

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

### NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

STAZIONE DI CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” – Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 78 CL FV0102 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	M.Piscitelli	12/2019	A. Jona L. Fanelli	12/2019	F. Sciacino	12/2019	Tiberti Dicembre 2019

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	5
3	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	6
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	7
4.1	STRUTTURE DI FONDAZIONE E ELEVAZIONE MURI AD U .....	7
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C.....	7
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....	8
5.1	MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO .....	9
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	10
7	CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE.....	14
7.1	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	14
7.2	AZIONI.....	15
7.2.1	<i>Peso proprio (cond. di carico 1)</i> .....	15
7.2.2	<i>Permanenti (cond. di carico 2)</i> .....	15
7.2.3	<i>Spinta del terreno (cond. di carico 3/4)</i> .....	15
7.2.4	<i>Spinta in presenza di falda (cond. di carico 5)</i> .....	16
7.2.5	<i>Azioni Sismiche (cond. di carico 6/7)</i> .....	16
7.3	APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA .....	18
7.4	COMBINAZIONI DI CARICO .....	18
7.5	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI DIRETTE.....	18
8	RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE .....	20
8.1	MODELLO DI CALCOLO .....	20
8.2	INTERAZIONE TERRENO-FONDAZIONE.....	21
8.3	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO .....	22
8.4	ARMATURE DI PROGETTO .....	24



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

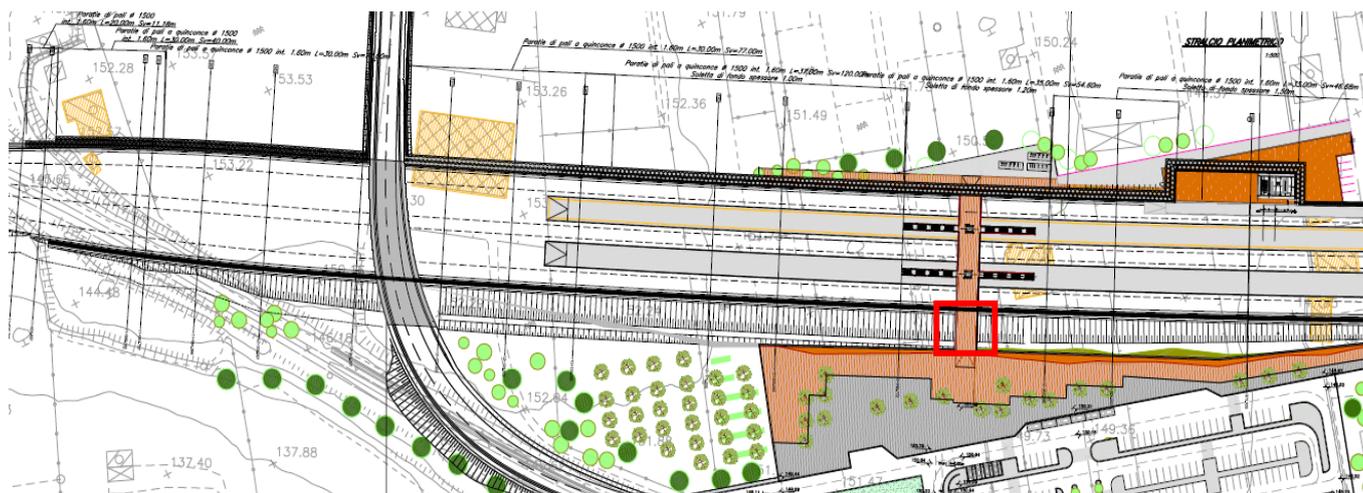
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	3 di 72

8.5	VERIFICHE DI RESISTENZA E FESSURAZIONE .....	24
8.6	VERIFICHE GEOTECNICHE A CARICO LIMITE.....	24
9	TABULATI DI CALCOLO .....	25

## 1 PREMESSA

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.

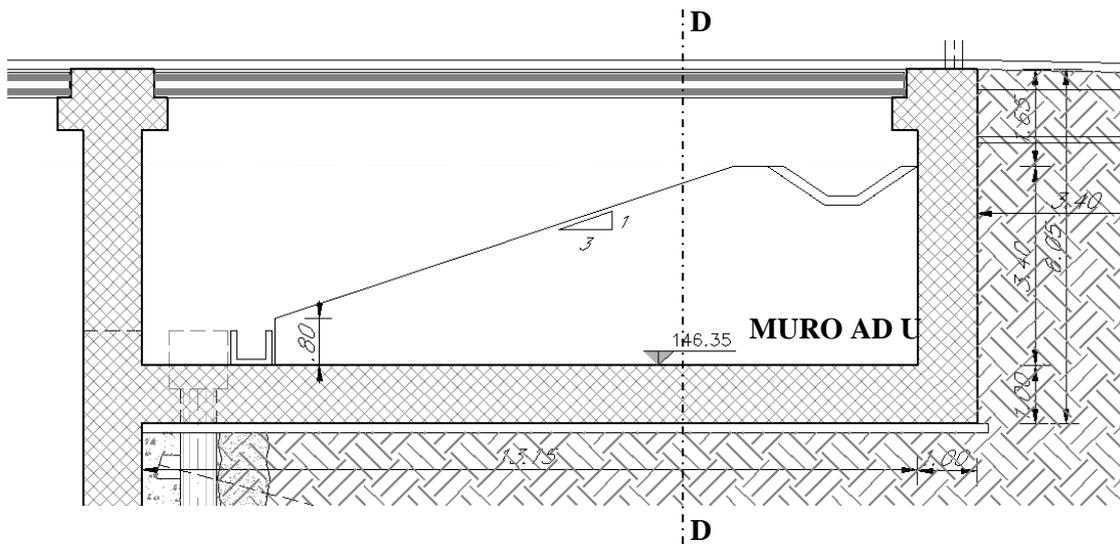
In particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento strutturale-geotecnico del muro ad “U” a contenimento del terreno di rinfilanco ai lati della spalla B del sovrappasso pedonale della Nuova Stazione di Catenanuova ubicata tra le pk. 21+097,1(ex 11+932.35) e 21+807 (ex 12+414.36 ).



**Figura 1 – Planimetria con ubicazione intervento**

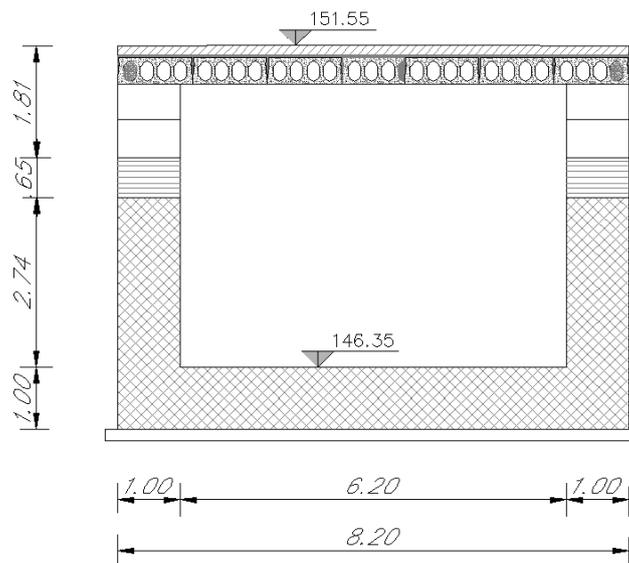
## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Il muro è sito ai lati dell'ultima campata del sovrappasso pedonale (prima della spalla B) e presenta una altezza dei piedritti variabile da 0.8m ad un massimo di 3.40 m ed uno spessore pari ad 1.0m. La zattera di fondazione presenta una larghezza totale pari a 8.20m ed uno spessore di 1.0m.



**Figura 2: Sezione longitudinale Muro ad U**

*SEZIONE TRASVERSALE D-D  
Scala 1:100*



**Figura 3: Sezione Trasversale Muro ad U**

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA</b> PROGETTO DEFINITIVO TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA					
	FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” – Relazione di calcolo	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FV 01 02 003	REV. A

### 3 DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato l’elenco delle Normative e dei Documenti assunti come riferimento per il progetto delle opere trattate nell’ambito del presente documento:

#### Normative e Documenti tecnici generali

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

#### Documenti Tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

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

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche.

### 4.1 Strutture di Fondazione e elevazione Muri ad U

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione	C30/37	Classe minima di consistenza
XC3	$f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 37 \text{ MPa}$	S3 – S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>37</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	30.7	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	38.7	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	20.45	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [R_{ck} < 50/60]$	2.94	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.06	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.5	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.37	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33019	N/mm <sup>2</sup>

### 4.2 Acciaio Per Armature Ordinarie B450c

B450 C (controllato in stabilimento)

$f_{yk}$  = 450 MPa tensione caratteristica di snervamento

$f_{yd}$  =  $f_{yk} / 1.15 = 391$  MPa tensione caratteristica di calcolo

$E_s$  = 210000 MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE RARA:  $\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360$  MPa

## 5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per l'inquadramento Geotecnico dell'area interessata dalla realizzazione delle opere della Stazione di Catenanuova ci si è riferiti a quanto indicato nella seguente documentazione Geotecnica Generale di Progetto:

GEOTECNICA																						
Profilo longitudinale geotecnico - Tav.14 di 15		R	S	3	E	5	0	D	7	8	F	6	G	E	0	0	0	5	0	0	8	A
Profilo longitudinale geotecnico - Tav.15 di 15		R	S	3	E	5	0	D	7	8	F	6	G	E	0	0	0	5	0	0	9	A

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le seguenti indagini.

INDAGINI IN SITO								
Sondaggio	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	N. prove SPT	N. campioni indisturbati	N. campioni rimaneggiati	N. campioni litoidi	Piezometro TA/prova DH	Prova Lefranc, profondità [m]
S1	30.0	148.5	8	2	5	-	TA [1-9]	5
D31	30.0	139.7	6	2	8	-	DH [30]	11.5; 14.5
D32	30.0	152.0	5	3	7	-	TA [3-30]	7.5
D33	30.0	148.0	6	4	9	-	DH [30]	-
TA [m]: profondità tratto filtrante								

Inoltre è disponibile l'indagine sismica MASWV110 e le prove Down-Hole D31 e D33.

