

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3E	50	D	78	CL	MU6300	002	A

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

File.: RS3E50D78CLMU6300002Adoc

n. Elab.: 787

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Generale
UO Infrastrutture Sud
Prof. Ing. Gaetano Tiberti

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10776

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	7
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
4.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	10
4.1	STRATIGRAFIE DI PROGETTO.....	12
4.2	MODELLO GEOTECNICO DI CALCOLO.....	14
4.2.1	INTERAZIONE TERRENO - FONDAZIONE.....	15
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	16
5.1	PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO.....	19
6.	MODELLO GEOMETRICO DELL'OPERA	20
7.	CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA.....	21
7.1	METODOLOGIA DI CALCOLO	21
7.2	AZIONI.....	22
7.2.1	Peso proprio (cond. di carico 1).....	22
7.2.2	Permanenti (cond. di carico 7).....	23
7.2.3	Spinta del terreno (cond. di carico 2/3).....	23
7.2.4	Spinta in presenza di falda (cond. di carico 6).....	24
7.2.5	Azioni Sismiche (cond. di carico 4/5).....	24
7.2.6	Azioni aggiuntive per dissimmetrie della struttura.....	26
7.3	APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA	27
7.4	COMBINAZIONI DI CARICO	27
7.5	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI DIRETTE	30
7.6	VERIFICHE A SOLLEVAMENTO	31
8.	RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE MURI AD U – TIPO B.....	33
8.1	MODELLO DI CALCOLO.....	33
8.2	CARICHI AGGIUNTIVI NEL MODELLO	34
8.3	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO.....	35
8.4	SCHEMA ARMATURE DI PROGETTO	37



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	3 di 74

8.5	VERIFICHE DI RESISTENZA E FESSURAZIONE	37
8.6	VERIFICHE A TAGLIO.....	38
8.7	VERIFICHE GEOTECNICHE	39
8.7.1	<i>Verifiche a scorrimento sul piano di posa</i>	<i>39</i>
8.7.2	<i>Verifiche a sollevamento.....</i>	<i>43</i>
8.7.3	<i>Verifiche a carico limite.....</i>	<i>45</i>
9.	TABULATI DI CALCOLO	45

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	4 di 74

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.

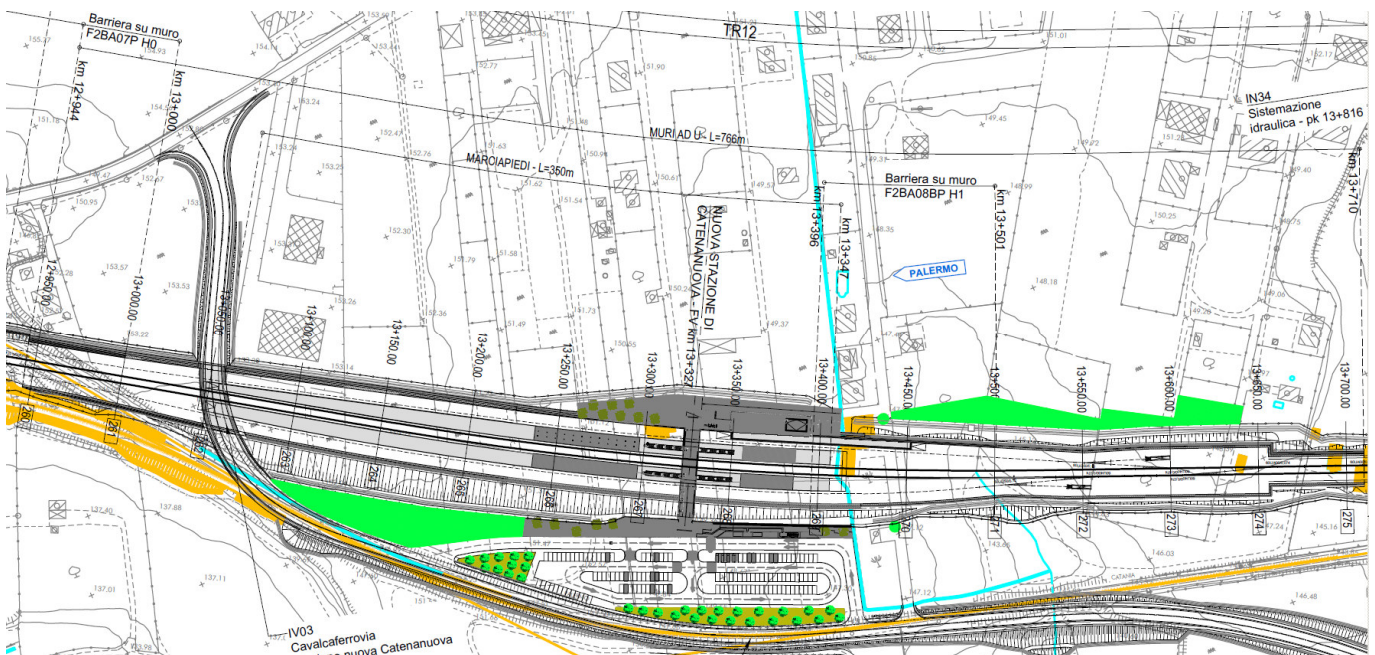
L’opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata “Opere di sostegno”.

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

Le opere della Stazione di Catenanuova, interessano in particolare una zona del tracciato di circa 800m, compresa tra le pk 21+095 – 21+350 circa, ove la sistemazione della sede ferroviaria in progetto prevede una sezione tipo in trincea tra muri ad U, per la cui realizzazione è risultato necessario prevedere la preventiva esecuzione di opere di sostegno provvisorie costituite da paratie di pali in c.a. $\phi 600$ e $\phi 1000$ multi-tirantate.

