.20	[MPa]
Resistenza media a trazione semplice f_{ctm}	= 3.10	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione $f'_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c$	= 18.81	[MPa]
Modulo elastico E_c	= 33642	[MPa]
Copriferro c	= 50.00	[mm]

ACCIAI

f_{yk} = Tensione caratteristica di snervamento

f_{yd} = Resistenza di calcolo f_{yk} / γ_s

γ_s = coefficiente di sicurezza = 1.15

Acciaio per armatura ordinaria

B450C (ex Fe B 44k)

Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	≥ 540.00 [MPa]
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	≥ 450.00 [MPa]
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	= 391.30 [MPa]
Modulo elastico	E_s	= 210000 [MPa]

3.1. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206:2016 ed UNI 11104:2016.

Per la verifica a fessurazione si fa riferimento ad una condizione ambientale di tipo ordinario, aggressivo e molto aggressivo a seconda delle classi di esposizione (ved. par. 4.1.2.2.4 D.M.14/01/2008). Le tabelle 4.1.III e 4.1.IV indicano le condizioni ambientali relativamente alle classi di esposizione dei materiali e i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento a dette condizioni e tipologia di armatura (*sensibile*: acciaio da precompresso ; *poco sensibile*: acciai ordinari):

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

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	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	$\leq w_1$

con

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

e $w_d = 1.7 \cdot w_m$ dove w_m rappresenta l' ampiezza media delle fessure.

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 8 di 43
--	---	---------------------	-----------------

4. PARAMETRI GEOTECNICI

Per la definizione del modello geotecnico nonché della successione stratigrafica si è fatto riferimento alla Relazione Geotecnica Generale. Di seguito si riportano le caratteristiche fisiche, i parametri di deformabilità e di resistenza dei terreni interessati dall'opera.

TERRENO DI BASE

peso di volume naturale $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$

angolo di attrito $\varphi' = 33^\circ$

coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$

RILEVATO

peso di volume naturale $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$

angolo di attrito $\varphi' = 30^\circ$

coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$

La falda è assunta a quota del piano di posa della fondazione.

La modellazione del terreno è stata condotta secondo lo schema alla Winkler mediante cioè un letto di molle che presentano una rigidezza rappresentata dalla costante K_{winkler} .

K_{Winkler} fondazione $K_w = 0.71 \text{ kg/cm}^3 = 71 \text{ kPa/cm}$

K_{Winkler} terreno laterale $K_w = 0.01 \text{ kg/cm}^3 = 1 \text{ kPa/cm}$ (a vantaggio di sicurezza)

5. CRITERI DI DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non strutturali, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma (NTC 2008).

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 9 di 43
---	---	----------------------------	------------------------

- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite disalvanguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (**SLD**) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 (NTC).

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto § 7.9.2., assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica un comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – φ1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 10 di 43
--	---	---------------------	------------------

Le azioni sismiche sono valutate in relazione al periodo di riferimento della struttura, che si ricava moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I della norma:

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è:

$$P_{VR}(SLV) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni vale:

$$T_R(SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T_c^* .

a_g accelerazione massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

S coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T).

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 11 di 43
--	---	---------------------	------------------

Per i dettagli sui dati di riferimento ed i valori di calcolo dei coefficienti sismici si rimanda al riepilogo riportato al paragrafo 8.4.

6. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, utilizzate per condurre le verifiche agli stati limite ultimi e agli stati limite di esercizio, sono state originate in ottemperanza con quanto prescritto dalla vigente normativa.

6.1. COMBINAZIONI PER VERIFICA ALLO S.L.U.

Le azioni sulla struttura devono essere cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli (rif. punto 2.5 NTC08):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i=2} \gamma_{Qi} (\psi_{0i} Q_{ki})$$

con:

G_1 = valore caratteristico del peso proprio di tutti gli elementi strutturali

G_2 = valore caratteristico del peso proprio di tutti gli elementi non strutturali

P = valore caratteristico della pretensione e precompressione

Q_{k1} = valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione

Q_{ki} = valore caratteristico delle azioni variabili tra loro indipendenti

ψ_{0i} = valore raro dei coefficienti di combinazione per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali (rif. tabella 5.1.VI delle NTC08)

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 12 di 43
--	---	---------------------	------------------

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ , utilizzati per il calcolo (rif. Punto 5.1.3.12 NTC08), sono riportati nella tabella 5.1.V delle NTC08 in funzione dell'effetto favorevole o sfavorevole e delle verifiche considerate.

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Gli stati limite ultimi delle opere interrate si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU) collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR) raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Trattandosi di opere interrate, le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 5.1.V e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici.

- combinazione 1 \rightarrow (A1+M1+R1) \rightarrow STR (verifiche degli elementi strutturali)
combinazione 2 \rightarrow (A2+M2+R2) \rightarrow GEO (carico limite)

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – φ1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 13 di 43
--	---	---------------------	------------------

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni :

$$\begin{aligned} \text{STR}) &\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{0i} \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{GEO}) &\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{0i} \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\phi)) \end{aligned}$$

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

6.2. COMBINAZIONI PER VERIFICA ALLO S.L.E.

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\begin{aligned} \text{Frequente)} &\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{Quasi permanente)} &\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{Rara)} &\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \end{aligned}$$

I valori dei coefficienti di combinazione sono dedotti dalla tabella 5.1.VI del D.M. 14 Gennaio 2008.