## PARAMETRI GEOTECNICI

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	cu [kPa]	c' [kPa]	$\phi'$ [°]	Vs [m/s]	Go [MPa]	Eo [MPa]	E'op,1 [MPa]
bnc	19.5	75÷100	0÷5	24	170	-	150	Eo / (3÷5)
bni	19.5	-	0	37	220	-	230	Eo / (3÷5)
AAC	20.5	200	10	24	480-800 (**)	-	450-800	Eo / (3÷5)

Dove:

$\gamma$  = peso di volume naturale

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

$\phi'$  = angolo di resistenza al taglio

Vs = velocità delle onde di taglio

Go = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

Eo = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E'op,1 = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

E'op,2 = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(\*\*) da prove sismiche (MASW e DH)

Si rimanda alla relazione geotecnica per ulteriori dettagli.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	9 di 72

### 5.1 Modello geotecnico di progetto

Lungo il tracciato, nel tratto in cui ricade la stazione Catenanuova si intercetta da p.c. una alternanza di alluvionali terrazzate coesive limoso argillose e incoerenti grossolane con spessore da 7 a 15 m di profondità dal p.c., che sovrastano la formazione argillosa di base (AAC).

La stratigrafia di riferimento ed il livello di falda per le varie opere verrà valutata dal profilo stratigrafico longitudinale.

Nel caso in esame:

#### STRATIGRAFIA 2

**Pk in (m) : 21262.15      Pk fin (m) : 21460.00      L 197.85**

TERRENO	Prof. m	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	c' kPa	$\phi'$ °	E' MPa
BNC	0 ÷ -10	19.5	5	24	30
BNI	-10.0 ÷ -12.0	19.5	0	35	80
AAC	> -12.0	20.5	10	24	120
<b>FALDA -10.0m da PC</b>					

## 6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il valore dell’accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo con le norme vigenti [NTC – 2008 - § 3.2]. Secondo tali norme, l’entità dell’azione sismica è innanzitutto funzione della sismicità dell’area in cui viene costruita l’opera e del periodo di ritorno dell’azione sismica.

L’opera viene progettata in funzione di una vita nominale pari a 75 anni relativa a “*opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale*” e rientra nella classe d’uso III relativa a “*reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza*”. Moltiplicando la vita nominale per il coefficiente di classe d’uso si valuta il periodo di riferimento per l’azione sismica:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 75 \cdot 1.5 = 112.5 \text{anni}$$

In funzione dello stato limite rispetto al quale viene verificata l’opera si definisce una probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento. Per il progetto dell’opera in esame si farà essenzialmente riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), a cui è associata una  $P_{VR}$  pari al 10% [NTC8– Tabella 3.2.I]. Nota la probabilità di superamento nel periodo di riferimento è possibile valutare il periodo di ritorno  $T_R$ , come previsto nell’allegato A alle norme tecniche per le costruzioni, secondo la seguente espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{112.5}{\ln(1 - 0.10)} = 1068 \text{anni}$$

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  $k$ , dipendente dall’accelerazione massima al sito  $a_g$  in condizioni rocciose e topografia orizzontale; tale parametro è uno dei tre indicatori che caratterizza la pericolosità sismica del sito ed è tanto più alto tanto più è ampio il periodo di ritorno al quale si riferisce.

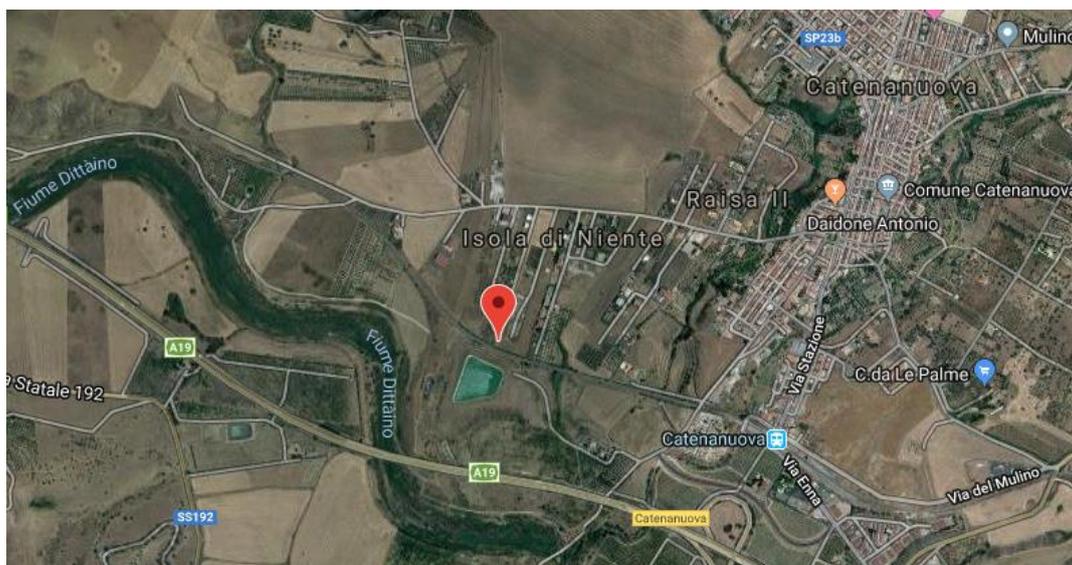
Nello specifico, la Normativa attribuisce al generico sito una pericolosità sismica mediante la definizione dei seguenti tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nel caso in esame, per la determinazione dei parametri di pericolosità sismica da utilizzare per le Analisi, si è fatto riferimento ad un punto ubicato in zona pressoché centrale rispetto all’ area interessata dalla realizzazione delle

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA</b> PROGETTO DEFINITIVO TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA					
	FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” – Relazione di calcolo	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FV 01 02 003	REV. A

opere della Stazione di Catenanuova, di cui nel seguito si riporta il relativo stralcio su mappa satellitare nonché la zona del reticolo della classificazione sismica nazionale nell’ambito del quale lo stesso ricade:



Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Figura 3 – Localizzazione del punto di riferimento per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica nel reticolo della Classificazione sismica nazionale**

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA</b> PROGETTO DEFINITIVO TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA					
	FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” – Relazione di calcolo	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FV 01 02 003	REV. A

Con riferimento allo stato limite di Verifica SLV, si determinano pertanto per il punto in esame, e per un periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_r = 1068$  anni, i seguenti parametri di pericolosità sismica:

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,172 g
$F_o$	2,506
$T_c$	0,528 s

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

In assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo e categorie topografiche di riferimento.

Nel caso in esame, la categoria di suolo di fondazione è stata definita sulla base della conoscenza di  $V_{s,30}$ , come previsto dalla normativa vigente, tenendo conto dei risultati delle indagini sismiche tipo MASW e Down-hole eseguite in prossimità dell'area oggetto degli interventi, nell'ambito delle diverse campagne di indagini eseguite nel periodo 2013-2018 a supporto della progettazione; nella fattispecie, in prossimità dell'area ove sorgerà la Stazione di Catenanuova, sono state effettuate le seguenti indagini (cfr. Relazione Geotecnica Generale - RS3E52D78RHGE0001001A - § 4):

Indagini tipo Down Hole (PD 2 Fase – 2015)

- D31 –  $V_{s,30} = 426$  m/s (categoria di suolo B)
- D33 –  $V_{s,30} = 414$  m/s (categoria di suolo B)

Indagini MASW (Campagna Geognostica 2018)

- MASW VI 11 –  $V_{s,30} = 445$  m/s (categoria di suolo B)

Ciascuna delle prove effettuate inquadrano pertanto il sottosuolo come di tipo B dal punto di vista sismico, ovvero *“Rocce Tenere e Depositi a Grana Grossa molto addensati di terreno a grana grossa mediamente addensati e grana fine molto consistenti – Vs 360 - 800”*

Ulteriore parametro utile alla definizione della risposta sismica locale, è come detto, la categoria topografica, da individuare nell'ambito della classificazione di cui alla Tab 3.2.V della normativa vigente di seguito riportata per completezza:

Tab. 3.2.V – 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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Per il caso in esame, si può ritenere di riferimento la Categoria T1.

In definitiva, noti i parametri di pericolosità sismica del sito, e le categorie di Sottosuolo e Topografiche locali, è possibile determinare gli ulteriori parametri “dipendenti” definiti dalla norma per la determinazione degli spettri di risposta e/o per la determinazione delle azioni sismiche di progetto mediante i metodi pseudostatici:

Nel caso in esame si è dunque ottenuto:

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

Categoria topografica  info

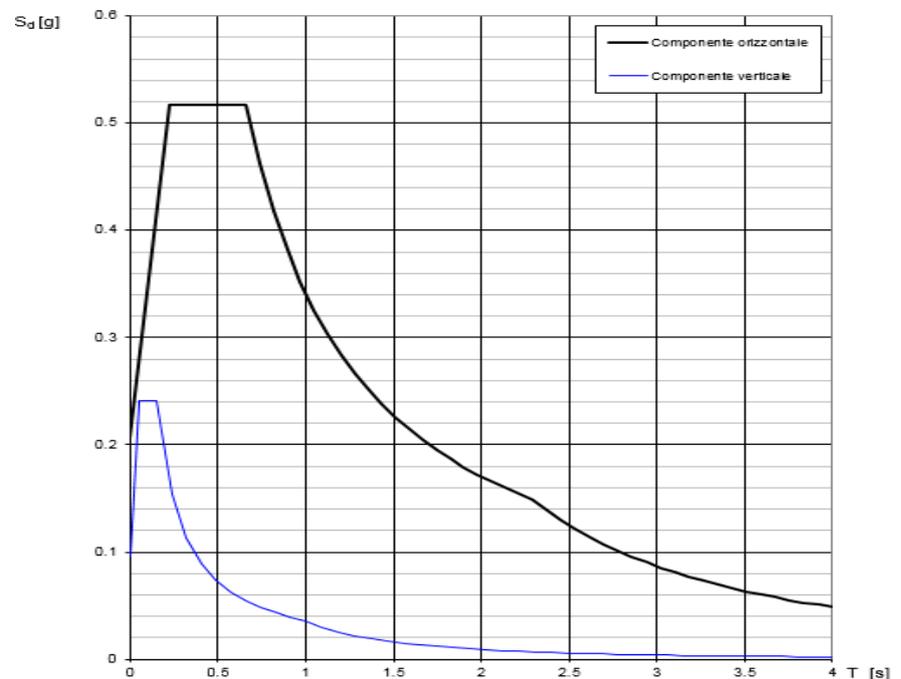
**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,172 g
$F_g^*$	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

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV**



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Figura 3 – parametri di pericolosità sismica e spettri di risposta in termini di accelerazioni



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	14 di 72

## 7 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.

### 7.1 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 rigidità del singolo elemento,  $K_e$ , si assembla la matrice di rigidità 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.

