

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 muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157.00**

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 78 CL MU6400 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: RS3E50D78CLMU6400001A

n. Elab.: 789

ITAFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Prof. Ing. Dario Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10176

## INDICE

1.	GENERALITA' .....	4
2.	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....	4
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	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO .....	18
8.3	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	18
8.4	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE .....	18
8.5	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	18
8.6	AZIONI .....	18
	8.6.1 <i>Peso proprio (cond. di carico 1)</i> .....	18
	8.6.2 <i>Permanenti (cond. di carico 2)</i> .....	19
	8.6.3 <i>Spinta del terreno in fase statica (cond. di carico 3/4)</i> .....	19
	8.6.4 <i>Spinta in presenza di falda (cond. di carico 5)</i> .....	19
	8.6.5 <i>Azioni Sismiche (cond. di carico 6/7)</i> .....	19

8.7	APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA .....	21
8.8	COMBINAZIONI DI CARICO .....	21
8.9	VERIFICA ALLO SCORRIMENTO.....	21
8.10	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI DIRETTE .....	24
8.11	VERIFICHE A SOLLEVAMENTO DEL SOLETTONE DI FONDO .....	25
9.	RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE .....	26
9.1	MODELLO DI CALCOLO .....	26
9.2	CONDIZIONI DI CARICO .....	28
9.3	IMPOSTAZIONI DI PROGETTO .....	30
9.4	DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO.....	31
9.5	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO .....	37
9.6	ARMATURE DI PROGETTO.....	40
9.7	VERIFICHE DI RESISTENZA E FESSURAZIONE .....	40
9.8	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	45
	9.8.1 Verifiche a sollevamento solettone di fondo scavo.....	45
	9.8.2 Verifica a scorrimento.....	47
	9.8.3 Verifiche a carico limite.....	52
10.	TABULATI.....	53



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	4 di 112

## 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. 22+022 alla pk. 22+157.

### 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 <sub>P,sx</sub> (m)	SP <sub>P,dx</sub> (m)	HP <sub>P,sx</sub> (m)	HP <sub>P,dx</sub> (m)	S <sub>F</sub> (m)
MU64	MURO AD "U"	22+022 – 22+157	15.10	Var. 1.0 – 1.40	1.0	var. 4.2 – 9.60	var. 4.0 – 8.0	var. 1.00 – 1.40

Dove si è indicato con:

B : Larghezza interna dell'opera

H<sub>p</sub>: Altezza piedritti da estradosso fondazione (dx=destro; sx=sinistro),

S<sub>p</sub>, S<sub>F</sub> : Spessore piedritti (dx=destro; sx=sinistro), fondazione

La sezione di calcolo analizzata nel seguito è la sez. di altezza massima, che risulta essere la più gravosa per condizioni di carico tra quelle presenti lungo lo sviluppo dell'opera.

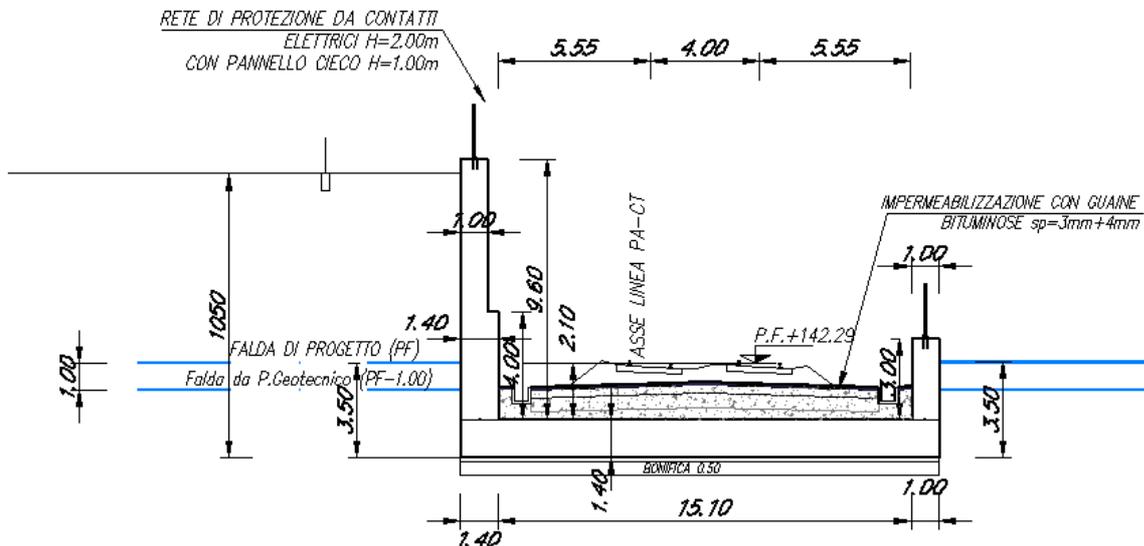


Figura 1 – Sezione trasversale di calcolo

## 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 ( RFI DTC SI CS SP IFS 005 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 la stratigrafia assunta in fase di progettazione è dedotta sulla base del sondaggio S7 e viene riportata ne seguito:

SONDAGGIO S7				
UNITÀ GEOTECNICA		Z <sub>top</sub> [m]	Z <sub>bottom</sub> [m]	spessore
Depositi terrazzati ghiaioso sabbiosi	bni	0	-8	8
Argille marnose grigie di Catenanuova	AAC	-8	max	-
FALDA: -7.96 m (da p.c. +149,0 m.s.l.m.)				

A ciascuna unità sono stati attribuiti dei valori dei parametri fisico – meccanici di calcolo utili ai fini delle analisi da effettuare, tenendo conto di quanto specificato per ciascuna di esse dalla caratterizzazione geotecnica generale.

In relazione alle quote del piano di posa delle fondazioni il volume di terreno direttamente interagente con l'opera, è costituito dall' unità AAC che presenta le seguenti proprietà:

### Unità AAC – Argille marnose grigie di Catenanuova

$\gamma_{nat} = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 23 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 19 \div 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 100 \div 500 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-9} \div 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_0 = 200 \div 900 \text{ MPa}$	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÷1/5 di quello iniziale (E0).

In relazione alle quote di falda locali, il livello di falda locale assunto in fase di progetto è posto a circa 3.50 m al di sopra del piano di posa delle fondazioni. Tale quota è stata incrementata di 1m rispetto alla quota di falda letta dal profilo geotecnico.

Per il terreno di rinfianco si è assunto il litotipo bni.

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

Terreno	Litotipo	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	$E'$	$k_w$
		( $\text{kN/m}^3$ )	( $^\circ$ )	( $\text{kPa}$ )	( $\text{MPa}$ )	( $\text{kPa/m}$ )
<b>Terreno di Rinfianco</b>	bni	19.5	35	0	100	0
<b>*Terreno di Fondazione</b>	AAC	20.5	23	10	200	13189

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

\*Per il terreno di fondazione ai fini delle verifiche a scorrimento si prevede una bonifica 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;

$\nu$  = 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 $L$ è 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  $E = E_0 / (3 \div 5)$ .

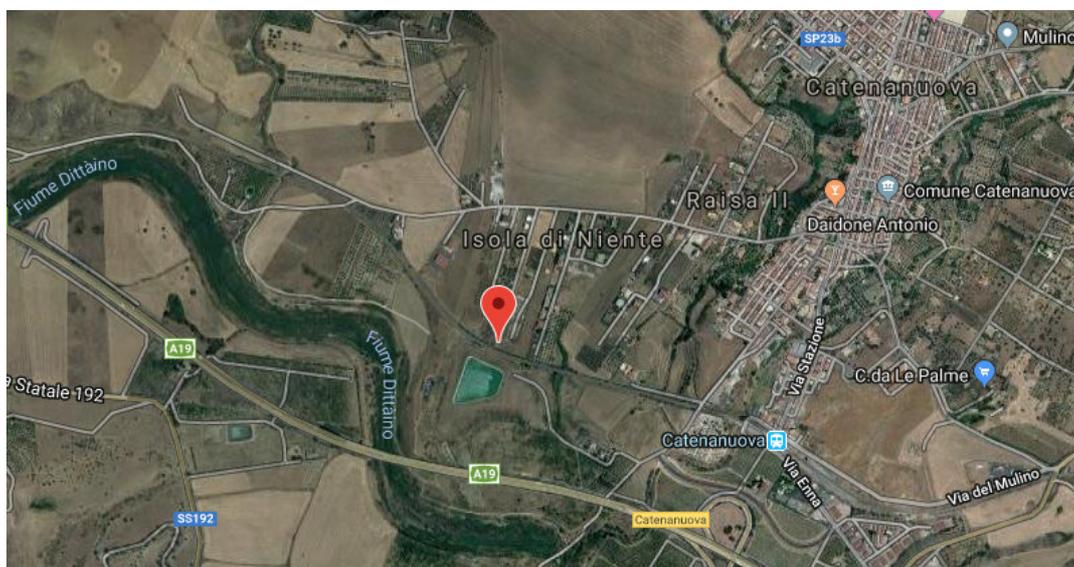
Di seguito si riportano, in forma tabellare, i risultati delle valutazioni effettuate per il caso in esame, sulla scorta del valore di progetto di  $E$  attribuito allo strato di Fondazione, avendo considerato una dimensione longitudinale della fondazione ritenuta potenzialmente collaboranti:

$E'(\text{KN/m}^2) =$	200000
$\nu =$	0.25
$B \text{ (m)} =$	17.5
$L \text{ (m)} =$	20.0
$c_t =$	0.92
$K_w \text{ [kN/m}^3] =$	13189

## 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

37.56449

LONGITUDINE

14.67498

COMUNE

Raddusa

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 muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	10 di 112

## 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 <sup>(1)</sup>	Vita Nominale [ $V_N$ ] <sup>(1)</sup>
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	$\geq 100$ <sup>(2)</sup>
(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  $P_{VR}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

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

da cui si ottiene la seguente Tabella:

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

	STATO LIMITE	probabilità di superamento $P_{VR}$	Valori in anni del periodo di ritorno $T_R$
<b>SLE</b>	SLO - Stato Limite di Operatività	81%	68
	SLD - Stato Limite di Danno	63%	113
<b>SLU</b>	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

B

CATEGORIA TOPOGRAFICA

T1

## 6.6 Parametri sismici di calcolo

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,172 g
$F_o$	2,506
$T_C^*$	0,528 s
$S_S$	1,200
$C_C$	1,250
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,200
$\eta$	1,000
$T_B$	0,220 s
$T_C$	0,660 s
$T_D$	2,287 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)	$\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 16.5 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara)
Tensione massima di compressione in esercizio (NTC 2008)	$\sigma_c = 0.60 f_{ck} = 18.0 \text{ MPa}$ 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, 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  $s_f$  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 muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	17 di 112

## 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 rinfilanco 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.



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	18 di 112

## 8.2 Affidabilità dei codici di calcolo

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

## 8.3 Modalità di presentazione dei risultati

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

## 8.4 Informazioni generali sull'elaborazione

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

## 8.5 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

## 8.6 Azioni

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

### 8.6.1 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.  $\gamma_{cls} = 25 \text{ KN/m}^3$ .

### 8.6.2 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<sup>2</sup>) e del massetto (24 kN/m<sup>2</sup>) :  
G2 = 18 kN/m<sup>2</sup> x 0.7 + 24 x 1.25m ≈ 42.5 kN/m<sup>2</sup>.

### 8.6.3 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  $\gamma$ , su una parete di altezza H, risulta espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione (per terreno incoerente) :

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

Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione:  $K_0 = 1 - \sin \phi$  dove  $\phi$  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.

### 8.6.4 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  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  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.

### 8.6.5 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  $F_v = k_v \cdot W$



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	20 di 112

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

$$k_h = a_{max} / g$$

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

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

$$a_{max} = S * a = S_s * S_t * a_g$$

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

Condizione	Categoria sottosuolo	$a_g/g$	$S=S_s S_t$	$a_{max}/g$	$\beta_m$ (-)	$K_h$ (-)
SLV	B	0.172	1.200	0.206	0.24	0.049

dove:

- $a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- $\beta_m$  è il coefficiente di spostamento (Tab. 7.11.II del DM 14/01/2008).

### 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  $\theta$  = angolo sismico, definito secondo la seguente espressione (in assenza di falda) in funzione dei coefficienti sismici

$k_h$  e  $k_v$ :

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

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  $\beta$  pari a 1).

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

### 8.7 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.

### 8.8 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)
- coefficienti di partecipazione  $\Psi$  per carichi di tipo variabile ;

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

### 8.9 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  $\gamma_r$  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  $\gamma_r$ , fissato dalla normativa pari ad 1,10

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.

