

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3E	50	D	78	CL	MU5500	001	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M.Piscitelli	Dicembre 2019	Danisi/Maccaroni <i>[Signature]</i>	Dicembre 2019	F.Sparacino <i>[Signature]</i>	Dicembre 2019	D. Tiberti Dicembre 2019	

File: RS3E50D78CLMU550001A

n. Elab.: 807

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Generale
UO Infrastrutture Sud
Dott. Ing. Piero Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10779

INDICE

1.	GENERALITA'	4
2.	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	5
3.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
4.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI	6
5.	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	7
5.1	INTERAZIONE TERRENO-FONDAZIONE	8
6.	CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	9
6.1	VITA NOMINALE.....	10
6.2	CLASSE D'USO	11
6.3	PERIODO DI RIFERIMENTO	12
6.4	VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	12
6.5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO	13
6.6	PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO	14
7.	MATERIALI	15
8.	CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE	17
8.1	METODOLOGIA DI CALCOLO	17
8.2	AZIONI.....	18
	8.2.1 <i>Peso proprio (cond. di carico 1)</i>	18
	8.2.2 <i>Permanenti (cond. di carico 2)</i>	18
	8.2.3 <i>Spinta del terreno in fase statica (cond. di carico 3/4)</i>	18
	8.2.4 <i>Spinta in presenza di falda (cond. di carico 5)</i>	19
	8.2.5 <i>Azioni Sismiche (cond. di carico 6/7)</i>	19
8.3	APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA	21
8.4	COMBINAZIONI DI CARICO	21
8.5	VERIFICA ALLO SCORRIMENTO.....	21
8.6	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI DIRETTE	23



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	3 di 95

8.7	VERIFICHE A SOLLEVAMENTO DEL SOLETTONE DI FONDO	24
9.	RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE	26
9.1	MODELLO DI CALCOLO.....	26
9.2	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO.....	28
9.3	ARMATURE DI PROGETTO.....	29
9.4	VERIFICHE DI RESISTENZA E FESSURAZIONE.....	29
9.5	VERIFICHE GEOTECNICHE	31
9.5.1	Verifiche a sollevamento solettone di fondo scavo.....	31
9.5.2	Verifica a scorrimento.....	33
9.5.3	Verifiche a carico limite.....	38
9.6	TABULATI DI CALCOLO.....	39



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	4 di 95

1. GENERALITA'

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo relativo alla tratta a semplice binario Dittaino – Catenanuova del Nuovo Collegamento Palermo – Catania. L'intera tratta Dittaino – Catenanuova ha uno sviluppo complessivo di circa 22,8 km.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "Opere di sostegno".

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento al tratto in Trincea con muro a “U” previsto lungo l’asse principale di progetto dalla pk. 12+587 alla pk. 12+615.

3. DESCRIZIONE DELL’OPERA

Di seguito si riportano in tabella le principali informazioni geometriche delle sezioni di calcolo presenti lungo lo sviluppo dell’opera, ed a seguire alcune immagini rappresentative. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento:

WBS	OPERA	pk. [m]	B (m)	Sp _{sx} (m)	Sp _{dx} (m)	Hp _{sx} (m)	Hp _{dx} (m)	S _F (m)
MU55	MURO AD “U”	12+587 – 12+615	10.10 – 21.55	0.90	0.80	var. 4.35 – 5.60	var. 3.75 – 4.08	0.90

Inoltre è previsto un dente di fondazione in c.a. dello spessore di 0.90m e profondità di 1,60m (da intradosso fondazione).

Dove si è indicato con:

B : Larghezza interna dell’opera

H_p: Altezza piedritti da estradosso fondazione (dx=destra; sx=sinistra),

Sp, S_F : Spessore piedritti (dx=destra; sx=sinistra), fondazione

La sezione di calcolo analizzata nel seguito è la sez. posta in corrispondenza della Sez. B-B di cui nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche:

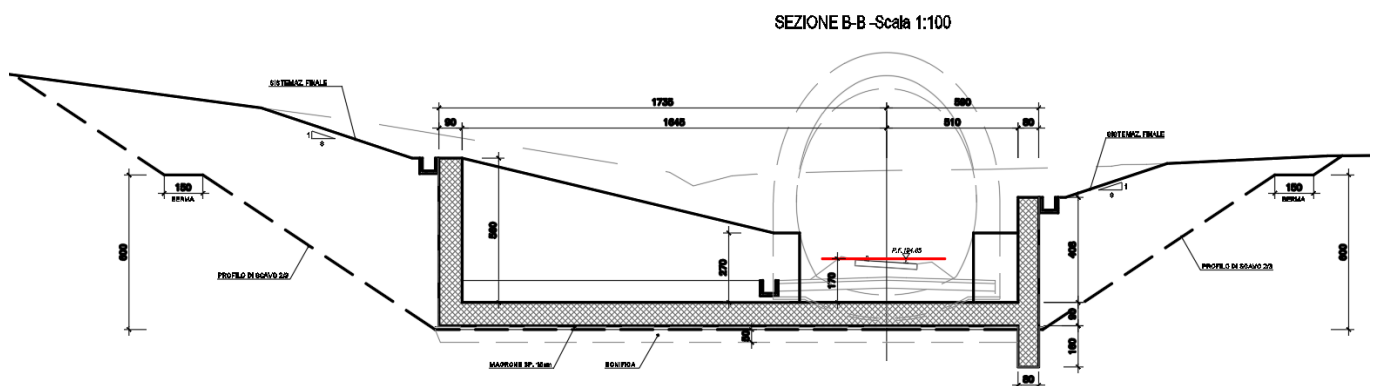


Figura 1 – Sezione trasversale di calcolo



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	6 di 95

4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

4.1 Documenti Referenziati

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti, DM 14 gennaio 2008 – «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 - «Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

Documenti Tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 7 / Geologia (RFI DTC SI CS GE IFS 001 A – rev 22/12/2017)
- Rif. [11] Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- Rif. [12] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFIDTCSICSSPIFS005 B - rev 22/12/2017)

5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Dall'esame di quanto riportato nella relazione geotecnica di riferimento e in relazione alle progressive in esame, emerge che il volume di terreno direttamente interagente con l'opera, significativo per la verifica a carico limite, è costituito dall'unità bnc che presenta le seguenti proprietà:

Unità bnc – Depositi terrazzati coesivi limoso argillosi

$\gamma_{\text{nat}} = 19.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 12 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 23 \div 25^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 400 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 6.5 \cdot 10^{-8} \div 1.5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$V_s = 160 \div 190 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 50 \div 70 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 130 \div 180 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a $1/3 \div 1/5$ di quello iniziale (E_o).

In relazione alle quote di falda locali, il livello di falda locale è variabile lungo lo sviluppo longitudinale dell'opera.

In fase di analisi si è considerata la condizione di falda più gravosa $Q^*=0.10\text{m}$ da piano ferro, ovvero $+2.60\text{m}$ da piano di posa fondazione.

In fase di analisi è stato dunque considerato il seguente modello geotecnico:

Terreno	Litotipo	γ	φ'	c'	E'	k_w
		(kN/m^3)	($^\circ$)	(kPa)	(MPa)	(kPa/m)
Terreno di Rinfilanco	*bnc	19.5	25	0	30	0
Terreno di Fondazione	**bnc/Scotico con posa in opere di terreno da rilevato	19.5	25/38	5/0	30	2390

Dove k_w è la costante di sottofondo definita al paragrafo seguente.

*Per il terreno di rinfilanco, si assume cautelativamente il terreno in sito costituito dal litotipo bnc assumendo coesione nulla in virtù del rimaneggiamento subito dal terreno nelle operazioni di scavo e ritombamento.

**Per il terreno di fondazione si è considerato cautelativamente, ai fini delle verifiche a carico limite, il litotipo bnc. Mentre ai fini delle verifiche a scorrimento si prevede uno scotico del piano di posa di fondazione e posa in opera di terreno da rilevato aventi caratteristiche minime pari a: $\varphi = 38^\circ$ e $c' = 0$.

5.1 interazione terreno-fondazione

Per le analisi d'interazione struttura-terreno in direzione verticale, il coefficiente di sottofondo alla Winkler può essere determinato con la seguente relazione:

$$k_w = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

dove:

E' = modulo di deformazione elastico del terreno;

ν = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

c_t = fattore di forma, coefficiente adimensionale ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (vedasi tabella seguente).

Fondazione Rigida	c_t
- rettangolare con $L/B \leq 10$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$
- rettangolare con $L/B > 10$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$
dove L é il lato maggiore della fondazione.	

Sulla base della geometria della fondazione e delle condizioni geotecniche locali verrà valutato il modulo di deformazione elastico per il calcolo dei coefficienti di sottofondo.

In particolare il modulo di deformazione elastico potrà essere determinato dal modulo di deformazione elastico iniziale (E_0) come $E = E_0 / (3 \div 5)$.

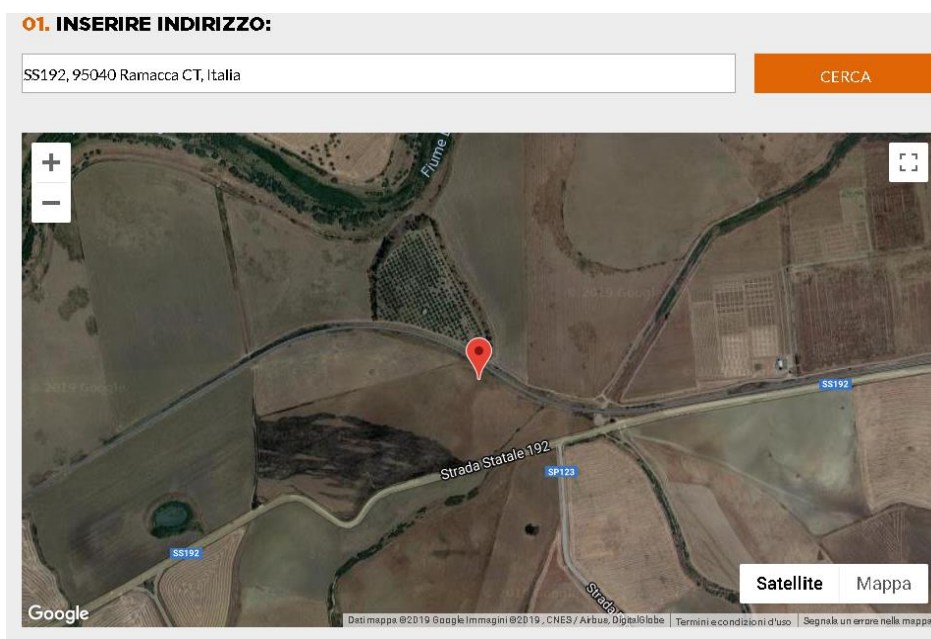
Di seguito si riportano, in forma tabellare, i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, sulla scorta del valore di progetto di E attribuito allo strato di Fondazione, avendo considerato una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaboranti:

$E'(\text{KN/m}^2) =$	30000
$\nu =$	0.25
$B \text{ (m)} =$	23.3
$L \text{ (m)} =$	28.3
$c_t =$	0.96
$K_w \text{ [kN/m}^3] =$	1438

6. CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008.

L'opera oggetto della presente relazione presenta le seguenti coordinate geografiche:



LATITUDINE

37.541

LONGITUDINE

14.575

COMUNE

Ramacca

PROVINCIA

CATANIA

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale 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.

Nei paragrafi seguenti è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica per la zona sismica di riferimento in cui ricade l'opera.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	10 di 95

6.1 Vita nominale

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. Per la definizione della Vita Nominale da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria si rimanda al "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI" - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

Tabella 1 Vita Nominale in funzione del tipo di costruzione

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale [V_N] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE ESISTENTI OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITA' CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' ($V < 250$ km/h)	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' ($V \geq 250$ Km/h)	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾
(1) - La medesima V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.	
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI.	

Tenendo conto delle indicazioni precedenti le strutture di progetto avranno vita nominale $V_N = 75$.

6.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per la definizione della Classe di uso da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria esistente si rimanda al "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI" - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

Tabella 2 Classe d'uso Coeff. d'uso in funzione del tipo di costruzione per l'infrastruttura ferroviaria

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [CU]
GRANDI STAZIONI	C IV	2,0
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITÀ FERROVIARIA	C III	1,5
ALTRE OPERE D'ARTE	C II	1,0

Facendo riferimento all'Allegato 5 della specifica alla pagina 151 del "MANUALE DI PROGETTAZIONE DI PONTI E STRUTTURE" - RFI DTC SICS MA IFS 001 B si ricade in classe d'uso tipo **Classe III con coefficiente d'uso CU=1,5**.

6.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.50 = 112.5 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

6.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{V_R} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

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

da cui si ottiene la seguente Tabella:

Tabella 3 Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

	STATO LIMITE	probabilità di superamento PVR	Valori in anni del periodo di ritorno TR
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%	68
	SLD - Stato Limite di Danno	63%	113
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%	1068
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%	2193

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati si ha:

STATO LIMITE	SLV
VITA NOMINALE V_N	75
CLASSE D'USO	C III
COEFFICIENTE D'USO C_U	1.5
VITA DI RIFERIMENTO V_R	112.5

6.5 Caratterizzazione sismica del terreno

Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008.

Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_S \cdot S_T$ e di C_C in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle Tab.18 e 19 che sono riportate di seguito:

Tabella 4 Tabella delle espressioni per S_S e C_C

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 5 Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Nel caso in esame:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

C

CATEGORIA TOPOGRAFICA

T1

6.6 Parametri sismici di calcolo

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.158 g
F_0	2.511
T_C^*	0.538 s
S_S	1.462
C_C	1.289
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.462
η	1.000
T_B	0.231 s
T_C	0.693 s
T_D	2.232 s

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


7. MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM DM 14/01/2008 e del "Manuale di progettazione delle opere civili" RFI DTC SI MA IFS 001 B.

Calcestruzzo armato Opere	
Classe di resistenza	C 30/37
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 17.0 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 32836 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 B)	$\sigma_c = 0.55f_{ck} = 16.5 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara)
Tensione massima di compressione in esercizio (NTC 2008)	$\sigma_c = 0.60f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara)

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B 450 C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{yd} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yd} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 B)	$\sigma_{lim} = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (NTC 2008)	$\sigma_{lim} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

In merito alla verifica a fessurazione, la verifica consiste nel controllo dell'ampiezza massima delle fessure per le combinazioni di carico di esercizio i cui valori limite sono stabiliti, nell'ambito del progetto di opere ferroviarie,

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO OPERE DI SOSTEGNO					
	Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO MU5500 001	REV. A

nel documento RFI DTC SICS MA IFS 001 B – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 22/12/2017*).

In particolare l'apertura convenzionale delle fessure δ_f dovrà rispettare i seguenti limiti:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.01.2008 – Tab 4.1.III), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

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.III – DM 14.01.2008

In definitiva, nel caso in esame, con riferimento alle indicazioni della tabella di cui in precedenza, si adotta il limite $w_1=0,20 \text{ mm}$ sia per le parti in elevazione che per quelle in fondazione, in quanto in entrambi i casi trattasi di strutture a permanente contatto col terreno.



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	17 di 95

8. CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/09.

8.1 Metodologia di calcolo

Le analisi finalizzate al dimensionamento delle strutture sono state condotte con il programma di calcolo "SCAT - Analisi Strutture Scatolari- Versione 14.0" della Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS).

La struttura viene discretizzata in elementi tipo trave. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfiacco vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione.

A partire dal tipo di terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti il programma è in grado di conoscere tutti i carichi agenti sulla struttura per ogni combinazione di carico.

La struttura scatolare viene schematizzata come un telaio piano e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM). Più dettagliatamente il telaio viene discretizzato in una serie di elementi connessi fra di loro nei nodi. Il terreno di fondazione viene schematizzato con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler). L'area della singola molla è direttamente proporzionale alla costante di Winkler del terreno e all'area di influenza della molla stessa. A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento, K_e , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura K . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali p . Indicando con u il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma: $K u = p$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti u : $u = K^{-1} p$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi.

La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico agente sullo scatolare. Il successivo calcolo delle armature nei vari elementi viene condotto tenendo conto delle condizioni più gravose che si possono verificare nelle sezioni fra tutte le combinazioni di carico.

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.

L'analisi che viene effettuata è un'analisi al passo per tener conto delle molle che devono essere eliminate (molle in trazione). L'analisi fornisce i risultati in termini di spostamenti. Dagli spostamenti si risale alle sollecitazioni nodali ed alle pressioni sul terreno.

Il calcolo degli scatolari viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle pressioni in calotta (per gli scatolari ricoperti da terreno);
- Calcolo della spinta del terreno;
- Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione, piedritti e traverso);
- Progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente

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.

8.2 Azioni

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

CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI	
1	Peso Proprio
2	Permanenti
3	Spinta terreno sinistra
4	Spinta terreno destra
5	Spinta Falda
6	Sisma sinistra
7	Sisma destra

Nel seguito si andranno ad esporre in dettaglio, le valutazioni di calcolo effettuate per ciascuna delle condizioni citate.

8.2.1 Peso proprio (cond. di carico 1)

Il peso proprio delle strutture è determinato automaticamente dal programma di calcolo, avendo considerato un peso dell'unità di volume del c.a. $\gamma_{cls} = 25 \text{ KN/m}^3$.

8.2.2 Permanenti (cond. di carico 2)

Il ricoprimento dato dal massetto in calcestruzzo e Ballast all'interno del muro ad U è stato considerato come peso permanente non strutturale G2 sulla base del peso specifico del ballast (18 kN/m^2) e del massetto (24 kN/m^2):
 $G2 = 18 \text{ kN/m}^2 \times 0.7 + 24 \times 0.95\text{m} \approx 35 \text{ kN/m}^2$.

8.2.3 Spinta del terreno in fase statica (cond. di carico 3/4)

Per la valutazione delle Spinte del terreno sui piedritti, in considerazione della ridotta capacità deformativa dell'opera, si è assunto che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo. 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):

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	19 di 95

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 rinfianco.

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

$$\sigma = \gamma \cdot z \cdot K_0 + p_v \cdot K_0$$
$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0 + p_v \cdot K_0 \cdot H$$

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

8.2.4 Spinta in presenza di falda (cond. di carico 5)

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.

8.2.5 Azioni Sismiche (cond. di carico 6/7)

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k .

Forze d'inerzia

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v \cdot W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = a_{ma} \cdot x / g$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

Nel caso specifico, in accordo a quanto già riportato al paragrafo 6 risulta:

Condizione	Categoria sottosuolo	a_g/g	S=SsSt	a_{max}/g	β_m (-)	K_h (-)
SLV	C	0.158	1.462	0.230	1.00	0.230

dove:

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- β_m è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008). Nel caso in esame si è assunto cautelativamente $\beta_m = 1$.

Spinta sismica terreno

In corrispondenza di un evento sismico è necessario tener conto dell'amplificazione/deamplificazione delle spinte del terreno a monte e a valle dell'opera. Si trascurano gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la struttura di sostegno (DM 14/01/2008).

Le spinte del terreno in fase sismica, sono state determinate con la **teoria di Mononobe Okabe**, con $\beta_m = 1$, tenendo conto della pendenza naturale del terreno e considerando attrito terra-muro $\delta = 0$:

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \vartheta)}{\cos(\delta + \alpha + \vartheta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2} \quad \text{se } \beta \leq \phi - \theta$$

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta)} \quad \text{se } \beta > \phi - \theta$$

dove θ = angolo sismico, definito secondo la seguente espressione (in assenza di falda) in funzione dei coefficienti sismici

k_h e k_v :

$$\tan \theta = \frac{k_h}{1 + k_v}$$

In fase di analisi la spinta sismica è dunque valutata e la spinta sismica deve essere valutata come contributo di spinta statica attiva e incremento sismico calcolato con Mononobe Okabe (con β pari a 1).

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



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	21 di 95

8.3 Approcci progettuali e metodi di verifica

Come prescritto dal DM 14/01/2008 per le verifiche dell'opera è stata considerata la combinazione A1-M1-R3 con i coefficienti di combinazione riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 14/01/2008.

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV). Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità.

8.4 Combinazioni di carico

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 0
- coefficienti di partecipazione Ψ per carichi di tipo variabile ;

Per un riepilogo delle Combinazioni di Calcolo considerate nelle analisi si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

Come evidenziato nei tabulati, i carichi all'interno del muro ad U sono da considerati "favorevoli".

8.5 Verifica allo scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro, sia minore di tutte le forze resistenti lungo la stessa direzione.

La verifica a scorrimento risulta in particolare soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento (F_r) fattorizzata secondo un opportuno coefficiente parziale γ_r stabilito dalla normativa e la risultante delle forze mobilitanti (F_s) risulti non inferiore all'unità:

$$(F_r / \gamma_r) / F_s \geq 1$$

ovvero che il rapporto F_r/F_s risulti non inferiore di γ_r , fissato dalla normativa pari ad 1,1.

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione.

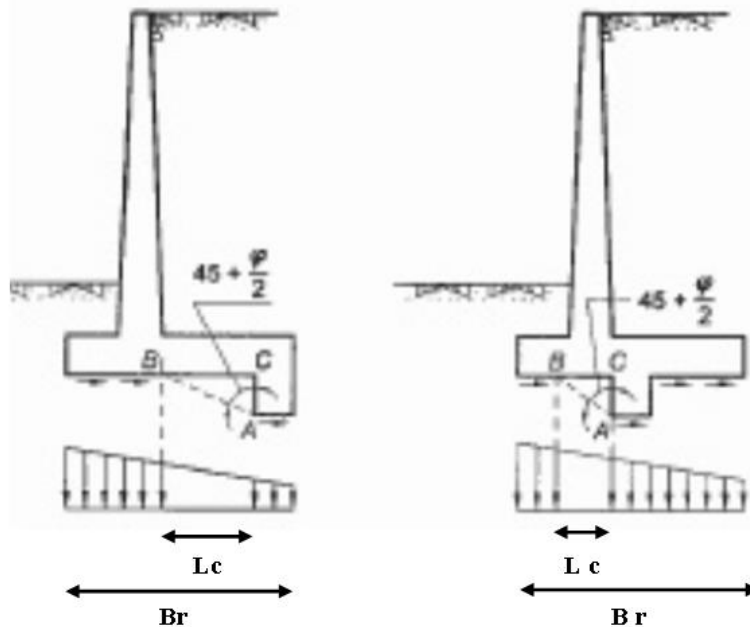
Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δf l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagenti, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

In casi particolari specificati dalla normativa, è possibile eventualmente tener conto della resistenza passiva S_p del terreno a valle del muro.

La valutazione delle azioni resistenti e di quelle mobilitanti, dovrà tener conto dei coefficienti A ed M fissati dalla normativa per la combinazioni di verifica specifica.

Nel caso di fondazione con dente, è possibile in linea generale tener conto della resistenza passiva sviluppata lungo il cuneo passante per lo spigolo inferiore del dente, secondo quanto riportato negli schemi delle figure seguenti:



Il procedimento utilizzato fa riferimento in particolare alle teorie di Lancellotta-Calavera, per i cui dettagli si rimanda alla letteratura tecnica; nella fattispecie, la procedura di calcolo implementata, prevede la definizione dello schema geometrico del cuneo di rottura, attraverso un procedimento iterativo volto a determinare il coefficiente di sicurezza a scorrimento minimo.

In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o trapezoidale.

Detta pertanto N la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione, Q l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo, S_p la resistenza passiva, L_c l'ampiezza del cuneo e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_r = (N - Q) \cdot \operatorname{tg}(\delta_f) + S_p + c_a \cdot L_r$$

con $L_r = B_r - L_c$

Per quanto riguarda l'attrito fondazione muro – terreno considerato ai fini delle verifiche di scorrimento sul piano di posa della fondazione, si è assunto quanto segue:

per	$\phi < 30^\circ$	$\mu = \text{tg } \phi'$;
per	$\phi > 35^\circ$	$\mu = 0.85 \text{ tg } \phi'$;
per	$30^\circ \leq \phi \leq 35^\circ$	μ si ricava per interpolazione lineare

Infine l'adesione c_a terra-opera è stata assunta pari al valore di coesione del terreno di fondazione.

8.6 Carico limite di fondazioni dirette

Per la valutazione del carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di **Meyerhof**, di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Dette:

c	Coesione
c_a	Adesione lungo la base della fondazione ($c_a \leq c$)
θ	Angolo che la retta d'azione del carico forma con la verticale
φ	Angolo d'attrito
δ	Angolo di attrito terreno fondazione
γ	Peso specifico del terreno
K_p	Coefficiente di spinta passiva espresso da $K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$
B	Larghezza della fondazione
L	Lunghezza della fondazione
D	Profondità del piano di posa della fondazione
η	inclinazione piano posa della fondazione
P	Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
q _{ult}	Carico ultimo della fondazione

Meyerhof propone per la valutazione di q_{ult} , le seguenti espressioni generali:

Carico verticale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

Carico inclinato

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot i_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

in cui d_c , d_q e d_γ sono i fattori di profondità, s_c , s_q e s_γ sono i fattori di forma, i_c , i_q e i_γ sono i fattori di inclinazione del carico,

In particolare risulta:



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	24 di 95

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$d_q = d_\gamma = 1$	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$

Fattori di forma

$$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B}{L}$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_q = s_\gamma = 1$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B}{L}$

Fattori inclinazione del carico

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$i_\gamma = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2$

L'espressione di Meyerhof presuppone pertanto l'orizzontalità del piano di posa, condizione verificata per il caso in esame.

8.7 Verifiche a Sollevamento del solettone di fondo

Il § 6.2.4.2. del DM 14.01.2008 specifica che le opere geotecniche devono essere verificate, ove ricorrano le condizioni, anche che nei riguardi di possibili stati limite di sollevamento o di sifonamento.