6.3. COMBINAZIONI PER LA CONDIZIONE SISMICA

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite, SLV e SLD, sono le seguenti (approccio 1):

$$\begin{aligned} \text{STR}) &\Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k') \\ \text{GEO}) &\Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\phi)) \end{aligned}$$

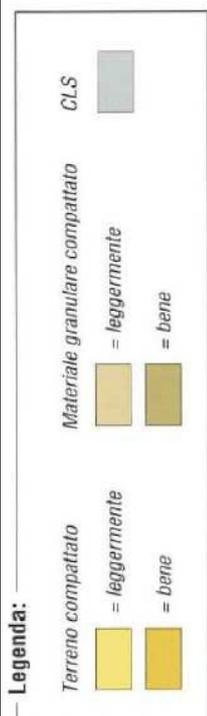
Gli effetti dell' azione sismica saranno valutati tenendo conto della masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

7. ANALISI DEI MANUFATTI IN C.A.V. A SEZIONE CIRCOLARE

Di seguito si riporta il calcolo della sezione circolare Ø1500, per un ricoprimento variabile da 0.50 m fino a 10.00 m, con la relativa classe di resistenza minima.

DN	[mm]	1500	tipologia posa	L'e [m]	t [m]	coeff din	Qc [kN/m]	Qh2o	H/De	Cz	QrTS [kN/m]	Qf [kN/m]	H/B	H0	Ct	QrTE [kN/m]	A	B	a/b=1	Qtot [kN/m]	Cp	carico fessurazione richiesto [kN/m]	classe resistenza minima [kN/m ²]
spessore	[mm]	1500																					
Diametro esterno tubo	[mm]	1500																					
Angolo d'affritto	[°]	35																					
Peso specifico terreno	[kN/m ³]	18																					
Larghezza scavo a livello estradosso	[mm]	2900																					
Convoglio a n assi (2 o 3)		2																					
sovraccarico max ruota (NTC)	[kN]	150																					
Carico folia lato impronta	[kN/m ²]	9																					
interasse tras	[m]	0,4																					
interasse long	[m]	2																					
PESO convoglio	[kN]	1,2																					
Fattore empirico		600																					
lambda mu'		1,795																					
tsd		0,192																					
		0,6																					
profondità rintiro [mm]																							
400	terrapieno	3,74	0,96	1,000	251,01	13,01	0,27	0,97	-	-	13,50	0,14	3000	1,05	12,13	2,16	2,00	1,08	289,65	3,5	82,8	83	
500	terrapieno	3,88	1,10	1,000	211,16	13,01	0,33	0,97	-	-	13,50	0,17	3000	1,07	15,36	2,16	2,00	1,08	253,02	3,5	72,3	72	
600	terrapieno	4,02	1,24	1,000	180,79	13,01	0,40	0,96	-	-	13,50	0,21	3000	1,08	18,68	2,16	2,00	1,08	225,97	3,5	64,6	65	
700	terrapieno	4,16	1,38	1,000	156,97	13,01	0,47	0,96	-	-	13,50	0,24	3000	1,10	22,08	2,16	2,00	1,08	205,56	3,5	58,7	59	
800	terrapieno	4,30	1,52	1,000	137,87	13,01	0,53	0,95	-	-	13,50	0,28	3000	1,11	25,57	2,16	2,00	1,08	189,94	3,5	54,3	54	
900	terrapieno	4,44	1,66	1,000	122,26	13,01	0,60	0,94	-	-	13,50	0,31	3000	1,12	29,15	2,16	2,00	1,08	177,91	3,5	50,8	51	
1000	terrapieno	4,58	1,80	1,000	109,30	13,01	0,67	0,94	-	-	13,50	0,34	3000	1,14	32,82	2,16	2,00	1,08	168,63	3,5	48,2	48	
1500	terrapieno	5,28	2,50	1,000	68,25	13,01	1,00	0,91	-	-	13,50	0,52	3000	1,22	52,67	2,16	2,00	1,08	147,42	3,5	42,1	42	
2000	terrapieno	5,98	3,20	1,000	47,08	13,01	1,33	0,88	-	-	13,50	0,69	3000	1,30	75,22	2,16	2,00	1,08	148,80	3,5	42,5	43	
2500	terrapieno	6,68	3,90	1,000	34,58	13,01	1,67	0,85	-	-	13,50	0,86	3000	1,40	100,85	2,16	2,00	1,08	161,93	3,5	46,3	46	
3000	terrapieno	7,38	4,60	1,000	26,53	13,01	2,00	0,83	-	-	13,50	1,03	3000	1,50	129,99	2,16	2,00	1,08	183,02	3,5	52,3	52	
3500	terrapieno	8,08	5,30	1,000	21,03	13,01	2,33	0,80	-	-	13,50	1,21	3000	1,60	161,03	2,16	2,00	1,08	208,56	3,5	59,6	60	
4000	terrapieno	8,78	6,00	1,000	17,10	13,01	2,67	0,78	-	-	13,50	1,38	3000	1,67	192,07	2,16	2,00	1,08	235,67	3,5	67,3	67	
4500	trincea stretta	9,48	6,70	1,000	14,18	13,01	3,00	0,75	188,77	13,50	1,55	3000	1,72	-	-	-	-	-	229,45	3,5	65,6	66	
5000	trincea stretta	10,18	7,40	1,000	11,95	13,01	3,33	0,73	203,61	13,50	1,72	3000	1,76	-	-	-	-	-	242,07	3,5	69,2	69	
5500	trincea stretta	10,88	8,10	1,000	10,22	13,01	3,67	0,71	217,51	13,50	1,90	3000	1,80	-	-	-	-	-	254,23	3,5	72,6	73	
6000	trincea stretta	11,58	8,80	1,000	8,84	13,01	4,00	0,69	230,51	13,50	2,07	3000	1,83	-	-	-	-	-	265,85	3,5	76,0	76	
10000	trincea stretta	17,18	14,39	1,000	3,64	13,01	6,67	0,55	308,63	13,50	3,45	0	1,00	-	-	-	-	-	338,78	3,5	96,8	97	