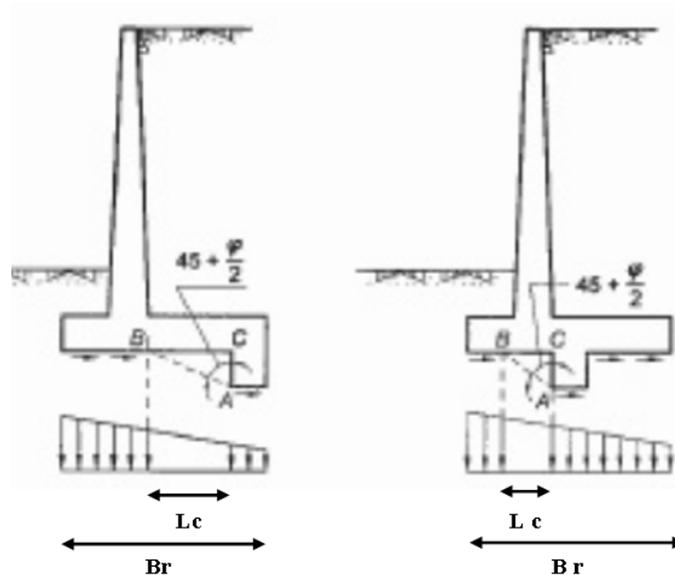
Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

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 combinazione 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  $\delta_f$  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  $\phi < 30^\circ$   $\mu = \operatorname{tg} \phi'$ ;
- per  $\phi > 35^\circ$   $\mu = 0.85 \operatorname{tg} \phi'$ ;



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	23 di 112

per  $30^\circ \leq \phi \leq 35^\circ$   $\mu$  si ricava per interpolazione lineare

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

### 8.10 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
- ca Adesione lungo la base della fondazione ( $ca \leq c$ )
- $\theta$  Angolo che la retta d'azione del carico forma con la verticale
- $\varphi$  Angolo d'attrito
- $\delta$  Angolo di attrito terreno fondazione
- $\gamma$  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
- $\eta$  inclinazione piano posa della fondazione
- P Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
- qult 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  $d_\gamma$  sono i fattori di profondità,  $s_c$ ,  $s_q$  e  $s_\gamma$  sono i fattori di forma,  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono i fattori di inclinazione del carico,

In particolare risulta:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

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

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

#### 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 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 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.

### 8.11 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 ( $V_{inst,d}$ ) ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche ottenuta considerando separatamente la parte permanente ( $G_{inst,d}$ ) e quella variabile ( $Q_{inst,d}$ ), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ( $G_{stb,d}$ ) e delle resistenze ( $R_d$ ), ovvero:

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

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

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 $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	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.

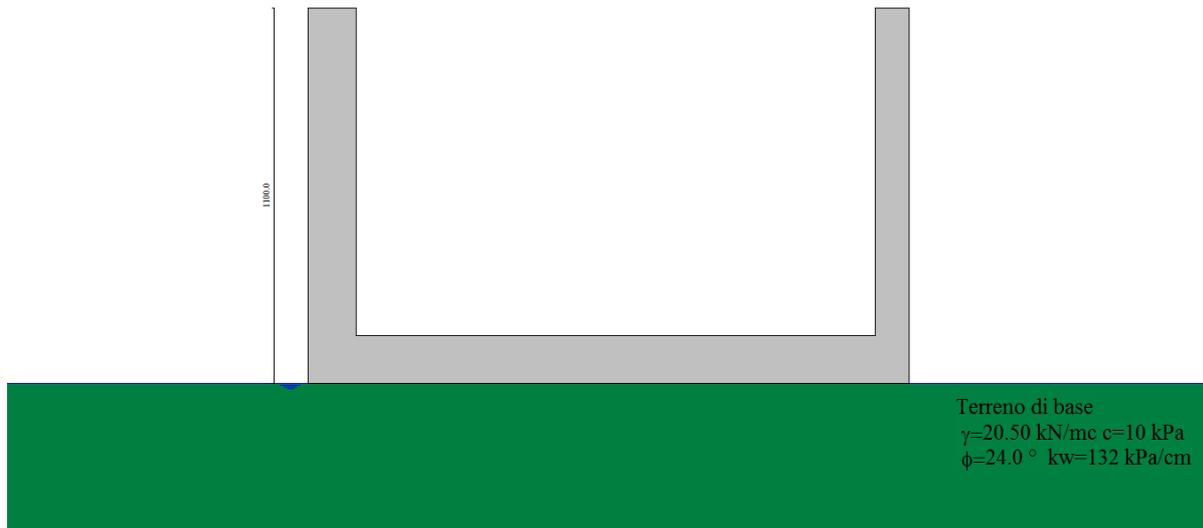
Le verifiche descritte nel presente paragrafo, sono state eseguite, mediante impiego di fogli di calcolo excel autoprodotti.

## 9. RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE

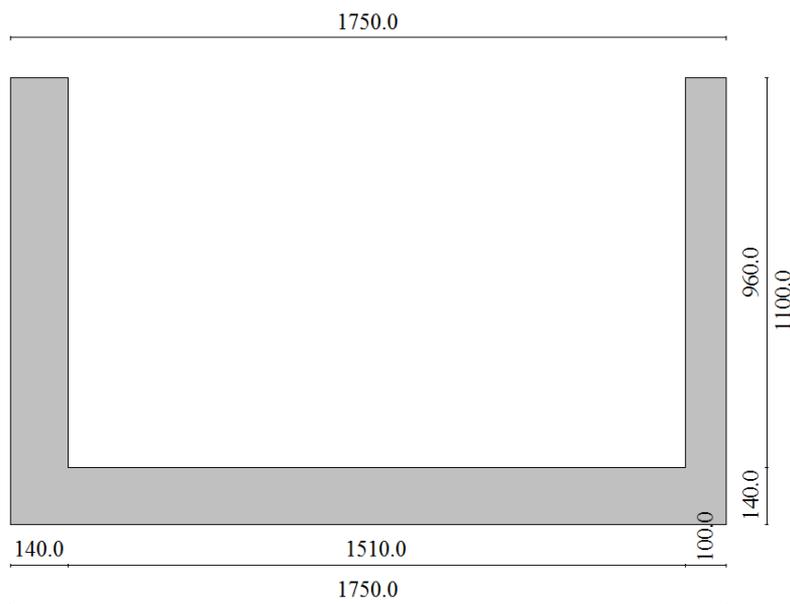
Di seguito di riporta una descrizione della modellazione effettuata mediante ausilio del software di calcolo SCAT v.14 prodotto dalla AZTEC Informativa, con una descrizione del modello strutturale implementato, sollecitazioni di calcolo ottenute e risultati delle verifiche effettuate.

### 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)*

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	27 di 112

## Geometria scatolare

Descrizione:	Scatolare tipo vasca	
Altezza esterna	11.00	[m]
Larghezza esterna	17.50	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0.00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0.00	[m]
Spessore piedritto sinistro	1.40	[m]
Spessore piedritto destro	1.00	[m]
Spessore fondazione	1.40	[m]

## Caratteristiche strati terreno

Strato di rifianco non considerato

Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	20.5000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20.5000	[kN/mc]
Angolo di attrito	24.00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	24.00	[°]
Coesione	10	[kPa]
Costante di Winkler	132	[kPa/cm]
Tensione limite	1000	[kPa]

## Falda

Quota falda (rispetto al piano di posa)	0.00	[m]
---	------	-----

## Caratteristiche materiali utilizzati

*Materiale calcestruzzo*

R <sub>ck</sub> calcestruzzo	37000	[kPa]
Peso specifico calcestruzzo	25.00	[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	



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	28 di 112

## 9.2 Condizioni di carico

Le azioni sui piedritti date dal terreno e le azioni inerziali date dal sisma sono state inquisite manualmente nel modello sulla base di quanto riportato al paragrafo 8.6.

In aggiunta, non potendo, nel software di calcolo utilizzato, modellare piedritti di altezza diversa tra loro e con sezione variabile lungo l'altezza, i piedritti sono stati modellati considerando per entrambi i piedritti l'altezza massima e la sezione di larghezza massima pari a 1.40m per il piedritto di sinistra e 1,00m per il piedritto di destra. Per tener conto della rastremazione dei piedritti lungo l'altezza e della diversa altezza dei piedritti sono state introdotte sui piedritti delle azioni aggiuntive (di trazione) pari al peso di cls in eccesso rispetto alla geometria reale.

Nel seguito si riporta un riepilogo delle condizioni di carico considerate:

### *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

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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	29 di 112

Condizione di carico n° 1 (Peso Proprio)

Condizione di carico n° 7 (ballast)

Distr	Fondaz.	$X_i = 1,40$	$X_f = 16,10$	$V_{ni} = 42,50$	$V_{nf} = 42,50$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	---------	--------------	---------------	------------------	------------------	-----------------	-----------------

Condizione di carico n° 8 (Peso piedritti geometria reale)

Conc	Pied_S	$Y = 11,00$	$F_y = -56,00$	$F_x = 0,00$	$M = 0,00$
------	--------	-------------	----------------	--------------	------------

Conc	Pied_D	$Y = 11,00$	$F_y = -140,00$	$F_x = 0,00$	$M = 0,00$
------	--------	-------------	-----------------	--------------	------------

Condizione di carico n° 9 (spinte terreno fase statica)

Distr	Pied_D	$Y_i = 0,00$	$Y_f = 3,50$	$V_{ni} = -29,10$	$V_{nf} = 0,00$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	--------------	-------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Distr	Pied_S	$Y_i = 0,00$	$Y_f = 10,50$	$V_{ni} = 87,31$	$V_{nf} = 0,00$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	---------------	------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Condizione di carico n° 10 (spinta falda)

Distr	Pied_S	$Y_i = 0,00$	$Y_f = 3,50$	$V_{ni} = 35,00$	$V_{nf} = 0,00$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	--------------	------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Distr	Pied_D	$Y_i = 0,00$	$Y_f = 3,50$	$V_{ni} = -35,00$	$V_{nf} = 0,00$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	--------------	-------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Distr	Fondaz.	$X_i = 0,00$	$X_f = 17,50$	$V_{ni} = -35,00$	$V_{nf} = -35,00$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	---------	--------------	---------------	-------------------	-------------------	-----------------	-----------------

Condizione di carico n° 11 (spinte sisma da sx M.O.)

Distr	Pied_S	$Y_i = 0,00$	$Y_f = 10,50$	$V_{ni} = 61,13$	$V_{nf} = 0,00$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	---------------	------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Distr	Pied_D	$Y_i = 0,00$	$Y_f = 3,50$	$V_{ni} = 20,38$	$V_{nf} = 0,00$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	--------------	------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Condizione di carico n° 12 (Inerzie sisma da sx)

Distr	Pied_S	$Y_i = 5,40$	$Y_f = 11,00$	$V_{ni} = 2,06$	$V_{nf} = 2,06$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	---------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Distr	Pied_D	$Y_i = 1,40$	$Y_f = 5,40$	$V_{ni} = 7,21$	$V_{nf} = 7,21$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	--------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Condizione di carico n° 13 (spinte sisma da dx M.O.)

Distr	Pied_S	$Y_i = 0,00$	$Y_f = 10,50$	$V_{ni} = -61,13$	$V_{nf} = 0,00$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	---------------	-------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Distr	Pied_D	$Y_i = 0,00$	$Y_f = 3,50$	$V_{ni} = -20,38$	$V_{nf} = 0,00$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	--------------	-------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Condizione di carico n° 14 (Inerzie sisma da dx)

Distr	Pied_S	$Y_i = 5,40$	$Y_f = 11,00$	$V_{ni} = -2,06$	$V_{nf} = -2,06$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	---------------	------------------	------------------	-----------------	-----------------

Distr	Pied_D	$Y_i = 1,40$	$Y_f = 5,40$	$V_{ni} = -7,21$	$V_{nf} = -7,21$	$V_{ti} = 0,00$	$V_{tf} = 0,00$
-------	--------	--------------	--------------	------------------	------------------	-----------------	-----------------

### 9.3 Impostazioni di progetto

Verifiche secondo : Norme Tecniche 2008 - Approccio 2

#### Stato Limite Ultimo

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c$	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

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

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

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

con:

d	altezza utile sezione [mm]
$b_w$	larghezza minima sezione [mm]
$\sigma_{cp}$	tensione media di compressione [N/mm <sup>2</sup> ]
$\rho_l$	rapporto geometrico di armatura
$A_{sw}$	area armatura trasversale [mm <sup>2</sup> ]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
$\alpha_c$	coefficiente maggiorativo, funzione di $f_{cd}$ e $\sigma_{cp}$

$$f_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$$

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

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

#### Stato Limite di Esercizio

##### Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente moderatamente aggressivo

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

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

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

##### Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure  $w_l = 0.20$

Copriferro sezioni 6.00 [cm].