In presenza di scavi a valle di opere di sostegno di terreni in falda, quando il piano finale di scavo da progetto è inferiore al livello della falda in sito, si possono avere risalite d'acqua nel corpo ferroviario. Per bloccare le risalite è prevista la realizzazione di un solettone di fondo in c.a. in tal caso si configura il problema del *sollevamento del solettone di fondo*. La verifica consiste in un equilibrio tra le azioni Instabilizzanti, costituite dalle pressioni alla quota intradosso solettone di fondazione, e le azioni stabilizzanti, costituite invece dal peso proprio della soletta strutturali e dai carichi permanenti agenti su di essa.

A tal fine, nella valutazione delle pressioni interstiziali e delle quote piezometriche caratteristiche, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle condizioni stratigrafiche.

Per la **stabilità al sollevamento** deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante ($V_{\text{inst,d}}$) ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche ottenuta considerando separatamente la parte permanente ($G_{\text{inst,d}}$) e quella variabile ($Q_{\text{inst,d}}$), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ($G_{\text{stb,d}}$) e delle resistenze (R_d), ovvero:

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	25 di 95

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad [6.2.4]$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad [6.2.5]$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III.

Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Al fine del calcolo della resistenza di progetto R_d , tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

Ove necessario, il calcolo della resistenza va eseguito in accordo a quanto indicato negli specifici paragrafi della normativa dedicata alle fondazioni su pali e per gli ancoraggi.

Le verifiche descritte nel presente paragrafo, sono state eseguite, mediante impiego di fogli di calcolo excel autoprodotti.

9. RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE

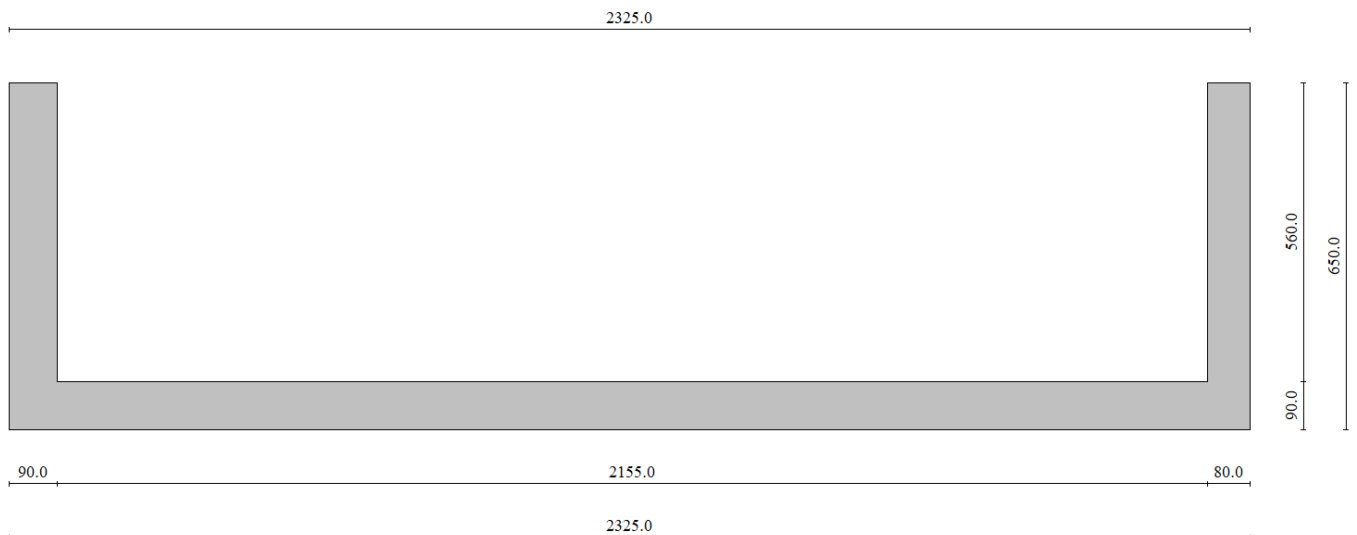
Di seguito di riporta una descrizione della modellazione effettuata mediante ausilio del software di calcolo SCAT v.14 prodotto dalla AZTEC Informativa, con una descrizione del modello strutturale implementato, sollecitazioni di calcolo ottenute e risultati delle verifiche effettuate.

9.1 MODELLO DI CALCOLO

Di seguito di riporta una descrizione del modello geometrico/geotecnico considerato ai fini del dimensionamento:




Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 1/2



Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 2/2 (quote in cm)


Non potendo, nel software di calcolo utilizzato, modellare piedritti di altezza diversa tra loro, i piedritti sono stati modellati considerando per entrambi i piedritti l'altezza massima (5.60m). Per tener conto della diversa altezza del piedritto di destra sono state introdotte su quest'ultimo delle azioni aggiuntive definite nel modo seguente:

- 1- Sforzi assiali di trazione pari al peso della parte di cls aggiuntiva rispetto a quella reale.

 Carichi struttura - condizione nr. 8


N°	Tipo	Destinazione	Descrizione
▶ 1	Concentrato	P.Destro	Y=6,40 m - Fy=-44,40 kN - Fx=0,00 kN - M=0,00 kNm

- 2- Distribuzione di azione trapezoidale su piedritto di destra atta ad annullare la spinta a riposo della parte di terreno a quota superiore la reale altezza del piedritto.

 Carichi struttura - condizione nr. 9

N°	Tipo	Destinazione	Descrizione
▶ 1	Distribuito	P.Destro	Yi=4,98 m - Yf=6,50 m - Vni=17,11 kN/m - Vnf=0,00 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m
2	Distribuito	P.Destro	Yi=0,00 m - Yf=4,98 m - Vni=17,11 kN/m - Vnf=17,11 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m

- 3- Forze di inerzia e spinta sismica (M.O.) in senso opposto alle azioni sismiche definite dal software della parte di piedritti aggiuntiva rispetto a quella reale.

 Carichi struttura - condizione nr. 11

N°	Tipo	Destinazione	Descrizione
▶ 1	Distribuito	P.Destro	Yi=4,98 m - Yf=6,50 m - Vni=14,82 kN/m - Vnf=0,00 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m
2	Distribuito	P.Destro	Yi=0,00 m - Yf=4,98 m - Vni=14,82 kN/m - Vnf=14,82 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m

Condizione nr.11


Nome: sisma da dx

Tipo:

Permanente strutturale Variabile da traffico

Variabile Termica

Permanente non strutturale

 Carichi struttura - condizione nr. 12

N°	Tipo	Destinazione	Descrizione
▶ 1	Distribuito	P.Destro	Yi=4,98 m - Yf=6,50 m - Vni=14,82 kN/m - Vnf=0,00 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m
2	Distribuito	P.Destro	Yi=0,00 m - Yf=4,98 m - Vni=14,82 kN/m - Vnf=14,82 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m

Condizione nr.12

Nome: Sisma da sx (add)


Tipo:

Permanente strutturale Variabile da traffico

Variabile Termica

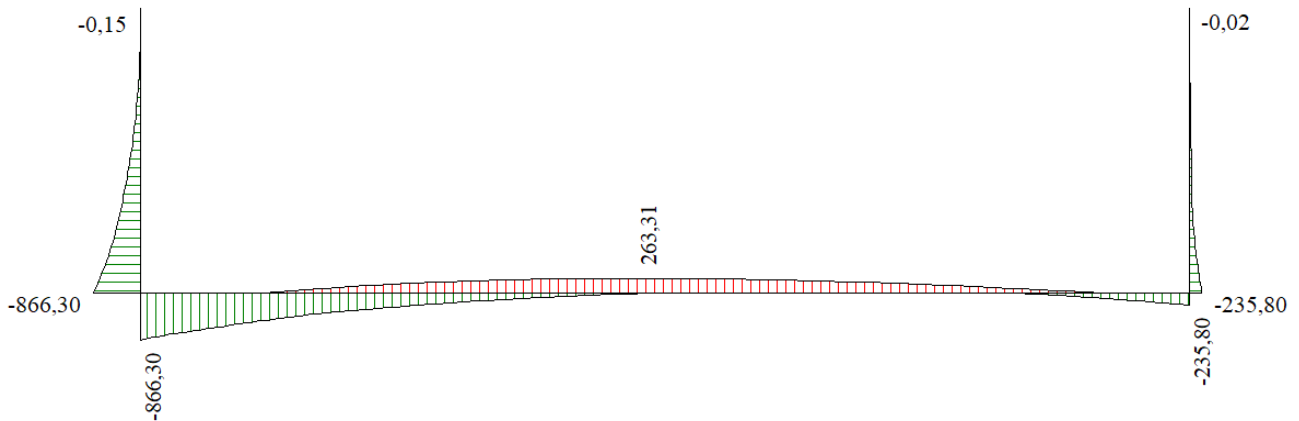
Permanente non strutturale

Inoltre sul terreno a monte del piedritto lato sx, è applicato un carico permanente di 20 kPa uniformemente distribuito equivalente al peso del terreno al di sopra della quota di testa del piedritto valutato rispetto ad una altezza equivalente media pari a circa 1.0 m.

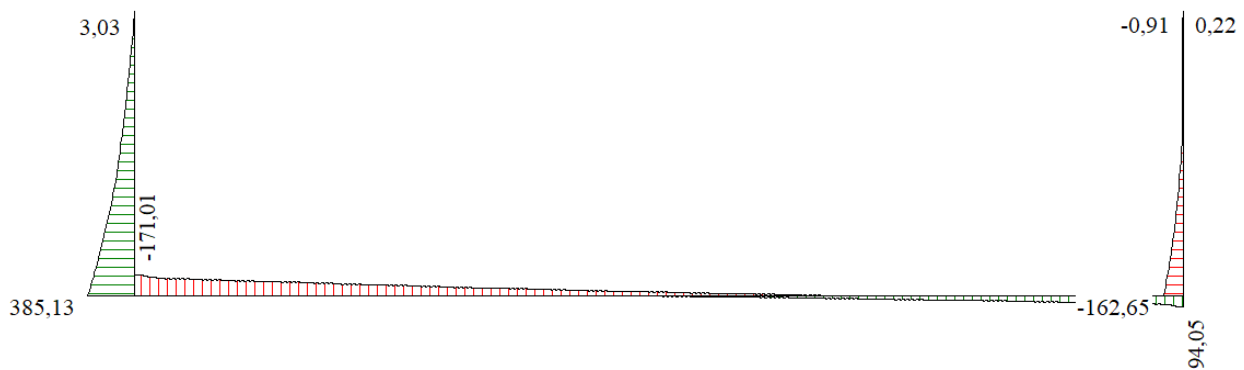
 Carichi profilo - condizione nr. 10

		Carico distribuito				Carico concentrato	
N°	Tipo	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN/m]	Qf [kN/m]	X [m]	Fy [kN]
▶ 1	DISTRIBUITO	-5.50	0.00	20.0000	20.0000		

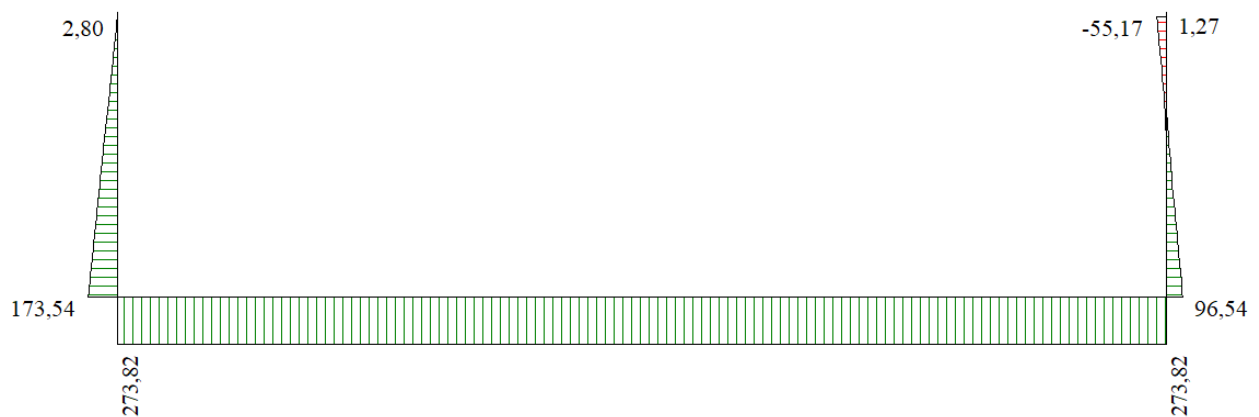
9.2 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO



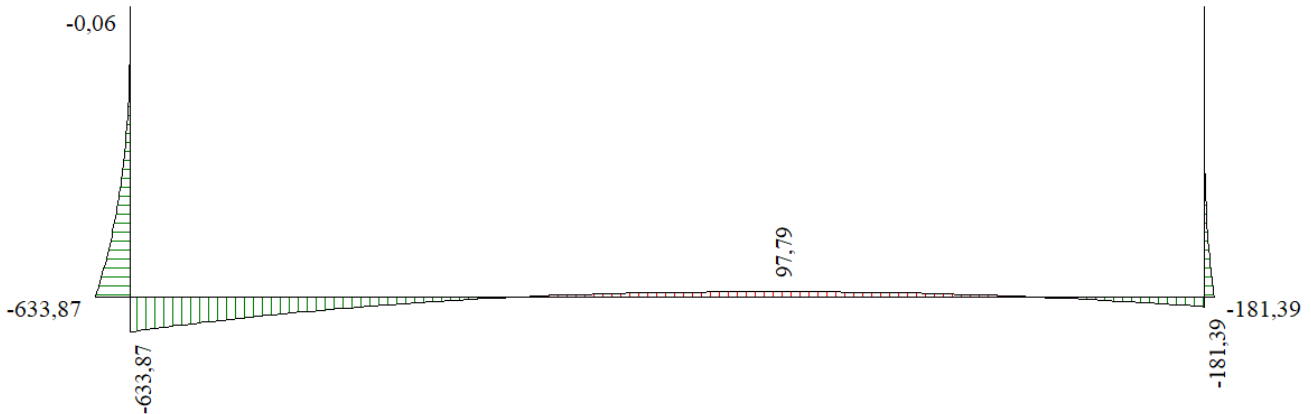
Inviluppo diagrammi del momento flettente – SLU statico e sismico



Inviluppo diagrammi del taglio – SLU statico e sismico



Inviluppo diagrammi dello sforzo normale – SLU statico e sismico



Involuppo diagrammi del momento flettente – SLE

9.3 ARMATURE DI PROGETTO

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Armatura a taglio
	Af 1	Af 2	Af t
PIEDRITTO dx	Φ26/10 cm	Φ26/20 cm	Spilli 6 φ 8mq
PIEDRITTO sx	Φ26/10 cm	Φ26/20 cm	Spilli φ 10/40x20cm
FONDAZIONE	Φ26/10 cm	Φ26/20 cm	Spilli 6 φ 8mq

Af1 : Armatura lato esterno (terreno)

Af2 : Armatura lato interno

Per l'incidenza dell'opera oggetto della presente relazione di calcolo fare riferimento all'elaborato dal titolo: Tabella Incidenza Armature opere civili.

9.4 VERIFICHE DI RESISTENZA E FESSURAZIONE

Il software esegue in automatico tutte le verifiche strutturali sia allo stato limite ultimo che allo stato limite di esercizio.

Per i risultati delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato. I criteri generali di verifica adottati dal Software, sono quelli esposti al paragrafo 8.1.

Per quanto riguarda il taglio il programma prevede sia la verifica per elementi non armati a taglio e sia quella per elementi dotati di apposita armatura a taglio, disponendo tuttavia ferri sagomati resistenti a taglio e non staffe o tiranti. Per questo motivo le verifiche a taglio vengono eseguite manualmente attraverso l'ausilio di fogli di calcolo strutturati ad hoc sulla base del DM2008 andando a considerare le sollecitazioni taglianti a filo elementi intese come involucro tra le combinazioni di carico considerate:

Verifica a taglio						
Sezione	V_{Ed}	b	h	V_{Rd}	Verificato	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Fondazione	95	100	90	381.8	SI	Spilli 6 ϕ 8mq
Piedritto dx	160	100	80	358.4	SI	Spilli 6 ϕ 8mq
Piedritto sx	385	100	90	726	SI	Spilli ϕ 10/40x20cm

*Verificati come elementi in c.a. non armato a taglio ($V_{Ed} < V_{Rct}$). Tuttavia si considera un minimo di armatura a taglio costituito da Spilli 6 ϕ 8mq.

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori massimi pari rispettivamente a 17.9 MPa (per calcestruzzo di classe C30/37 combinazioni rare) e di 360 MPa (per acciaio B 450 C), nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di $w_1=0,2\text{mm}$ (Classe di esposizione XC2 ed armature poco sensibili).

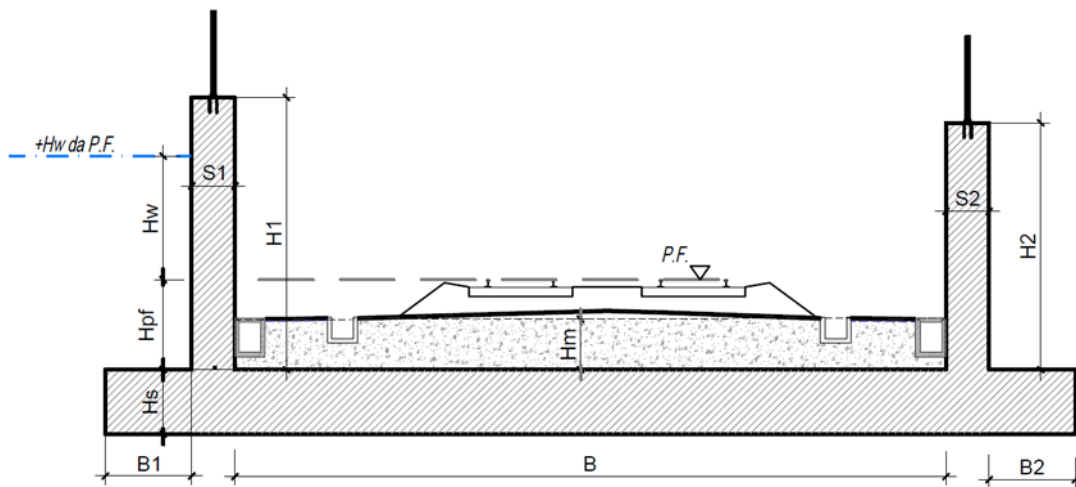
Come si evince dai tabulati le verifiche risultano soddisfatte.

9.5 VERIFICHE GEOTECNICHE

9.5.1 Verifiche a sollevamento solettone di fondo scavo

Il calcolo viene effettuato trascurando cautelativamente in peso delle pareti laterali e gli effetti dell'attrito

SCHEMA GRAFICO DI RIFERIMENTO



CASO DI CALCOLO : Muro ad U _ MU55

DATI DI INPUT

γ_w (KN/m ³) =	10,0	Peso unità volume acqua
γ_s (KN/m ³) =	25,0	Peso unità volume muri ad U
γ_B (KN/m ³) =	18,0	Peso unità volume ballast
γ_m (KN/m ³) =	24,0	Peso unità magrone
γ_{SAT} (KN/m ³) =	20,0	Peso unità di volume del terreno su dente fondazione

SOLETTA INFERIORE

Hs (m)=	0,90	spessore soletta
B (m)=	21,55	larghezza netta interna muri ad U
B1 (m)=	0,00	larghezza dente lato sx
B2 (m)=	0,00	larghezza dente lato dx
Hpf (m)=	1,70	distanza estradosso solettone/piano ferro
Hm (m)=	0,90	spessore medio equivalente magrone su soletta
Hb (m)=	0,70	spessore ballast
Lb (m)=	5,00	ingombro trasversale piattaforma ferroviaria
B tot (m) =	23,3	larghezza complessiva soletta di fondo

PARETI VERTICALI

S1 (m)=	0,90	spessore medio paramento lato sx
---------	-------------	----------------------------------

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	32 di 95

H1 (m)= **5,60** altezza media paramento lato sx
S2 (m)= **0,80** spessore medio paramento lato dx
H2 (m)= **4,08** altezza media paramento lato dx

FALDA

Hw (m) = **0,00** (distanza falda rispetto al P.F. / negativa se più bassa)
BW(m)= **2,6** H_{pf}+H_w+H_s (battente idraulico complessivo rispetto al piano di posa soletta)

CALCOLO DELLE AZIONI STABILIZZANTI

Il calcolo viene effettuato trascurando cautelativamente in peso delle pareti laterali e gli effetti dell'attrito nonché il peso della massicciata ferroviaria; si procede dunque ad un confronto in termini di azioni per unità di superficie riferite al piano di posa della soletta.

γ_{G1} = **0,9** coefficiente Parziali azioni permanenti favorevoli

γ_F = **0,9** coefficiente Parziali azioni resistenze favorevoli

□

R'd (KN/m²) = **0,0** Resistenze di progetto caratteristiche

Rd (KN/m²) = **0** R'd • γ_F

Peso Elementi

Soletta fondo =	523,1	KN/m
Parete sx =	126	KN/m
Parete dx =	81,6	KN/m
Magrone =	465,5	KN/m
ballast =	63,0	KN/m
Terreno dente sx =	0,0	KN/m
Terreno dente dx =	0,0	KN/m
P tot =	1259,2	KN/m

A stab (KN/m) = **1133,3** P x γ_{G1}

CALCOLO DELLE AZIONI INSTABILIZZANTI

γ_{G1} = **1,1** coefficiente Parziali azioni permanenti Sfavorevoli

a inst (KN/m²) = **28,6** Azione inStabilizzante complessiva unitaria(Bw x γ_w x γ_{G1})

B tot (m) = **23,3** larghezza complessiva soletta di fondo

A inst (KN/m) = **665,0** Azione inStabilizzante complessiva

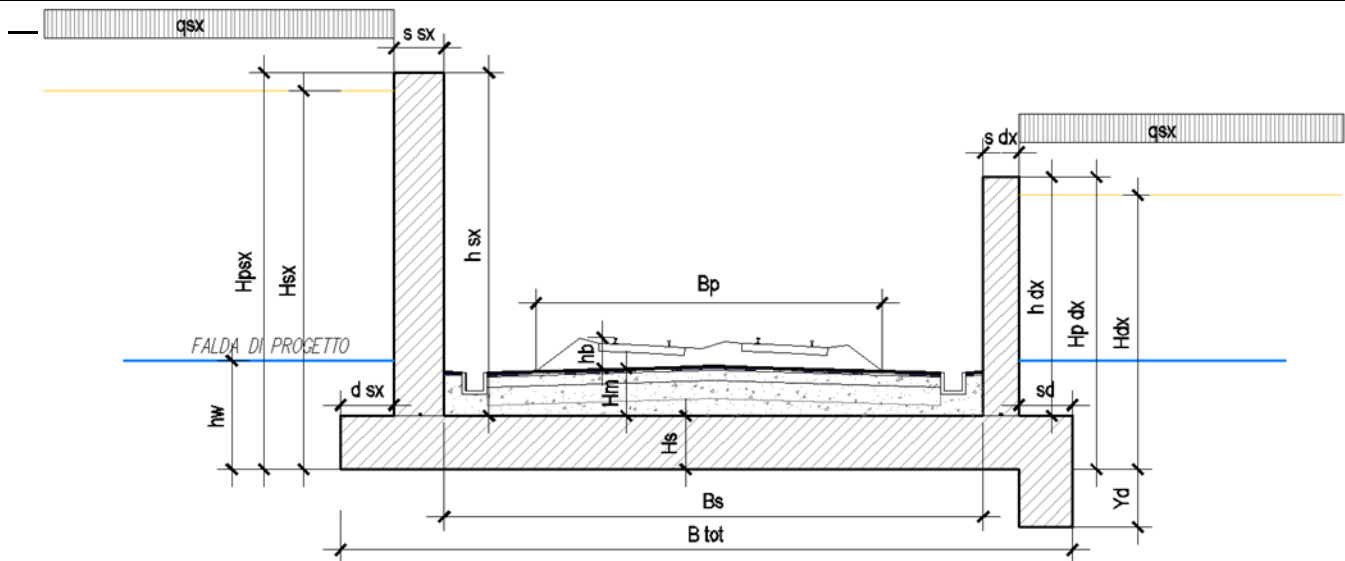
Coefficiente di sicurezza = **1,70** (A_{stab}/A_{inst})

Verifica a Sollevamento Soddisfatta

9.5.2 Verifica a scorrimento

Si riporta di seguito la verifica a scorrimento in condizioni sismiche, avendo considerato anche la componente verticale (kv) verso l'alto, essendo quest'ultima la condizione più gravosa per le verifiche a scorrimento.