Nel presente documento è affrontato il dimensionamento dei muri ad U con sezione tipologica B.

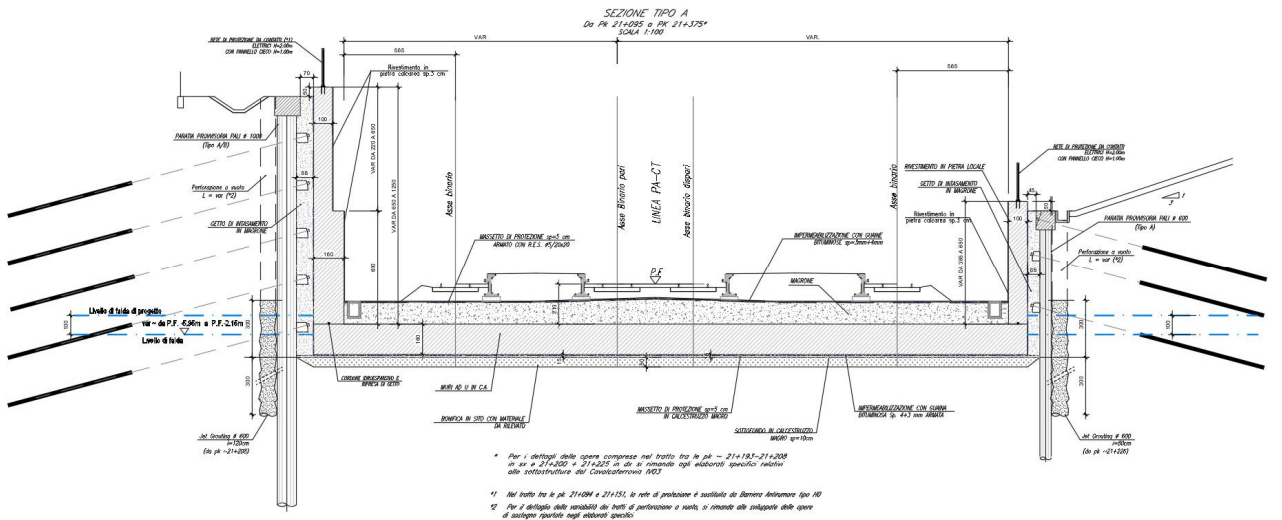
I grafici delle figure seguenti, illustrano una planimetria generale in corrispondenza della Stazione di Catenanuova, e le sezioni tipo di sistemazione della linea nel tratto in questione:



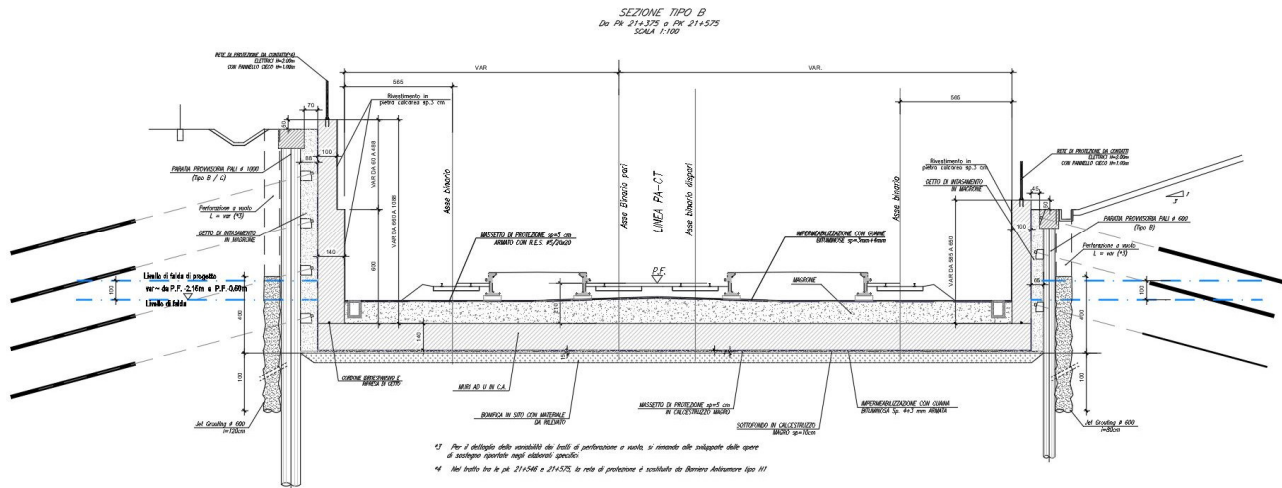
Planimetria Generale Stazione di Catenanuova