## 9.4 Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

- $\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione  
 $C$  Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Norme Tecniche 2008

### Simbologia adottata

- $\gamma_{G1sfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti  
 $\gamma_{G1fav}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti  
 $\gamma_{G2sfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali  
 $\gamma_{G2fav}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali  
 $\gamma_Q$  Coefficiente parziale sulle azioni variabili  
 $\gamma_{tan\phi}$  Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato  
 $\gamma_c$  Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata  
 $\gamma_{cu}$  Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata  
 $\gamma_{qu}$  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	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,30	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,50	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1,50	1,30
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,35	1,15
Termici	Favorevole	$\gamma_{\varepsilon fav}$	0,00	0,00

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	32 di 112

Termici	Sfavorevole	$\gamma_{\text{sfav}}$	1,20	1,20
---------	-------------	------------------------	------	------

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	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	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00
Termici	Favorevole	$\gamma_{\text{sfav}}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{\text{sfav}}$	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>
------------------	-----------	-----------

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	33 di 112

Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coazione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
ballast	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Peso piedritti geometria reale	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	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 geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte sisma da sx M.O.	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Inerzie sisma da sx	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	34 di 112

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	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 geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte sisma da sx M.O.	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Inerzie sisma da sx	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte sisma da dx M.O.	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Inerzie sisma da dx	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
----------------	----------	--------	----------

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400.001	A	35 di 112

Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte sisma da dx M.O.	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Inerzie sisma da dx	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLE (Quasi Permanente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	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 geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	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 geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	36 di 112

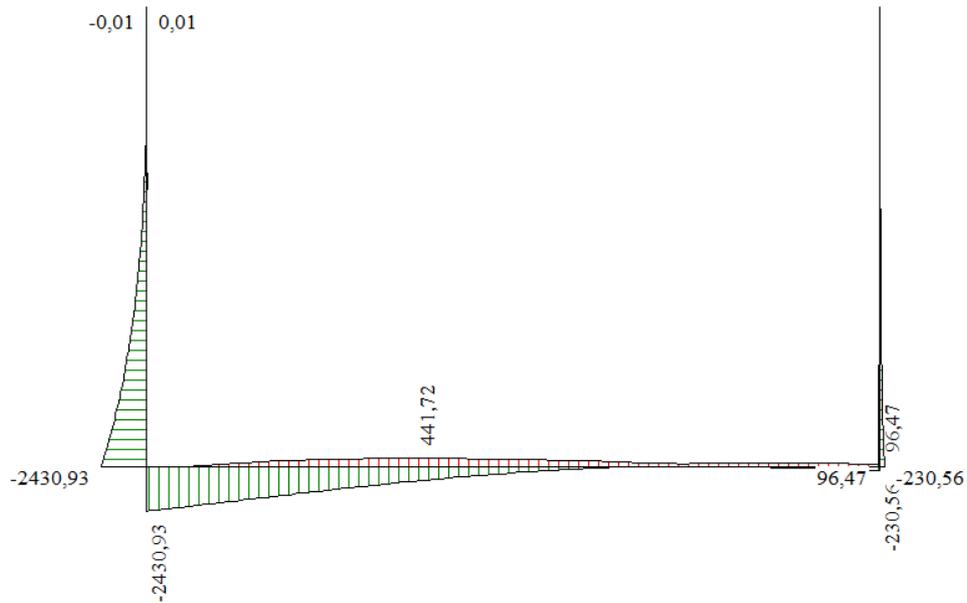
Combinazione n° 8 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	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 geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

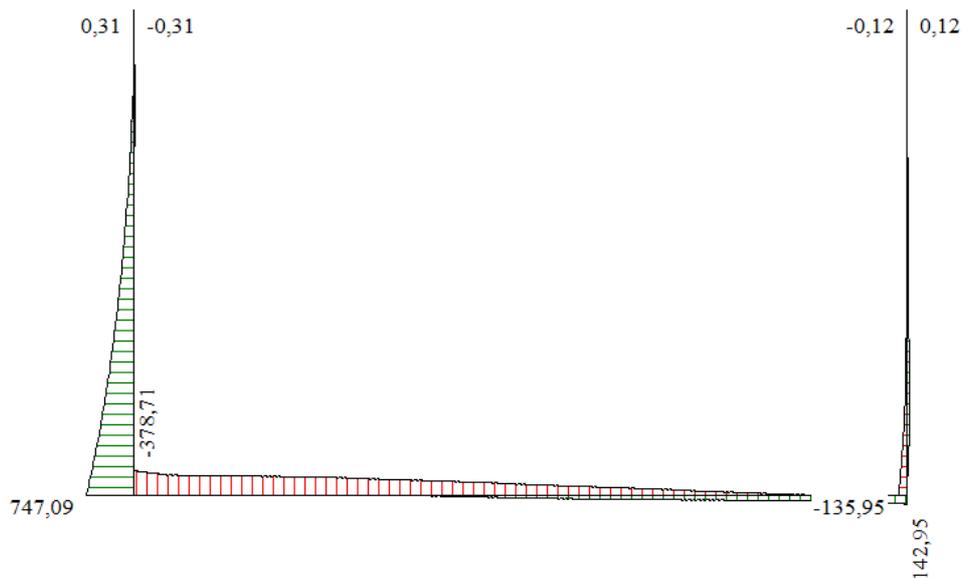
Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	37 di 112

## 9.5 Sollecitazioni di calcolo



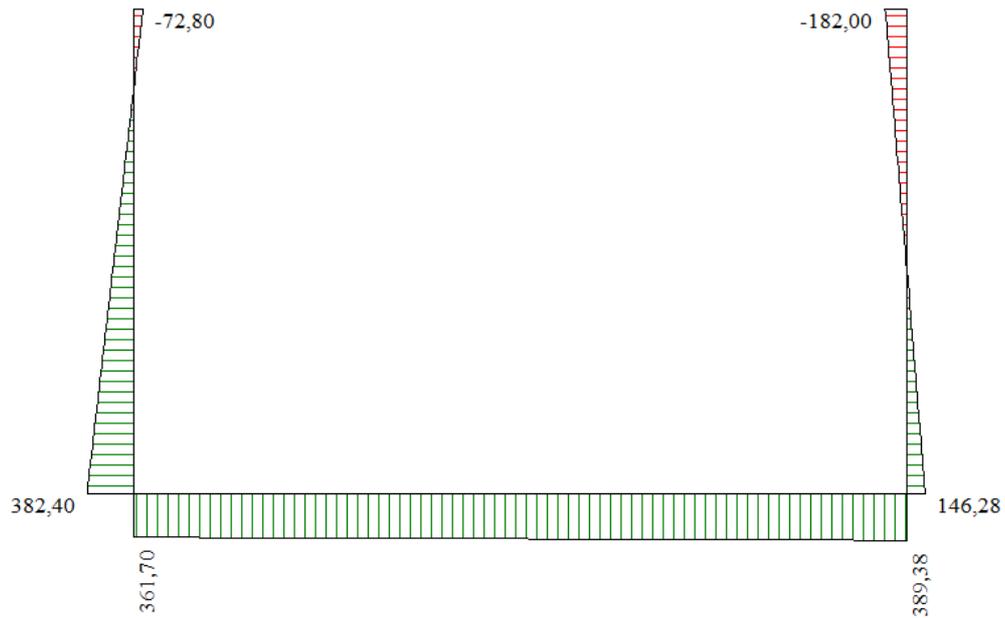
*Involuppo diagrammi del momento flettente – SLU statico e sismico*



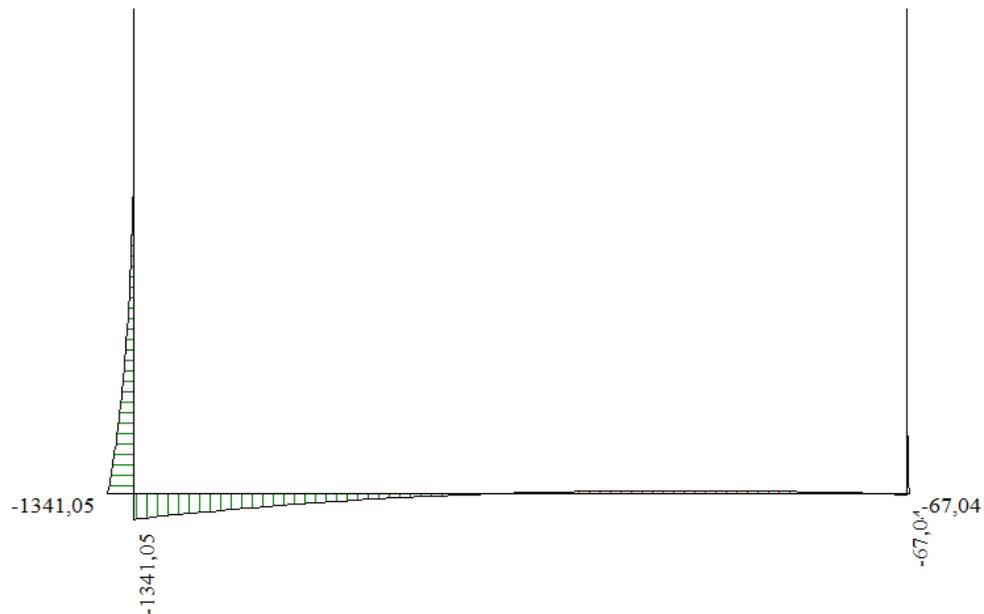
*Involuppo diagrammi del taglio – SLU statico e sismico*

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	38 di 112



*Inviluppo diagrammi dello sforzo normale – SLU statico e sismico*



*Inviluppo diagrammi del momento flettente – SLE*

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	39 di 112

### Inviluppo sollecitazioni fondazione

X [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,70	-2430,93	-251,16	-378,71	-280,79	146,58	361,70
2,49	-1924,56	145,69	-297,65	-147,16	143,54	364,74
4,28	-1410,41	356,57	-283,63	-68,01	140,50	367,78
6,17	-910,43	438,54	-244,58	-7,73	137,30	370,98
7,96	-510,63	422,37	-196,72	31,52	134,26	374,02
9,74	-197,71	345,35	-146,06	58,33	131,23	377,05
11,53	23,33	229,77	-94,19	74,65	128,19	380,09
13,42	51,98	187,44	-39,01	83,65	124,99	383,29
15,21	-83,73	202,92	14,68	86,02	121,95	386,33
17,00	-230,56	96,47	103,20	142,95	118,91	389,38

### Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,70	-2430,93	-251,16	129,91	747,09	285,41	382,40
3,31	-983,70	-48,00	40,09	390,52	201,53	270,47
5,85	-286,79	8,04	7,60	172,19	116,40	157,00
8,42	-33,64	8,75	-4,31	40,20	30,29	42,22
11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-72,80	-56,00

### Inviluppo sollecitazioni piedritto destro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,70	-230,56	96,47	-135,95	-7,63	106,28	146,28
3,31	-51,66	51,61	-24,84	24,18	43,89	63,13
5,85	-16,08	16,08	-6,25	6,25	-17,86	-10,61
8,43	-4,02	4,02	-3,12	3,12	-99,93	-75,31
11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-182,00	-140,00

## 9.6 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
PIEDRITTI (lato sx)	Φ30/10 cm	Φ30/20 cm	Spilli φ 12/40x40cm
PIEDRITTI (lato dx)	Φ24/20 cm	Φ20/20 cm	Spilli 6 φ 8mq
FONDAZIONE	Φ30/10 cm	Φ30/20 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.

## 9.7 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. I criteri generali di verifica adottati dal Software, sono quelli esposti al paragrafo precedente.

### Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)

#### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,70	70,69	35,34	1,58
2,49	70,69	35,34	1,70
4,28	70,69	35,34	2,28
6,17	70,69	35,34	3,51
7,96	70,69	35,34	4,98
9,74	70,69	35,34	5,34
11,53	70,69	35,34	7,42
13,42	70,69	35,34	16,64
15,21	70,69	35,34	30,86
17,00	70,69	35,34	18,82

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	41 di 112

### Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,70	35,34	70,69	1,55
3,31	35,34	70,69	2,62
5,85	35,34	70,69	8,16
8,42	35,34	70,69	53,53
11,00	35,34	70,69	38,11

### Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,70	22,62	15,71	3,01
3,31	22,62	15,71	10,35
5,85	22,62	15,71	19,26
8,43	22,62	15,71	12,37
11,00	22,62	15,71	6,79

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 considerando le massime sollecitazioni taglianti tra le combinazioni considerate allo SLU valutate a filo elementi:

Verifica a taglio						
Sezione	V <sub>Ed</sub>	b	h	V <sub>Rd</sub>	Verificato	Armatura a taglio
[-]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[-]	[-]
Fondazione	378.7	100	140	563.5	SI	Spilli 6 φ 8mq
Piedritto dx	135	100	100	424.2	SI	Spilli 6 φ 8mq
Piedritto sx	747	100	140	1170	SI	Spilli φ 12/40x40cm

\*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.

### Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)

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).