CALCOLO MURI AD U



DATI DI INPUT

CASO DI CALCOLO : **MU55**

Geometria

Hsx =	6,50	m	Bs =	21,55	m	Hdx =	4,9	m
hsx =	5,60	m	Hs =	0,90	m	hdx =	4,1	m
Hpsx =	6,50	m	Btot =	23,25	m	Hpdx =	4,98	m
s sx =	0,9	m	hm =	0,9	m	s dx =	0,80	m
d sx =	0,0	m	hb =	0,70	m	d dx =	0,00	m
			Bp =	5,00	m			
Yd =	1,60	m						
sd =	0,80	m						

Pesi strutturali e permanenti

γ_{ca} =	25	KN/m ³
γ_{mag} =	24	KN/m ³
γ_{ball} =	18	KN/m ³

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	34 di 95

Coefficienti sismici

$$K_h \text{ [--]} = \boxed{0,230} \quad (\beta_m = 1,00)$$

$$K_v \text{ [--]} = \boxed{0,115}$$

Terrapieno spingente

(BNI)

$\varepsilon =$	$\boxed{10,00}$	$^\circ$
$\gamma =$	$\boxed{19,5}$	KN/m ³
$\varphi \text{ }^\circ =$	$\boxed{25}$	
$\delta/\varphi =$	$\boxed{0,6}$	$^\circ$
$\delta \text{ }^\circ =$	$\boxed{15}$	$^\circ$
$c' =$	$\boxed{0}$	Kpa

Coefficienti di Spinta STAT

$K_o \text{ [--]} =$	$\boxed{0,577}$
$K_a \text{ [--]} =$	$\boxed{0,423}$
$K_p \text{ [--]} =$	$\boxed{2,512}$

Coefficienti di Spinta SISM (valutati con $\delta=0$)

$K'a \text{ [--]} =$	$\boxed{0,923}$	$\Delta k_a =$	$\boxed{0,500}$
$K'p \text{ [--]} =$	$\boxed{2,806}$		

Condizioni di spinta statica (R=riposo/A=attiva)=

R

$$H_{c'} = \boxed{0,00} \text{ m} \quad (\text{altezza non spingente per effetto coesione})$$

Sovraccarichi

Permanenti

$q_{sx} =$	$\boxed{0}$	KPa
$q_{dx} =$	$\boxed{0}$	KPa

Variabili

$q_{sx} =$	$\boxed{0}$	KPa
$q_{dx} =$	$\boxed{0}$	KPa

Terrapieno fondazione

(BNI)

$\gamma =$	$\boxed{19,5}$	KN/m ³
$\varphi =$	$\boxed{38}$	
$c' =$	$\boxed{0}$	KPa

Falda

$$h_w = \boxed{2,60} \text{ m}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO FASE SISMICA (Azioni per metro)

- AZIONI INSTABILIZZANTI F (Sisma da sx)

$K = 0,423$ (coefficiente di spinta)

Terreno di rinfiando (F1)

$H' = 6,5$ m (altezza effettiva di spinta per tener conto $c' > 0$)

$H = 6,50$ m (altezza complessiva spingente)

$\sigma = 53,59$ KN/m² (tensione orizzontale a base muro ad U)

$F1 = 174,2$ KN

Sovraccarico permanente (F2)

$F2 = 0,0$ KN (Spinta data dal sovraccarico permanente a monte qsx)

Sovraccarico variabile (F3)

$F3 = 0$ KN (Spinta data dal sovraccarico variabile a monte qsx)

Incremento Sismico Terreno (F4)

$F4a = 206,0$ KN (Incremento sismico alla M.O.)

$F4b = 0,0$ KN (inerzia terreno su dente sx)

$F4c = 0,0$ KN (inerzia terreno su dente dx)

Incremento Sismico Sovracc permanente (F5)

$F5 = 0,0$ KN

Incremento Sismico Sovracc variabile (F6)

$F6 = 0,0$ KN

Sisma su parete sx (F7)

$F7 = 29,0$ KN

Sisma su parete dx (F8)

$F8 = 18,8$ KN

Sisma su soletta inferiore (F9)

$F9 = 120,3$ KN

Sisma su magorne (F10)

$F10 = 107,1$ KN

Sisma su ballast (F11)

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	36 di 95

$$F11 = 14,5 \text{ KN}$$

Sisma su dente (F12)

$$F11 = 7,4 \text{ KN}$$

$$F = 677 \text{ KN} \quad (\text{Azione Instabilizzante Complessiva})$$

- **CARICHI VERTICALI N** (con sisma negativo)

Parete sx (N1)

$$N1 = 111,5 \text{ KN}$$

Parete dx (N2)

$$N2 = 72,2 \text{ KN}$$

Soletta inferiore (N3)

$$N3 = 463,0 \text{ KN}$$

Dente di fondazione (N4)

$$N4 = 0,0 \text{ KN}$$

Magrone (N5)

$$N5 = 411,9 \text{ KN}$$

Ballast (N6)

$$N6 = 55,8 \text{ KN}$$

Terreno su mensola sx (N7)

$$N7 = 0,0 \text{ KN}$$

Terreno su mensola dx (N8)

$$N8 = 0,0 \text{ KN}$$

Sovraccarico perm su mensola sx (N9)

$$N9 = 0,0 \text{ KN}$$

Sovraccarico perm su mensola dx (N9)

$$N10 = 0,0 \text{ KN}$$

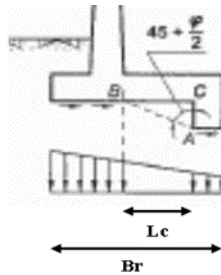
Sottospinta Idraulica (N11)

$$N10 = -604,5 \text{ KN}$$

$$N = 509,9 \text{ KN} \quad (\text{Carico Verticale Totale in fondazione})$$

- CALCOLO RESISTENZA PER ATTRITO SU PIANO DI POSA (R1)

$\varphi =$	38	
$\alpha(\varphi) =$	1	
$c' =$	0	KPa
$\alpha(c') =$	0	
Brid =	19,17	m



$\gamma_{R1} =$ 1,1

$R1\ k =$ 398,4 KN (resistenza complessiva scorrimento su piano di posa - valore caratteristico)

$R1\ d =$ 362,2 KN (resistenza complessiva scorrimento su piano di posa - valore di progetto)

- CALCOLO RESISTENZA PASSIVA LATO VALLE (R2)

H =	6,500	m	
$K_p =$	2,806		
$\alpha K_p =$	0,5		(aliquota di calcolo spinta passiva)
$c' =$	0	Kpa	
$\alpha c' =$	0		(aliquota di calcolo spinta passiva)

$R2\ a =$	578,0	KN	(risultante diagramma triangolare)
$R2\ b =$	0,0	KN	(risultante diagramma costante 1 - contributo coesione)
$R2\ c =$	0,0	KN	(risultante diagramma costante 2 - contributo sovraccarico perm.)

$\gamma_{R2} =$ 1,4

$R2\ k =$ 578,0 KN (Resistenza passiva complessiva lato valle - valore caratteristico)

$R2\ d =$ 412,9 KN (Resistenza passiva complessiva lato valle - valore di progetto)

$R =$ 775,0 KN (Resistenza passiva totale di progetto)

Coefficiente di Sicurezza allo Scorrimento :

$R / F =$ 1,14




NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	38 di 95

9.5.3 Verifiche a carico limite

La verifica a carico limite è stata eseguita in automatico dal software di calcolo attraverso l'utilizzo di della formula di Meyerhof, Per i risultati delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO OPERE DI SOSTEGNO					
Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO MU5500 001	REV. A	FOGLIO 39 di 95

9.6 TABULATI DI CALCOLO

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software impiegati ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. Le stesse società produttrici hanno verificato l'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati sono contenuti in apposita documentazione fornita a corredo dell'acquisto del prodotto, che per brevità espositiva si omette di allegare al presente documento.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni esposte nel documento sono state inoltre sottoposte a controlli dal sottoscritto utente del software.

Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali, che per brevità espositiva si omette dall'allegare al presente documento.

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, Il Progettista dichiara pertanto che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, validando conseguentemente i risultati dei calcoli esposti nella presente.

Geometria scatolare

Descrizione:	Scatolare tipo vasca	
Altezza esterna	6,50	[m]
Larghezza esterna	23,25	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0,90	[m]
Spessore piedritto destro	0,80	[m]
Spessore fondazione	0,90	[m]

Caratteristiche strati terreno

Strato di rinfianco

Descrizione	Terreno di rinfianco	
Peso di volume	19,5000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19,5000	[kN/mc]
Angolo di attrito	25,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	16,67	[°]
Coazione	0	[kPa]
Costante di Winkler	0	[kPa/cm]

Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	19,5000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19,5000	[kN/mc]
Angolo di attrito	25,00	[°]



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	41 di 95

Angolo di attrito terreno struttura	25,00	[°]
Coesione	5	[kPa]
Costante di Winkler	14	[kPa/cm]
Tensione limite	1000	[kPa]

Falda

Quota falda (rispetto al piano di posa)	2,60	[m]
---	------	-----

Caratteristiche materiali utilizzati

Materiale calcestruzzo

R _{ck} calcestruzzo	37000	[kPa]
Peso specifico calcestruzzo	24,5170	[kN/mc]
Modulo elastico E	32532520	[kPa]
Tensione di snervamento acciaio	450000	[kPa]
Coeff. omogeneizzazione cls teso/compresso (n')	0,50	
Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls (n)	15,00	
Coefficiente dilatazione termica	0,0000120	

Condizioni di carico

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 (espresse in m) positive verso destra



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	42 di 95

Ordinate Y (espresse 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

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 (ballast)

Distr Fondaz. $X_i= 1,00$ $X_f= 22,50$ $V_{ni}= 35,00$ $V_{nf}= 35,00$ $V_{ti}= 0,00$ $V_{tf}= 0,00$

Condizione di carico n°8 (Peso piedritti)



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	43 di 95

Conc Pied_D Y= 6,40 F_y= -44,40 F_x= 0,00 M= 0,00

Condizione di carico n° 9 (spinte terreno)

Distr Pied_D Y_i= 4,98 Y_f= 6,50 V_{ni}= 17,11 V_{nf}= 0,00 V_{ti}= 0,00 V_{tf}= 0,00

Distr Pied_D Y_i= 0,00 Y_f= 4,98 V_{ni}= 17,11 V_{nf}= 17,11 V_{ti}= 0,00 V_{tf}= 0,00

Condizione di carico n° 10 (carico monte)

Distr Terreno X_i= -8,00 X_f= 0,00 V_{ni}= 20,00 V_{nf}= 20,00

Condizione di carico n° 11 (sisma da dx)

Distr Pied_D Y_i= 4,98 Y_f= 6,50 V_{ni}= 14,82 V_{nf}= 0,00 V_{ti}= 0,00 V_{tf}= 0,00

Distr Pied_D Y_i= 0,00 Y_f= 4,98 V_{ni}= 14,82 V_{nf}= 14,82 V_{ti}= 0,00 V_{tf}= 0,00

Condizione di carico n° 12 (Sisma da sx (add))

Distr Pied_D Y_i= 4,98 Y_f= 6,50 V_{ni}= -14,82 V_{nf}= 0,00 V_{ti}= 0,00 V_{tf}= 0,00

Distr Pied_D Y_i= 0,00 Y_f= 4,98 V_{ni}= -14,82 V_{nf}= -14,82 V_{ti}= 0,00 V_{tf}= 0,00

Impostazioni di progetto

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

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

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

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

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	44 di 95

con:

d altezza utile sezione [mm]
 b_w larghezza minima sezione [mm]
 σ_{cp} tensione media di compressione [N/mm²]
 ρ_l rapporto geometrico di armatura
 A_{sw} area armatura trasversale [mm²]
s interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
 α_c coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}

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

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

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

Stato Limite di Esercizio

Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente moderatamente aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare) $0.55 f_{ck}$

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.) $0.40 f_{ck}$

Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare) $0.75 f_{yk}$

Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure $w_1=0,20$ $w_2=0,20$ $w_3=0,20$

Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2008 - Approccio 2

Copriferro sezioni 6,00 [cm]



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	45 di 95

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

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

Norme Tecniche 2008

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

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}	1,30	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

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	46 di 95

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	$\gamma_{\text{tan}\phi'}$	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	$\gamma_{G1\text{fav}}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1\text{sfav}}$	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G2\text{fav}}$	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2\text{sfav}}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1\text{fav}}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q1\text{sfav}}$	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Q\text{fav}}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q\text{sfav}}$	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:

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	47 di 95

<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

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
ballast	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
spinte terreno	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Peso piedritti	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
carico monte	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2) - 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
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500.001	A	48 di 95

spinte terreno	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
carico monte	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sx (add)	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2) - 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
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
carico monte	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sx (add)	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2) - 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
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500.001	A	49 di 95

spinte terreno	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
carico monte	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
sisma da dx	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2) - 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
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
carico monte	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
sisma da dx	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 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
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
carico monte	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500.001	A	50 di 95

Combinazione n° 7 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
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
carico monte	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 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
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
carico monte	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	51 di 95

Analisi della spinta e verifiche

Simbologia adottata ed unità di misura

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti verso il basso

X ascisse (espresse in m) positive verso destra

Y ordinate (espresse in m) positive verso l'alto

M momento espresso in kNm

V taglio espresso in kN

SN sforzo normale espresso in kN

ux spostamento direzione X espresso in cm

uy spostamento direzione Y espresso in cm

σ_t pressione sul terreno espressa in kPa

Tipo di analisi

Pressione in calotta

Pressione geostatica

I carichi applicati sul terreno sono stati diffusi secondo **angolo di attrito**

Metodo di calcolo della portanza

Meyerhof

Spinta sui piedritti

a Riposo [combinazione 1]

Attiva [combinazione 2]

Attiva [combinazione 3]

Attiva [combinazione 4]

Attiva [combinazione 5]

a Riposo [combinazione 6]

a Riposo [combinazione 7]

a Riposo [combinazione 8]