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	5 di 74



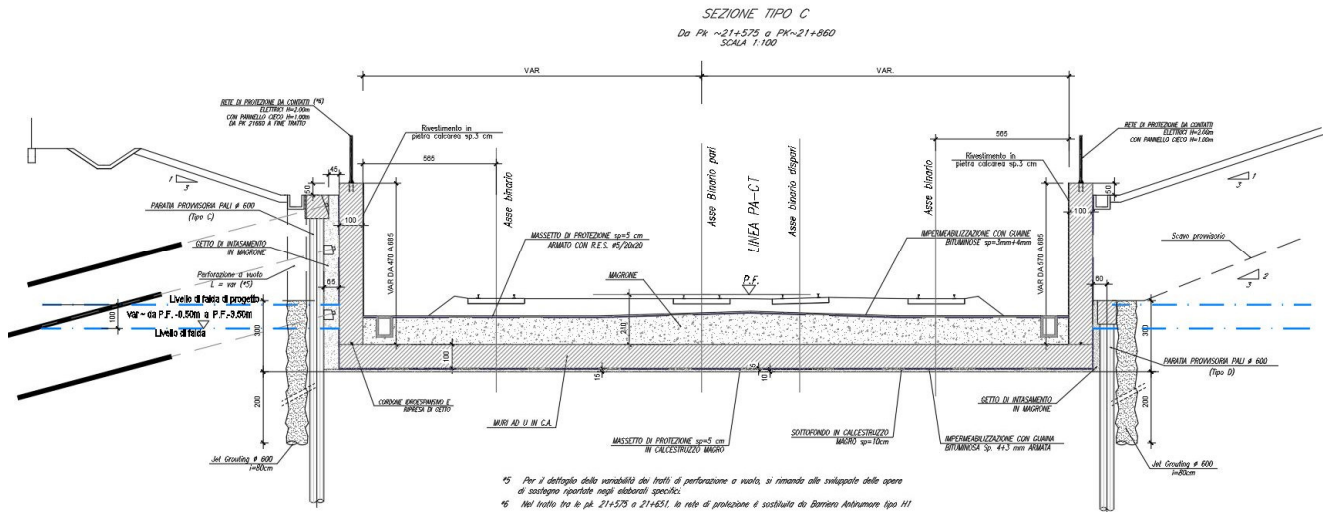
Stazione di Catenanuova - Sezione Tipo A da pk 21+094 a pk 21+350



Stazione di Catenanuova - Sezione Tipo B - da pk 21+350 a pk 21+480

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	6 di 74



Stazione di Catenanuova Sezione Tipo C – da pk21+450 a pk 21+575

Rimandando per ulteriori approfondimenti agli elaborati grafici specifici, si evidenzia che, come già illustrato negli schemi delle figure precedenti, la sistemazione del corpo ferroviario in tutto il tratto della trincea di Stazione di Catenanuova, sarà garantita dalla realizzazione di Muri ad U caratterizzati da tre sezioni tipologiche denominate tipo A, B e C, la cui realizzazione avverrà mediante la preliminare esecuzione di opere provvisorie costituite da paratie di Pali in c.a. a più ordini di tiranti, che costituiscono oggetto di ulteriori documenti di calcolo.



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	7 di 74

2. 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 (RFIDTCSICSSPIFS005B - rev 22/12/2017)



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	8 di 74

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali previsti per la realizzazione delle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, secondo quanto stabilito dalla normativa vigente nonché delle specifiche dei documenti tecnici RFI.

Per la completa e puntuale definizione delle caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione dell'opera si rimanda all'elaborato specifico.

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

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

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

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

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.III – DM 14.01.2008

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



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	10 di 74

4. 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

Dall'esame della suddetta documentazione, è stato possibile riscontrare che lungo tutto il tratto interessato dalla realizzazione delle opere in oggetto, si rinvennero nella zona, più superficiale, dei Depositi alluvionali Terrazzati (Unità BN) con spessori variabili da circa 2 a 15m, ed al di sotto di questo tipo di formazioni e fino alle massime profondità di interesse, la formazione delle Argille marnose grigie di Catenanuova (Unità AAC), di cui nel seguito è riportata una breve descrizione generale, rimandando per maggiori dettagli ed approfondimenti a quanto riportato in merito nella Relazione Geotecnica Generale :

Unità BN – Depositi Alluvionali Terrazzati

L'Unità BN è inquadrata come "Depositi Alluvionali Terrazzati", e presenta lungo l'intero tracciato spessori variabili da 2 a 15 m circa; all'interno di tale unità e si rinvennero sia la facies più coesiva dei depositi alluvionali terrazzati, che quella più incoerente.

La frazione coesiva – **unità bnc**, è costituita da argille limose e limi argillosi di colore bruno e nocciola, con locali passaggi sabbioso-limosi grigiastri, rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate e locali livelli di torbe e terreni organici nerastri.

Le porzioni più incoerenti di tale unità – **unità bni**, a comportamento essenzialmente granulare, è formata prevalentemente da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, talora con blocchi angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante.

Localmente si rinvennero inoltre sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate e rari blocchi angolosi (unità bni-sabbiosa).

Nell'unità incoerente **bni** sono state eseguite prove SPT che hanno dato valori da 20 a 60 con numerosi valori a rifiuto strumentale (dovuti probabilmente alla presenza di abbondanti clasti nella matrice); nella facies coesiva dell'unità (**bnc**) le prove SPT hanno fornito valori di N_{SPT} mediamente tra 10 e 35 colpi/30 cm

Unità AAC – Argille marnose grigie di Catenanuova

Tale unità a comportamento prevalentemente coesivo, è rappresentata da argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio-verdastro, di colore grigio e grigio-verdastro a struttura scagliosa, con talvolta livelli di sabbie limose grigie, livelli argillitici duri e locali intercalazioni di arenarie medio-fini grigie e giallastre, in strati da sottili a medi.

L'unità è stata intercettata come substrato di base nella parte finale del tracciato dal km 18+200 circa.

I valori di N_{SPT} eseguiti nell'unità vanno generalmente da 30 a rifiuto ad indicare una elevata consistenza del materiale, con andamento generalmente crescente con la profondità

Il peso di volume naturale è compreso tra 19.5 e 22 kN/m³ con valore medio 20.5 kN/m³.