Simbologia adottata ed unità di misura

$N^\circ$	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
$\sigma_{fi}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore, espresse in kPa
$\sigma_{fs}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore, espresse in kPa
$\sigma_c$	Tensione nel calcestruzzo, espresse in kPa
$\tau_c$	Tensione tangenziale nel calcestruzzo, espresse in kPa
$A_{sw}$	Area armature trasversali nella sezione, espressa in cmq

### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione  $B = 100$  cm

Altezza sezione  $H = 140,00$  cm

$X$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0,70	70,69	35,34	4646	140313	60283
2,49	70,69	35,34	3136	88053	40993
4,28	70,69	35,34	1916	46297	25381
6,17	70,69	35,34	913	13649	12475
7,96	70,69	35,34	285	874	4127
9,74	70,69	35,34	321	4607	130
11,53	70,69	35,34	487	6815	3592
13,42	70,69	35,34	461	6479	2865
15,21	70,69	35,34	288	4156	614
17,00	70,69	35,34	342	147	4904

### Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione  $B = 100$  cm

Altezza sezione  $H = 140,00$  cm

$Y$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0,70	35,34	70,69	4672	60767	137955
3,31	35,34	70,69	1854	24436	47600
5,85	35,34	70,69	530	7168	9445
8,42	35,34	70,69	55	776	154

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	43 di 112

11,00      35,34      70,69      0      7922      3961

### Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione  $B = 100$  cm

Altezza sezione  $H = 100,00$  cm

Y	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0,70	22,62	15,71	692	8597	17598
3,31	22,62	15,71	47	676	702
5,85	22,62	15,71	0	3037	4373
8,43	22,62	15,71	0	16992	24468
11,00	22,62	15,71	0	30947	44563

### Verifiche fessurazione

Simbologia adottata ed unità di misura

$N^\circ$       *Indice sezione*

$X_i$       *Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m*

$M_p$       *Momento, espresse in kNm*

$M_n$       *Momento, espresse in kNm*

$w_k$       *Ampiezza fessure, espresse in mm*

$w_{lim}$       *Apertura limite fessure, espresse in mm*

$s$       *Distanza media tra le fessure, espresse in mm*

$\epsilon_{sm}$       *Deformazione nelle fessure, espresse in [%]*

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

$N^\circ$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0,70	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	1341,05	0,11	100,00	163,37	0,037
2	2,49	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	889,44	0,00	100,00	0,00	0,000
3	4,28	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	526,92	0,00	100,00	0,00	0,000
4	6,17	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	235,95	0,00	100,00	0,00	0,000
5	7,96	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	44,13	0,00	100,00	0,00	0,000
6	9,74	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	-73,82	0,00	100,00	0,00	0,000
7	11,53	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	-126,55	0,00	100,00	0,00	0,000
8	13,42	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	-119,71	0,00	100,00	0,00	0,000



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	44 di 112

9	15,21	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	-59,59	0,00	100,00	0,00	0,000
10	17,00	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	67,04	0,00	100,00	0,00	0,000

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

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0,70	35,34	70,69	1091,47	-1164,79	-1341,05	0,10	100,00	163,37	0,036
2	3,31	35,34	70,69	1091,47	-1164,79	-515,85	0,00	100,00	0,00	0,000
3	5,85	35,34	70,69	1091,47	-1164,79	-139,37	0,00	100,00	0,00	0,000
4	8,42	35,34	70,69	1091,47	-1164,79	-12,44	0,00	100,00	0,00	0,000
5	11,00	35,34	70,69	1091,47	-1164,79	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000

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

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	W <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0,70	22,62	15,71	533,76	-524,04	-67,04	0,00	100,00	0,00	0,000
2	3,31	22,62	15,71	533,76	-524,04	-0,02	0,00	100,00	0,00	0,000
3	5,85	22,62	15,71	533,76	-524,04	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000
4	8,43	22,62	15,71	533,76	-524,04	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000
5	11,00	22,62	15,71	533,76	-524,04	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000

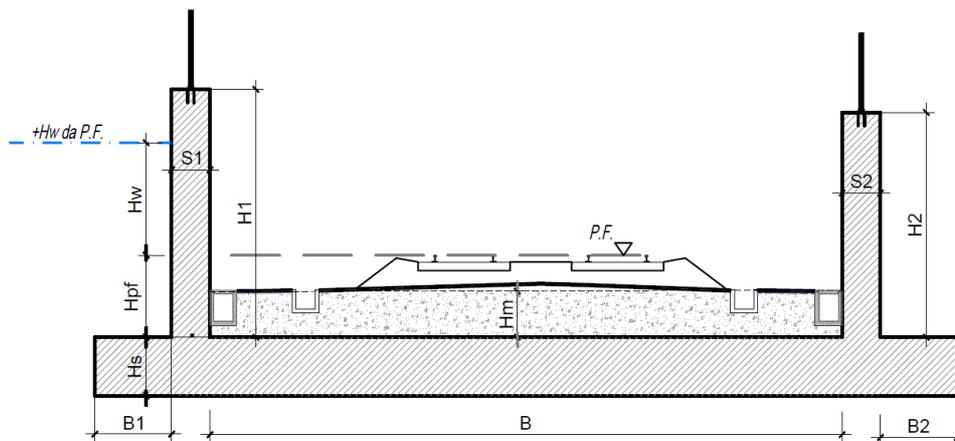
Come si evince le verifiche risultano soddisfatte.

## 9.8 Verifiche geotecniche

### 9.8.1 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



#### DATI DI INPUT

$\gamma_w$ (KN/m <sup>3</sup> ) =	<b>10.0</b>	Peso unità volume acqua
$\gamma_s$ (KN/m <sup>3</sup> ) =	<b>25.0</b>	Peso unità volume soletta
$\gamma_b$ (KN/m <sup>3</sup> ) =	<b>18.0</b>	Peso unità ballast
$\gamma_m$ (KN/m <sup>3</sup> ) =	<b>24.0</b>	Peso unità magrone

#### SOLETTA INFERIORE

<b>Hs (m) =</b>	<b>1.40</b>	spessore soletta
<b>B (m) =</b>	<b>15.10</b>	larghezza netta interna muri ad U
<b>B1 (m) =</b>	<b>0.00</b>	larghezza dente lato sx
<b>B2 (m) =</b>	<b>0.00</b>	larghezza dente lato dx
<b>H<sub>pf</sub> (m) =</b>	<b>2.10</b>	distanza estradosso solettone/piano ferro
<b>H<sub>m</sub> (m) =</b>	<b>1.25</b>	spessore medio magrone su soletta
<b>H<sub>b</sub> (m) =</b>	<b>0.70</b>	spessore medio ballast su soletta
<b>L<sub>b</sub> (m) =</b>	<b>9.0</b>	ingombro trasversale piattaforma ferroviaria
<b>B tot (m) =</b>	<b>17.25</b>	larghezza complessiva soletta di fondo

#### PARETI VERTICALI

<b>S1 (m) =</b>	<b>1.15</b>	spessore medio paramento lato sx
<b>H1 (m) =</b>	<b>9.60</b>	altezza media paramento lato sx
<b>S2 (m) =</b>	<b>1.00</b>	spessore medio paramento lato dx
<b>H2 (m) =</b>	<b>3.00</b>	altezza media paramento lato dx

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	46 di 112

#### FALDA

**Hw (m) =** 0.00 (distanza falda rispetto al P.F. / negativa se più bassa)  
**BW(m) =** 3.50 H<sub>pf</sub>+H<sub>w</sub>+H<sub>s</sub> (battente idraulico complessivo rispetto al piano di posa soletta)

#### CALCOLO DELLE AZIONI STABILIZZANTI

**γ<sub>G1</sub> =** 0.9 coefficiente Parziali azioni permanenti favorevoli  
**γ<sub>F</sub> =** 0.9 coefficiente Parziali azioni resistenze favorevoli  
**R'd (KN/m<sup>2</sup>) =** 0.0 Resistenze di progetto caratteristiche  
**Rd (KN/m<sup>2</sup>) =** 0 R'<sub>d</sub> · γ<sub>F</sub>

#### PESO ELEMENTI

Soletta fondo =	603.8	KN/m
Parete sx =	276.0	KN/m
Parete dx =	75.0	KN/m
Magrone =	453.0	KN/m
ballast =	113.4	KN/m
Terreno dente sx =	0.0	KN/m
Terreno dente dx =	0.0	KN/m
P tot =	1521.2	KN/m

A stab (KN/m) = 1369.0 P x γ<sub>G1</sub>

#### CALCOLO DELLE AZIONI INSTABILIZZANTI

**γ<sub>G1</sub> =** 1.1 coefficiente Parziali azioni permanenti Sfavorevoli  
**a inst (KN/m<sup>2</sup>) =** 38.5 Azione instabilizzante unitaria(B<sub>w</sub> x γ<sub>w</sub> x γ<sub>G1</sub>)  
**A inst (KN/m) =** 664.1 Azione instabilizzante complessiva

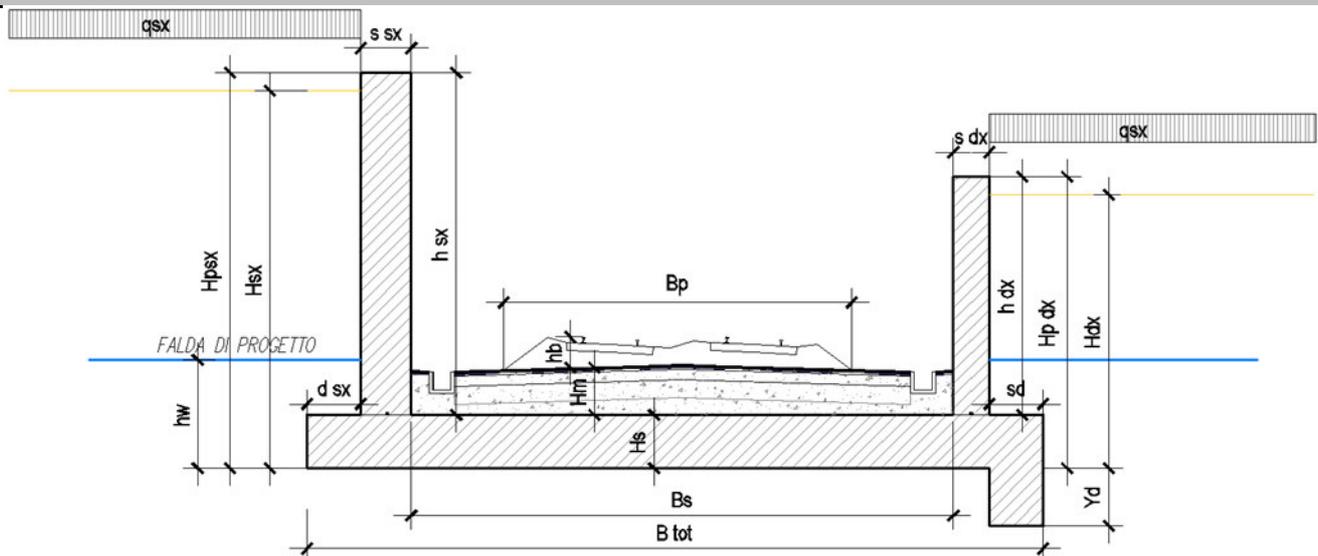
Coefficiente di sicurezza = 2.06 (A<sub>stab</sub>/A<sub>inst</sub>)

**Verifica a Sollevamento Soddisfatta**

### 9.8.2 Verifica a scorrimento

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

#### CALCOLO MURI AD U



#### DATI DI INPUT

##### Geometria

Hsx =	10,50	m	Bs =	15,10	m	Hdx =	3,5	m
hsx =	9,60	m	Hs =	1,40	m	hdx =	4,0	m
Hpsx =	11,00	m	Btot =	17,25	m	Hpdx =	5,40	m
s sx =	1,15	m	hm =	1,25	m	s dx =	1,00	m
			hb =	0,70	m			
d sx =	0,0	m	Bp =	9,00	m	d dx =	0,00	m
Yd =	0,00	m						
sd =	0,00	m						

##### Pesi strutturali e permanenti

$\gamma_{ca}$ =	25	KN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{mag}$ =	24	KN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{ball}$ =	18	KN/m <sup>3</sup>

##### Coefficienti sismici

$K_h$ [--] =	0,049	$(\beta_m = 0,24)$
$K_v$ [--] =	0,025	

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	48 di 112

### Terrapieno spingente

$\varepsilon =$	0,00	°
$\gamma =$	19,5	KN/m <sup>3</sup>
$\varphi =$	35	
$\delta/\varphi =$	0,6	°
$\delta =$	21	°
$c' =$	0	Kpa

### Coefficienti di Spinta STAT

$K_0$ [--] =	0,412
$K_a$ [--] =	0,245
$K_p$ [--] =	8,763

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

$K'a$ [--] =	0,299	$\Delta k_a =$	0,054
$K'p$ [--] =	3,592		

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

**R**

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

### Sovraccarichi

#### Permanenti

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

#### Variabili

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

### Terrapieno fondazione

(scotico)

$\gamma =$	20	KN/m <sup>3</sup>
$\varphi =$	38	
$c' =$	0	KPa

### Falda

$h_w$  = 3,50 m

### VERIFICA A SCORRIMENTO FASE SISMICA - SPINTA ATTIVA+M.O. (Azioni per metro)

#### - AZIONI INSTABILIZZANTI F (Sisma da sx)

$K = 0,245$  (coefficiente di spinta)

#### Terreno di rinfiacco (F1)

$H' = 10,5$  m (altezza effettiva di spinta per tener conto  $c' > 0$ )

$H = 10,50$  m (altezza complessiva spingente)

$\sigma = 50,11$  KN/m<sup>2</sup> (tensione orizzontale a base muro ad U)

$F1 = 263,1$  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)

$F4a = 57,8$  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)

$F7 = 13,6$  KN

#### Sisma su parete dx (F8)

$F8 = 4,9$  KN

#### Sisma su soletta inferiore (F9)

$F9 = 29,8$  KN

#### Sisma su magrone (F10)

$F10 = 22,4$  KN

#### Sisma su ballast (F11)

$F11 = 5,6$  KN

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	50 di 112

Sisma su dente (F12)

F11= 0,0 KN

**F = 397** KN (Azione Instabilizzante Complessiva)

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

Parete sx (N1)

N1= 269,2 KN

Parete dx (N2)

N2= 97,5 KN

Soletta inferiore (N3)

N3= 588,8 KN

Dente di fondazione (N4)

N4= 0,0 KN

Magrone (N5)

N5= 441,8 KN

Ballast (N6)

N6= 110,6 KN

Terreno su mensola sx (N7)

N7= 0,0 KN

Terreno su mensola dx (N8)

N8= 0,0 KN

Sovraccarico perm su mensola sx(N9)

N9= 0,0 KN

Sovraccarico perm su mensola dx(N9)

N10= 0,0 KN

Sottospinta Idraulica (N11)

N10= -603,8 KN

**N = 904,2** KN (Carico Verticale Totale in fondazione)

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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

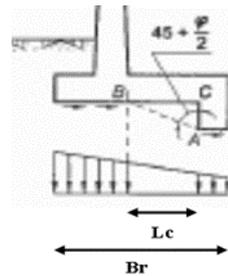
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	51 di 112

$\varphi =$	38	
$\alpha(\varphi) =$	1	
$c' =$	0	KPa
$\alpha(c') =$	0	
Brid =	17,25	m