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine

37.541000



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	52 di 95

Longitudine 14.575000
Comune Ramacca
Provincia Catania
Regione Sicilia
Punti di interpolazione del reticolo 47858 - 47859 - 47637 - 47636

Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria
Vita nominale 75 anni
Classe d'uso pericolose III - Affollamenti significativi e industrie non
Vita di riferimento 113 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo $a_g =$ 1.55 [m/s²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.46
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) $k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S_s) = 23.08$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v = 0.50 * k_h = 11.54$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo $a_g =$ 0.00 [m/s²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.50
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) $k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S_s) = 0.00$



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	53 di 95

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico Rettangolare

Spinta sismica Mononobe-Okabe

Angolo diffusione sovraccarico 25,00 [°]

Coefficienti di spinta

N° combinazione	Statico	Sismico
1	0,577	0,000
2	0,361	0,623
3	0,361	0,566
4	0,361	0,623
5	0,361	0,566
6	0,577	0,000
7	0,577	0,000
8	0,577	0,000

Discretizzazione strutturale

Numero elementi fondazione	228
Numero elementi piedritto sinistro	62
Numero elementi piedritto destro	64
Numero molle piedritto sinistro	63
Numero molle piedritto destro	65

Spostamenti

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 1)

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	54 di 95

X [m]	u_x [cm]	u_y [cm]
0,45	15,940	4,029
6,06	15,935	4,268
11,63	15,930	4,123
17,29	15,925	4,063
22,85	15,919	4,068

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y [m]	u_x [cm]	u_y [cm]
0,45	15,940	4,029
1,91	16,168	4,030
3,48	16,462	4,031
4,94	16,756	4,031
6,50	17,074	4,031

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y [m]	u_x [cm]	u_y [cm]
0,45	15,919	4,068
1,91	15,885	4,068
3,48	15,834	4,069
4,98	15,784	4,069
6,50	15,733	4,068

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	u_x [cm]	u_y [cm]
0,45	24,311	2,842
6,06	24,308	3,140
11,63	24,304	3,057

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	55 di 95

17,29	24,300	3,077
22,85	24,295	3,245

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	24,311	2,842
1,91	24,549	2,842
3,48	24,856	2,843
4,94	25,163	2,843
6,50	25,497	2,843

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 2)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	24,295	3,245
1,91	24,325	3,245
3,48	24,349	3,246
4,98	24,371	3,246
6,50	24,393	3,246

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 3)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	22,283	2,216
6,06	22,280	2,618
11,63	22,277	2,588
17,29	22,273	2,531
22,85	22,268	2,498

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 3)

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	56 di 95

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	22,283	2,216
1,91	22,536	2,217
3,48	22,852	2,217
4,94	23,167	2,217
6,50	23,508	2,217

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 3)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	22,268	2,498
1,91	22,237	2,499
3,48	22,196	2,499
4,98	22,155	2,499
6,50	22,115	2,499

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 4)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	-3,275	3,861
6,06	-3,278	3,247
11,63	-3,280	2,858
17,29	-3,282	2,857
22,85	-3,284	3,077

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 4)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	-3,275	3,861
1,91	-3,403	3,862
3,48	-3,525	3,862

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	57 di 95

4,94 -3,633 3,863

6,50 -3,748 3,863

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 4)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	-3,284	3,077
1,91	-3,240	3,077
3,48	-3,206	3,077
4,98	-3,178	3,077
6,50	-3,152	3,077

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 5)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	-1,766	3,051
6,06	-1,769	2,680
11,63	-1,771	2,397
17,29	-1,773	2,360
22,85	-1,774	2,479

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 5)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	-1,766	3,051
1,91	-1,822	3,052
3,48	-1,865	3,052
4,94	-1,901	3,052
6,50	-1,939	3,052

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 5)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
-------	---------------------	---------------------

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	58 di 95

0,45	-1,774	2,479
1,91	-1,748	2,479
3,48	-1,727	2,479
4,98	-1,708	2,479
6,50	-1,691	2,479

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 6)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	11,492	2,820
6,06	11,488	2,923
11,63	11,484	2,781
17,29	11,480	2,736
22,85	11,476	2,756

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 6)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	11,492	2,820
1,91	11,638	2,820
3,48	11,830	2,821
4,94	12,024	2,821
6,50	12,233	2,821

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 6)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	11,476	2,756
1,91	11,454	2,756
3,48	11,421	2,756
4,98	11,387	2,756

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	59 di 95

6,50 11,352 2,756

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 7)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	11,492	2,820
6,06	11,488	2,923
11,63	11,484	2,781
17,29	11,480	2,736
22,85	11,476	2,756

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 7)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	11,492	2,820
1,91	11,638	2,820
3,48	11,830	2,821
4,94	12,024	2,821
6,50	12,233	2,821

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 7)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	11,476	2,756
1,91	11,454	2,756
3,48	11,421	2,756
4,98	11,387	2,756
6,50	11,352	2,756

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 8)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
-------	---------------------	---------------------

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	60 di 95

0,45	11,492	2,820
6,06	11,488	2,923
11,63	11,484	2,781
17,29	11,480	2,736
22,85	11,476	2,756

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 8)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	11,492	2,820
1,91	11,638	2,820
3,48	11,830	2,821
4,94	12,024	2,821
6,50	12,233	2,821

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 8)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,45	11,476	2,756
1,91	11,454	2,756
3,48	11,421	2,756
4,98	11,387	2,756
6,50	11,352	2,756

Sollecitazioni

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-866,3014	-171,0053	273,8187

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	61 di 95

6,06	-210,9320	-80,0977	273,8187
11,63	79,0826	-20,3536	273,8187
17,29	62,8224	31,0010	273,8187
22,85	-235,8035	94,0495	273,8187

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-866,3014	385,1308	173,5437
1,91	-417,9074	234,6672	131,5573
3,48	-146,8450	119,3752	86,7718
4,94	-30,4313	44,8970	44,7855
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-235,8035	-162,6529	96,5411
1,91	-70,6701	-70,1002	59,2198
3,48	-8,3229	-16,5799	19,4105
4,98	0,0104	-0,0036	-18,9635
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-821,7135	-147,1076	154,2865
6,06	-214,7463	-78,8034	182,8731
11,63	88,0840	-26,9960	211,1873
17,29	116,2255	21,5842	240,0108
22,85	-144,3306	85,9660	268,3426

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	62 di 95

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-821,7135	324,0549	148,8978
1,91	-431,8666	213,3047	112,8741
3,48	-171,6860	123,7749	74,4489
4,94	-41,7351	56,1860	38,4252
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 2)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-144,3306	-98,6871	87,9536
1,91	-44,1460	-42,8805	55,9326
3,48	-4,2961	-11,9571	21,7768
4,98	2,1652	0,8337	-11,1475
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 3)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-736,0412	-116,6962	140,1296
6,06	-251,2698	-65,0530	168,7162
11,63	1,7652	-22,8088	197,0303
17,29	30,9425	15,3002	225,8538
22,85	-144,3306	59,0409	254,1857

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 3)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-736,0412	295,7335	118,0925

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	63 di 95

1,91	-382,6340	191,8352	89,5217
3,48	-150,2679	109,6142	59,0462
4,94	-36,0295	48,8773	30,4755
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 3)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-144,3306	-98,6871	60,5711
1,91	-44,1460	-42,8805	35,1749
3,48	-4,2961	-11,9571	8,0855
4,98	2,1652	0,8337	-18,0271
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 4)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-292,8083	-146,4653	172,0796
6,06	170,5512	-39,4879	143,4930
11,63	262,1547	5,7070	115,1788
17,29	153,6034	36,6522	86,3553
22,85	-147,3967	86,0692	58,0235

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 4)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-292,8083	149,2102	148,8978
1,91	-127,9250	80,7612	112,8741
3,48	-39,4597	36,3525	74,4489
4,94	-6,5114	11,0648	38,4252
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	64 di 95

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 4)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-147,3967	-80,9543	87,9536
1,91	-66,0394	-34,8878	55,9326
3,48	-30,5579	-14,3539	21,7768
4,98	-12,9533	-11,5780	-11,1475
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 5)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-292,8083	-116,1703	161,5404
6,06	76,4483	-33,9366	132,9538
11,63	168,3925	0,6902	104,6396
17,29	108,6283	23,2610	75,8161
22,85	-83,6174	59,0527	47,4843

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 5)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-292,8083	149,2102	118,0925
1,91	-127,9250	80,7612	89,5217
3,48	-39,4597	36,3525	59,0462
4,94	-6,5114	11,0648	30,4755
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 5)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-83,6174	-59,8703	60,5711
1,91	-29,3879	-18,9048	35,1749

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	65 di 95

3,48	-14,6131	-3,8119	8,0855
4,98	-8,9274	-6,2808	-18,0271
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 6)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-633,8724	-131,7188	205,2571
6,06	-130,1395	-60,1017	205,2571
11,63	80,7714	-13,7007	205,2571
17,29	57,2988	25,2439	205,2571
22,85	-181,3873	72,5744	205,2571

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 6)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-633,8724	285,5063	133,4951
1,91	-302,7831	172,3654	101,1979
3,48	-104,8294	86,4530	66,7476
4,94	-21,2434	31,7624	34,4504
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 6)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-181,3873	-125,1176	74,2624
1,91	-54,3617	-53,9232	45,5537
3,48	-6,4022	-12,7537	14,9312
4,98	0,0080	-0,0027	-14,5873
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 7)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-633,8724	-131,7188	205,2571
6,06	-130,1395	-60,1017	205,2571
11,63	80,7714	-13,7007	205,2571
17,29	57,2988	25,2439	205,2571
22,85	-181,3873	72,5744	205,2571

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 7)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-633,8724	285,5063	133,4951
1,91	-302,7831	172,3654	101,1979
3,48	-104,8294	86,4530	66,7476
4,94	-21,2434	31,7624	34,4504
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 7)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-181,3873	-125,1176	74,2624
1,91	-54,3617	-53,9232	45,5537
3,48	-6,4022	-12,7537	14,9312
4,98	0,0080	-0,0027	-14,5873
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 8)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-633,8724	-131,7188	205,2571
6,06	-130,1395	-60,1017	205,2571

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	67 di 95

11,63	80,7714	-13,7007	205,2571
17,29	57,2988	25,2439	205,2571
22,85	-181,3873	72,5744	205,2571

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 8)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-633,8724	285,5063	133,4951
1,91	-302,7831	172,3654	101,1979
3,48	-104,8294	86,4530	66,7476
4,94	-21,2434	31,7624	34,4504
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 8)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,45	-181,3873	-125,1176	74,2624
1,91	-54,3617	-53,9232	45,5537
3,48	-6,4022	-12,7537	14,9312
4,98	0,0080	-0,0027	-14,5873
6,50	0,0000	0,0000	0,0000

Pressioni terreno

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	σ_t [kPa]
0,45	56
6,06	60
11,63	58
17,29	57
22,85	57

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	σ_t [kPa]
0,45	40
6,06	44
11,63	43
17,29	43
22,85	45

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 3)

X [m]	σ_t [kPa]
0,45	31
6,06	37
11,63	36
17,29	35
22,85	35

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 4)

X [m]	σ_t [kPa]
0,45	54
6,06	45
11,63	40
17,29	40
22,85	43

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 5)

X [m]	σ_t [kPa]
0,45	43
6,06	38
11,63	34
17,29	33

22,85

35

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 6)

X [m]	σ_t [kPa]
0,45	39
6,06	41
11,63	39
17,29	38
22,85	39

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 7)

X [m]	σ_t [kPa]
0,45	39
6,06	41
11,63	39
17,29	38
22,85	39

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 8)

X [m]	σ_t [kPa]
0,45	39
6,06	41
11,63	39
17,29	38
22,85	39

Verifiche combinazioni SLU

Simbologia adottata ed unità di misura

N° *Indice sezione*

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	70 di 95

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, espresse in cmq
A_{fs}	Area armatura superiore, espresse in cmq
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 cmq

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 90,00$ cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N_u	M_u	A_{fi}	A_{fs}	CS
1	0,45	866,30 (866,30)	273,82	587,33	1858,18	53,09	53,09	2,14
2	6,06	210,93 (271,49)	273,82	2594,78	2572,68	53,09	53,09	9,48
3	11,63	-79,08 (-94,47)	273,82	8991,55	-3102,17	53,09	53,09	32,84
4	17,29	-62,82 (-86,26)	273,82	9528,84	-3001,80	53,09	53,09	34,80
5	22,85	235,80 (306,90)	273,82	2183,64	2447,50	53,09	53,09	7,97

Verifiche taglio

N°	X	A_{sw}	V	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	-171,01	444,33	0,00	0,00	2.598
2	6,06	0,00	-80,10	444,33	0,00	0,00	5.547

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	71 di 95

3	11,63	0,00	-20,35	444,33	0,00	0,00	21.831
4	17,29	0,00	31,00	444,33	0,00	0,00	14.333
5	22,85	0,00	94,05	444,33	0,00	0,00	4.724