I valori medi delle caratteristiche fisico meccaniche definiti per ciascuna Unità di cui in riferimento, a seguito dell'interpretazione delle diverse prove in sito e di laboratorio effettuate nell'ambito delle diverse campagne di indagini geotecniche eseguite a supporto della progettazione, sono quelle di seguito riportate:

Unità bnc – Depositi terrazzati coesivi limoso argillosi

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

Unità bni – Depositi terrazzati ghiaioso sabbiosi

$\gamma_{nat} = 19.0 \div 20.0$ kN/m ³	peso di volume naturale
$c' = 0$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 35 \div 38$ °	angolo di resistenza al taglio
$k = 1.5 \cdot 10^{-6} \div 5 \cdot 10^{-4}$ m/s	coefficiente di permeabilità
$V_s = 200 \div 450$ m/s	velocità delle onde di taglio
$G_o = 80 \div 300$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 200 \div 800$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale

Unità AAC – Argille marnose grigie di Catenanuova

$\gamma_{\text{nat}} = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 23 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 19 \div 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 100 \div 500 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$k = 5 \cdot 10^{-9} \div 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità
$E_o = 200 \div 900 \text{ MPa}$	Modulo di deformazione elastico iniziale

4.1 STRATIGRAFIE DI PROGETTO

Sulla scorta di quanto riportato al precedente paragrafo, l'intero tratto interessato dalla realizzazione delle opere di sostegno della Stazione di Catenanuova è stato suddiviso, dal punto di vista geotecnico, in 5 zone omogenee nei riguardi della modellazione da effettuare, denominate in particolare Stratigrafia 1-2-3-4 e 5, per ciascuna delle quali si riportano in forma tabellare, i relativi dettagli:

STRATIGRAFIA 1					
Pk in (m) :	21090,00	Pk fin (m) :	21300,00	L	210,00
TERRENO	Prof. m	γ kN/m ³	c' kPa	ϕ' °	E' MPa
BNC	0 ÷ -3.4	19.5	5	24	30
BNI	-3.4 ÷ -7.3	19.5	0	35	80
BNC	-7.3 ÷ -11.4	19.5	5	24	30
BNI	-11.4 ÷ -14.3	19.5	0	35	80
BNC	-14.3 ÷ -15.4	19.5	5	24	30
AAC	> -15.4	20.5	10	24	120

STRATIGRAFIA 2					
Pk in (m) :	21300	Pk fin (m) :	21475,00	L	175,00
TERRENO	Prof. m	γ kN/m ³	c' kPa	ϕ' °	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

STRATIGRAFIA 3					
Pk in (m) :	21475	Pk fin (m) :	21600	L	125,0
TERRENO	Prof. m	γ kN/m ³	c' kPa	ϕ' °	E' MPa
BNC	0 ÷ -5	19.5	5	24	30
BNI	-5.0 ÷ -8.0	19.5	0	35	80
AAC	> -8.0	20.5	10	24	120

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	13 di 74

STRATIGRAFIA 4				
Pk in (m) :	21600	21700	L	100,0
TERRENO	Prof.	c'	ϕ'	E'
	m	kPa	°	MPa
BNC	0 ÷ -1,5	5	24	30
BNI	-1.5 ÷ -5.0	0	35	80
AAC	< -5.0	10	24	120

STRATIGRAFIA 5				
Pk in (m) :	21700	21860	L	160,0
TERRENO	Prof.	c'	ϕ'	E'
	m	kPa	°	MPa
BNC	0 ÷ -4,5	5	24	30
BNI	-4.5 ÷ -9.0	0	35	80
AAC	< -9.0	10	24	120

A ciascuna unità sono stati attribuiti dei valori dei parametri fisico – meccanici di calcolo utili ai fini delle analisi da effettuare, tenendo conto di quanto specificato per ciascuna di esse dalla caratterizzazione geotecnica generale già riportata al precedente paragrafo. In particolare il modulo di deformazione elastico operativo E' , è stato stimato cautelativamente pari a circa di $E_0 / 5$.

Dall'esame del Profilo Geotecnico Generale di Linea, sono stati definiti inoltre dei livelli di falda lungo l'intero tratto interessato dalle opere di stazione, definendo per ciascuna sezione un livello di falda teorico e di progetto (assunto pari ad almeno +1m rispetto al caso) di riferimento per le analisi da effettuare; i dati di falda di riferimento sono quelli riportati nella tabella seguente:

LIVELLI DI FALDA
(QUOTE RELATIVE DA PIANO FERRO)

	SEZIONE	Q'	Q*
		m	m
TRATTO TRA MURI U - SEZ TIPO A	260	-5,95	-5
	261	-5,75	-4,8
	262	-5,3	-4,3
	263	-4,6	-3,6
	264	-3,7	-2,7
	265	-2,7	-1,7
TRA MURI U - SEZ TIPO	266	-1,6	-0,6
	267	-0,75	0,25
	268	-0,35	0,65
	269	-0,35	0,65
TRATTO TRA MURI U - SEZ TIPO B	270	-0,7	0,3
	271	-1,2	-0,2
	272	-1,5	-0,5
	273	-1,8	-0,8
	274	-1,9	-0,9
	275	-3,5	-2,5

Q (m) Stima della quota relativa del livello di falda rispetto al piano ferro secondo profilo geotecnico di progetto

Q* (m) Stima della quota livello di falda di progetto (Q+1)

4.2 MODELLO GEOTECNICO DI CALCOLO

Il modello di calcolo dei muri ad U oggetto di Analisi e Verifiche nell'ambito del presente documento (Muro tipo B), è relativo ad un tratto della trincea della Stazione di Catenanuova, ove il modello stratigrafico di riferimento, anche in considerazione delle sezioni con altezza massima considerate per le analisi, è quello di "STRATIGRAFIA 2", in relazione a tale aspetto, è stato adottato il seguente modello geotecnico di calcolo.

<i>Terreno</i>	<i>Litotipo</i>	γ	φ'	c'	E'	k_w
		<i>(kN/m³)</i>	<i>(°)</i>	<i>(kPa)</i>	<i>(MPa)</i>	<i>(kPa/m)</i>
Terreno di Rinfianco	BNC	19.5	24	5	30	0
Terreno di Fondazione	AAC	20	24	10	100	3000

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

Per quanto riguarda infine il livello di falda di calcolo, si è invece fatto riferimento al livello medio riscontrabile tra le sezioni 428/429, posto pari in particolare a PF-1.15m, ovvero +2.35 da piano posa soletta di fondo.