## 7.2 Azioni

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

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

Per quanto riguarda tuttavia le condizioni 5 e 7, proposte di default dal software di calcolo utilizzato, nel caso in esame non assumono significato.

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

### 7.2.1 *Peso proprio (cond. di carico 1)*

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

### 7.2.2 *Permanenti (cond. di carico 2)*

Il ricoprimento dato dal Ballast all'interno del muro ad U è stato considerato come peso permanente non strutturale G2 sulla base del peso specifico del ballast ( $18 \text{ kN/m}^2$ ) valutato con uno spessore di circa 1.6m:  $G2 = 18 \text{ kN/m}^2 \times 1.6\text{m} \approx 30 \text{ kN/m}^2$ .

### 7.2.3 *Spinta del terreno (cond. di carico 3/4)*

Per la valutazione delle Spinte del terreno sui piedritti, in considerazione della ridotta capacità de formativa 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) :



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	16 di 72

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

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.

#### 7.2.4 Spinta in presenza di falda (cond. di carico 5)

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

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

dove  $\gamma_{sat}$  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.

Nel caso in esame il regime di spinta non è influenzato dalla falda.

#### 7.2.5 Azioni Sismiche (cond. di carico 6/7)

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

##### Forze d'inerzia

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v \cdot W$

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

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

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

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	1.20	0.206	1.00	0.206

dove:

- $a_{max}$  è l’accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- $\beta$  è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008).

Nel caso in esame si assume  $\beta=1$  in accordo alla teoria di Wood.

### 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 Wood**, secondo la quale la risultante dell’incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza  $H$  viene determinata con la seguente espressione:  $\Delta S_E = K_h \cdot \gamma \cdot H^2$

L’effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Wood, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull’intera altezza dell’opera. Utilizzando la formulazione seguente:

$$\Delta P_d = \frac{a_g}{g} \cdot S \gamma \cdot H^2 = E$$

Dove  $\gamma$  rappresenta il peso del volume di terreno che interagisce con l’opera,  $H$  rappresenta l’altezza totale dell’opera (comprensiva del tratto infisso),  $S$  è il coeff. di amplificazione locale mentre  $a_g$  è la PGA.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	18 di 72

### 7.3 Approcci progettuali e metodi di verifica

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

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

### 7.4 Combinazioni di carico

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

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile  $Q_1$  è pari a 0
- coefficienti di partecipazione  $\Psi$  per carichi di tipo variabile  $\dot{}$

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

Come evidenziato nei tabulati, i carichi all’interno del muro ad U sono da considerati “favorevoli”.

### 7.5 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 profondità**

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

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

**Fattori di forma**

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

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

**Fattori inclinazione del carico**

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

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

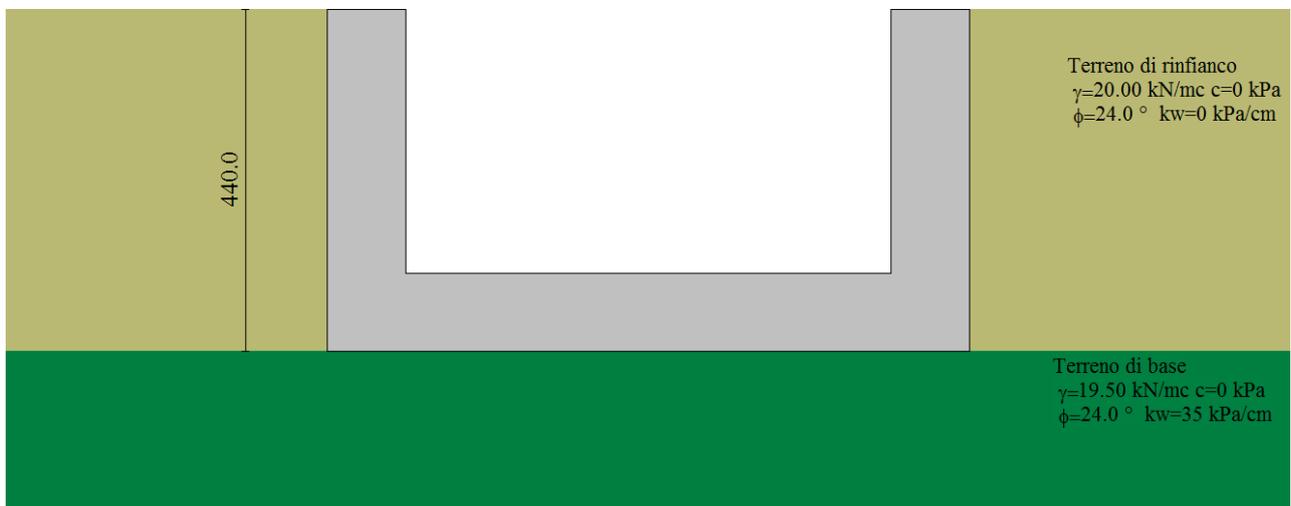
L'espressione di Meyerhof presuppone pertanto l'orizzontalità del piano di posa, condizione verificata per il caso in esame.

## 8 RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE

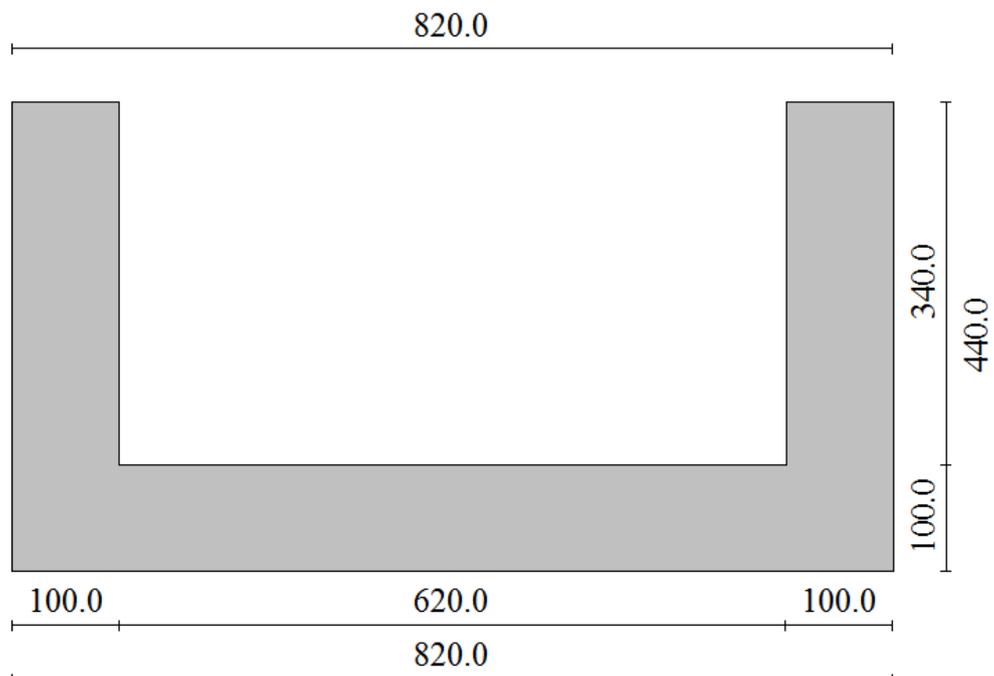
Di seguito di riporta una descrizione della modellazione effettuata mediante ausilio del software di calcolo SCAT v.11 prodotto dalla AZTEC Informativa, con una descrizione del modello strutturale implementato, sollecitazioni di calcolo ottenute e risultati delle verifiche effettuate.

### 8.1 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 mm)*

## 8.2 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 $L$ é il lato maggiore della fondazione.	

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

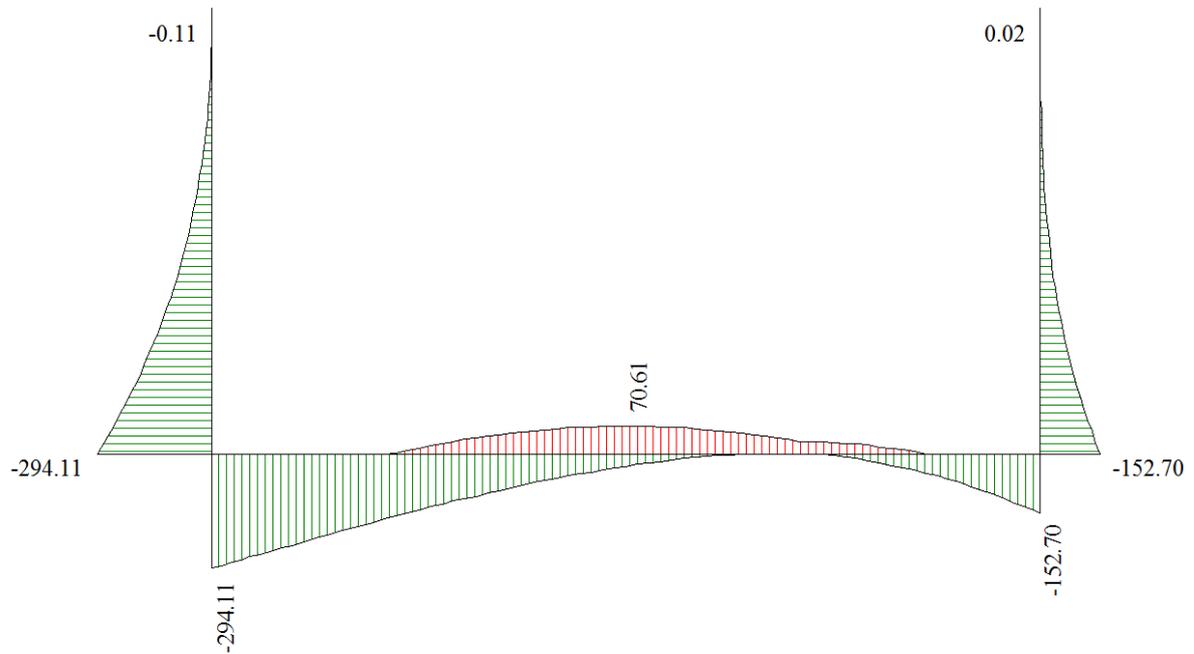
In particolare il modulo di deformazione elastico potrà essere determinato dal modulo di deformazione elastico iniziale ( $E_0$ ) come  $E = E_0 / (3 \div 5)$ .