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	-866,30 (-866,30)	173,54	351,26	-1753,41	26,55	53,09	2,02
2	1,91	-417,91 (-595,32)	131,56	390,37	-1766,49	26,55	53,09	2,97
3	3,48	-146,85 (-237,09)	86,77	682,20	-1864,02	26,55	53,09	7,86
4	4,94	-30,43 (-64,37)	44,79	1483,04	-2131,67	26,55	53,09	33,11
5	6,50	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	26,55	53,09	1000,00

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	385,13	430,29	0,00	0,00	1.117
2	1,91	0,00	234,67	424,41	0,00	0,00	1.809
3	3,48	0,00	119,38	418,14	0,00	0,00	3.503
4	4,94	0,00	44,90	412,26	0,00	0,00	9.182
5	6,50	0,00	0,00	322,24	0,00	0,00	100.000

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 80,00 cm

Verifiche presso-flessione

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	72 di 95

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	-235,80 (-235,80)	96,54	664,53	-1623,12	26,55	53,09	6,88
2	1,91	-70,67 (-117,36)	59,22	845,41	-1675,37	26,55	53,09	14,28
3	3,48	-8,32 (-19,37)	19,41	2005,73	-2001,04	26,55	53,09	103,33
4	4,98	0,01 (0,01)	-18,96	-2094,87	1,17	26,55	53,09	110,47
5	6,50	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	26,55	53,09	1000,00

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	-162,65	394,50	0,00	0,00	2.425
2	1,91	0,00	-70,10	389,32	0,00	0,00	5.554
3	3,48	0,00	-16,58	383,80	0,00	0,00	23.148
4	4,98	0,00	0,00	299,85	0,00	0,00	84431.378
5	6,50	0,00	0,00	381,10	0,00	0,00	100.000

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	821,71 (821,71)	154,29	331,14	1763,60	53,09	53,09	2,15
2	6,06	214,75 (274,32)	182,87	1451,38	2177,16	53,09	53,09	7,94
3	11,63	-88,08 (-108,49)	211,19	6391,56	-3283,53	53,09	53,09	30,26
4	17,29	-116,23 (-132,54)	240,01	5860,54	-3236,42	53,09	53,09	24,42
5	22,85	144,33 (209,32)	268,34	3676,86	2868,14	53,09	53,09	13,70

Verifiche taglio

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	73 di 95

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	-147,11	427,59	0,00	0,00	2.907
2	6,06	0,00	-78,80	431,60	0,00	0,00	5.477
3	11,63	0,00	-27,00	435,56	0,00	0,00	16.134
4	17,29	0,00	21,58	439,60	0,00	0,00	20.367
5	22,85	0,00	85,97	443,56	0,00	0,00	5.160

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	-821,71 (-821,71)	148,90	315,56	-1741,48	26,55	53,09	2,12
2	1,91	-431,87 (-593,12)	112,87	332,49	-1747,14	26,55	53,09	2,95
3	3,48	-171,69 (-265,26)	74,45	506,70	-1805,37	26,55	53,09	6,81
4	4,94	-41,74 (-84,21)	38,43	880,83	-1930,41	26,55	53,09	22,92
5	6,50	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	26,55	53,09	1000,00

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	324,05	426,84	0,00	0,00	1.317
2	1,91	0,00	213,30	421,80	0,00	0,00	1.977
3	3,48	0,00	123,77	416,42	0,00	0,00	3.364
4	4,94	0,00	56,19	411,37	0,00	0,00	7.322
5	6,50	0,00	0,00	322,24	0,00	0,00	100.000

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	74 di 95

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 80,00$ cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N_u	M_u	A_{fi}	A_{fs}	CS
1	0,45	-144,33 (-144,33)	87,95	1058,46	-1736,92	26,55	53,09	12,03
2	1,91	-44,15 (-72,70)	55,93	1415,61	-1840,09	26,55	53,09	25,31
3	3,48	-4,30 (-12,26)	21,78	4144,97	-2333,46	26,55	53,09	190,34
4	4,98	2,17 (2,25)	-11,15	-1325,79	267,97	26,55	53,09	118,93
5	6,50	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	26,55	53,09	1000,00

Verifiche taglio

N°	X	A_{sw}	V	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	-98,69	393,31	0,00	0,00	3.985
2	1,91	0,00	-42,88	388,86	0,00	0,00	9.069
3	3,48	0,00	-11,96	384,12	0,00	0,00	32.125
4	4,98	0,00	0,83	300,93	0,00	0,00	360.953
5	6,50	0,00	0,00	302,48	0,00	0,00	100.000

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 90,00$ cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N_u	M_u	A_{fi}	A_{fs}	CS
1	0,45	736,04 (736,04)	140,13	336,11	1765,44	53,09	53,09	2,40
2	6,06	251,27 (300,45)	168,72	1162,74	2070,61	53,09	53,09	6,89
3	11,63	-1,77 (-19,01)	197,03	15541,71	-1499,40	53,09	53,09	78,88
4	17,29	-30,94 (-42,51)	225,85	12536,77	-2359,63	53,09	53,09	55,51

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	75 di 95

5 22,85 144,33 (188,97) 254,19 3934,26 2924,79 53,09 53,09 15,48

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	-116,70	425,61	0,00	0,00	3.647
2	6,06	0,00	-65,05	429,61	0,00	0,00	6.604
3	11,63	0,00	-22,81	433,58	0,00	0,00	19.009
4	17,29	0,00	15,30	437,61	0,00	0,00	28.602
5	22,85	0,00	59,04	441,58	0,00	0,00	7.479

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	-736,04 (-736,04)	118,09	277,36	-1728,72	26,55	53,09	2,35
2	1,91	-382,63 (-527,66)	89,52	294,25	-1734,36	26,55	53,09	3,29
3	3,48	-150,27 (-233,14)	59,05	452,67	-1787,31	26,55	53,09	7,67
4	4,94	-36,03 (-72,98)	30,48	793,98	-1901,38	26,55	53,09	26,05
5	6,50	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	26,55	53,09	1000,00

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	295,73	422,53	0,00	0,00	1.429
2	1,91	0,00	191,84	418,53	0,00	0,00	2.182
3	3,48	0,00	109,61	414,26	0,00	0,00	3.779
4	4,94	0,00	48,88	410,26	0,00	0,00	8.394

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	76 di 95

5	6,50	0,00	0,00	405,99	0,00	0,00	100.000
---	------	------	------	--------	------	------	---------

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 80,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	-144,33 (-144,33)	60,57	683,47	-1628,59	26,55	53,09	11,28
2	1,91	-44,15 (-72,70)	35,17	804,89	-1663,67	26,55	53,09	22,88
3	3,48	-4,30 (-12,26)	8,09	1166,05	-1768,00	26,55	53,09	144,21
4	4,98	2,17 (2,25)	-18,03	-1542,50	192,80	26,55	53,09	85,57
5	6,50	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	26,55	53,09	1000,00

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	-98,69	389,51	0,00	0,00	3.947
2	1,91	0,00	-42,88	385,98	0,00	0,00	9.001
3	3,48	0,00	-11,96	382,22	0,00	0,00	31.966
4	4,98	0,00	0,83	299,98	0,00	0,00	359.808
5	6,50	0,00	0,00	381,10	0,00	0,00	100.000

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	292,81 (292,81)	172,08	1231,87	2096,13	53,09	53,09	7,16

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	77 di 95

2	6,06	-170,55 (-200,40)	143,49	1597,52	-2231,12	53,09	53,09	11,13
3	11,63	-262,15 (-263,31)	115,18	856,25	-1957,46	53,09	53,09	7,43
4	17,29	-153,60 (-181,31)	86,36	948,52	-1991,52	53,09	53,09	10,98
5	22,85	147,40 (212,46)	58,02	498,51	1825,39	53,09	53,09	8,59

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	-146,47	430,09	0,00	0,00	2.936
2	6,06	0,00	-39,49	426,08	0,00	0,00	10.790
3	11,63	0,00	5,71	422,12	0,00	0,00	73.965
4	17,29	0,00	36,65	418,08	0,00	0,00	11.407
5	22,85	0,00	86,07	414,12	0,00	0,00	4.811

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	-292,81 (-292,81)	148,90	1002,28	-1971,00	26,55	53,09	6,73
2	1,91	-127,93 (-188,98)	112,87	1220,87	-2044,05	26,55	53,09	10,82
3	3,48	-39,46 (-66,94)	74,45	2774,54	-2494,79	26,55	53,09	37,27
4	4,94	-6,51 (-14,88)	38,43	7275,04	-2816,55	26,55	53,09	189,33
5	6,50	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	26,55	53,09	1000,00

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	149,21	426,84	0,00	0,00	2.861



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO
 OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	78 di 95

2	1,91	0,00	80,76	421,80	0,00	0,00	5.223
3	3,48	0,00	36,35	416,42	0,00	0,00	11.455
4	4,94	0,00	11,06	411,37	0,00	0,00	37.179
5	6,50	0,00	0,00	322,24	0,00	0,00	100.000

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 80,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	-147,40 (-147,40)	87,95	1031,86	-1729,23	26,55	53,09	11,73
2	1,91	-66,04 (-89,27)	55,93	1094,79	-1747,41	26,55	53,09	19,57
3	3,48	-30,56 (-40,12)	21,78	921,34	-1697,30	26,55	53,09	42,31
4	4,98	-12,95 (-20,66)	-11,15	-650,64	-1206,09	26,55	53,09	58,37
5	6,50	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	26,55	53,09	1000,00

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	-80,95	393,31	0,00	0,00	4.858
2	1,91	0,00	-34,89	388,86	0,00	0,00	11.146
3	3,48	0,00	-14,35	384,12	0,00	0,00	26.761
4	4,98	0,00	-11,58	379,56	0,00	0,00	32.783
5	6,50	0,00	0,00	302,48	0,00	0,00	100.000

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	79 di 95

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	292,81 (292,81)	161,54	1137,12	2061,15	53,09	53,09	7,04
2	6,06	-76,45 (-102,10)	132,95	3757,94	-2885,98	53,09	53,09	28,27
3	11,63	-168,39 (-168,50)	104,64	1322,51	-2129,59	53,09	53,09	12,64
4	17,29	-108,63 (-126,21)	75,82	1266,91	-2109,06	53,09	53,09	16,71
5	22,85	83,62 (128,26)	47,48	703,85	1901,20	53,09	53,09	14,82

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Red}	FS
1	0,45	0,00	-116,17	428,61	0,00	0,00	3.690
2	6,06	0,00	-33,94	424,61	0,00	0,00	12.512
3	11,63	0,00	0,69	420,64	0,00	0,00	609.457
4	17,29	0,00	23,26	416,61	0,00	0,00	17.910
5	22,85	0,00	59,05	412,64	0,00	0,00	6.988

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	-292,81 (-292,81)	118,09	762,62	-1890,90	26,55	53,09	6,46
2	1,91	-127,93 (-188,98)	89,52	920,77	-1943,76	26,55	53,09	10,29
3	3,48	-39,46 (-66,94)	59,05	2046,28	-2319,92	26,55	53,09	34,66
4	4,94	-6,51 (-14,88)	30,48	5965,91	-2912,23	26,55	53,09	195,76
5	6,50	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	26,55	53,09	1000,00

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	80 di 95

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	149,21	422,53	0,00	0,00	2.832
2	1,91	0,00	80,76	418,53	0,00	0,00	5.182
3	3,48	0,00	36,35	414,26	0,00	0,00	11.396
4	4,94	0,00	11,06	410,26	0,00	0,00	37.078
5	6,50	0,00	0,00	322,24	0,00	0,00	100.000

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 5 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 80,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,45	-83,62 (-83,62)	60,57	1311,05	-1809,88	26,55	53,09	21,64
2	1,91	-29,39 (-41,98)	35,17	1582,18	-1888,21	26,55	53,09	44,98
3	3,48	-14,61 (-17,15)	8,09	781,02	-1656,77	26,55	53,09	96,59
4	4,98	-8,93 (-13,11)	-18,03	-1333,57	-969,86	26,55	53,09	73,98
5	6,50	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	26,55	53,09	1000,00

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	FS
1	0,45	0,00	-59,87	389,51	0,00	0,00	6.506
2	1,91	0,00	-18,90	385,98	0,00	0,00	20.417
3	3,48	0,00	-3,81	382,22	0,00	0,00	100.271
4	4,98	0,00	-6,28	378,60	0,00	0,00	60.279
5	6,50	0,00	0,00	381,10	0,00	0,00	100.000

Verifiche combinazioni 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 [Combinazione n° 6 - SLE (Quasi Permanente)]

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 90,00$ cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A_{fi}	A_{fs}	σ_{fs}	σ_{fi}	σ_c
1	0,45	633,87	205,26	53,09	53,09	54823	139015	4649
2	6,06	130,14	205,26	53,09	53,09	13571	16247	1058
3	11,63	-80,77	205,26	53,09	53,09	5626	9161	687
4	17,29	-57,30	205,26	53,09	53,09	1724	7055	515
5	22,85	181,39	205,26	53,09	53,09	17956	28298	1434