Si evidenzia che le caratteristiche del terreno di sottofondo inserite nel modello, tengono conto delle caratteristiche medie delle unità presenti al di sotto del piano di fondazione, nei riguardi della valutazione della costante di sottofondo ovvero per il calcolo della capacità portante; ai fini delle verifiche a scorrimento, si è fatto tuttavia riferimento al terreno più a ridosso della fondazione (bonifica) per la quale è lecito considerare dei parametri tipici del terreno da rilevato ($c'=0$ - $\varphi' = 38$)

4.2.1 INTERAZIONE TERRENO - FONDAZIONE

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

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

dove:

E' = modulo di deformazione elastico del terreno;

ν = coefficiente di Poisson = 0.3;

B = larghezza della fondazione.

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

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

Sulla base della geometria della fondazione e delle condizioni geotecniche locali definite al paragrafo precedente, si riporta di seguito la valutazione delle caratteristiche del modulo di sottofondo assunto nei modelli di analisi

$E(\text{KN/m}^2) =$	100000
$\nu =$	0,3
$B \text{ (m)} =$	40,0
$L \text{ (m)} =$	20,0

$c_t =$ **0,48**

$K_w =$ **5690** KN/m²/m \cong **5000** KN/m²/m



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	16 di 74

5. 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", secondo le indicazioni di cui alle successive tabelle contenute nel Manuale RFI di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI PS MA IFS 001 B) già citato al paragrafo 2.

Moltiplicando la vita nominale per il coefficiente di classe d'uso si valuta il periodo di riferimento per l'azione sismica:

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

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale [V _N] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE ESISTENTI OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 17/01/2018 A VELOCITA' CONVENZIONALE (V<250 Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' (V<250 km/h)	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' (V≥250 Km/h)	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾

(1) - La medesima V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.
 (2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI.

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

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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	17 di 74

limite di salvaguardia della vita (SLV), a cui è associata una P_{VR} pari al 10% [NTC 2008– Tabella 3.2.I]. Nota le 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:

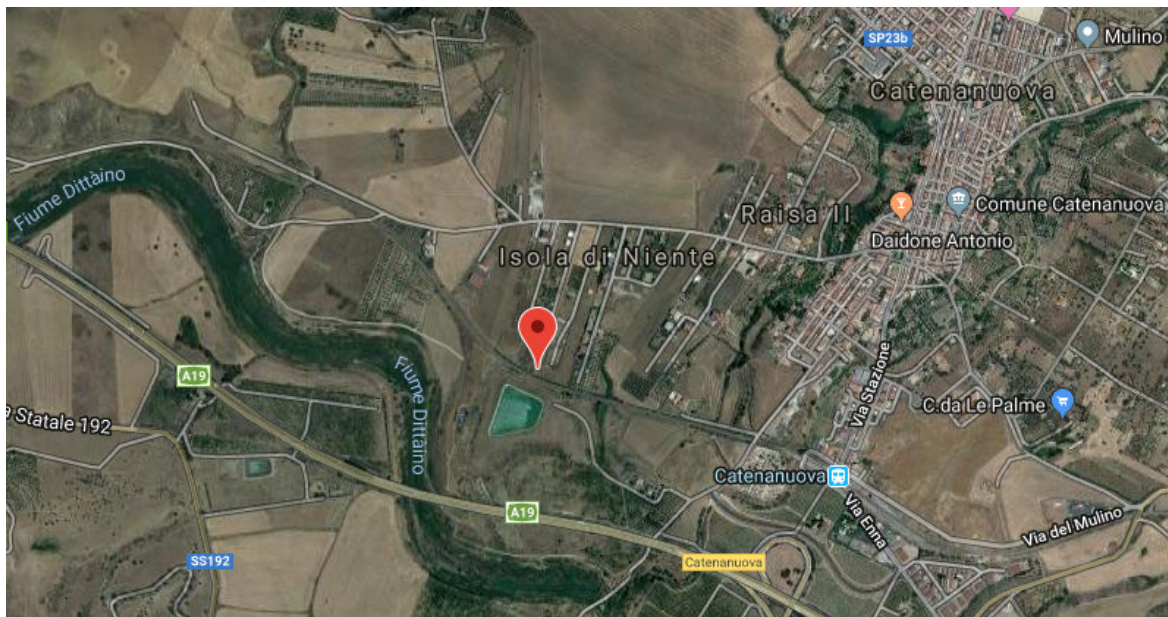
$$T_R = - \frac{V_g}{\ln(1 - P_{VR})} = - \frac{112.5}{\ln(1 - 0.10)} = 1068 \text{ anni}$$

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 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

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_0	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, come riportato nella Relazione Geotecnica ciascuna delle prove effettuate inquadrano 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 – V_s 360 - 800"

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	19 di 74

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:

5.1 PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO

Tenendo conto di quanto esposto ai precedenti paragrafi, è stato possibile definire i seguenti parametri sismici di calcolo:

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info

Categoria topografica info

Parametri indipendenti

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

Parametri dipendenti

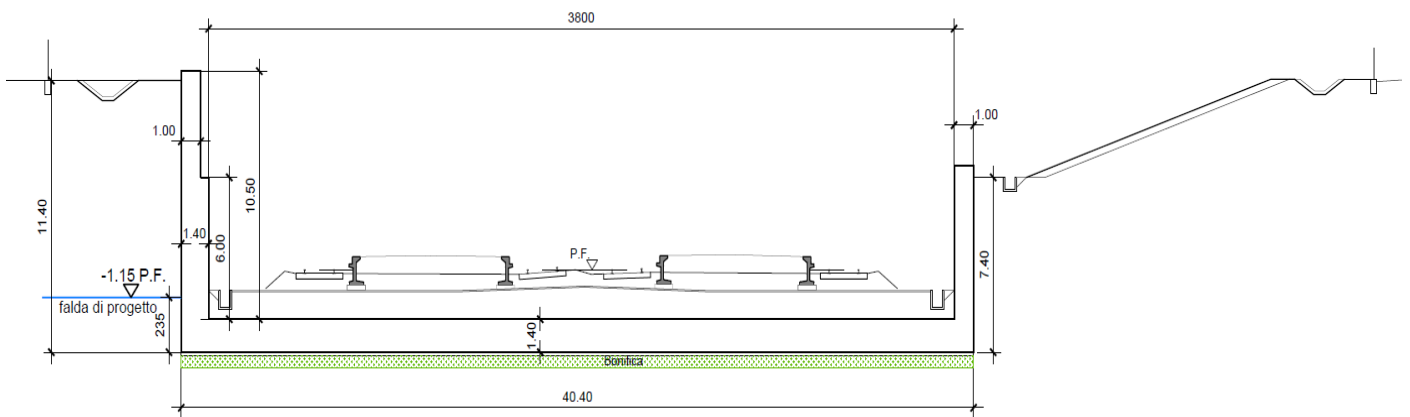
S	1,200
η	1,000
T_B	0,220 s
T_C	0,660 s
T_D	2,287 s

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	20 di 74

6. MODELLO GEOMETRICO DELL'OPERA

Come anticipato in premessa, costituisce oggetto del presente documento, il **dimensionamento dei Muri ad U** della stazione di Catenanuova caratterizzati da **sezione tipologica B**, di cui nel seguito si riporta uno schema geometrico considerato ai fini dei dimensionamenti effettuati:



Lo schema di calcolo adottato, fa riferimento alle condizioni di massima altezza del paramento sx/lato binario pari nel tratto di applicazione della sezione tipologica B, individuato dalla zona di inizio tratta (sezioni n265/266), così come il livello di falda, pari a quello medio tra le due sezioni in questione

Si specifica infine che nel tratto in esame relativo alle zone di massima altezza del paramento sx, di riferimento per i dimensionamenti, non è prevista l'istallazione di barriera antirumore.



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	21 di 74

7. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA

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

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 rinfiacco vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione.

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

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

$$K u = p$$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti u

$$u = K^{-1} p$$

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

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

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

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

Il calcolo degli scatolari viene eseguito secondo le seguenti fasi:

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

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



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	22 di 74

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	Spinta terreno sinistra
3	Spinta terreno destra
4	Sisma sinistra
5	Sisma destra
6	Spinta Falda
7	Finiture e Altre azioni permanenti
8	Sisma aggiuntivo su piedritto sx

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

Si evidenzia che il modello di calcolo adottato, per esigenze legate al software utilizzato, non contempla la differenza di altezza tra i due piedritti sx e dx del modello reale della struttura; per tener conto di tale aspetto si è tuttavia proceduto ad inserire dei carichi statici e sismici aggiuntivi nel modello di calcolo in corrispondenza del piedritto Sx, come dettagliato al successivo paragrafo.

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 7)

I carichi permanenti sono costituiti dal magrone e dalla massicciata ferroviaria previsti sul solettone di fondo dei muri ad U; tali elementi sono stati modellati mediante l'applicazione di sovraccarichi permanenti sul solettone di fondo, valutati in base alle geometrie di progetto, come di seguito indicato:

$$q_m = 1.25 \times 24 = 30 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico da magrone})$$

$$q_b = 0.7 \times 18 \cong 12.6 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico da ballast})$$

Per tener conto della differente estensione dei due carichi in direzione trasversale, si è proceduto ad applicare sulla soletta un carico uniforme equivalente, pari in particolare a:

q(KPa)
40,6

La presenza del terrapieno a monte della parete lato dx, è stata inoltre simulata attraverso l'applicazione del seguente carico permanente sul piano limite del terrapieno.

N°	Tipo	Carico distribuito				Carico concentrato	
		Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN/m]	Qf [kN/m]	X [m]	Fy [kN]
1	DISTRIBUITO	43,00	55,00	0,0000	82,0000		
2	DISTRIBUITO	55,00	70,00	82,0000	82,0000		

7.2.3 Spinta del terreno (cond. di carico 2/3)

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 γ , su una parete di altezza H, risulta espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione (per terreno incoerente) :

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

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

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

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

$$\sigma = \gamma \cdot z \cdot K_0 - p_v \cdot K_0$$

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



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	24 di 74

dove p_v è la eventuale pressione verticale agente sul piano limite

Laddove presente, si è inoltre tenuto conto del contributo della coesione c' , determinando per le pressioni orizzontali alla generica quota, come di seguito indicato:

- $\sigma_{ha} = \gamma z k - 2 c' k^{0.5}$ (per stati di spinta attiva o a riposo)
- $\sigma_{hp} = \gamma z k + 2 c' k^{0.5}$ (per stati di spinta passiva)

Essendo k il coefficiente di spinta

7.2.4 Spinta in presenza di falda (cond. di carico 6)

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

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

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso di volume dell'acqua.

Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

7.2.5 Azioni Sismiche (cond. di carico 4/5)

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 $F_v = k_v \cdot W$

dove

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

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

con:

g : è l'accelerazione di gravità;

$a_{max} = S_s S_T a_g$ è l'accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento, mentre a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

S_S e S_T coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, come già definiti nell'ambito del precedente paragrafo.

β_m : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito che per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario

Nel caso in esame, risulta pertanto:

Condizione	Categoria sottosuolo	a_g/g	$S=S_S S_T$	a_{max}/g	β_m (-)	K_h (-)
SLV	B	0.172	1.20	0.206	1	0.206

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.