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

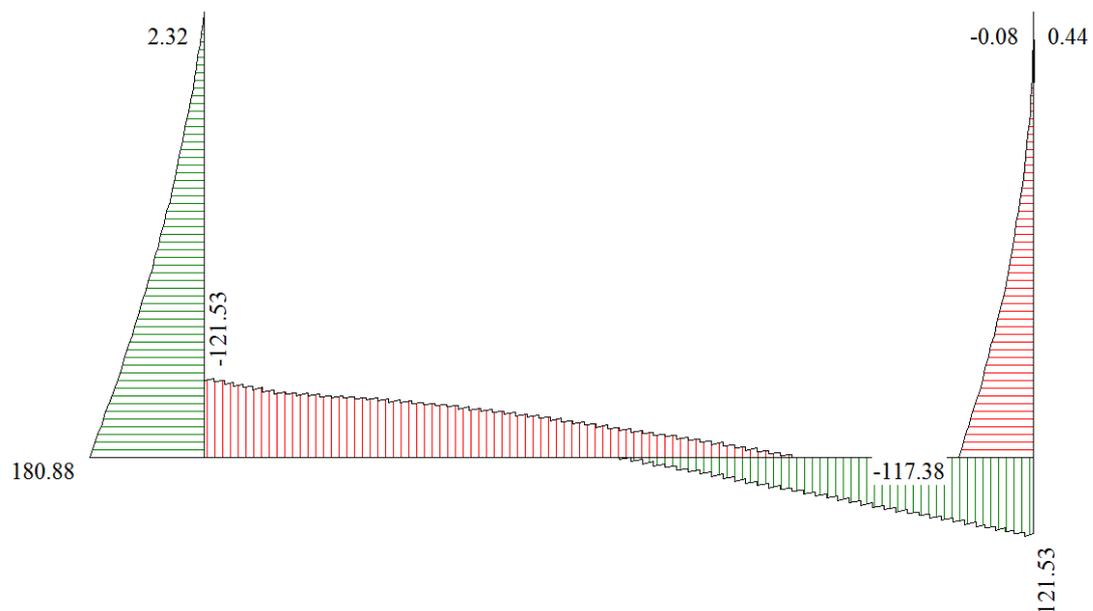
$E'(\text{KN/m}^2) =$	30000
$\nu =$	0.25
$B (\text{m}) =$	8.2
$L (\text{m}) =$	13.2
$c_t =$	1.11

$K_w [\text{kN/m}^3] =$	3531
-------------------------	------

### 8.3 Sollecitazioni di calcolo



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



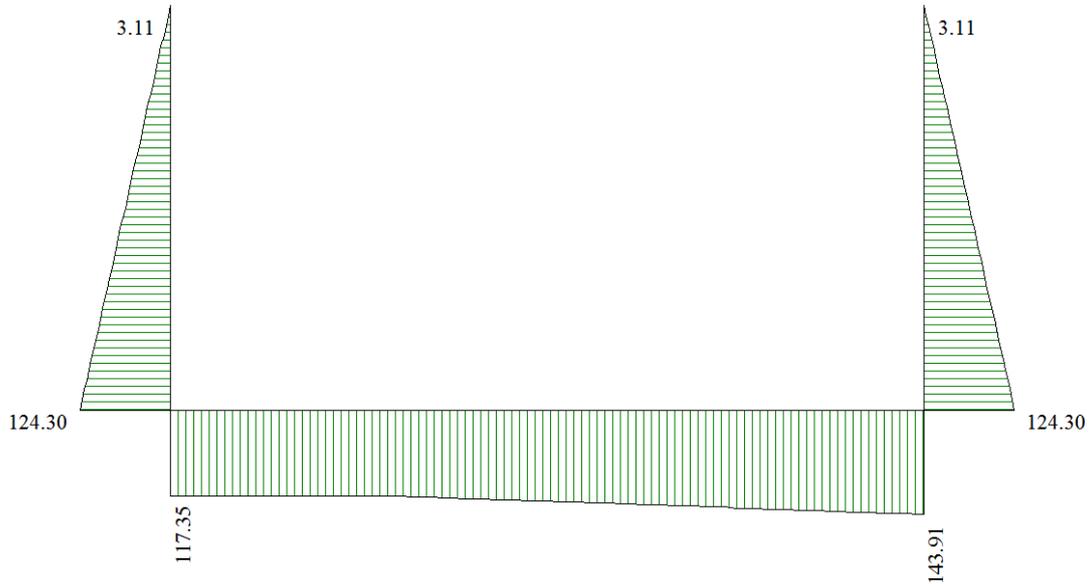
*Inviluppo diagrammi del taglio – SLU statico e sismico*



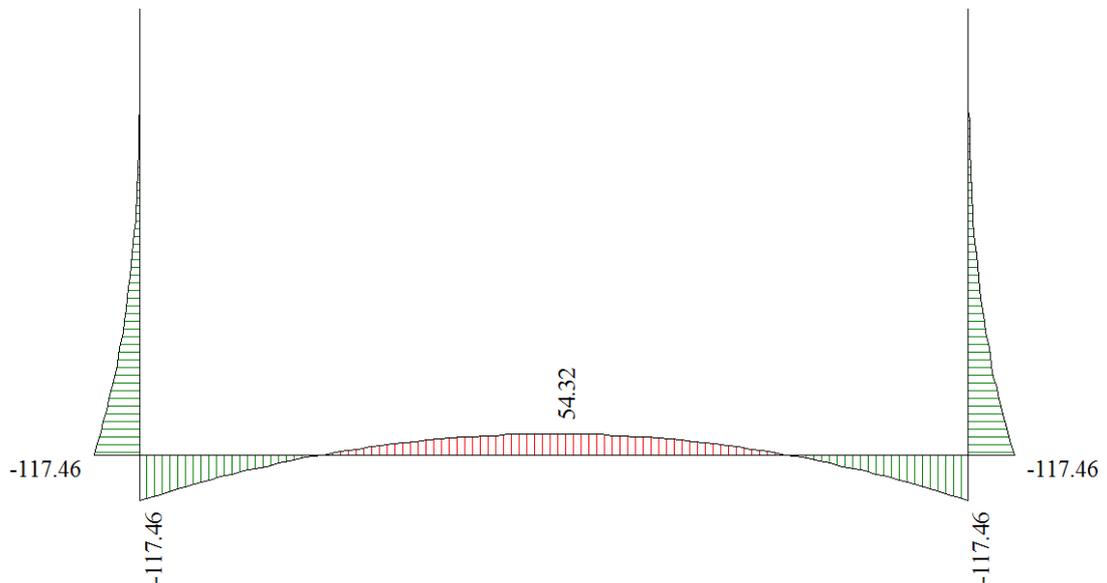
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	23 di 72



Inviluppo diagrammi dello sforzo normale – SLU statico e sismico



Inviluppo diagrammi del momento flettente – SLE

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA</b> PROGETTO DEFINITIVO TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA					
	FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” – Relazione di calcolo	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FV 01 02 003	REV. A

#### 8.4 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	Φ18/10 cm	Φ14/10 cm	Spilli 6 φ 8mq
FONDAZIONE	Φ18/10 cm	Φ18/10 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 si rimanda all'elaborato dal titolo: Tabella Incidenza Armature opere civili.

#### 8.5 Verifiche di resistenza e fessurazione

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

Per i risultati delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato. I criteri generali di verifica adottati dal Software, sono quelli esposti al paragrafo 7.1.

Per quanto riguarda il taglio il programma prevede sia la verifica per elementi non armati a taglio e sia quella per elementi dotati di apposita armatura a taglio, disponendo tuttavia ferri sagomati resistenti a taglio e non staffe o tiranti. Nel caso in esame gli elementi costituenti l'opera sono stati verificati come elementi in c.a. non armato a taglio ( $V_{Ed} < V_{Rct}$ ). Tuttavia si considera un minimo di armatura a taglio costituito da Spilli 6 φ 8mq.

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori massimi pari rispettivamente a 14,9 MPa (per calcestruzzo di classe C25/30 combinazioni rare) e di 360 MPa (per acciaio B 450 C), nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di  $w_1=0,2\text{mm}$  (Classe di esposizione XC2 ed armature poco sensibili).

Come si evince dai tabulati le verifiche risultano soddisfatte.