$\gamma R1 =$	1,1
---------------	-----

R1 k =	706,4	KN
--------	-------	----

R1 d =	642,2	KN
--------	-------	----



(  
) scorrimento su piano di posa -  
Lc  
Br

(resistenza compressiva scorrimento su piano di posa -  
valore di progetto)

#### - CALCOLO RESISTENZA PASSIVA LATO VALLE (R2)

H =	3,500	m
Kp =	3,592	
$\alpha Kp =$	0,5	
$c' =$	0	Kpa
$\alpha c' =$	0	

(aliquota di calcolo spinta passiva)

(aliquota di calcolo spinta passiva)

R2 a =	214,5	KN
R2 b =	0,0	KN
R2 c =	0,0	KN

(risultante diagramma triangolare)

(risultante diagramma costante 1 - contributo coesione )

(risultante diagramma costante 2 - contributo sovraccarico perm. )

$\gamma R2 =$	1,4
---------------	-----

R2 k =	214,5	KN
--------	-------	----

(Resistenza passiva compressiva lato valle - valore caratteristico)

R2 d =	153,2	KN
--------	-------	----

(Resistenza passiva compressiva lato valle - valore di progetto)

R =	795,4	KN
-----	-------	----

(Resistenza passiva totale di progetto)

#### Coefficiente di Sicurezza allo Scorrimento :

R / F =	2,00
---------	------



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	52 di 112

### 9.8.3 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:

*Simbologia adottata*

$IC$  Indice della combinazione

$N_c, N_q, N_g$  Fattori di capacità portante

$N_c, N_q, N_g$  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	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$	$q_u$	$Q_U$	$Q_Y$	FS
1	19.32	9.60	5.72	12.32	6.12	0.34	146	2549.35	1455.79	1.75
2	19.32	9.60	5.72	2.36	1.17	11.85	1015	17756.37	898.78	19.76
3	19.32	9.60	5.72	6.13	3.05	2.33	356	6229.33	898.78	6.93

## 10. TABULATI

### Geometria scatolare

Descrizione:	Scatolare tipo vasca	
Altezza esterna	11,00	[m]
Larghezza esterna	17,50	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	1,40	[m]
Spessore piedritto destro	1,00	[m]
Spessore fondazione	1,40	[m]

### Caratteristiche strati terreno

Strato di rinfilanco non considerato

Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	20,5000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20,5000	[kN/mc]
Angolo di attrito	24,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	24,00	[°]
Coesione	10	[kPa]
Costante di Winkler	132	[kPa/cm]
Tensione limite	1000	[kPa]

**Falda**

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	54 di 112

Quota falda (rispetto al piano di posa) 0,00 [m]

### Caratteristiche materiali utilizzati

#### *Materiale calcestruzzo*

R <sub>ck</sub> 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

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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	55 di 112

$F_y$  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.	$X_i= 1,40$	$X_f= 16,10$	$V_{ni}= 42,50$	$V_{nf}= 42,50$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	---------	-------------	--------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------

Condizione di carico n° 8 (Peso piedritti geometria reale)

Conc	Pied_S	$Y= 11,00$	$F_y= -56,00$	$F_x= 0,00$	$M= 0,00$
------	--------	------------	---------------	-------------	-----------

Conc	Pied_D	$Y= 11,00$	$F_y= -140,00$	$F_x= 0,00$	$M= 0,00$
------	--------	------------	----------------	-------------	-----------

Condizione di carico n° 9 (spinte terreno fase statica)

Distr	Pied_D	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 3,50$	$V_{ni}= -29,10$	$V_{nf}= 0,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	-------------	------------------	----------------	----------------	----------------

Distr	Pied_S	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 10,50$	$V_{ni}= 87,31$	$V_{nf}= 0,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	--------------	-----------------	----------------	----------------	----------------

Condizione di carico n° 10 (spinta falda)

Distr	Pied_S	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 3,50$	$V_{ni}= 35,00$	$V_{nf}= 0,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	-------------	-----------------	----------------	----------------	----------------



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	56 di 112

Distr	Pied_D	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 3,50$	$V_{ni}= -35,00$	$V_{nf}= 0,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	-------------	------------------	----------------	----------------	----------------

Distr	Fondaz.	$X_i= 0,00$	$X_f= 17,50$	$V_{ni}= -35,00$	$V_{nf}= -35,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	---------	-------------	--------------	------------------	------------------	----------------	----------------

Condizione di carico n° 11 (spinte sisma da sx M.O.)

Distr	Pied_S	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 10,50$	$V_{ni}= 61,13$	$V_{nf}= 0,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	--------------	-----------------	----------------	----------------	----------------

Distr	Pied_D	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 3,50$	$V_{ni}= 20,38$	$V_{nf}= 0,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	-------------	-----------------	----------------	----------------	----------------

Condizione di carico n° 12 (Inerzie sisma da sx)

Distr	Pied_S	$Y_i= 5,40$	$Y_f= 11,00$	$V_{ni}= 2,06$	$V_{nf}= 2,06$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	--------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Distr	Pied_D	$Y_i= 1,40$	$Y_f= 5,40$	$V_{ni}= 7,21$	$V_{nf}= 7,21$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	-------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Condizione di carico n° 13 (spinte sisma da dx M.O.)

Distr	Pied_S	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 10,50$	$V_{ni}= -61,13$	$V_{nf}= 0,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	--------------	------------------	----------------	----------------	----------------

Distr	Pied_D	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 3,50$	$V_{ni}= -20,38$	$V_{nf}= 0,00$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	-------------	------------------	----------------	----------------	----------------

Condizione di carico n° 14 (Inerzie sisma da dx)

Distr	Pied_S	$Y_i= 5,40$	$Y_f= 11,00$	$V_{ni}= -2,06$	$V_{nf}= -2,06$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	--------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------

Distr	Pied_D	$Y_i= 1,40$	$Y_f= 5,40$	$V_{ni}= -7,21$	$V_{nf}= -7,21$	$V_{ti}= 0,00$	$V_{tf}= 0,00$
-------	--------	-------------	-------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------

### Impostazioni di progetto

Verifica materiali:

**Stato Limite Ultimo**

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

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	57 di 112

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

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

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b <sub>w</sub>	larghezza minima sezione [mm]
σ <sub>cp</sub>	tensione media di compressione [N/mm <sup>2</sup> ]
ρ <sub>l</sub>	rapporto geometrico di armatura
A <sub>sw</sub>	area armatura trasversale [mm <sup>2</sup> ]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α <sub>c</sub>	coefficiente maggiorativo, funzione di f <sub>cd</sub> e σ <sub>cp</sub>

$$f_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$$

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

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

### Stato Limite di Esercizio

#### Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente moderatamente aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare) 0.60 f<sub>ck</sub>

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.) 0.45 f<sub>ck</sub>

Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare) 0.80 f<sub>yk</sub>

#### Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure w<sub>1</sub>=0,20      w<sub>2</sub>=0,20      w<sub>3</sub>=0,20

#### Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2008 - Approccio 2



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	58 di 112

Copriferro sezioni 6,00 [cm]

## Descrizione combinazioni di carico

### *Simbologia adottata*

- $\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione  
 $C$  Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Norme Tecniche 2008

### *Simbologia adottata*

- $\gamma_{G1sfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti  
 $\gamma_{G1fav}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti  
 $\gamma_{G2sfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali  
 $\gamma_{G2fav}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali  
 $\gamma_Q$  Coefficiente parziale sulle azioni variabili  
 $\gamma_{tan\phi}$  Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato  
 $\gamma_c$  Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata  
 $\gamma_{cu}$  Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata  
 $\gamma_{qu}$  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	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,30	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,50	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qifav}$	0,00	0,00

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	59 di 112

Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qisfav}$	1,50	1,30
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,35	1,15
Termici	Favorevole	$\gamma_{\epsilon fav}$	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{\epsilon sfav}$	1,20	1,20

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	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	$\gamma_{G1fav}$	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G2sfav}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi fav}$	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qis fav}$	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00
Termici	Favorevole	$\gamma_{\epsilon fav}$	0,00	0,00

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	60 di 112

Termici	Sfavorevole	$\gamma_{\text{sfav}}$	1,00	1,00
---------	-------------	------------------------	------	------

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
ballast	Sfavorevole	1.50	1.00	1.50
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Peso piedritti geometria reale	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b>C</b>
Peso Proprio	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 geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400.001	A	61 di 112

spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte sisma da sx M.O.	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Inerzie sisma da sx	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	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 geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte sisma da sx M.O.	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Inerzie sisma da sx	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte sisma da dx M.O.	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Inerzie sisma da dx	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	62 di 112

Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
-----------------	-------------	------	------	------

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte sisma da dx M.O.	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Inerzie sisma da dx	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLE (Quasi Permanente)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	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 geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	63 di 112

ballast	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Peso piedritti geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	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 geometria reale	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinte terreno fase statica	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

## 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

$\sigma$  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

### Sisma

### **Identificazione del sito**

Latitudine 37.564490

Longitudine 14.674980

Comune Raddusa

Provincia Catania

Regione Sicilia

Punti di interpolazione del reticolo 47638 - 47637 - 47859 - 47860

### 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 $a_g =$	1.69 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * Ss) = 4.95$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 2.47$

### Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo $a_g =$	0.00 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * Ss) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.00$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Spinta sismica	Mononobe-Okabe

### Discretizzazione strutturale

Numero elementi fondazione	167
----------------------------	-----



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	66 di 112

Numero elementi piedritto sinistro	107
Numero elementi piedritto destro	107
Numero molle piedritto sinistro	108
Numero molle piedritto destro	108

## Spostamenti

### Spostamenti fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	2,426	0,640
2,49	2,425	0,712
4,28	2,424	0,734
6,17	2,422	0,725
7,96	2,421	0,701
9,74	2,420	0,673
11,53	2,419	0,648
13,42	2,417	0,629
15,21	2,416	0,616
17,00	2,415	0,607

### Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	2,426	0,640
3,31	2,640	0,642
5,85	2,913	0,643
8,42	3,207	0,643
11,00	3,504	0,643

### Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	2,415	0,607
3,31	2,395	0,608

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	68 di 112

5,85	2,375	0,608
8,43	2,355	0,607
11,00	2,334	0,606

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 2)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	3,902	0,098
2,49	3,900	0,309
4,28	3,899	0,438
6,17	3,897	0,510
7,96	3,896	0,539
9,74	3,894	0,549
11,53	3,893	0,551
13,42	3,891	0,557
15,21	3,890	0,570
17,00	3,888	0,591

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 2)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	3,902	0,098
3,31	4,365	0,099
5,85	4,909	0,100
8,42	5,488	0,101
11,00	6,073	0,101

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 2)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	3,888	0,591

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	69 di 112

3,31	3,935	0,592
5,85	3,994	0,592
8,43	4,058	0,591
11,00	4,122	0,591

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 3)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	3,902	0,052
2,49	3,900	0,271
4,28	3,899	0,407
6,17	3,897	0,485
7,96	3,896	0,518
9,74	3,894	0,529
11,53	3,893	0,531
13,42	3,891	0,534
15,21	3,890	0,543
17,00	3,888	0,560

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	3,902	0,052
3,31	4,377	0,053
5,85	4,933	0,054
8,42	5,525	0,055
11,00	6,122	0,055

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
-------	---------------------	---------------------

---

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	70 di 112

0,70	3,888	0,560
3,31	3,928	0,560
5,85	3,980	0,560
8,43	4,037	0,560
11,00	4,095	0,559

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 4)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	-0,169	0,847
2,49	-0,169	0,736
4,28	-0,170	0,631
6,17	-0,171	0,537
7,96	-0,171	0,466
9,74	-0,172	0,413
11,53	-0,172	0,376
13,42	-0,173	0,346
15,21	-0,173	0,322
17,00	-0,174	0,295

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	-0,169	0,847
3,31	-0,319	0,848
5,85	-0,461	0,849
8,42	-0,604	0,849
11,00	-0,749	0,849

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 4)**

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	71 di 112

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	-0,174	0,295
3,31	-0,237	0,296
5,85	-0,313	0,296
8,43	-0,394	0,295
11,00	-0,477	0,295

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 5)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	-0,169	0,801
2,49	-0,169	0,698
4,28	-0,170	0,601
6,17	-0,171	0,512
7,96	-0,171	0,445
9,74	-0,172	0,394
11,53	-0,172	0,355
13,42	-0,173	0,323
15,21	-0,173	0,295
17,00	-0,174	0,264

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	-0,169	0,801
3,31	-0,307	0,802
5,85	-0,437	0,803
8,42	-0,568	0,803
11,00	-0,701	0,803

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	72 di 112

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	-0,174	0,264
3,31	-0,243	0,264
5,85	-0,326	0,264
8,43	-0,415	0,264
11,00	-0,504	0,263

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 6)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	1,866	0,449
2,49	1,865	0,504
4,28	1,864	0,519
6,17	1,863	0,511
7,96	1,862	0,492
9,74	1,861	0,471
11,53	1,860	0,453
13,42	1,859	0,440
15,21	1,858	0,432
17,00	1,857	0,427

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	1,866	0,449
3,31	2,029	0,451
5,85	2,236	0,452
8,42	2,460	0,452

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	73 di 112

11,00                      2,686                      0,452

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	1,857	0,427
3,31	1,846	0,428
5,85	1,834	0,428
8,43	1,822	0,428
11,00	1,809	0,427