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

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

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

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

k_h e k_v :

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

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

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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	26 di 74

7.2.6 Azioni aggiuntive per dissimmetrie della struttura.

Come già anticipato in precedenza, in considerazione delle dissimmetrie della struttura, non contemplate nel modello strutturale proposto dal software, nell'ambito delle condizioni di carico denominate come n° 7 e n° 8 come già citate all'elenco riportato ad inizio paragrafo, sono state introdotte le seguenti azioni aggiuntive:

(CARICHI AGGIUNTIVI TESTA PARETE SX)

STATICI

Peso proprio parete aggiuntiva $s=1$

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
100	0	0	0

Spinta a riposo parete sx aggiuntiva

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	92,5	123,4	0

SISMICI

(Incremento spinta M.O. metro lineare di parete distrib.rettangolare)

$\Delta S_w = 26,6$ KN/m

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	160,2	212,5	0

(Inerzia parete)

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
-10,32	20,6	41,3	0

(CARICHI AGGIUNTIVI LUNGO PARETE SX DEL MODELLO)

STATICI

carico costante per presenza terreno sopra testa parete

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	46,27

Effetto Sovraccarico su piano limite (20KPa)

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	10

SISMICI

(Incremento spinta M.O. metro lineare di parete distrib.rettangolare)

$\Delta S_w = 9,3$ KN/m

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	37,28	49,71	9,3

(Incremento spinta sismico sovraccarico perm su piano limite)

$\Delta k_a = 0,20$

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	4,0

(CARICHI AGGIUNTIVI SU SOLETTONE DI FONDO)

STATICI

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	40,23

SISMICI

N(KN)	V(KN)	M(KNm)	q(KPa)
0	0	0	-4,2

I carichi di tipo statico sono stati introdotti in particolare nella condizione di carico 7, mentre quelli sismici nella condizione di carico 8.



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	27 di 74

7.3 Approcci progettuali e metodi di verifica

Come prescritto dal DM 14/01/2008 per le verifiche dei muri di sostegno, 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.

In considerazione della specificità dell'opera, assumono tuttavia significato le sole verifiche di tipo geotecnico a Scorrimento sul piano di posa e carico limite, per le quali la normativa prescrive i seguenti fattori parziali di sicurezza:

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali γ_k per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,0$	$\gamma_k = 1,4$

- Tabella coefficienti parziali

7.4 Combinazioni di carico

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 17/01/2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

In definitiva, sono state analizzate complessivamente 8 Combinazioni di Carico, di qui nelle combinazioni di Carico analizzate, sono quelle riportate nel seguito, si riportano i dettagli circa coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali considerati.

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 ψ Coefficiente di combinazione della condizione
 C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Norme Tecniche 2008

Simbologia adottata

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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	28 di 74

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{G1fav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1sfav}	1,30	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2fav}	0,00	0,00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	γ_{G2sfav}	1,50	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Q1fav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Q1sfav}	1,50	1,30
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,35	1,15
Termici	Favorevole	γ_{efav}	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	γ_{esfav}	1,20	1,20

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{G1fav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1sfav}	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	γ_{G2fav}	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G2sfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Q1fav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Q1sfav}	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00
Termici	Favorevole	γ_{efav}	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	γ_{esfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

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

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	29 di 74

Sisma aggiuntivo PD_SX	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

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

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma aggiuntivo PD_SX	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

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

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

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

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLE (Quasi Permanente)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLE (Frequente)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLE (Rara)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Si evidenzia che è stato necessario introdurre una condizione di carico aggiuntiva a quelle proposte in automatico dal software, denominata “ Sisma aggiuntivo PD_SX”, in cui sono stati introdotti gli effetti sismici aggiuntivi legati alla maggior altezza effettiva del piedritto Sx rispetto a quello del modello, così come la condizioni di carico “Pesi propri e finiture”, contempla, oltre ai carichi presenti sul solettone inferiore, i pesi propri e le spinte del terreno della parte di piedritto sx aggiuntiva non inserita nel modello

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

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

Carico verticale

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

Carico inclinato

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

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

In particolare risulta:

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

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

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

Fattori di profondità

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

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

Fattori di forma

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

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

Fattori inclinazione del carico

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

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

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

7.6 Verifiche a Sollevamento

Il § 6.2.3.2. del DM 14.01.2008 specifica che le opere geotecniche devono essere verificate, ove ricorrano le condizioni, anche che nei riguardi di possibili stati limite di sollevamento o di sifonamento.

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

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

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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	32 di 74

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

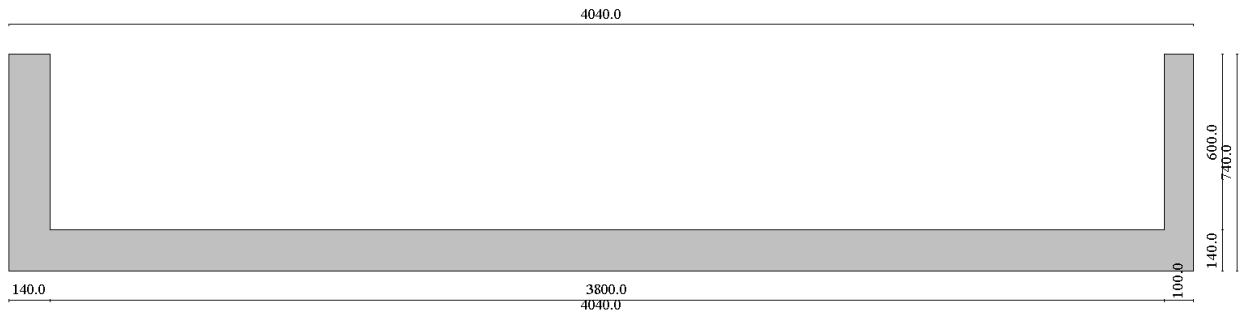
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	33 di 74