Condizioni di carico per strade di prima categoria secondo NTC

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – φ1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 15 di 43
--	---	---------------------	------------------

8. CRITERI DI ANALISI DEI MURI

8.1. ANALISI DEI CARICHI

8.1.1. Carichi Permanenti

Peso Proprio Elementi Strutturali:

Peso Proprio del cls 25.00 kN/m³

Spinta del terreno:

- *Spinta attiva - Metodo di Coulomb*

La teoria di Coulomb considera l'ipotesi di un cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea. Dall'equilibrio del cuneo si ricava la spinta che il terreno esercita sull'opera di sostegno. In particolare Coulomb ammette, al contrario della teoria di Rankine, l'esistenza di attrito fra il terreno e la parete, e quindi la retta di spinta risulta inclinata rispetto alla normale alla parete stesso di un angolo di attrito terra-parete.

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno, di peso di volume γ , su una parete di altezza H , risulta espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione (per terreno incoerente)

$$S = 1/2\gamma H^2 K_a$$

K_a rappresenta il coefficiente di spinta attiva di Coulomb nella versione riveduta da Muller-Breslau, espresso come

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi)}{\sin^2\alpha \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \frac{\sqrt{[\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta)]}}{\sqrt{[\sin(\alpha - \delta)\sin(\alpha + \beta)]}} \right]^2}$$

dove ϕ è l'angolo d'attrito del terreno, α rappresenta l'angolo che la parete forma con l'orizzontale ($\alpha = 90^\circ$ per parete verticale), δ è l'angolo d'attrito terreno-parete, β è l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale.

La spinta risulta inclinata dell'angolo d'attrito terreno-parete δ rispetto alla normale alla parete.

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 16 di 43
--	---	---------------------	------------------

Il diagramma delle pressioni del terreno sulla parete risulta triangolare con il vertice in alto. Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ($1/3 H$ rispetto alla base della parete). L'espressione di K_a perde di significato per $\beta > \phi$. Questo coincide con quanto si intuisce fisicamente: la pendenza del terreno a monte della parete non può superare l'angolo di natural declivio del terreno stesso.

Nel caso di terreno dotato di attrito e coesione c l'espressione della pressione del terreno ad una generica profondità z vale

$$\sigma_a = \gamma z K_a - 2 c \sqrt{K_a}$$

- *Spinta in presenza di falda*

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma_a = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso di volume dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

- *Spinta a Riposo*

Si assume che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo.

Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

dove ϕ rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfiaccio.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità z e la spinta totale sulla parete di altezza H valgono

$$\sigma = \gamma z K_0 + p_v K_0$$

$$S = 1/2 \gamma H^2 K_0 + p_v K_0 H$$

dove p_v è la pressione verticale agente in corrispondenza della calotta.

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 17 di 43
--	---	---------------------	------------------

8.1.2. Azioni Sismiche

Le azioni sismiche vengono valutate in base alle accelerazioni massime attese in superficie.

Si fanno le seguenti assunzioni:

Comune	Albidona (CS)
Coordinate area interesse opera	Lat: 39,93, Long: 16,47
Vita nominale opera	$V_N = 50$ anni
Classe d'uso opera	IV \rightarrow $C_u = 2$
Vita di riferimento	$V_R = V_N \times C_u = 100$ anni
Categoria sottosuolo	B
Categoria topografica	T1

I parametri sismici adottati sono stati desunti dall'elaborato "LO716CE1901 T00 GEO0 GEO RE13 – Relazione Simica", ove sono riportati categoria del sottosuolo e categoria topografica delle singole opere.

Per ulteriori dettagli sui valori di calcolo dei coefficienti sismici si rimanda al riepilogo riportato al paragrafo 8.4.

8.2. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi permanenti e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e lasciati inalterati i carichi.

Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

N.T.C. 2008 – Approccio 1

Simbologia adottata

γ_{G1sfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{G1fav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{G2sfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali
γ_{G2fav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali
γ_Q	Coefficiente parziale sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ_c	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 18 di 43
--	---	---------------------	------------------

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{G1fav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1sfav}	1,35	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2fav}	0,00	0,00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	γ_{G2sfav}	1,50	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qifav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qisfav}	1,50	1,30
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,35	1,15
Termici	Favorevole	γ_{efav}	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	γ_{esfav}	1,20	1,20

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{G1fav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1sfav}	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	γ_{G2fav}	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G2sfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qifav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qisfav}	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00
Termici	Favorevole	γ_{efav}	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	γ_{esfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – φ1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 19 di 43
--	---	---------------------	------------------

8.3. IMPOSTAZIONI PER LE VERIFICHE

Le verifiche degli elementi strutturali che compongono lo scatolare, sono state eseguite mediante il metodo degli Stati Limite. Si riporta nel seguito uno stralcio delle impostazioni adottate sul software utilizzato per l'analisi e verifica del modello di calcolo.