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 7)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	1,866	0,449
2,49	1,865	0,504
4,28	1,864	0,519
6,17	1,863	0,511
7,96	1,862	0,492
9,74	1,861	0,471
11,53	1,860	0,453
13,42	1,859	0,440
15,21	1,858	0,432
17,00	1,857	0,427

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	1,866	0,449
3,31	2,029	0,451
5,85	2,236	0,452

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	74 di 112

8,42                      2,460                      0,452

11,00                      2,686                      0,452

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	1,857	0,427
3,31	1,846	0,428
5,85	1,834	0,428
8,43	1,822	0,428
11,00	1,809	0,427

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 8)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	1,866	0,449
2,49	1,865	0,504
4,28	1,864	0,519
6,17	1,863	0,511
7,96	1,862	0,492
9,74	1,861	0,471
11,53	1,860	0,453
13,42	1,859	0,440
15,21	1,858	0,432
17,00	1,857	0,427

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	1,866	0,449
3,31	2,029	0,451



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	75 di 112

5,85	2,236	0,452
8,42	2,460	0,452
11,00	2,686	0,452

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0,70	1,857	0,427
3,31	1,846	0,428
5,85	1,834	0,428
8,43	1,822	0,428
11,00	1,809	0,427

## Sollecitazioni

### Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1743,3586	-378,7084	330,3831
2,49	-1163,1298	-284,6412	330,3831
4,28	-697,8955	-225,4692	330,3831
6,17	-323,6389	-162,0145	330,3831
7,96	-76,3235	-106,2645	330,3831
9,74	76,5068	-56,7961	330,3831
11,53	146,2739	-13,5661	330,3831
13,42	141,1338	26,5735	330,3831
15,21	69,7749	60,9268	330,3831
17,00	-87,1562	142,9460	330,3831

### Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1743,3586	570,0471	382,4029
3,31	-670,6050	279,8961	270,4737
5,85	-181,1857	116,8676	156,9980
8,42	-16,1764	23,3312	42,2177
11,00	0,0000	0,0000	-72,8000

### Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-87,1562	-93,3296	146,2828
3,31	-0,0311	-0,4339	63,1256
5,85	0,0000	0,0000	-17,8586

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	77 di 112

8,43	0,0000	0,0000	-99,9293
11,00	0,0000	0,0000	-182,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 2)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2430,9315	-302,3349	361,6990
2,49	-1899,6199	-297,6488	364,7427
4,28	-1371,0880	-283,6305	367,7783
6,17	-863,9920	-244,5774	370,9826
7,96	-462,6844	-196,3155	374,0182
9,74	-151,8668	-143,8910	377,0538
11,53	64,0398	-90,3327	380,0894
13,42	187,4434	-32,9662	383,2937
15,21	202,9203	23,5468	386,3293
17,00	96,4738	115,5211	389,3753

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 2)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2430,9315	747,0902	302,9004
3,31	-983,7042	390,5179	214,5879
5,85	-286,7907	172,1935	125,1398
8,42	-33,6401	40,1993	34,6635
11,00	0,0000	0,0000	-56,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 2)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	96,4738	-7,6345	118,7712
3,31	51,6132	24,1754	53,2219

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	78 di 112

5,85	16,0833	6,2459	-10,6144
8,43	4,0208	3,1230	-75,3072
11,00	0,0000	0,0000	-140,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 3)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2430,9315	-285,1111	361,6990
2,49	-1924,5642	-287,2261	364,7427
4,28	-1410,4123	-278,1285	367,7783
6,17	-910,4341	-242,6567	370,9826
7,96	-510,6322	-196,7173	374,0182
9,74	-197,7074	-146,0614	377,0538
11,53	23,3328	-94,1926	380,0894
13,42	155,7109	-39,0060	383,2937
15,21	184,0856	14,6842	386,3293
17,00	96,4738	103,2011	389,3753

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2430,9315	747,0902	285,4117
3,31	-983,7042	390,5179	201,5255
5,85	-286,7907	172,1935	116,3955
8,42	-33,6401	40,1993	30,2868
11,00	0,0000	0,0000	-56,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 3)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	96,4738	-7,6345	106,2793

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	79 di 112

3,31	51,6132	24,1754	43,8943
5,85	16,0833	6,2459	-16,8603
8,43	4,0208	3,1230	-78,4302
11,00	0,0000	0,0000	-140,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 4)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-251,1586	-298,0114	146,5827
2,49	145,6917	-157,5850	143,5390
4,28	356,5681	-73,5112	140,5034
6,17	438,5386	-9,6534	137,2992
7,96	422,3738	31,5189	134,2635
9,74	345,3534	58,3284	131,2279
11,53	229,7725	74,6453	128,1923
13,42	83,7141	83,6519	124,9880
15,21	-64,8981	86,0243	121,9524
17,00	-230,5603	117,1491	118,9065

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-251,1586	129,9052	302,9004
3,31	-47,9959	40,0916	214,5879
5,85	8,0435	7,6027	125,1398
8,42	8,7533	-4,3052	34,6635
11,00	0,0000	0,0000	-56,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 4)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
-------	---------	--------	--------

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	80 di 112

0,70	-230,5603	-135,9495	118,7712
3,31	-51,6609	-24,8429	53,2219
5,85	-16,0833	-6,2459	-10,6144
8,43	-4,0208	-3,1230	-75,3072
11,00	0,0000	0,0000	-140,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 5)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-251,1586	-280,7875	146,5827
2,49	120,7473	-147,1623	143,5390
4,28	317,2437	-68,0092	140,5034
6,17	392,0965	-7,7327	137,2992
7,96	374,4260	31,1171	134,2635
9,74	299,5127	56,1580	131,2279
11,53	189,0656	70,7854	128,1923
13,42	51,9816	77,6122	124,9880
15,21	-83,7328	77,1616	121,9524
17,00	-230,5603	104,8291	118,9065

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 5)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-251,1586	129,9052	285,4117
3,31	-47,9959	40,0916	201,5255
5,85	8,0435	7,6027	116,3955
8,42	8,7533	-4,3052	30,2868
11,00	0,0000	0,0000	-56,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 5)**

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	81 di 112

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-230,5603	-135,9495	106,2793
3,31	-51,6609	-24,8429	43,8943
5,85	-16,0833	-6,2459	-16,8603
8,43	-4,0208	-3,1230	-78,4302
11,00	0,0000	0,0000	-140,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 6)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1341,0450	-291,5612	254,1409
2,49	-889,4363	-222,4056	254,1409
4,28	-526,9221	-175,8199	254,1409
6,17	-235,9477	-126,1550	254,1409
7,96	-44,1292	-82,5992	254,1409
9,74	73,8230	-43,8665	254,1409
11,53	126,5527	-9,7737	254,1409
13,42	119,7125	22,3230	254,1409
15,21	59,5937	50,3542	254,1409
17,00	-67,0432	110,1751	254,1409

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1341,0450	438,4977	294,1560
3,31	-515,8500	215,3047	208,0567
5,85	-139,3736	89,8981	120,7677
8,42	-12,4434	17,9471	32,4751
11,00	0,0000	0,0000	-56,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 6)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-67,0432	-71,7920	112,5253
3,31	-0,0239	-0,3337	48,5581
5,85	0,0000	0,0000	-13,7374
8,43	0,0000	0,0000	-76,8687
11,00	0,0000	0,0000	-140,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 7)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1341,0450	-291,5612	254,1409
2,49	-889,4363	-222,4056	254,1409
4,28	-526,9221	-175,8199	254,1409
6,17	-235,9477	-126,1550	254,1409
7,96	-44,1292	-82,5992	254,1409
9,74	73,8230	-43,8665	254,1409
11,53	126,5527	-9,7737	254,1409
13,42	119,7125	22,3230	254,1409
15,21	59,5937	50,3542	254,1409
17,00	-67,0432	110,1751	254,1409

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1341,0450	438,4977	294,1560
3,31	-515,8500	215,3047	208,0567
5,85	-139,3736	89,8981	120,7677
8,42	-12,4434	17,9471	32,4751

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	83 di 112

11,00            0,0000            0,0000            -56,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 7)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-67,0432	-71,7920	112,5253
3,31	-0,0239	-0,3337	48,5581
5,85	0,0000	0,0000	-13,7374
8,43	0,0000	0,0000	-76,8687
11,00	0,0000	0,0000	-140,0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 8)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1341,0450	-291,5612	254,1409
2,49	-889,4363	-222,4056	254,1409
4,28	-526,9221	-175,8199	254,1409
6,17	-235,9477	-126,1550	254,1409
7,96	-44,1292	-82,5992	254,1409
9,74	73,8230	-43,8665	254,1409
11,53	126,5527	-9,7737	254,1409
13,42	119,7125	22,3230	254,1409
15,21	59,5937	50,3542	254,1409
17,00	-67,0432	110,1751	254,1409

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1341,0450	438,4977	294,1560
3,31	-515,8500	215,3047	208,0567
5,85	-139,3736	89,8981	120,7677



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	84 di 112

8,42            -12,4434            17,9471            32,4751

11,00            0,0000            0,0000            -56,0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 8)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-67,0432	-71,7920	112,5253
3,31	-0,0239	-0,3337	48,5581
5,85	0,0000	0,0000	-13,7374
8,43	0,0000	0,0000	-76,8687
11,00	0,0000	0,0000	-140,0000

## Pressioni terreno

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,70	84
2,49	94
4,28	97
6,17	96
7,96	92
9,74	89
11,53	86
13,42	83
15,21	81
17,00	80

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,70	13
2,49	41
4,28	58
6,17	67
7,96	71
9,74	72
11,53	73
13,42	73
15,21	75
17,00	78

### Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 3)

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
-------	------------------

---

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	86 di 112

0,70	7
2,49	36
4,28	54
6,17	64
7,96	68
9,74	70
11,53	70
13,42	70
15,21	72
17,00	74

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 4)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,70	112
2,49	97
4,28	83
6,17	71
7,96	62
9,74	55
11,53	50
13,42	46
15,21	42
17,00	39

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 5)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,70	106
2,49	92
4,28	79

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	87 di 112

6,17	68
7,96	59
9,74	52
11,53	47
13,42	43
15,21	39
17,00	35

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 6)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,70	59
2,49	66
4,28	69
6,17	67
7,96	65
9,74	62
11,53	60
13,42	58
15,21	57
17,00	56

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 7)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0,70	59
2,49	66
4,28	69
6,17	67
7,96	65
9,74	62

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	88 di 112

11,53	60
13,42	58
15,21	57
17,00	56

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 8)**

<b>X [m]</b>	<b><math>\sigma_t</math> [kPa]</b>
0,70	59
2,49	66
4,28	69
6,17	67
7,96	65
9,74	62
11,53	60
13,42	58
15,21	57
17,00	56

### Verifica scorrimento

#### Combinazione n° 1

Risultante dei carichi in direzione X	476,7175	[kN]
Risultante dei carichi in direzione Y	1451,4824	[kN]
Resistenza per adesione	0,0000	[kN]
Resistenza per attrito	646,2416	[kN]
Coefficiente di sicurezza	1,36	

#### Combinazione n° 2

Risultante dei carichi in direzione X	767,1319	[kN]
Risultante dei carichi in direzione Y	1049,2379	[kN]
Resistenza per adesione	0,0000	[kN]
Resistenza per attrito	467,1508	[kN]
Coefficiente di sicurezza	0,61	

#### Combinazione n° 3

Risultante dei carichi in direzione X	767,1319	[kN]
Risultante dei carichi in direzione Y	991,5812	[kN]
Resistenza per adesione	0,0000	[kN]
Resistenza per attrito	441,4804	[kN]
Coefficiente di sicurezza	0,58	

#### Combinazione n° 4

Risultante dei carichi in direzione X	-33,7205	[kN]
Risultante dei carichi in direzione Y	1049,2379	[kN]
Resistenza per adesione	0,0000	[kN]
Resistenza per attrito	467,1508	[kN]
Coefficiente di sicurezza	13,85	

#### Combinazione n° 5

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	90 di 112

Risultante dei carichi in direzione X -33,7205 [kN]

Risultante dei carichi in direzione Y 991,5812 [kN]

Resistenza per adesione 0,0000 [kN]

Resistenza per attrito 441,4804 [kN]

Coefficiente di sicurezza 13,09

**Combinazione n° 6**

Risultante dei carichi in direzione X 366,7057 [kN]

Risultante dei carichi in direzione Y 1020,4096 [kN]

Resistenza per adesione 0,0000 [kN]

Resistenza per attrito 454,3156 [kN]

Coefficiente di sicurezza 1,24

**Combinazione n° 7**

Risultante dei carichi in direzione X 366,7057 [kN]

Risultante dei carichi in direzione Y 1020,4096 [kN]

Resistenza per adesione 0,0000 [kN]

Resistenza per attrito 454,3156 [kN]

Coefficiente di sicurezza 1,24

**Combinazione n° 8**

Risultante dei carichi in direzione X 366,7057 [kN]

Risultante dei carichi in direzione Y 1020,4096 [kN]

Resistenza per adesione 0,0000 [kN]

Resistenza per attrito 454,3156 [kN]

Coefficiente di sicurezza 1,24

## Verifica ribaltamento

### Combinazione n° 1

Momento stabilizzante (estremo sinistro)	16099,4887	[kNm]
Momento ribaltante (estremo sinistro)	3282,0552	[kNm]
Momento stabilizzante (estremo destro)	16019,0309	[kNm]
Momento ribaltante (estremo destro)	3435,5216	[kNm]
Coefficiente di sicurezza	4,66	