#### 8.6 Verifiche geotecniche a carico limite

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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO          NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA</b> PROGETTO DEFINITIVO TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA					
FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” – Relazione di calcolo	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FV 01 02 003	REV. A	FOGLIO 25 di 72

## 9 TABULATI DI CALCOLO

### Affidabilità dei codici di calcolo

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

### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

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

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	26 di 72

## Geometria scatolare

Descrizione:	Scatolare tipo vasca	
Altezza esterna	4.40	[m]
Larghezza esterna	8.20	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0.00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0.00	[m]
Spessore piedritto sinistro	1.00	[m]
Spessore piedritto destro	1.00	[m]
Spessore fondazione	1.00	[m]

## Caratteristiche strati terreno

### Strato di rifianco

Descrizione	Terreno di rifianco	
Peso di volume	20.0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20.0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	24.00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	14.40	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	0	[kPa/cm]

### Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	19.5000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19.5000	[kN/mc]
Angolo di attrito	24.00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	24.00	[°]
Coesione	0	[kPa]
Costante di Winkler	35	[kPa/cm]
Tensione limite	100	[kPa]

## Caratteristiche materiali utilizzati

### *Materiale calcestruzzo*

R <sub>ck</sub> calcestruzzo	24517	[kPa]
Peso specifico calcestruzzo	24.5170	[kN/mc]
Modulo elastico E	27910659	[kPa]
Tensione di snervamento acciaio	431499	[kPa]
Coeff. omogeneizzazione cls tesoro/compresso (n')	0.50	
Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls (n)	15.00	
Coefficiente dilatazione termica	0.0000120	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	27 di 72

## 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  
 $F_y$  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  
 $D_{e_i}$  variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi  
 $D_{i_i}$  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)

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	28 di 72

## 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

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

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

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

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 fcd e $\sigma_{cp}$

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

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

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

### Stato Limite di Esercizio

Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente poco aggressivo

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

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

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

Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

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

Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2008 - Approccio 1

Copriferro sezioni 6.00 [cm]

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	29 di 72

## 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:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1fav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1sfav}$	1.30	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2fav}$	0.80	0.80
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	$\gamma_{Qifav}$	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.35	1.15
Termici	Favorevole	$\gamma_{efav}$	0.00	0.00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{esfav}$	1.20	1.20

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
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

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	30 di 72

### 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	$\gamma_{efav}$	0.00	0.00
Termici	Sfavorevole	$\gamma_{esfav}$	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00

Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

	<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
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	31 di 72

Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
-----------------------	-------------	------	------	------

Combinazione n° 2 SLU (Caso A2-M2)

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

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

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

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

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

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

	Effetto	$\gamma$	$\Psi$	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	32 di 72

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

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLE (Quasi Permanente)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLE (Frequente)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 SLE (Rara)

	<b>Effetto</b>	$\gamma$	$\Psi$	<b>C</b>
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	33 di 72

## 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

$\sigma_r$  pressione sul terreno espressa in kPa

### Tipo di analisi

Pressione in calotta

Pressione geostatica

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

Metodo di calcolo della portanza

Meyerhof

### Spinta sui piedritti

a Riposo [combinazione 1]

a Riposo [combinazione 2]

a Riposo [combinazione 3]

a Riposo [combinazione 4]

a Riposo [combinazione 5]

a Riposo [combinazione 6]

a Riposo [combinazione 7]

a Riposo [combinazione 8]

a Riposo [combinazione 9]

### 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 III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	34 di 72

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 ( $\beta_m$ )

1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S_s) = 20.64$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 10.32$

**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 ( $\beta_m$ )

1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S_s) = 0.00$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico

Rettangolare

Spinta sismica

Wood

Angolo diffusione sovraccarico

30.00 [°]

Coefficienti di spinta

N° combinazione	Statico	Sismico
1	0.593	0.000
2	0.664	0.000
3	0.593	0.834
4	0.593	0.834
5	0.593	0.834
6	0.593	0.834
7	0.593	0.000
8	0.593	0.000
9	0.593	0.000

Discretizzazione strutturale

Numero elementi fondazione	74
Numero elementi piedritto sinistro	40
Numero elementi piedritto destro	40
Numero molle piedritto sinistro	41
Numero molle piedritto destro	41

### Analisi della combinazione n° 1

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0.0000 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-12.21	20.41	0.0000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 0.0000 [kPa]	Pressione inf. 67.8693 [kPa]
Piedritto destro	Pressione sup. 0.0000 [kPa]	Pressione inf. 67.8693 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 2

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0.0000 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-12.21	20.41	0.0000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 0.0000 [kPa]	Pressione inf. 58.4730 [kPa]
Piedritto destro	Pressione sup. 0.0000 [kPa]	Pressione inf. 58.4730 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 3

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0.0000 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-12.21	20.41	0.0000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 0.0000 [kPa]	Pressione inf. 52.2072 [kPa]
Piedritto destro	Pressione sup. 0.0000 [kPa]	Pressione inf. 52.2072 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 18.1689 [kPa]	Pressione inf. 18.1689 [kPa]
--------------------	------------------------------	------------------------------

### Analisi della combinazione n° 4



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	36 di 72

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0.0000 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-12.21	20.41	0.0000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 18.1689 [kPa] Pressione inf. 18.1689 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 5

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0.0000 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-12.21	20.41	0.0000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 18.1689 [kPa] Pressione inf. 18.1689 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 6

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0.0000 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-12.21	20.41	0.0000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	37 di 72

Piedritto destro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 18.1689 [kPa] Pressione inf. 18.1689 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 7

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0.0000 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-12.21	20.41	0.0000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 8

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0.0000 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-12.21	20.41	0.0000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]

### Analisi della combinazione n° 9

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0.0000 [kPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[kPa]
-12.21	20.41	0.0000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]

Piedritto destro Pressione sup. 0.0000 [kPa] Pressione inf. 52.2072 [kPa]



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	38 di 72

## Spostamenti

### Spostamenti fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	0.002	1.902
2.30	0.001	1.897
4.10	0.000	1.893
5.90	-0.001	1.897
7.70	-0.002	1.902

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	0.002	1.902
2.45	0.010	1.903
4.40	0.024	1.903

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	-0.002	1.902
2.45	-0.010	1.903
4.40	-0.024	1.903

### Spostamenti fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	0.001	1.460
2.30	0.001	1.460
4.10	0.000	1.457
5.90	-0.001	1.460
7.70	-0.001	1.460

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	0.001	1.460
2.45	0.013	1.461
4.40	0.029	1.461

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	40 di 72

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	-0.001	1.460
2.45	-0.013	1.461
4.40	-0.029	1.461

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

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.822	0.581
2.30	3.821	0.957
4.10	3.820	1.313
5.90	3.820	1.664
7.70	3.819	2.013

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.822	0.581
2.45	4.264	0.581
4.40	4.718	0.581

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.819	2.013
2.45	4.191	2.014
4.40	4.561	2.014

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

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.822	0.887
2.30	3.821	1.258
4.10	3.820	1.611
5.90	3.820	1.964
7.70	3.819	2.320

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

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

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	41 di 72

0.50	3.822	0.887
2.45	4.257	0.888
4.40	4.704	0.888

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.819	2.320
2.45	4.198	2.320
4.40	4.575	2.321

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

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.822	0.887
2.30	3.821	1.258
4.10	3.820	1.611
5.90	3.820	1.964
7.70	3.819	2.320

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.822	0.887
2.45	4.257	0.888
4.40	4.704	0.888

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.819	2.320
2.45	4.198	2.320
4.40	4.575	2.321

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

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.822	0.581
2.30	3.821	0.957
4.10	3.820	1.313
5.90	3.820	1.664
7.70	3.819	2.013

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	42 di 72

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.822	0.581
2.45	4.264	0.581
4.40	4.718	0.581

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	3.819	2.013
2.45	4.191	2.014
4.40	4.561	2.014

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

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	0.001	1.463
2.30	0.001	1.459
4.10	0.000	1.456
5.90	-0.001	1.459
7.70	-0.001	1.463

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	0.001	1.463
2.45	0.008	1.464
4.40	0.018	1.464

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	-0.001	1.463
2.45	-0.008	1.464
4.40	-0.018	1.464

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

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	0.001	1.463
2.30	0.001	1.459



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	43 di 72

4.10	0.000	1.456
5.90	-0.001	1.459
7.70	-0.001	1.463

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	0.001	1.463
2.45	0.008	1.464
4.40	0.018	1.464

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

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	-0.001	1.463
2.45	-0.008	1.464
4.40	-0.018	1.464

**Spostamenti fondazione (Combinazione n° 9)**

X [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	0.001	1.463
2.30	0.001	1.459
4.10	0.000	1.456
5.90	-0.001	1.459
7.70	-0.001	1.463

**Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 9)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	0.001	1.463
2.45	0.008	1.464
4.40	0.018	1.464

**Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 9)**

Y [m]	u <sub>x</sub> [cm]	u <sub>y</sub> [cm]
0.50	-0.001	1.463
2.45	-0.008	1.464
4.40	-0.018	1.464

## Sollecitazioni

### Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-152.6994	-121.5276	117.3521
2.30	14.8873	-58.6438	117.3521
4.10	70.6126	3.3122	117.3521
5.90	14.8873	65.2831	117.3521
7.70	-152.6994	121.5276	117.3521

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-152.6994	117.3812	124.3013
2.45	-19.1264	29.3641	62.1506
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-152.6994	-117.3812	124.3013
2.45	-19.1264	-29.3641	62.1506
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

### Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-131.5585	-93.4865	101.1050
2.30	-2.5627	-45.1714	101.1050
4.10	40.3674	2.5501	101.1050
5.90	-2.5627	50.2797	101.1050
7.70	-131.5585	93.4865	101.1050

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-131.5585	101.1300	95.6164
2.45	-16.4784	25.2987	47.8082
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	45 di 72

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-131.5585	-101.1300	95.6164
2.45	-16.4784	-25.2987	47.8082
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-294.1119	-84.9035	107.4778
2.30	-144.3165	-75.0425	116.5846
4.10	-31.6446	-42.4182	125.6914
5.90	3.3993	12.3929	134.7983
7.70	-78.9847	82.8144	143.9051

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-294.1119	180.8834	85.7506
2.45	-58.8753	67.8829	42.8753
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-78.9847	-70.5617	85.7506
2.45	-5.0935	-12.7220	42.8753
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-294.1119	-104.1882	107.4778
2.30	-117.8567	-84.2471	116.5846
4.10	3.5502	-41.8964	125.6914
5.90	29.8592	22.6494	134.7983
7.70	-78.9847	102.0991	143.9051

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

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

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	46 di 72

0.50	-294.1119	180.8834	105.4821
2.45	-58.8753	67.8829	52.7410
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-78.9847	-70.5617	105.4821
2.45	-5.0935	-12.7220	52.7410
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-294.1119	-104.1882	107.4778
2.30	-117.8567	-84.2471	116.5846
4.10	3.5502	-41.8964	125.6914
5.90	29.8592	22.6494	134.7983
7.70	-78.9847	102.0991	143.9051