Verifica materiali:

Stato Limite Ultimo

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo γ_c	1.50
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$$V_{Rd} = [0.18 * k * (100.0 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 * \sigma_{cp}] * b_w * d > (v_{min} + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

$$V_{Rsd} = 0.9 * d * A_{sw} / s * (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) * \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 * d * b_w * \alpha_c * f_{cd}' * (\text{ctg}(\theta) + \text{ctg}(\alpha)) / (1.0 + \text{ctg}\theta^{1/2})$$

con:

d altezza utile sezione [mm]

b_w larghezza minima sezione [mm]

σ_{cp} tensione media di compressione [N/mmq]

ρ_l rapporto geometrico di armatura

A_{sw} area armatura trasversale [mmq]

S interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]

α_c coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}

$$f_{cd}' = 0.5 * f_{cd}$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 20 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

Stato Limite di Esercizio

Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare) $0.60 f_{ck}$

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.) $0.45 f_{ck}$

Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare) $0.80 f_{yk}$

Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure $w_1=0.20$ $w_2=0.30$ $w_3=0.40$

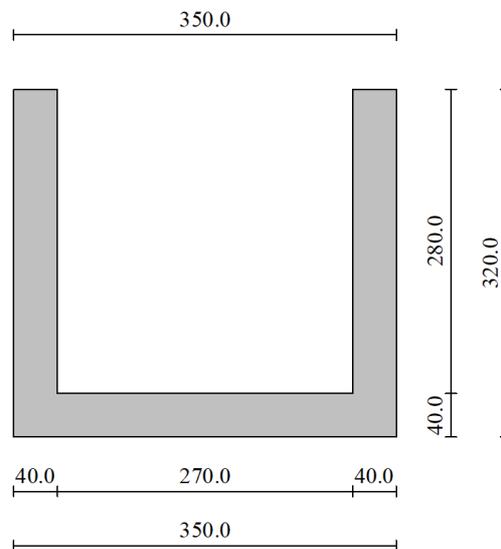
Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2008 - Approccio 1

Per maggiori dettagli sull'approccio progettuale adottato si rimanda al capitolo 6 ed al paragrafo 8.4; nel primo vengono illustrati i criteri generali, mentre nel secondo sono sintetizzate tutte le combinazioni utilizzate.

Copriferro sezioni 5.00 [cm]

8.4. VERIFICA DELLA SEZIONE DI CALCOLO



8.4.1. Geometria e Stratigrafia

Descrizione:	Scatolare semplice	
Altezza esterna	3,20	[m]
Larghezza esterna	3,50	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0,40	[m]
Spessore piedritto destro	0,40	[m]
Spessore fondazione	0,40	[m]

Strato di rinfiango

Descrizione	Terreno di rinfiango	
Peso di volume	18,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	18,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	30,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	20,00	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	1	[kPa/cm]

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 22 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	18,5000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	18,5000	[kN/mc]
Angolo di attrito	33,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	22,00	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	71	[kPa/cm]
	Falda	
Quota falda (rispetto al piano di posa)	0,00	[m]

8.4.2. Carichi applicati

Convenzioni adottate

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Carichi verticali positivi se diretti verso il basso

Carichi orizzontali positivi se diretti verso destra

Coppie concentrate positive se antiorarie

Ascisse X (esprese in m) positive verso destra

Ordinate Y (esprese in m) positive verso l'alto

Carichi concentrati espressi in kN

Coppie concentrate espressi in kNm

Carichi distribuiti espressi in kN/m

Simbologia adottata e unità di misura

Forze concentrate

X	ascissa del punto di applicazione dei carichi verticali concentrati
Y	ordinata del punto di applicazione dei carichi orizzontali concentrati
F_y	componente Y del carico concentrato
F_x	componente X del carico concentrato
M	momento

Forze distribuite

X_i, X_f	ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali
Y_i, Y_f	ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali
V_{ni}	componente normale del carico distribuito nel punto iniziale
V_{nf}	componente normale del carico distribuito nel punto finale
V_{ti}	componente tangenziale del carico distribuito nel punto iniziale
V_{tf}	componente tangenziale del carico distribuito nel punto finale
D_{te}	variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi
D_{ti}	variazione termica lembo interno espressa in gradi centigradi

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 23 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)

Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)

Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)

Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)

Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)

Condizione di carico n°6 (Spinta falda)

Condizione di carico n° 7 (Battente idraulico)

Distr Fondaz. $X_i= 0,40$ $X_f= 3,10$ $V_{ni}= 13,33$ $V_{nf}= 13,33$ $V_{ti}= 0,00$ $V_{tf}= 0,00$

8.4.3. Combinazioni

Simbologia adottata

- γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione
C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Spinta falda	Sfavorevole	1.35	1.00	1.35
Battente idraulico	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 2 SLU (Caso A2-M2)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 3 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 24 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

Combinazione n° 4 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 25 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

Combinazione n° 9 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 SLE (Rara)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.70	0.70

Combinazione n° 12 SLE (Frequente)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 13 SLE (Quasi Permanente)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 26 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

Combinazione n° 14 SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 17 SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 18 SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 27 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

Combinazione n° 19 SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 20 SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 21 SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 22 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 23 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 28 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

Combinazione n° 24 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 25 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Battente idraulico	Sfavorevole	1.00	0.30	0.30
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

8.5. ANALISI SPINTE

Dato l'elevato numero di combinazioni analizzate si riportano in seguito i dati salienti con i quali l'analisi è stata effettuata.