### Combinazione n° 2

Momento stabilizzante (estremo sinistro)	13229,2027	[kNm]
Momento ribaltante (estremo sinistro)	2442,1770	[kNm]
Momento stabilizzante (estremo destro)	11669,7454	[kNm]
Momento ribaltante (estremo destro)	4095,1070	[kNm]
Coefficiente di sicurezza	2,85	

### Combinazione n° 3

Momento stabilizzante (estremo sinistro)	12782,4667	[kNm]
Momento ribaltante (estremo sinistro)	2464,9797	[kNm]
Momento stabilizzante (estremo destro)	11150,4197	[kNm]
Momento ribaltante (estremo destro)	4115,2357	[kNm]
Coefficiente di sicurezza	2,71	

### Combinazione n° 4

Momento stabilizzante (estremo sinistro)	10510,2978	[kNm]
Momento ribaltante (estremo sinistro)	2790,6757	[kNm]
Momento stabilizzante (estremo destro)	12018,2441	[kNm]
Momento ribaltante (estremo destro)	1376,2022	[kNm]
Coefficiente di sicurezza	3,77	

### Combinazione n° 5

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	92 di 112

Momento stabilizzante (estremo sinistro) 10063,5619 [kNm]

Momento ribaltante (estremo sinistro) 2813,4784 [kNm]

Momento stabilizzante (estremo destro) 11498,9183 [kNm]

Momento ribaltante (estremo destro) 1396,3308 [kNm]

Coefficiente di sicurezza 3,58

**Combinazione n° 6**

Momento stabilizzante (estremo sinistro) 11543,2070 [kNm]

Momento ribaltante (estremo sinistro) 2524,6525 [kNm]

Momento stabilizzante (estremo destro) 11481,3165 [kNm]

Momento ribaltante (estremo destro) 2642,7036 [kNm]

Coefficiente di sicurezza 4,34

**Combinazione n° 7**

Momento stabilizzante (estremo sinistro) 11543,2070 [kNm]

Momento ribaltante (estremo sinistro) 2524,6525 [kNm]

Momento stabilizzante (estremo destro) 11481,3165 [kNm]

Momento ribaltante (estremo destro) 2642,7036 [kNm]

Coefficiente di sicurezza 4,34

**Combinazione n° 8**

Momento stabilizzante (estremo sinistro) 11543,2070 [kNm]

Momento ribaltante (estremo sinistro) 2524,6525 [kNm]

Momento stabilizzante (estremo destro) 11481,3165 [kNm]

Momento ribaltante (estremo destro) 2642,7036 [kNm]

Coefficiente di sicurezza 4,34

## Verifiche combinazioni SLU

Simbologia adottata ed unità di misura

$N^\circ$	Indice sezione
$X$	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in cm
$M$	Momento flettente, espresso in kNm
$V$	Taglio, espresso in kN
$N$	Sforzo normale, espresso in kN
$N_u$	Sforzo normale ultimo, espressa in kN
$M_u$	Momento ultimo, espressa in kNm
$A_{fi}$	Area armatura inferiore, espressa in cmq
$A_{fs}$	Area armatura superiore, espressa 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  $H = 140,00$  cm

#### Verifiche presso-flessione

$N^\circ$	$X$	$M$	$N$	$N_u$	$M_u$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$CS$
1	0,701743,36 (1743,36)	330,38	743,51	3923,36	70,69	35,34	2,25	
2	2,491163,13 (1506,41)	330,38	876,11	3994,70	70,69	35,34	2,65	
3	4,28 697,90 (969,81)	330,38	1469,64	4314,02	70,69	35,34	4,45	
4	6,17 323,64 (519,03)	330,38	3377,97	5306,75	70,69	35,34	10,22	
5	7,96 76,32 (204,48)	330,38	10912,42	6753,84	70,69	35,34	33,03	
6	9,74 -76,51 (-145,00)	330,38	14920,84	-6548,66	70,69	35,34	45,16	
7	11,53 -146,27 (-153,39)	330,38	14353,64	-6664,20	70,69	35,34	43,45	

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	94 di 112

8	13,42	-141,13 (-153,39)	330,38	14353,64	-6664,20	70,69	35,34	43,45
9	15,21	-69,77 (-143,25)	330,38	15044,87	-6523,39	70,69	35,34	45,54
10	17,00	87,16 (259,55)	330,38	8491,61	6671,01	70,69	35,34	25,70

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

#### Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70	-1743,36 (-1743,36)	382,40	876,25	-3994,77	35,34	70,69	2,29
2	3,31	-670,61 (-1008,16)	270,47	1104,71	-4117,68	35,34	70,69	4,08
3	5,85	-181,19 (-322,13)	157,00	2327,49	-4775,54	35,34	70,69	14,82
4	8,42	-16,18 (-44,31)	42,22	5874,01	-6165,66	35,34	70,69	139,14
5	11,00	0,00 (0,00)	-72,80	-2774,16	0,00	35,34	70,69	38,11

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

#### Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70	-87,16 (-87,16)	146,28	3044,33	-1813,83	22,62	15,71	20,81
2	3,31	-0,03 (-0,40)	63,13	15364,79	-96,90	22,62	15,71	243,40
3	5,85	0,00 (0,00)	-17,86	-1236,14	0,00	22,62	15,71	69,22
4	8,43	0,00 (0,00)	-99,93	-1236,14	0,00	22,62	15,71	12,37
5	11,00	0,00 (0,00)	-182,00	-1236,14	0,00	22,62	15,71	6,79

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,702430,93 (2430,93)	361,70	569,86	3829,93	70,69	35,34	1,58	
2	2,491899,62 (2258,58)	364,74	623,13	3858,59	70,69	35,34	1,71	
3	4,281371,09 (1713,15)	367,78	855,16	3983,43	70,69	35,34	2,33	
4	6,17 863,99 (1158,95)	370,98	1362,47	4256,35	70,69	35,34	3,67	
5	7,96 462,68 (699,44)	374,02	2645,01	4946,36	70,69	35,34	7,07	
6	9,74 151,87 (325,40)	377,05	7586,75	6547,40	70,69	35,34	20,12	
7	11,53 -64,04 (-172,98)	380,09	14553,65	-6623,46	70,69	35,34	38,29	
8	13,42 -187,44 (-209,00)	383,29	12429,73	-6777,49	70,69	35,34	32,43	
9	15,21 -202,92 (-209,00)	386,33	12546,18	-6787,23	70,69	35,34	32,48	
10	17,00 -96,47 (-209,00)	389,38	12650,02	-6789,88	70,69	35,34	32,49	

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70-2430,93 (-2430,93)	302,90	470,56	-3776,51	35,34	70,69	1,55	
2	3,31-983,70 (-1454,67)	214,59	564,56	-3827,08	35,34	70,69	2,63	
3	5,85 -286,79 (-494,46)	125,14	1032,26	-4078,71	35,34	70,69	8,25	
4	8,42 -33,64 (-82,12)	34,66	1924,19	-4558,56	35,34	70,69	55,51	
5	11,00 0,00 (0,00)	-56,00	-2774,16	0,00	35,34	70,69	49,54	

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>ri</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70	96,47 (97,35)	118,77	1973,06	1617,28	22,62	15,71	16,61
2	3,31	51,61 (72,07)	53,22	850,54	1151,68	22,62	15,71	15,98
3	5,85	16,08 (21,37)	-10,61	-323,91	652,05	22,62	15,71	30,52
4	8,43	4,02 (6,66)	-75,31	-1474,49	130,46	22,62	15,71	19,58
5	11,00	0,00 (0,00)	-140,00	-1236,14	0,00	22,62	15,71	8,83

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>ri</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,702430,93 (2430,93)	361,70	569,86	3829,93	70,69	35,34	1,58	
2	2,491924,56 (2270,96)	364,74	619,41	3856,59	70,69	35,34	1,70	
3	4,281410,41 (1745,84)	367,78	837,10	3973,71	70,69	35,34	2,28	
4	6,17 910,43 (1203,08)	370,98	1302,56	4224,12	70,69	35,34	3,51	
5	7,96 510,63 (747,87)	374,02	2410,67	4820,29	70,69	35,34	6,45	
6	9,74 197,71 (373,86)	377,05	6355,65	6301,77	70,69	35,34	16,86	
7	11,53 -23,33 (-136,93)	380,09	16910,50	-6092,09	70,69	35,34	44,49	
8	13,42 -155,71 (-186,09)	383,29	13839,57	-6719,25	70,69	35,34	36,11	
9	15,21 -184,09 (-186,09)	386,33	13937,15	-6713,45	70,69	35,34	36,08	
10	17,00 -96,47 (-186,09)	389,38	14034,89	-6707,65	70,69	35,34	36,04	

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70-2430,93 (-2430,93)	285,41	441,56	-3760,91	35,34	70,69	1,55	
2	3,31-983,70 (-1454,67)	201,53	527,42	-3807,10	35,34	70,69	2,62	
3	5,85 -286,79 (-494,46)	116,40	949,67	-4034,27	35,34	70,69	8,16	
4	8,42 -33,64 (-82,12)	30,29	1621,10	-4395,50	35,34	70,69	53,53	
5	11,00 0,00 (0,00)	-56,00	-2774,16	0,00	35,34	70,69	49,54	

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70 96,47 (97,35)	106,28	1593,82	1459,98	22,62	15,71	15,00	
2	3,31 51,61 (72,07)	43,89	651,08	1068,95	22,62	15,71	14,83	
3	5,85 16,08 (21,37)	-16,86	-464,30	588,41	22,62	15,71	27,54	
4	8,43 4,02 (6,66)	-78,43	-1484,14	126,08	22,62	15,71	18,92	
5	11,00 0,00 (0,00)	-140,00	-1236,14	0,00	22,62	15,71	8,83	

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70	251,16 (251,16)	146,58	2997,50	5136,00	70,69	35,34	20,45
2	2,49	-145,69 (-335,74)	143,54	1037,90	-2427,65	70,69	35,34	7,23
3	4,28	-356,57 (-441,72)	140,50	707,16	-2223,19	70,69	35,34	5,03
4	6,17	-438,54 (-441,72)	137,30	687,19	-2210,85	70,69	35,34	5,01
5	7,96	-422,37 (-441,72)	134,26	668,48	-2199,29	70,69	35,34	4,98
6	9,74	-345,35 (-415,70)	131,23	700,53	-2219,10	70,69	35,34	5,34
7	11,53	-229,77 (-319,79)	128,19	951,81	-2374,44	70,69	35,34	7,42
8	13,42	-83,71 (-184,60)	124,99	2079,84	-3071,77	70,69	35,34	16,64
9	15,21	64,90 (168,64)	121,95	4016,64	5554,46	70,69	35,34	32,94
10	17,00	230,56 (251,16)	118,91	2238,13	4727,46	70,69	35,34	18,82

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70	-251,16 (-251,16)	302,90	7979,58	-6616,50	35,34	70,69	26,34
2	3,31	-48,00 (-96,35)	214,59	13499,66	-6061,12	35,34	70,69	62,91
3	5,85	8,04 (12,24)	125,14	22816,11	2232,56	35,34	70,69	182,32
4	8,42	8,75 (12,24)	34,66	17107,38	6043,22	35,34	70,69	493,53
5	11,00	0,00 (0,00)	-56,00	-2774,16	0,00	35,34	70,69	49,54

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	99 di 112

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70	-230,56 (-230,56)	118,77	368,73	-715,78	22,62	15,71	3,10
2	3,31	-51,66 (-72,68)	53,22	595,12	-812,67	22,62	15,71	11,18
3	5,85	-16,08 (-21,37)	-10,61	-226,41	-455,78	22,62	15,71	21,33
4	8,43	-4,02 (-6,66)	-75,31	-1033,56	-91,44	22,62	15,71	13,72
5	11,00	0,00 (0,00)	-140,00	-1236,14	0,00	22,62	15,71	8,83

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70	251,16 (251,16)	146,58	2997,50	5136,00	70,69	35,34	20,45
2	2,49	-120,75 (-298,23)	143,54	1223,76	-2542,55	70,69	35,34	8,53
3	4,28	-317,24 (-394,46)	140,50	815,81	-2290,36	70,69	35,34	5,81
4	6,17	-392,10 (-394,46)	137,30	792,11	-2275,71	70,69	35,34	5,77
5	7,96	-374,43 (-394,46)	134,26	769,93	-2262,00	70,69	35,34	5,73
6	9,74	-299,51 (-367,24)	131,23	819,17	-2292,44	70,69	35,34	6,24
7	11,53	-189,07 (-274,43)	128,19	1173,02	-2511,18	70,69	35,34	9,15
8	13,42	-51,98 (-145,58)	124,99	3260,57	-3797,80	70,69	35,34	26,09
9	15,21	83,73 (176,79)	121,95	3763,95	5456,45	70,69	35,34	30,86
10	17,00	230,56 (251,16)	118,91	2238,13	4727,46	70,69	35,34	18,82

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

Base sezione B = 100 cm

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	100 di 112

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70	-251,16 (-251,16)	285,41	7397,41	-6509,62	35,34	70,69	25,92
2	3,31	-48,00 (-96,35)	201,53	12990,01	-6210,33	35,34	70,69	64,46
3	5,85	8,04 (12,24)	116,40	22756,56	2394,02	35,34	70,69	195,51
4	8,42	8,75 (12,24)	30,29	15769,09	6375,44	35,34	70,69	520,66
5	11,00	0,00 (0,00)	-56,00	-2774,16	0,00	35,34	70,69	49,54