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-294.1119	180.8834	105.4821
2.45	-58.8753	67.8829	52.7410
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-78.9847	-70.5617	105.4821
2.45	-5.0935	-12.7220	52.7410
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-294.1119	-84.9035	107.4778
2.30	-144.3165	-75.0425	116.5846
4.10	-31.6446	-42.4182	125.6914
5.90	3.3993	12.3929	134.7983
7.70	-78.9847	82.8144	143.9051

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	47 di 72

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-294.1119	180.8834	85.7506
2.45	-58.8753	67.8829	42.8753
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-78.9847	-70.5617	85.7506
2.45	-5.0935	-12.7220	42.8753
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-117.4611	-93.4827	90.2708
2.30	11.4518	-45.1106	90.2708
4.10	54.3174	2.5478	90.2708
5.90	11.4518	50.2177	90.2708
7.70	-117.4611	93.4827	90.2708

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-117.4611	90.2932	95.6164
2.45	-14.7126	22.5878	47.8082
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-117.4611	-90.2932	95.6164
2.45	-14.7126	-22.5878	47.8082
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-117.4611	-93.4827	90.2708
2.30	11.4518	-45.1106	90.2708



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	48 di 72

4.10	54.3174	2.5478	90.2708
5.90	11.4518	50.2177	90.2708
7.70	-117.4611	93.4827	90.2708

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-117.4611	90.2932	95.6164
2.45	-14.7126	22.5878	47.8082
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

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

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-117.4611	-90.2932	95.6164
2.45	-14.7126	-22.5878	47.8082
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

**Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 9)**

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-117.4611	-93.4827	90.2708
2.30	11.4518	-45.1106	90.2708
4.10	54.3174	2.5478	90.2708
5.90	11.4518	50.2177	90.2708
7.70	-117.4611	93.4827	90.2708

**Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 9)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-117.4611	90.2932	95.6164
2.45	-14.7126	22.5878	47.8082
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

**Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 9)**

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0.50	-117.4611	-90.2932	95.6164
2.45	-14.7126	-22.5878	47.8082
4.40	0.0000	0.0000	0.0000

## Pressioni terreno

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.50	67
2.30	66
4.10	66
5.90	66
7.70	67

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.50	51
2.30	51
4.10	51
5.90	51
7.70	51

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.50	20
2.30	34
4.10	46
5.90	58
7.70	70

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.50	31
2.30	44
4.10	56
5.90	69
7.70	81

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.50	31
2.30	44
4.10	56

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	50 di 72

5.90	69
7.70	81

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.50	20
2.30	34
4.10	46
5.90	58
7.70	70

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.50	51
2.30	51
4.10	51
5.90	51
7.70	51

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

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.50	51
2.30	51
4.10	51
5.90	51
7.70	51

**Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 9)**

X [m]	$\sigma_t$ [kPa]
0.50	51
2.30	51
4.10	51
5.90	51
7.70	51

## 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 (Caso A1-M1)]

Base sezione  $B = 100$  cm

Altezza sezione  $H = 100.00$  cm

#### Verifiche presso-flessione

$N^\circ$	$X$	$M$	$N$	$N_u$	$M_u$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$CS$
1	0.50	152.70 (152.70)	117.35	966.40	1257.49	25.45	25.45	8.24
2	2.30	-14.89 (-64.50)	117.35	3813.57	-2096.04	25.45	25.45	32.50
3	4.10	-70.61 (-70.61)	117.35	3333.14	-2005.60	25.45	25.45	28.40
4	5.90	-14.89 (-70.12)	117.35	3368.77	-2012.81	25.45	25.45	28.71
5	7.70	152.70 (152.70)	117.35	966.40	1257.49	25.45	25.45	8.24

#### Verifiche taglio

$N^\circ$	$X$	$A_{sw}$	$V$	$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$	$FS$
1	0.50	0.00	-121.53	309.76	0.00	0.00	2.549
2	2.30	0.00	-58.64	309.76	0.00	0.00	5.282
3	4.10	0.00	3.31	309.76	0.00	0.00	93.521
4	5.90	0.00	65.28	309.76	0.00	0.00	4.745
5	7.70	0.00	121.53	309.76	0.00	0.00	2.549

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	52 di 72

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 1 - SLU (Caso A1-M1)]**

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	0.50	-152.70 (-152.70)	124.30	1033.31	-1269.38	15.39	25.45	8.31
2	2.45	-19.13 (-43.97)	62.15	2434.65	-1722.39	15.39	25.45	39.17
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	117.38	310.74	0.00	0.00	2.647
2	2.45	0.00	29.36	301.98	0.00	0.00	10.284
3	4.40	0.00	0.00	293.21	0.00	0.00	100.000

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 1 - SLU (Caso A1-M1)]**

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	0.50	-152.70 (-152.70)	124.30	1033.31	-1269.38	15.39	25.45	8.31
2	2.45	-19.13 (-43.97)	62.15	2434.65	-1722.39	15.39	25.45	39.17
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-117.38	310.74	0.00	0.00	2.647
2	2.45	0.00	-29.36	301.98	0.00	0.00	10.284
3	4.40	0.00	0.00	264.91	0.00	0.00	100.000

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 2 - SLU (Caso A2-M2)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100.00 cm

Verifiche presso-flessione

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	53 di 72

N°	X	M	N	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.50	131.56 (131.56)	101.10	966.40	1257.49	25.45	25.45	9.56
2	2.30	2.56 (40.78)	101.10	5520.82	2226.66	25.45	25.45	54.60
3	4.10	-40.37 (-40.37)	101.10	5573.47	-2225.28	25.45	25.45	55.13
4	5.90	2.56 (45.10)	101.10	4976.38	2219.78	25.45	25.45	49.22
5	7.70	131.56 (131.56)	101.10	966.40	1257.49	25.45	25.45	9.56

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-93.49	307.47	0.00	0.00	3.289
2	2.30	0.00	-45.17	307.47	0.00	0.00	6.807
3	4.10	0.00	2.55	307.47	0.00	0.00	120.571
4	5.90	0.00	50.28	307.47	0.00	0.00	6.115
5	7.70	0.00	93.49	307.47	0.00	0.00	3.289

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 2 - SLU (Caso A2-M2)]

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	0.50	-131.56 (-131.56)	95.62	876.78	-1206.36	15.39	25.45	9.17
2	2.45	-16.48 (-37.88)	47.81	2045.45	-1620.73	15.39	25.45	42.78
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	101.13	306.69	0.00	0.00	3.033
2	2.45	0.00	25.30	299.95	0.00	0.00	11.856
3	4.40	0.00	0.00	293.21	0.00	0.00	100.000

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 2 - SLU (Caso A2-M2)]

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
----	---	---	---	----------------	----------------	-----------------	-----------------	----

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	54 di 72

1	0.50	-131.56 (-131.56)	95.62	876.78	-1206.36	15.39	25.45	9.17
2	2.45	-16.48 (-37.88)	47.81	2045.45	-1620.73	15.39	25.45	42.78
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-101.13	306.69	0.00	0.00	3.033
2	2.45	0.00	-25.30	299.95	0.00	0.00	11.856
3	4.40	0.00	0.00	264.91	0.00	0.00	100.000

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 3 - SLU (Caso A1-M1) - 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	0.50	294.11 (294.11)	107.48	368.22	1007.64	25.45	25.45	3.43
2	2.30	144.32 (207.80)	116.58	625.64	1115.16	25.45	25.45	5.37
3	4.10	31.64 (67.53)	125.69	3931.04	2112.03	25.45	25.45	31.28
4	5.90	-3.40 (-4.64)	134.80	10894.31	-375.01	25.45	25.45	80.82
5	7.70	78.98 (149.05)	143.91	1381.53	1430.88	25.45	25.45	9.60

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-84.90	308.37	0.00	0.00	3.632
2	2.30	0.00	-75.04	309.65	0.00	0.00	4.126
3	4.10	0.00	-42.42	310.93	0.00	0.00	7.330
4	5.90	0.00	12.39	312.22	0.00	0.00	25.193
5	7.70	0.00	82.81	313.50	0.00	0.00	3.786

Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 3 - SLU (Caso A1-M1) - 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	0.50	-294.11 (-294.11)	85.75	281.89	-966.86	15.39	25.45	3.29

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	55 di 72

2	2.45	-58.88 (-116.30)	42.88	369.42	-1002.10	15.39	25.45	8.62
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	180.88	305.30	0.00	0.00	1.688
2	2.45	0.00	67.88	299.26	0.00	0.00	4.408
3	4.40	0.00	0.00	264.91	0.00	0.00	100.000

Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 3 - SLU (Caso A1-M1) - 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	0.50	-78.98 (-78.98)	85.75	1614.02	-1486.67	15.39	25.45	18.82
2	2.45	-5.09 (-15.86)	42.88	5512.12	-2038.51	15.39	25.45	128.56
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-70.56	305.30	0.00	0.00	4.327
2	2.45	0.00	-12.72	299.26	0.00	0.00	23.523
3	4.40	0.00	0.00	293.21	0.00	0.00	100.000

Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 4 - SLU (Caso A1-M1) - 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>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.50	294.11 (294.11)	107.48	368.22	1007.64	25.45	25.45	3.43
2	2.30	117.86 (189.13)	116.58	708.83	1149.91	25.45	25.45	6.08
3	4.10	-3.55 (-34.39)	125.69	7257.12	-1985.61	25.45	25.45	57.74
4	5.90	-29.86 (-34.39)	134.80	7552.67	-1926.86	25.45	25.45	56.03
5	7.70	78.98 (165.36)	143.91	1167.39	1341.44	25.45	25.45	8.11

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	56 di 72

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-104.19	308.37	0.00	0.00	2.960
2	2.30	0.00	-84.25	309.65	0.00	0.00	3.676
3	4.10	0.00	-41.90	310.93	0.00	0.00	7.422
4	5.90	0.00	22.65	312.22	0.00	0.00	13.785
5	7.70	0.00	102.10	313.50	0.00	0.00	3.071