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine	39.923778
Longitudine	16.471111
Comune	Albidona
Provincia	Cosenza
Regione	Calabria
Punti di interpolazione del reticolo	37009 - 37008 - 37230 - 37231

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV - Opere strategiche ed industrie molto pericolose
Vita di riferimento	100 anni

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 29 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo $a_g =$	1.63 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*Ss) = 19.91$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 9.96$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.69 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*Ss) = 8.49$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 4.25$
Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare
Spinta sismica	Mononobe-Okabe
Angolo diffusione sovraccarico	30,00 [°]

Coefficienti di spinta

N°combinazione	Statico	Sismico
1	0,500	0,000
2	0,581	0,000
3	0,297	0,439
4	0,297	0,487
5	0,364	0,582
6	0,364	0,525
7	0,297	0,439
8	0,297	0,487
9	0,364	0,582
10	0,364	0,525
11	0,500	0,000

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 30 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

12	0,500	0,000
13	0,500	0,000
14	0,500	0,402
15	0,500	0,374
16	0,500	0,402
17	0,500	0,374
18	0,500	0,402
19	0,500	0,374
20	0,500	0,402
21	0,500	0,374
22	0,500	0,402
23	0,500	0,374
24	0,500	0,402
25	0,500	0,374

Discretizzazione strutturale

Numero elementi fondazione	34
Numero elementi piedritto sinistro	32
Numero elementi piedritto destro	32
Numero molle piedritto sinistro	33
Numero molle piedritto destro	33

9. RISULTATI DELL'ANALISI

9.1. INVILUPPO DELLE PRESSIONI

Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione

X [m]	σ_{tmin} [kPa]	σ_{tmax} [kPa]
0,20	29	55
0,98	30	56
1,75	32	57
2,52	30	56
3,30	29	55

9.2. INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI

Inviluppo sollecitazioni fondazione

X [m]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]	Vmin [kN]	Vmax [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]
0,20	-67,51	-40,52	-37,88	-25,17	37,16	55,12
0,98	-48,99	-23,63	-15,34	-8,36	38,68	54,67
1,75	-41,61	-18,05	-0,70	4,40	40,19	54,67
2,52	-48,99	-23,63	12,15	20,78	38,68	54,67
3,30	-67,51	-40,52	25,17	37,88	37,16	55,12

Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

X [m]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]	Vmin [kN]	Vmax [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]
0,20	-67,51	-40,52	39,14	54,67	26,49	39,72
1,70	-14,37	-5,07	10,12	19,65	13,25	19,86
3,20	0,00	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00

Inviluppo sollecitazioni piedritto destro

X [m]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]	Vmin [kN]	Vmax [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]
0,20	-67,51	-40,52	-54,67	-39,14	26,49	39,72
1,70	-14,37	-5,07	-19,65	-10,12	13,25	19,86
3,20	0,00	0,00	-1,89	0,00	0,00	0,00