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0,70	-230,56 (-230,56)	106,28	320,42	-695,11	22,62	15,71	3,01
2	3,31	-51,66 (-72,68)	43,89	454,46	-752,47	22,62	15,71	10,35
3	5,85	-16,08 (-21,37)	-16,86	-324,65	-411,43	22,62	15,71	19,26
4	8,43	-4,02 (-6,66)	-78,43	-1040,34	-88,38	22,62	15,71	13,26
5	11,00	0,00 (0,00)	-140,00	-1236,14	0,00	22,62	15,71	8,83

## Verifiche combinazioni SLE

Simbologia adottata ed unità di misura

$N^{\circ}$	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
$\sigma_{fi}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore, espresse in kPa
$\sigma_{fs}$	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore, espresse in kPa
$\sigma_c$	Tensione nel calcestruzzo, espresse in kPa
$\tau_c$	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  $H = 140,00$  cm

#### Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0,70	1341,05	254,14	70,69	35,34	60283	140313	4646
2	2,49	889,44	254,14	70,69	35,34	40993	88053	3136
3	4,28	526,92	254,14	70,69	35,34	25381	46297	1916
4	6,17	235,95	254,14	70,69	35,34	12475	13649	913
5	7,96	44,13	254,14	70,69	35,34	4127	874	285
6	9,74	-73,82	254,14	70,69	35,34	130	4607	321
7	11,53	-126,55	254,14	70,69	35,34	3592	6815	487
8	13,42	-119,71	254,14	70,69	35,34	2865	6479	461

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	102 di 112

9	15,21	-59,59	254,14	70,69	35,34	614	4156	288
10	17,00	67,04	254,14	70,69	35,34	4904	147	342

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

#### Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,70	-1341,05	294,16	35,34	70,69	137955	60767	4672
2	3,31	-515,85	208,06	35,34	70,69	47600	24436	1854
3	5,85	-139,37	120,77	35,34	70,69	9445	7168	530
4	8,42	-12,44	32,48	35,34	70,69	154	776	55
5	11,00	0,00	-56,00	35,34	70,69	3961	7922	0

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

#### Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,70	-67,04	112,53	22,62	15,71	17598	8597	692
2	3,31	-0,02	48,56	22,62	15,71	702	676	47
3	5,85	0,00	-13,74	22,62	15,71	4373	3037	0
4	8,43	0,00	-76,87	22,62	15,71	24468	16992	0
5	11,00	0,00	-140,00	22,62	15,71	44563	30947	0

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

Base sezione B = 100 cm

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	103 di 112

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,70	1341,05	254,14	70,69	35,34	60283	140313	4646
2	2,49	889,44	254,14	70,69	35,34	40993	88053	3136
3	4,28	526,92	254,14	70,69	35,34	25381	46297	1916
4	6,17	235,95	254,14	70,69	35,34	12475	13649	913
5	7,96	44,13	254,14	70,69	35,34	4127	874	285
6	9,74	-73,82	254,14	70,69	35,34	130	4607	321
7	11,53	-126,55	254,14	70,69	35,34	3592	6815	487
8	13,42	-119,71	254,14	70,69	35,34	2865	6479	461
9	15,21	-59,59	254,14	70,69	35,34	614	4156	288
10	17,00	67,04	254,14	70,69	35,34	4904	147	342

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,70	-1341,05	294,16	35,34	70,69	137955	60767	4672
2	3,31	-515,85	208,06	35,34	70,69	47600	24436	1854
3	5,85	-139,37	120,77	35,34	70,69	9445	7168	530
4	8,42	-12,44	32,48	35,34	70,69	154	776	55
5	11,00	0,00	-56,00	35,34	70,69	3961	7922	0

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

Base sezione B = 100 cm

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	104 di 112

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,70	-67,04	112,53	22,62	15,71	17598	8597	692
2	3,31	-0,02	48,56	22,62	15,71	702	676	47
3	5,85	0,00	-13,74	22,62	15,71	4373	3037	0
4	8,43	0,00	-76,87	22,62	15,71	24468	16992	0
5	11,00	0,00	-140,00	22,62	15,71	44563	30947	0

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,70	1341,05	254,14	70,69	35,34	60283	140313	4646
2	2,49	889,44	254,14	70,69	35,34	40993	88053	3136
3	4,28	526,92	254,14	70,69	35,34	25381	46297	1916
4	6,17	235,95	254,14	70,69	35,34	12475	13649	913
5	7,96	44,13	254,14	70,69	35,34	4127	874	285
6	9,74	-73,82	254,14	70,69	35,34	130	4607	321
7	11,53	-126,55	254,14	70,69	35,34	3592	6815	487
8	13,42	-119,71	254,14	70,69	35,34	2865	6479	461
9	15,21	-59,59	254,14	70,69	35,34	614	4156	288
10	17,00	67,04	254,14	70,69	35,34	4904	147	342

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

Base sezione B = 100 cm

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	105 di 112

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,70	-1341,05	294,16	35,34	70,69	137955	60767	4672
2	3,31	-515,85	208,06	35,34	70,69	47600	24436	1854
3	5,85	-139,37	120,77	35,34	70,69	9445	7168	530
4	8,42	-12,44	32,48	35,34	70,69	154	776	55
5	11,00	0,00	-56,00	35,34	70,69	3961	7922	0

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0,70	-67,04	112,53	22,62	15,71	17598	8597	692
2	3,31	-0,02	48,56	22,62	15,71	702	676	47
3	5,85	0,00	-13,74	22,62	15,71	4373	3037	0
4	8,43	0,00	-76,87	22,62	15,71	24468	16992	0
5	11,00	0,00	-140,00	22,62	15,71	44563	30947	0

## Verifiche fessurazione

Simbologia adottata ed unità di misura

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

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

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0,70	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	1341,05	0,11	100,00	163,37	0,037
2	2,49	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	889,44	0,00	100,00	0,00	0,000
3	4,28	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	526,92	0,00	100,00	0,00	0,000
4	6,17	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	235,95	0,00	100,00	0,00	0,000
5	7,96	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	44,13	0,00	100,00	0,00	0,000
6	9,74	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	-73,82	0,00	100,00	0,00	0,000
7	11,53	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	-126,55	0,00	100,00	0,00	0,000
8	13,42	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	-119,71	0,00	100,00	0,00	0,000
9	15,21	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	-59,59	0,00	100,00	0,00	0,000
10	17,00	70,69	35,34	1164,79	-1091,47	67,04	0,00	100,00	0,00	0,000

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

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0,70	35,34	70,69	1091,47	-1164,79	-1341,05	0,10	100,00	163,37	0,036

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	107 di 112

2	3,31	35,34	70,69	1091,47	-1164,79	-515,85	0,00	100,00	0,00	0,000
3	5,85	35,34	70,69	1091,47	-1164,79	-139,37	0,00	100,00	0,00	0,000
4	8,42	35,34	70,69	1091,47	-1164,79	-12,44	0,00	100,00	0,00	0,000
5	11,00	35,34	70,69	1091,47	-1164,79	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000

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

N°	X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	M <sub>p</sub>	M <sub>n</sub>	M	w	w <sub>lim</sub>	S <sub>m</sub>	ε <sub>sm</sub>
1	0,70	22,62	15,71	533,76	-524,04	-67,04	0,00	100,00	0,00	0,000
2	3,31	22,62	15,71	533,76	-524,04	-0,02	0,00	100,00	0,00	0,000
3	5,85	22,62	15,71	533,76	-524,04	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000
4	8,43	22,62	15,71	533,76	-524,04	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000
5	11,00	22,62	15,71	533,76	-524,04	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]
0,70	-0,1688	3,9018	0,0521	0,8466
2,49	-0,1694	3,9004	0,2713	0,7358
4,28	-0,1700	3,8989	0,4072	0,7341
6,17	-0,1706	3,8974	0,4852	0,7245
7,96	-0,1711	3,8960	0,4448	0,7005
9,74	-0,1716	3,8945	0,3936	0,6729
11,53	-0,1721	3,8930	0,3551	0,6483
13,42	-0,1726	3,8914	0,3232	0,6288
15,21	-0,1731	3,8899	0,2953	0,6164
16,92	-0,1736	3,8884	0,2637	0,6067

### Inviluppo spostamenti piedritto sinistro

Y [m]	$u_{Xmin}$ [cm]	$u_{Xmax}$ [cm]	$u_{Ymin}$ [cm]	$u_{Ymax}$ [cm]
0,70	-0,1688	3,9018	0,0521	0,8466
3,31	-0,3194	4,3771	0,0535	0,8481
5,85	-0,4610	4,9334	0,0544	0,8490
8,42	-0,6045	5,5245	0,0548	0,8495
11,00	-0,7490	6,1216	0,0547	0,8494

### Inviluppo spostamenti piedritto destro

Y [m]	$u_{Xmin}$ [cm]	$u_{Xmax}$ [cm]	$u_{Ymin}$ [cm]	$u_{Ymax}$ [cm]
0,70	-0,1736	3,8884	0,2637	0,6067
3,31	-0,2434	3,9352	0,2643	0,6075

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	109 di 112

5,85	-0,3263	3,9939	0,2644	0,6077
8,43	-0,4145	4,0576	0,2640	0,6073
11,00	-0,5039	4,1225	0,2631	0,6061

### Inviluppo sollecitazioni nodali

#### Inviluppo sollecitazioni fondazione

X [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,70	-2430,93	-251,16	-378,71	-280,79	146,58	361,70
2,49	-1924,56	145,69	-297,65	-147,16	143,54	364,74
4,28	-1410,41	356,57	-283,63	-68,01	140,50	367,78
6,17	-910,43	438,54	-244,58	-7,73	137,30	370,98
7,96	-510,63	422,37	-196,72	31,52	134,26	374,02
9,74	-197,71	345,35	-146,06	58,33	131,23	377,05
11,53	23,33	229,77	-94,19	74,65	128,19	380,09
13,42	51,98	187,44	-39,01	83,65	124,99	383,29
15,21	-83,73	202,92	14,68	86,02	121,95	386,33
17,00	-230,56	96,47	103,20	142,95	118,91	389,38

#### Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,70	-2430,93	-251,16	129,91	747,09	285,41	382,40
3,31	-983,70	-48,00	40,09	390,52	201,53	270,47
5,85	-286,79	8,04	7,60	172,19	116,40	157,00
8,42	-33,64	8,75	-4,31	40,20	30,29	42,22
11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-72,80	-56,00

#### Inviluppo sollecitazioni piedritto destro

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	110 di 112

Y [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,70	-230,56	96,47	-135,95	-7,63	106,28	146,28
3,31	-51,66	51,61	-24,84	24,18	43,89	63,13
5,85	-16,08	16,08	-6,25	6,25	-17,86	-10,61
8,43	-4,02	4,02	-3,12	3,12	-99,93	-75,31
11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-182,00	-140,00

### Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)

#### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,70	70,69	35,34	1,58
2,49	70,69	35,34	1,70
4,28	70,69	35,34	2,28
6,17	70,69	35,34	3,51
7,96	70,69	35,34	4,98
9,74	70,69	35,34	5,34
11,53	70,69	35,34	7,42
13,42	70,69	35,34	16,64
15,21	70,69	35,34	30,86
17,00	70,69	35,34	18,82

#### Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,70	35,34	70,69	1,55
3,31	35,34	70,69	2,62
5,85	35,34	70,69	8,16
8,42	35,34	70,69	53,53
11,00	35,34	70,69	38,11

#### Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	111 di 112

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,70	22,62	15,71	3,01
3,31	22,62	15,71	10,35
5,85	22,62	15,71	19,26
8,43	22,62	15,71	12,37
11,00	22,62	15,71	6,79

### Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)

#### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0,70	70,69	35,34	4646	140313	60283
2,49	70,69	35,34	3136	88053	40993
4,28	70,69	35,34	1916	46297	25381
6,17	70,69	35,34	913	13649	12475
7,96	70,69	35,34	285	874	4127
9,74	70,69	35,34	321	4607	130
11,53	70,69	35,34	487	6815	3592
13,42	70,69	35,34	461	6479	2865
15,21	70,69	35,34	288	4156	614
17,00	70,69	35,34	342	147	4904

#### Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0,70	35,34	70,69	4672	60767	137955
3,31	35,34	70,69	1854	24436	47600
5,85	35,34	70,69	530	7168	9445
8,42	35,34	70,69	55	776	154
11,00	35,34	70,69	0	7922	3961

#### Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
0,70	22,62	15,71	692	8597	17598
3,31	22,62	15,71	47	676	702
5,85	22,62	15,71	0	3037	4373
8,43	22,62	15,71	0	16992	24468



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

Relazione di calcolo muro ad U da pk 22+022,00 a pk 22+157,00

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 26 CL	MU6400 001	A	112 di 112

11,00      22,62      15,71      0      30947      44563

## Verifiche geotecniche

### Simbologia adottata

$IC$       Indice della combinazione

$N_c, N_q, N_\gamma$       Fattori di capacità portante

$N_c, N_q, N_\gamma$       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

$IC$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$	$q_u$	$Q_U$	$Q_Y$	$FS$
1	19,32	9,60	5,72	12,30	6,12	0,34	152	2657,20	1451,48	1,83
2	19,32	9,60	5,72	6,91	3,44	1,47	183	3195,75	1049,24	3,05
3	19,32	9,60	5,72	6,52	3,24	1,87	210	3667,82	991,58	3,70
4	19,32	9,60	5,72	18,54	9,21	4,87	541	9466,08	1049,24	9,02
5	19,32	9,60	5,72	18,50	9,19	4,83	534	9338,10	991,58	9,42