Verifiche taglio

N°	X	A_{sw}	V	τ_c
-----------	-----	----------	-----	----------

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	82 di 95

1	0,45	0,00	-131,72	-184
2	6,06	0,00	-60,10	-84
3	11,63	0,00	-13,70	-19
4	17,29	0,00	25,24	35
5	22,85	0,00	72,57	102

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 6 - SLE (Quasi Permanente)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,45	-633,87	133,50	26,55	53,09	147154	61606	5178
2	1,91	-302,78	101,20	26,55	53,09	67282	30160	2510
3	3,48	-104,83	66,75	26,55	53,09	20813	11012	897
4	4,94	-21,24	34,45	26,55	53,09	2749	2525	195
5	6,50	0,00	0,00	26,55	53,09	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	τ _c
1	0,45	0,00	285,51	400
2	1,91	0,00	172,37	241
3	3,48	0,00	86,45	121
4	4,94	0,00	31,76	44
5	6,50	0,00	0,00	0

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 6 - SLE (Quasi Permanente)]

Base sezione B = 100 cm

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	83 di 95

Altezza sezione H = 80,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,45	-181,39	74,26	26,55	53,09	45631	21790	1849
2	1,91	-54,36	45,55	26,55	53,09	11865	6988	577
3	3,48	-6,40	14,93	26,55	53,09	761	966	75
4	4,98	0,01	-14,59	26,55	53,09	1372	2752	0
5	6,50	0,00	0,00	26,55	53,09	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	τ _c
1	0,45	0,00	-125,12	-199
2	1,91	0,00	-53,92	-86
3	3,48	0,00	-12,75	-20
4	4,98	0,00	0,00	0
5	6,50	0,00	0,00	0

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 7 - SLE (Frequente)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,45	633,87	205,26	53,09	53,09	54823	139015	4649
2	6,06	130,14	205,26	53,09	53,09	13571	16247	1058
3	11,63	-80,77	205,26	53,09	53,09	5626	9161	687
4	17,29	-57,30	205,26	53,09	53,09	1724	7055	515
5	22,85	181,39	205,26	53,09	53,09	17956	28298	1434

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	84 di 95

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	τ_c
1	0,45	0,00	-131,72	-184
2	6,06	0,00	-60,10	-84
3	11,63	0,00	-13,70	-19
4	17,29	0,00	25,24	35
5	22,85	0,00	72,57	102

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 7 - SLE (Frequente)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ_{fs}	σ_{fi}	σ_c
1	0,45	-633,87	133,50	26,55	53,09	147154	61606	5178
2	1,91	-302,78	101,20	26,55	53,09	67282	30160	2510
3	3,48	-104,83	66,75	26,55	53,09	20813	11012	897
4	4,94	-21,24	34,45	26,55	53,09	2749	2525	195
5	6,50	0,00	0,00	26,55	53,09	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	τ_c
1	0,45	0,00	285,51	400
2	1,91	0,00	172,37	241
3	3,48	0,00	86,45	121
4	4,94	0,00	31,76	44
5	6,50	0,00	0,00	0

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 7 - SLE (Frequente)]

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 80,00$ cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,45	-181,39	74,26	26,55	53,09	45631	21790	1849
2	1,91	-54,36	45,55	26,55	53,09	11865	6988	577
3	3,48	-6,40	14,93	26,55	53,09	761	966	75
4	4,98	0,01	-14,59	26,55	53,09	1372	2752	0
5	6,50	0,00	0,00	26,55	53,09	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	τ _c
1	0,45	0,00	-125,12	-199
2	1,91	0,00	-53,92	-86
3	3,48	0,00	-12,75	-20
4	4,98	0,00	0,00	0
5	6,50	0,00	0,00	0

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 90,00$ cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,45	633,87	205,26	53,09	53,09	54823	139015	4649
2	6,06	130,14	205,26	53,09	53,09	13571	16247	1058

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	86 di 95

3	11,63	-80,77	205,26	53,09	53,09	5626	9161	687
4	17,29	-57,30	205,26	53,09	53,09	1724	7055	515
5	22,85	181,39	205,26	53,09	53,09	17956	28298	1434

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	τ _c
1	0,45	0,00	-131,72	-184
2	6,06	0,00	-60,10	-84
3	11,63	0,00	-13,70	-19
4	17,29	0,00	25,24	35
5	22,85	0,00	72,57	102

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,45	-633,87	133,50	26,55	53,09	147154	61606	5178
2	1,91	-302,78	101,20	26,55	53,09	67282	30160	2510
3	3,48	-104,83	66,75	26,55	53,09	20813	11012	897
4	4,94	-21,24	34,45	26,55	53,09	2749	2525	195
5	6,50	0,00	0,00	26,55	53,09	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	τ _c
1	0,45	0,00	285,51	400
2	1,91	0,00	172,37	241

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	87 di 95

3	3,48	0,00	86,45	121
4	4,94	0,00	31,76	44
5	6,50	0,00	0,00	0

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 80,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,45	-181,39	74,26	26,55	53,09	45631	21790	1849
2	1,91	-54,36	45,55	26,55	53,09	11865	6988	577
3	3,48	-6,40	14,93	26,55	53,09	761	966	75
4	4,98	0,01	-14,59	26,55	53,09	1372	2752	0
5	6,50	0,00	0,00	26,55	53,09	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	A _{sw}	V	τ _c
1	0,45	0,00	-125,12	-199
2	1,91	0,00	-53,92	-86
3	3,48	0,00	-12,75	-20
4	4,98	0,00	0,00	0
5	6,50	0,00	0,00	0

Verifiche fessurazione

Simbologia adottata ed unità di misura

N° *Indice sezione*

X_i *Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m*

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	88 di 95

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° 8 - SLE (Rara)]

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M _p	M _n	M	w	w _{lim}	S _m	ε _{sm}
1	0,45	53,09	53,09	496,25	-496,25	633,87	0,12	100,00	170,22	0,042
2	6,06	53,09	53,09	496,25	-496,25	130,14	0,00	100,00	0,00	0,000
3	11,63	53,09	53,09	496,25	-496,25	-80,77	0,00	100,00	0,00	0,000
4	17,29	53,09	53,09	496,25	-496,25	-57,30	0,00	100,00	0,00	0,000
5	22,85	53,09	53,09	496,25	-496,25	181,39	0,00	100,00	0,00	0,000

Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M _p	M _n	M	w	w _{lim}	S _m	ε _{sm}
1	0,45	26,55	53,09	453,76	-487,17	-633,87	0,14	100,00	170,22	0,047
2	1,91	26,55	53,09	453,76	-487,17	-302,78	0,00	100,00	0,00	0,000
3	3,48	26,55	53,09	453,76	-487,17	-104,83	0,00	100,00	0,00	0,000
4	4,94	26,55	53,09	453,76	-487,17	-21,24	0,00	100,00	0,00	0,000
5	6,50	26,55	53,09	453,76	-487,17	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000

Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 8 - SLE (Rara)]

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M _p	M _n	M	w	w _{lim}	S _m	ε _{sm}
1	0,45	26,55	53,09	362,33	-391,42	-181,39	0,00	100,00	0,00	0,000
2	1,91	26,55	53,09	362,33	-391,42	-54,36	0,00	100,00	0,00	0,000

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	89 di 95

3	3,48	26,55	53,09	362,33	-391,42	-6,40	0,00	100,00	0,00	0,000
4	4,98	26,55	53,09	362,33	-391,42	0,01	0,00	100,00	0,00	0,000
5	6,50	26,55	53,09	362,33	-391,42	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000

Inviluppo spostamenti nodali

Inviluppo spostamenti fondazione

X [m]	u _{Xmin} [cm]	u _{Xmax} [cm]	u _{Ymin} [cm]	u _{Ymax} [cm]
0,45	-3,2750	24,3114	2,2163	4,0293
6,06	-3,2780	24,3082	2,6176	4,2681
11,63	-3,2805	24,3045	2,3971	4,1234
17,29	-3,2824	24,3001	2,3599	4,0632
22,76	-3,2838	24,2953	2,4790	4,0679

Inviluppo spostamenti piedritto sinistro

Y [m]	u _{Xmin} [cm]	u _{Xmax} [cm]	u _{Ymin} [cm]	u _{Ymax} [cm]
0,45	-3,2750	24,3114	2,2163	4,0293
1,91	-3,4034	24,5494	2,2168	4,0300
3,48	-3,5245	24,8555	2,2172	4,0306
4,94	-3,6331	25,1633	2,2174	4,0309
6,50	-3,7478	25,4972	2,2175	4,0311

Inviluppo spostamenti piedritto destro

Y [m]	u _{Xmin} [cm]	u _{Xmax} [cm]	u _{Ymin} [cm]	u _{Ymax} [cm]
0,45	-3,2838	24,2953	2,4790	4,0679
1,91	-3,2404	24,3252	2,4793	4,0683
3,48	-3,2059	24,3489	2,4794	4,0686
4,98	-3,1779	24,3706	2,4794	4,0686

Inviluppo pressioni terreno

Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione

X [m]	σ_{\min} [kPa]	σ_{\max} [kPa]
0,45	31	56
6,06	37	60
11,63	34	58
17,29	33	57
22,85	35	57

Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

X	A_{fi}	A_{fs}	CS
0,45	53,09	53,09	2,14
6,06	53,09	53,09	6,89
11,63	53,09	53,09	7,43
17,29	53,09	53,09	10,98
22,85	53,09	53,09	7,97

X	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Red}	A_{sw}
0,45	444,33	0,00	0,00	0,00
6,06	444,33	0,00	0,00	0,00
11,63	444,33	0,00	0,00	0,00
17,29	444,33	0,00	0,00	0,00

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500.001	A	92 di 95

22,85	444,33	0,00	0,00	0,00
-------	--------	------	------	------

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,45	26,55	53,09	2,02
1,91	26,55	53,09	2,95
3,48	26,55	53,09	6,81
4,94	26,55	53,09	22,92
6,50	26,55	53,09	1000,00

Y	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	A _{sw}
0,45	430,29	0,00	0,00	0,00
1,91	424,41	0,00	0,00	0,00
3,48	418,14	0,00	0,00	0,00
4,94	412,26	0,00	0,00	0,00
6,50	322,24	0,00	0,00	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 80,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,45	26,55	53,09	6,88
1,91	26,55	53,09	14,28
3,48	26,55	53,09	42,31
4,98	26,55	53,09	58,37

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	93 di 95

6,50 26,55 53,09 1000,00

Y	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	A _{sw}
0,45	394,50	0,00	0,00	0,00
1,91	389,32	0,00	0,00	0,00
3,48	383,80	0,00	0,00	0,00
4,98	299,85	0,00	0,00	0,00
6,50	381,10	0,00	0,00	0,00

Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 90,00 cm

X	A _{fi}	A _{fs}	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
0,45	53,09	53,09	4649	139015	54823
6,06	53,09	53,09	1058	16247	13571
11,63	53,09	53,09	687	9161	5626
17,29	53,09	53,09	515	7055	1724
22,85	53,09	53,09	1434	28298	17956

X	τ _c	A _{sw}
0,45	-184	0,00
6,06	-84	0,00
11,63	-19	0,00
17,29	35	0,00
22,85	102	0,00

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	94 di 95

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 90,00$ cm

Y	A_{fi}	A_{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
0,45	26,55	53,09	5178	61606	147154
1,91	26,55	53,09	2510	30160	67282
3,48	26,55	53,09	897	11012	20813
4,94	26,55	53,09	195	2525	2749
6,50	26,55	53,09	0	0	0

Y	τ_c	A_{sw}
0,45	400	0,00
1,91	241	0,00
3,48	121	0,00
4,94	44	0,00
6,50	0	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione $B = 100$ cm

Altezza sezione $H = 80,00$ cm

Y	A_{fi}	A_{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
0,45	26,55	53,09	1849	21790	45631
1,91	26,55	53,09	577	6988	11865
3,48	26,55	53,09	75	966	761
4,98	26,55	53,09	0	2752	1372
6,50	26,55	53,09	0	0	0

Relazione di calcolo Trincea con muro a "U" da pk. 12+587 a pk. 12+615

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU5500 001	A	95 di 95

Y	τ_c	A_{sw}
0,45	-199	0,00
1,91	-86	0,00
3,48	-20	0,00
4,98	0	0,00
6,50	0	0,00

Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

IC Indice della combinazione

N_c, N_q, N_γ Fattori di capacità portante

N_c, N_q, N_γ Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.

q_u Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]

Q_U Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m

Q_Y Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m

FS Fattore di sicurezza a carico limite

IC	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ	q_u	Q_U	Q_Y	FS
1	20,72	10,66	6,77	17,93	8,86	2,64	1276	29673,82	1298,88	22,85
2	20,72	10,66	6,77	13,91	6,87	0,37	800	18594,58	969,49	19,18
3	20,72	10,66	6,77	13,13	6,48	0,15	736	17108,07	797,25	21,46
4	20,72	10,66	6,77	21,20	10,47	5,62	1729	40206,52	969,49	41,47
5	20,72	10,66	6,77	21,66	10,70	6,09	1809	42061,95	797,25	52,76