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 4 - SLU (Caso A1-M1) - 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>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.50	-294.11 (-294.11)	105.48	357.71	-997.38	15.39	25.45	3.39
2	2.45	-58.88 (-116.30)	52.74	473.41	-1043.96	15.39	25.45	8.98
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	180.88	308.08	0.00	0.00	1.703
2	2.45	0.00	67.88	300.65	0.00	0.00	4.429
3	4.40	0.00	0.00	264.91	0.00	0.00	100.000

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 4 - SLU (Caso A1-M1) - 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>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.50	-78.98 (-78.98)	105.48	2235.75	-1674.12	15.39	25.45	21.20
2	2.45	-5.09 (-15.86)	52.74	6369.36	-1914.92	15.39	25.45	120.77
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-70.56	308.08	0.00	0.00	4.366

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	57 di 72

2	2.45	0.00	-12.72	300.65	0.00	0.00	23.632
3	4.40	0.00	0.00	264.91	0.00	0.00	100.000

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 5 - SLU (Caso A2-M2) - 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>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.50	294.11 (294.11)	107.48	368.22	1007.64	25.45	25.45	3.43
2	2.30	117.86 (189.13)	116.58	708.83	1149.91	25.45	25.45	6.08
3	4.10	-3.55 (-34.39)	125.69	7257.12	-1985.61	25.45	25.45	57.74
4	5.90	-29.86 (-34.39)	134.80	7552.67	-1926.86	25.45	25.45	56.03
5	7.70	78.98 (165.36)	143.91	1167.39	1341.44	25.45	25.45	8.11

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-104.19	308.37	0.00	0.00	2.960
2	2.30	0.00	-84.25	309.65	0.00	0.00	3.676
3	4.10	0.00	-41.90	310.93	0.00	0.00	7.422
4	5.90	0.00	22.65	312.22	0.00	0.00	13.785
5	7.70	0.00	102.10	313.50	0.00	0.00	3.071

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 5 - SLU (Caso A2-M2) - 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>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.50	-294.11 (-294.11)	105.48	357.71	-997.38	15.39	25.45	3.39
2	2.45	-58.88 (-116.30)	52.74	473.41	-1043.96	15.39	25.45	8.98
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	180.88	308.08	0.00	0.00	1.703
2	2.45	0.00	67.88	300.65	0.00	0.00	4.429



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA**

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	58 di 72

3	4.40	0.00	0.00	264.91	0.00	0.00	100.000
---	------	------	------	--------	------	------	---------

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 5 - SLU (Caso A2-M2) - 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>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
1	0.50	-78.98 (-78.98)	105.48	2235.75	-1674.12	15.39	25.45	21.20
2	2.45	-5.09 (-15.86)	52.74	6369.36	-1914.92	15.39	25.45	120.77
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-70.56	308.08	0.00	0.00	4.366
2	2.45	0.00	-12.72	300.65	0.00	0.00	23.632
3	4.40	0.00	0.00	264.91	0.00	0.00	100.000

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 6 - SLU (Caso A2-M2) - 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	0.50	294.11 (294.11)	107.48	368.22	1007.64	25.45	25.45	3.43
2	2.30	144.32 (207.80)	116.58	625.64	1115.16	25.45	25.45	5.37
3	4.10	31.64 (67.53)	125.69	3931.04	2112.03	25.45	25.45	31.28
4	5.90	-3.40 (-4.64)	134.80	10894.31	-375.01	25.45	25.45	80.82
5	7.70	78.98 (149.05)	143.91	1381.53	1430.88	25.45	25.45	9.60

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-84.90	308.37	0.00	0.00	3.632
2	2.30	0.00	-75.04	309.65	0.00	0.00	4.126
3	4.10	0.00	-42.42	310.93	0.00	0.00	7.330
4	5.90	0.00	12.39	312.22	0.00	0.00	25.193
5	7.70	0.00	82.81	313.50	0.00	0.00	3.786

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	59 di 72

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 6 - SLU (Caso A2-M2) - 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	0.50	-294.11 (-294.11)	85.75	281.89	-966.86	15.39	25.45	3.29
2	2.45	-58.88 (-116.30)	42.88	369.42	-1002.10	15.39	25.45	8.62
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	180.88	305.30	0.00	0.00	1.688
2	2.45	0.00	67.88	299.26	0.00	0.00	4.408
3	4.40	0.00	0.00	264.91	0.00	0.00	100.000

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 6 - SLU (Caso A2-M2) - 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	0.50	-78.98 (-78.98)	85.75	1614.02	-1486.67	15.39	25.45	18.82
2	2.45	-5.09 (-15.86)	42.88	5512.12	-2038.51	15.39	25.45	128.56
3	4.40	0.00 (0.00)	0.00	0.00	0.00	15.39	25.45	1000.00

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	FS
1	0.50	0.00	-70.56	305.30	0.00	0.00	4.327
2	2.45	0.00	-12.72	299.26	0.00	0.00	23.523
3	4.40	0.00	0.00	293.21	0.00	0.00	100.000

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	60 di 72

## 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 cm <sup>2</sup>
$A_{fs}$	Area armatura superiore, espressa in cm <sup>2</sup>
$\sigma_{fi}$	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 cm <sup>2</sup>

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

Base sezione       $B = 100$  cm

Altezza sezione       $H = 100.00$  cm

#### Verifiche presso-flessione

$N^\circ$	$X$	$M$	$N$	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.50	117.46	90.27	25.45	25.45	12684	37082	1072
2	2.30	-11.45	90.27	25.45	25.45	488	2028	142
3	4.10	-54.32	90.27	25.45	25.45	9820	6284	492
4	5.90	-11.45	90.27	25.45	25.45	488	2028	142
5	7.70	117.46	90.27	25.45	25.45	12684	37082	1072

#### Verifiche taglio

$N^\circ$	$X$	$A_{sw}$	$V$	$\tau_c$
1	0.50	0.00	-93.48	-117
2	2.30	0.00	-45.11	-56
3	4.10	0.00	2.55	3
4	5.90	0.00	50.22	63
5	7.70	0.00	93.48	117

### Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	61 di 72

Base sezione  $B = 100 \text{ cm}$

Altezza sezione  $H = 100.00 \text{ cm}$

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.50	-117.46	95.62	15.39	25.45	36601	13523	1129
2	2.45	-14.71	47.81	15.39	25.45	735	1857	136
3	4.40	0.00	0.00	15.39	25.45	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	$A_{sw}$	V	$\tau_c$
1	0.50	0.00	90.29	113
2	2.45	0.00	22.59	28
3	4.40	0.00	0.00	0

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

Base sezione  $B = 100 \text{ cm}$

Altezza sezione  $H = 100.00 \text{ cm}$

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
1	0.50	-117.46	95.62	15.39	25.45	36601	13523	1129
2	2.45	-14.71	47.81	15.39	25.45	735	1857	136
3	4.40	0.00	0.00	15.39	25.45	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	$A_{sw}$	V	$\tau_c$
1	0.50	0.00	-90.29	-113
2	2.45	0.00	-22.59	-28
3	4.40	0.00	0.00	0

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

Base sezione  $B = 100 \text{ cm}$

Altezza sezione  $H = 100.00 \text{ cm}$

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_c$
----	---	---	---	----------	----------	---------------	---------------	------------

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	62 di 72

1	0.50	117.46	90.27	25.45	25.45	12684	37082	1072
2	2.30	-11.45	90.27	25.45	25.45	488	2028	142
3	4.10	-54.32	90.27	25.45	25.45	9820	6284	492
4	5.90	-11.45	90.27	25.45	25.45	488	2028	142
5	7.70	117.46	90.27	25.45	25.45	12684	37082	1072

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.50	0.00	-93.48	-117
2	2.30	0.00	-45.11	-56
3	4.10	0.00	2.55	3
4	5.90	0.00	50.22	63
5	7.70	0.00	93.48	117

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

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	0.50	-117.46	95.62	15.39	25.45	36601	13523	1129
2	2.45	-14.71	47.81	15.39	25.45	735	1857	136
3	4.40	0.00	0.00	15.39	25.45	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.50	0.00	90.29	113
2	2.45	0.00	22.59	28
3	4.40	0.00	0.00	0

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

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>
----	---	---	---	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	63 di 72

1	0.50	-117.46	95.62	15.39	25.45	36601	13523	1129
2	2.45	-14.71	47.81	15.39	25.45	735	1857	136
3	4.40	0.00	0.00	15.39	25.45	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.50	0.00	-90.29	-113
2	2.45	0.00	-22.59	-28
3	4.40	0.00	0.00	0

**Verifica sezioni fondazione [Combinazione n° 9 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fl</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fl</sub>	σ <sub>c</sub>
1	0.50	117.46	90.27	25.45	25.45	12684	37082	1072
2	2.30	-11.45	90.27	25.45	25.45	488	2028	142
3	4.10	-54.32	90.27	25.45	25.45	9820	6284	492
4	5.90	-11.45	90.27	25.45	25.45	488	2028	142
5	7.70	117.46	90.27	25.45	25.45	12684	37082	1072

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.50	0.00	-93.48	-117
2	2.30	0.00	-45.11	-56
3	4.10	0.00	2.55	3
4	5.90	0.00	50.22	63
5	7.70	0.00	93.48	117

**Verifica sezioni piedritto sinistro [Combinazione n° 9 - SLE (Rara)]**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100.00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A <sub>fl</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fl</sub>	σ <sub>c</sub>
----	---	---	---	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	64 di 72

1	0.50	-117.46	95.62	15.39	25.45	36601	13523	1129
2	2.45	-14.71	47.81	15.39	25.45	735	1857	136
3	4.40	0.00	0.00	15.39	25.45	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.50	0.00	90.29	113
2	2.45	0.00	22.59	28
3	4.40	0.00	0.00	0

**Verifica sezioni piedritto destro [Combinazione n° 9 - 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	0.50	-117.46	95.62	15.39	25.45	36601	13523	1129
2	2.45	-14.71	47.81	15.39	25.45	735	1857	136
3	4.40	0.00	0.00	15.39	25.45	0	0	0