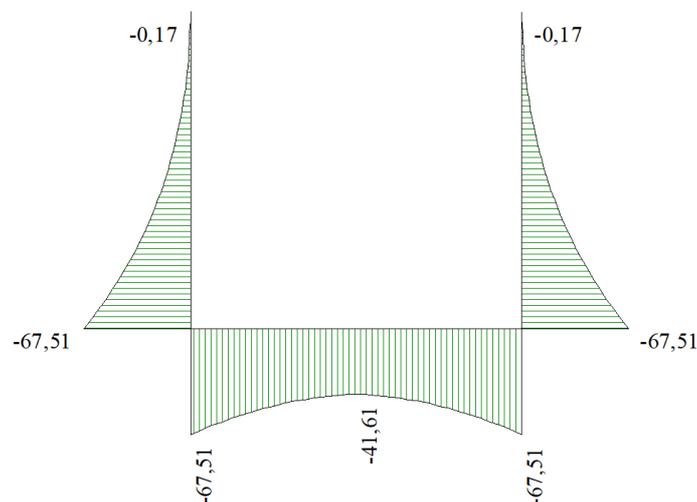


Figura 3 - Diagramma involuppo momento flettente – SLU

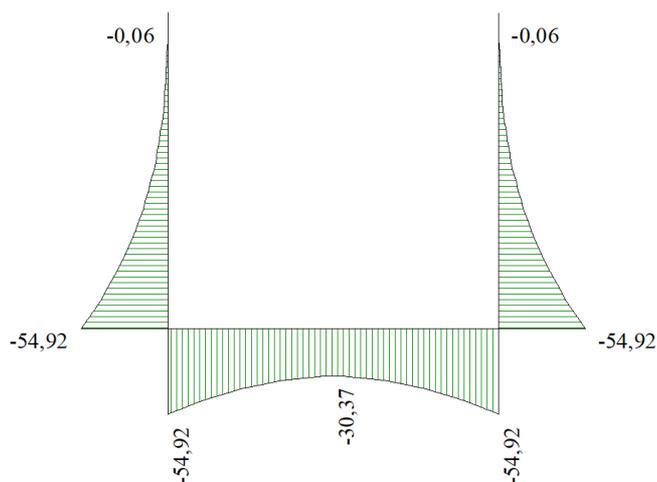


Figura 4 - Diagramma involuppo momento flettente – SLE

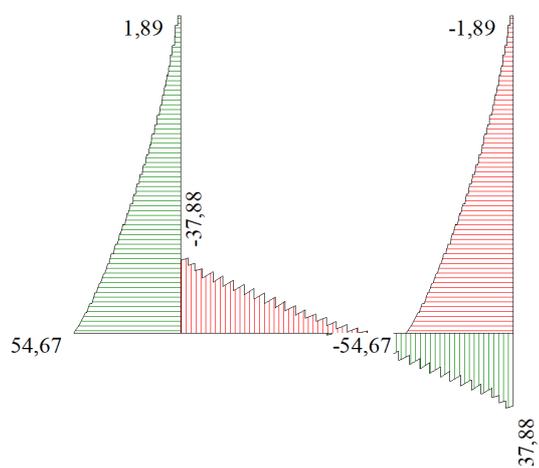


Figura 5 - Diagramma involuppo taglio – SLU

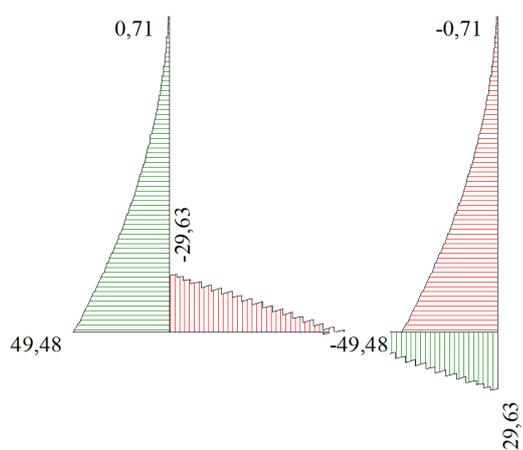


Figura 6 - Diagramma involuppo taglio – SLE

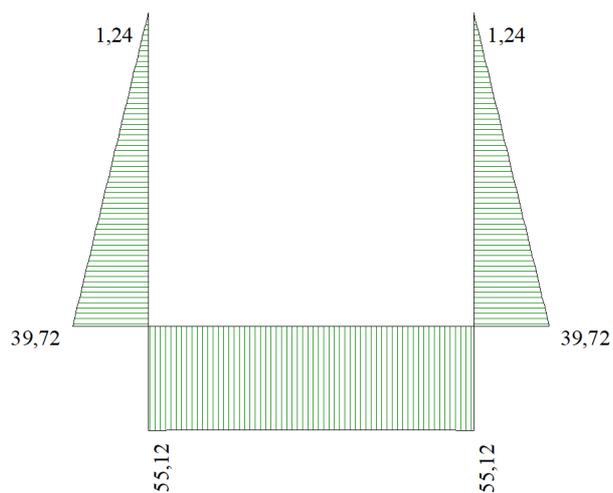


Figura 7 - Diagramma involuppo sforzo normale – SLU

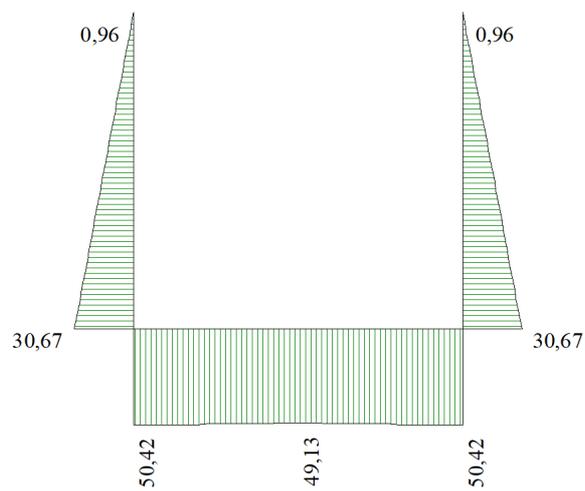
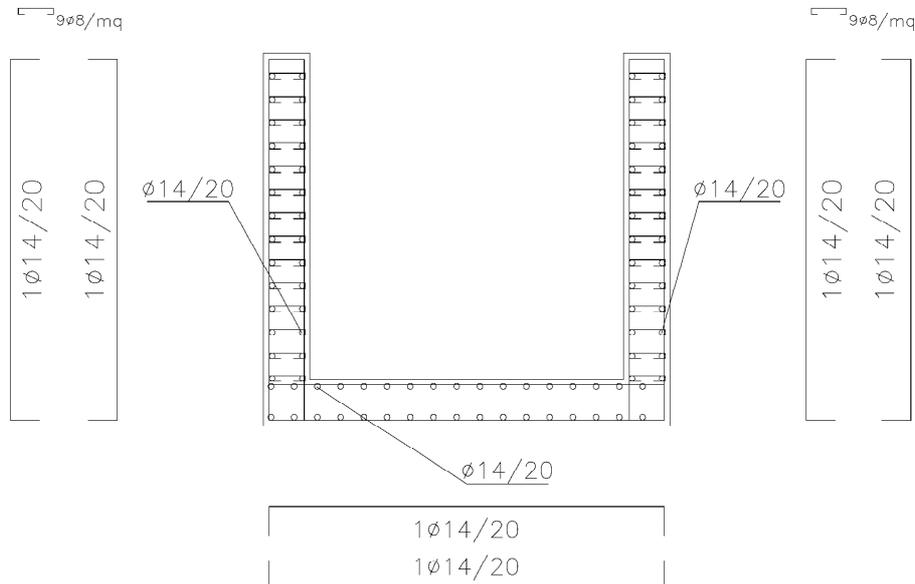


Figura 8 - Diagramma involuppo sforzo normale - SLE

9.3. INVILUPPO DELLE VERIFICHE

Si riporta di seguito la distinta dell'opera in oggetto:



9.3.1. Verifiche SLU

Simbologia adottata ed unità di misura

N°	Indice sezione
X	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in cm
M	Momento flettente, espresso in kNm
V	Taglio, espresso in kN
N	Sforzo normale, espresso in kN
N_u	Sforzo normale ultimo, espressa in kN
M_u	Momento ultimo, espressa in kNm
A_{fi}	Area armatura inferiore, espressa in cm ²
A_{fs}	Area armatura superiore, espressa in cm ²
CS	Coeff. di sicurezza sezione
V_{Rd}	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi senza armature trasversali, espressa in kN
V_{Rcd}	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi con armature trasversali, espressa in kN
V_{Rsd}	Aliquota taglio assorbita armature trasversali, espressa in kN
A_{sw}	Area armature trasversali nella sezione, espressa in cm ²

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 40,00$ cm

X	A_{fi}	A_{fs}	CS
0,20	7,70	7,70	1,73
0,98	7,70	7,70	2,29
1,75	7,70	7,70	2,99
2,52	7,70	7,70	2,23
3,30	7,70	7,70	1,73

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 35 di 43
---	--	----------------------------	-------------------------

X	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	A_{sw}
0,20	173,14	0,00	0,00	0,00
0,98	173,14	0,00	0,00	0,00
1,75	173,14	0,00	0,00	0,00
2,52	173,14	0,00	0,00	0,00
3,30	173,14	0,00	0,00	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40,00 cm

Y	A_{fi}	A_{fs}	CS
0,20	7,70	7,70	1,66
1,70	7,70	7,70	5,75
3,20	7,70	7,70	187,44

Y	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	A_{sw}
0,20	171,17	0,00	0,00	0,00
1,70	168,57	0,00	0,00	0,00
3,20	165,96	0,00	0,00	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40,00 cm

Y	A_{fi}	A_{fs}	CS
0,20	7,70	7,70	1,66
1,70	7,70	7,70	5,75
3,20	7,70	7,70	187,44

Y	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	A_{sw}
0,20	171,17	0,00	0,00	0,00
1,70	168,57	0,00	0,00	0,00
3,20	165,96	0,00	0,00	0,00

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 36 di 43
--	---	---------------------	------------------

9.3.2. Verifiche SLE

Simbologia adottata ed unità di misura

N°	Indice sezione
X	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m
M	Momento flettente, espresso in kNm
V	Taglio, espresso in kN
N	Sforzo normale, espresso in kN
A_{fi}	Area armatura inferiore, espressa in cmq
A_{fs}	Area armatura superiore, espressa in cmq
σ_{fi}	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore, espresse in kPa
σ_{fs}	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore, espresse in kPa
σ_c	Tensione nel calcestruzzo, espresse in kPa
τ_c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo, espresse in kPa
A_{sw}	Area armature trasversali nella sezione, espressa in cmq

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 40,00$ cm

X	A_{fi}	A_{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
0,20	7,70	7,70	4096	188807	25688
0,98	7,70	7,70	2749	116931	18641
1,75	7,70	7,70	2256	91089	15992
2,52	7,70	7,70	2749	116931	18641
3,30	7,70	7,70	4096	188807	25688

X	τ_c	A_{sw}
0,20	-100	0,00
0,98	-48	0,00
1,75	9	0,00
2,52	59	0,00
3,30	100	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 40,00$ cm

Y	A_{fi}	A_{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
0,20	7,70	7,70	4093	23854	201430
1,70	7,70	7,70	671	4815	26677
3,20	7,70	7,70	0	0	0

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 37 di 43
--	---	---------------------	------------------

Y	τ_c	A_{sw}
0,20	166	0,00
1,70	50	0,00
3,20	2	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 40,00 cm

Y	A_{fi}	A_{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
0,20	7,70	7,70	4093	23854	201430
1,70	7,70	7,70	671	4815	26677
3,20	7,70	7,70	0	0	0

Y	τ_c	A_{sw}
0,20	-166	0,00
1,70	-50	0,00
3,20	-2	0,00

9.3.3. Verifiche Fessurazione

Simbologia adottata ed unità di misura

N°	Indice sezione
X_i	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m
M_p	Momento, espresse in kNm
M_n	Momento, espresse in kNm
w_k	Ampiezza fessure, espresse in mm
w_{lim}	Apertura limite fessure, espresse in mm
s	Distanza media tra le fessure, espresse in mm
ε_{sm}	Deformazione nelle fessure, espresse in [%]

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 11 - SLE (Rara)]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	40,520	0,000	100,000	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	24,140	0,000	100,000	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	18,760	0,000	100,000	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	24,140	0,000	100,000	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	40,520	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 11 - SLE (Rara)]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-40,520	0,000	100,000	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-5,070	0,000	100,000	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 11 - SLE (Rara)]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-40,520	0,000	100,000	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-5,070	0,000	100,000	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 38 di 43
---	--	----------------------------	-------------------------

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 12 - SLE (Frequente)]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	40,520	0,000	0,300	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	23,630	0,000	0,300	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	18,050	0,000	0,300	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	23,630	0,000	0,300	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	40,520	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 12 - SLE (Frequente)]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-40,520	0,000	0,300	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-5,070	0,000	0,300	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 12 - SLE (Frequente)]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-40,520	0,000	0,300	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-5,070	0,000	0,300	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 13 - SLE (Quasi Permanente)]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	40,520	0,000	0,200	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	23,630	0,000	0,200	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	18,050	0,000	0,200	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	23,630	0,000	0,200	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	40,520	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 13 - SLE (Quasi Permanente)]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-40,520	0,000	0,200	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-5,070	0,000	0,200	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 13 - SLE (Quasi Permanente)]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-40,520	0,000	0,200	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-5,070	0,000	0,200	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 14 - SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	52,930	0,000	100,000	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,560	0,000	100,000	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	30,370	0,000	100,000	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	36,920	0,000	100,000	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	54,920	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 14 - SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-52,930	0,000	100,000	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,180	0,000	100,000	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 14 - SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-54,920	0,000	100,000	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-9,040	0,000	100,000	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 15 - SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	49,310	0,000	100,000	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	33,460	0,000	100,000	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	28,850	0,000	100,000	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,020	0,000	100,000	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	51,600	0,000	100,000	0,000	0,000

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ø1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 39 di 43
---	--	----------------------------	-------------------------

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 15 - SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-49,310	0,000	100,000	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-7,270	0,000	100,000	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 15 - SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-51,600	0,000	100,000	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,140	0,000	100,000	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 16 - SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	54,920	0,000	100,000	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	36,920	0,000	100,000	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	30,370	0,000	100,000	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,560	0,000	100,000	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	52,930	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 16 - SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-54,920	0,000	100,000	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-9,040	0,000	100,000	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 16 - SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-52,930	0,000	100,000	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,180	0,000	100,000	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 17 - SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	51,600	0,000	100,000	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,020	0,000	100,000	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	28,850	0,000	100,000	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	33,460	0,000	100,000	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	49,310	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 17 - SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-51,600	0,000	100,000	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,140	0,000	100,000	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 17 - SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-49,310	0,000	100,000	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-7,270	0,000	100,000	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 18 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	52,930	0,000	0,300	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,560	0,000	0,300	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	30,370	0,000	0,300	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	36,920	0,000	0,300	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	54,920	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 18 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-52,930	0,000	0,300	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,180	0,000	0,300	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 18 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-54,920	0,000	0,300	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-9,040	0,000	0,300	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 40 di 43
--	---	---------------------	------------------

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 19 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	49,310	0,000	0,300	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	33,460	0,000	0,300	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	28,850	0,000	0,300	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,020	0,000	0,300	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	51,600	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 19 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-49,310	0,000	0,300	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-7,270	0,000	0,300	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 19 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-51,600	0,000	0,300	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,140	0,000	0,300	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 20 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	54,920	0,000	0,300	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	36,920	0,000	0,300	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	30,370	0,000	0,300	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,560	0,000	0,300	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	52,930	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 20 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-54,920	0,000	0,300	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-9,040	0,000	0,300	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 20 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-52,930	0,000	0,300	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,180	0,000	0,300	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 21 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	51,600	0,000	0,300	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,020	0,000	0,300	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	28,850	0,000	0,300	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	33,460	0,000	0,300	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	49,310	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 21 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-51,600	0,000	0,300	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,140	0,000	0,300	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 21 - SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-49,310	0,000	0,300	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-7,270	0,000	0,300	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 22 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	52,930	0,000	0,200	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,560	0,000	0,200	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	30,370	0,000	0,200	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	36,920	0,000	0,200	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	54,920	0,000	0,200	0,000	0,000

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 41 di 43
---	--	----------------------------	-------------------------

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 22 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-52,930	0,000	0,200	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,180	0,000	0,200	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 22 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-54,920	0,000	0,200	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-9,040	0,000	0,200	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 23 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	49,310	0,000	0,200	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	33,460	0,000	0,200	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	28,850	0,000	0,200	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,020	0,000	0,200	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	51,600	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 23 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-49,310	0,000	0,200	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-7,270	0,000	0,200	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 23 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-51,600	0,000	0,200	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,140	0,000	0,200	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 24 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	54,920	0,000	0,200	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	36,920	0,000	0,200	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	30,370	0,000	0,200	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,560	0,000	0,200	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	52,930	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 24 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-54,920	0,000	0,200	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-9,040	0,000	0,200	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 24 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-52,930	0,000	0,200	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,180	0,000	0,200	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione N° 25 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	51,600	0,000	0,200	0,000	0,000
2	0,980	7,700	7,700	72,670	-72,670	35,020	0,000	0,200	0,000	0,000
3	1,750	7,700	7,700	72,670	-72,670	28,850	0,000	0,200	0,000	0,000
4	2,520	7,700	7,700	72,670	-72,670	33,460	0,000	0,200	0,000	0,000
5	3,300	7,700	7,700	72,670	-72,670	49,310	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione N° 25 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-51,600	0,000	0,200	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-8,140	0,000	0,200	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione N° 25 - SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo]

N°	X	Afi	Afs	Mp	Mn	M	w	wlim	sm	esm
1	0,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	-49,310	0,000	0,200	0,000	0,000
2	1,700	7,700	7,700	72,670	-72,670	-7,270	0,000	0,200	0,000	0,000
3	3,200	7,700	7,700	72,670	-72,670	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000

Codifica: LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 42 di 43
--	---	---------------------	------------------

10. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (punto 10.2)

10.1. Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

10.2. Tipo di analisi svolta

- Muri di sostegno

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

10.3. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	SCAT - Analisi Muri di sostegno
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	S.T.E. srl
Licenza	AIU3546NM

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T03 TOE7 STR RE01 A.doc	TOMBINO CIRCOLARE AL KM 25+600,00 – ϕ 1500 Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 43 di 43
---	---	----------------------------	-------------------------

10.4. Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

10.5. Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

10.6. Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

10.7. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.