Verifiche taglio

N°	X	A <sub>sw</sub>	V	τ <sub>c</sub>
1	0.50	0.00	-90.29	-113
2	2.45	0.00	-22.59	-28
3	4.40	0.00	0.00	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
$w_t$	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° 7 - SLE (Quasi Permanente)]

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0.50	25.45	25.45	422.11	-422.11	117.46	0.00	0.30	0.00	0.000
2	2.30	25.45	25.45	422.11	-422.11	-11.45	0.00	0.30	0.00	0.000
3	4.10	25.45	25.45	422.11	-422.11	-54.32	0.00	0.30	0.00	0.000
4	5.90	25.45	25.45	422.11	-422.11	-11.45	0.00	0.30	0.00	0.000
5	7.70	25.45	25.45	422.11	-422.11	117.46	0.00	0.30	0.00	0.000

### Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0.50	15.39	25.45	405.17	-418.42	-117.46	0.00	0.30	0.00	0.000
2	2.45	15.39	25.45	405.17	-418.42	-14.71	0.00	0.30	0.00	0.000
3	4.40	15.39	25.45	405.17	-418.42	0.00	0.00	0.30	0.00	0.000

### Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 7 - SLE (Quasi Permanente)]

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0.50	15.39	25.45	405.17	-418.42	-117.46	0.00	0.30	0.00	0.000
2	2.45	15.39	25.45	405.17	-418.42	-14.71	0.00	0.30	0.00	0.000
3	4.40	15.39	25.45	405.17	-418.42	0.00	0.00	0.30	0.00	0.000

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

$N^{\circ}$	X	$A_{fi}$	$A_{fs}$	$M_p$	$M_n$	M	w	$w_{lim}$	$s_m$	$\epsilon_{sm}$
1	0.50	25.45	25.45	422.11	-422.11	117.46	0.00	0.40	0.00	0.000

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	66 di 72

2	2.30	25.45	25.45	422.11	-422.11	-11.45	0.00	0.40	0.00	0.000
3	4.10	25.45	25.45	422.11	-422.11	-54.32	0.00	0.40	0.00	0.000
4	5.90	25.45	25.45	422.11	-422.11	-11.45	0.00	0.40	0.00	0.000
5	7.70	25.45	25.45	422.11	-422.11	117.46	0.00	0.40	0.00	0.000

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

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	0.50	15.39	25.45	405.17	-418.42	-117.46	0.00	0.40	0.00	0.000
2	2.45	15.39	25.45	405.17	-418.42	-14.71	0.00	0.40	0.00	0.000
3	4.40	15.39	25.45	405.17	-418.42	0.00	0.00	0.40	0.00	0.000

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

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	0.50	15.39	25.45	405.17	-418.42	-117.46	0.00	0.40	0.00	0.000
2	2.45	15.39	25.45	405.17	-418.42	-14.71	0.00	0.40	0.00	0.000
3	4.40	15.39	25.45	405.17	-418.42	0.00	0.00	0.40	0.00	0.000

**Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 9 - 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	0.50	25.45	25.45	422.11	-422.11	117.46	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.30	25.45	25.45	422.11	-422.11	-11.45	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.10	25.45	25.45	422.11	-422.11	-54.32	0.00	0.20	0.00	0.000
4	5.90	25.45	25.45	422.11	-422.11	-11.45	0.00	0.20	0.00	0.000
5	7.70	25.45	25.45	422.11	-422.11	117.46	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto sinistro [Combinazione n° 9 - 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	0.50	15.39	25.45	405.17	-418.42	-117.46	0.00	0.20	0.00	0.000
2	2.45	15.39	25.45	405.17	-418.42	-14.71	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.40	15.39	25.45	405.17	-418.42	0.00	0.00	0.20	0.00	0.000

**Verifica fessurazione piedritto destro [Combinazione n° 9 - 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	0.50	15.39	25.45	405.17	-418.42	-117.46	0.00	0.20	0.00	0.000



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	67 di 72

2	2.45	15.39	25.45	405.17	-418.42	-14.71	0.00	0.20	0.00	0.000
3	4.40	15.39	25.45	405.17	-418.42	0.00	0.00	0.20	0.00	0.000

## Inviluppo spostamenti nodali

### Inviluppo spostamenti fondazione

X [m]	$u_{Xmin}$ [cm]	$u_{Xmax}$ [cm]	$u_{Ymin}$ [cm]	$u_{Ymax}$ [cm]
0.50	0.0012	3.8220	0.5809	1.9020
2.30	0.0006	3.8212	0.9573	1.8969
4.10	0.0000	3.8205	1.3132	1.8927
5.90	-0.0008	3.8196	1.4592	1.9643
7.62	-0.0015	3.8187	1.4605	2.3198

### Inviluppo spostamenti piedritto sinistro

Y [m]	$u_{Xmin}$ [cm]	$u_{Xmax}$ [cm]	$u_{Ymin}$ [cm]	$u_{Ymax}$ [cm]
0.50	0.0012	3.8220	0.5809	1.9020
2.45	0.0079	4.2642	0.5813	1.9026
4.40	0.0183	4.7185	0.5815	1.9028

### Inviluppo spostamenti piedritto destro

Y [m]	$u_{Xmin}$ [cm]	$u_{Xmax}$ [cm]	$u_{Ymin}$ [cm]	$u_{Ymax}$ [cm]
0.50	-0.0015	3.8187	1.4605	2.3198
2.45	-0.0130	4.1979	1.4610	2.3203
4.40	-0.0287	4.5754	1.4611	2.3205

## Inviluppo sollecitazioni nodali

### Inviluppo sollecitazioni fondazione

X [m]	$M_{min}$ [kNm]	$M_{max}$ [kNm]	$V_{min}$ [kN]	$V_{max}$ [kN]	$N_{min}$ [kN]	$N_{max}$ [kN]
0.50	-294.11	-117.46	-121.53	-84.90	90.27	117.35
2.30	-144.32	14.89	-84.25	-45.11	90.27	117.35
4.10	-31.64	70.61	-42.42	3.31	90.27	125.69
5.90	-2.56	29.86	12.39	65.28	90.27	134.80
7.70	-152.70	-78.98	82.81	121.53	90.27	143.91

### Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y [m]	$M_{min}$ [kNm]	$M_{max}$ [kNm]	$V_{min}$ [kN]	$V_{max}$ [kN]	$N_{min}$ [kN]	$N_{max}$ [kN]
0.50	-294.11	-117.46	90.29	180.88	85.75	124.30

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	69 di 72

2.45	-58.88	-14.71	22.59	67.88	42.88	62.15
4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**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]
0.50	-152.70	-78.98	-117.38	-70.56	85.75	124.30
2.45	-19.13	-5.09	-29.36	-12.72	42.88	62.15
4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Inviluppo pressioni terreno**

**Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione**

X [m]	$\sigma_{\min}$ [kPa]	$\sigma_{\max}$ [kPa]
0.50	20	67
2.30	34	66
4.10	46	66
5.90	51	69
7.70	51	81

**Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)**

**Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100.00 cm

X	A <sub>R</sub>	A <sub>S</sub>	CS
0.50	25.45	25.45	3.43
2.30	25.45	25.45	5.37
4.10	25.45	25.45	28.40
5.90	25.45	25.45	28.71
7.70	25.45	25.45	8.11

X	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.50	309.76	0.00	0.00	0.00
2.30	309.76	0.00	0.00	0.00
4.10	309.76	0.00	0.00	0.00



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	70 di 72

5.90	309.76	0.00	0.00	0.00
7.70	309.76	0.00	0.00	0.00

**Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100.00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0.50	15.39	25.45	3.29
2.45	15.39	25.45	8.62
4.40	15.39	25.45	1000.00

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.50	310.74	0.00	0.00	0.00
2.45	301.98	0.00	0.00	0.00
4.40	293.21	0.00	0.00	0.00

**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
0.50	15.39	25.45	8.31
2.45	15.39	25.45	39.17
4.40	15.39	25.45	1000.00

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0.50	310.74	0.00	0.00	0.00
2.45	301.98	0.00	0.00	0.00
4.40	264.91	0.00	0.00	0.00

## Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)

### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100.00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0.50	25.45	25.45	1072	37082	12684
2.30	25.45	25.45	142	2028	488
4.10	25.45	25.45	492	6284	9820
5.90	25.45	25.45	142	2028	488
7.70	25.45	25.45	1072	37082	12684

X	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0.50	-117	0.00
2.30	-56	0.00
4.10	3	0.00
5.90	63	0.00
7.70	117	0.00

### Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100.00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0.50	15.39	25.45	1129	13523	36601
2.45	15.39	25.45	136	1857	735
4.40	15.39	25.45	0	0	0

Y	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0.50	113	0.00
2.45	28	0.00
4.40	0	0.00

### Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

FV01 – Stazione di Catenanuova – Muri ad “U” –  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	FV 01 02 003	A	72 di 72

Altezza sezione H = 100.00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
0.50	15.39	25.45	1129	13523	36601
2.45	15.39	25.45	136	1857	735
4.40	15.39	25.45	0	0	0

Y	τ <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0.50	-113	0.00
2.45	-28	0.00
4.40	0	0.00

## Verifiche geotecniche

### Simbologia adottata

IC	Indice della combinazione
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante
N <sub>c</sub> , N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
qu	Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
Q <sub>u</sub>	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m
Q <sub>v</sub>	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m
FS	Fattore di sicurezza a carico limite

IC	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	N' <sub>c</sub>	N' <sub>q</sub>	N' <sub>γ</sub>	qu	Q <sub>u</sub>	Q <sub>v</sub>	FS
1	19.32	9.60	5.72	31.27	12.42	7.39	1684	13807.02	478.08	28.88
2	14.47	6.15	2.68	22.17	7.71	3.36	947	7765.72	367.76	21.12
3	19.32	9.60	5.72	12.11	5.59	0.00	414	3394.12	329.81	10.29
4	19.32	9.60	5.72	13.67	6.31	0.18	496	4068.20	405.70	10.03
5	19.32	9.60	5.72	13.67	6.31	0.18	496	4068.20	405.70	10.03
6	19.32	9.60	5.72	12.11	5.59	0.00	414	3394.12	329.81	10.29