8. RISULTATI, ANALISI E VERIFICHE MURI AD U – TIPO B

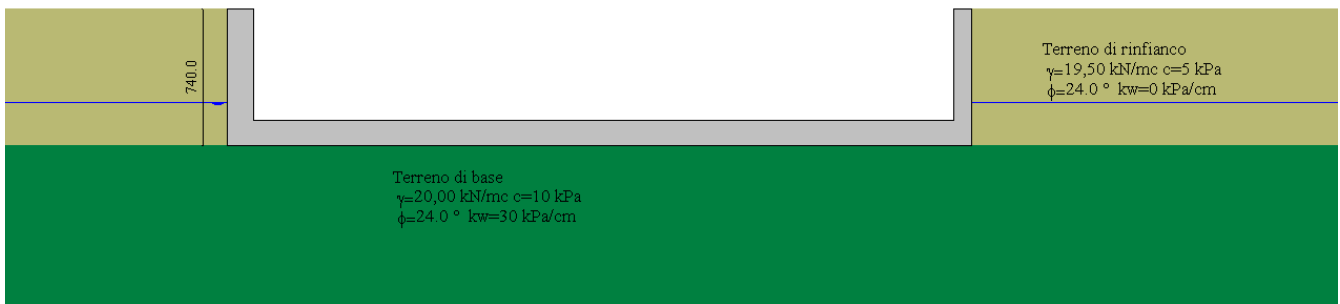
Di seguito di riporta una descrizione della modellazione effettuata mediante ausilio del software di calcolo SCAT v.11 prodotto dalla AZTEC Informativa oltre che con fogli di calcolo autoprodotti, con una descrizione del modello strutturale implementato, sollecitazioni di calcolo ottenute e risultati 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 (quote in cm) – 1/2



Modello Geometrico Geotecnico di Riferimento – 1/2

Si evidenzia che il modello di calcolo adottato, per esigenze legate al software utilizzato, non contempla la differenza di altezza tra i due piedritti sx e dx del modello reale della struttura; per tener conto di tale aspetto si è tuttavia proceduto ad inserire dei carichi statici e sismici aggiuntivi nel modello di calcolo in corrispondenza del piedritto Sx, come dettagliato al successivo paragrafo.

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	34 di 74

8.2 CARICHI AGGIUNTIVI NEL MODELLO

Come già anticipato nella descrizione delle combinazioni di carico, per tener conto delle dissimmetrie della struttura reale rispetto al modello di calcolo utilizzato, sono stati introdotti dei carichi aggiuntivi lato piedritto Sx per tener conto delle azioni statiche e sismiche aggiuntive connesse alla maggior altezza del piedritto Sx.

Le condizioni di carico previste sono le seguenti:

Condizioni definite

Peso Proprio (PS)
Spinta terreno sinistra (PS)
Spinta terreno destra (PS)
Sisma da sinistra
Sisma da destra
Spinta falda
Pesi propri e finiture (PS)
Sisma aggiuntivo PD_SX (PS)

Nello specifico la condizione 7 in ordine di elenco, contempla le azioni statiche aggiuntive su piedritto Sx oltre che i carichi permanenti sul solettone inferiore e sul terrapieno lato piedritto dx, mentre la condizione 8, porta in conto gli effetti sismici aggiuntivi su lato sx dell'opera per effetto della maggior altezza di piedritto rispetto a quella considerata nel modello; di seguito il dettaglio dei carichi aggiuntivi previsti:

Carichi terreno - condizione nr. 7

N°	Tipo	Carico distribuito				Carico concentrato	
		Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN/m]	Qf [kN/m]	X [m]	Fy [kN]
1	DISTRIBUITO	43,00	55,00	0,0000	82,0000		
2	DISTRIBUITO	55,00	70,00	82,0000	82,0000		

Carichi struttura - condizione nr. 7

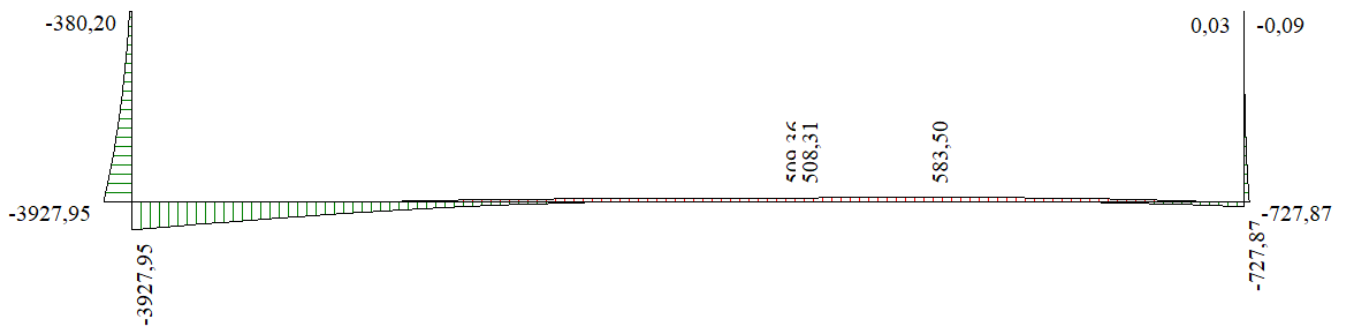
N°	Tipo	Destinazione	Descrizione
1	Concentrato	P.Sinistro	Y=7,40 m - Fy=100,00 kN - Fx=0,00 kN - M=0,00 kNm
2	Concentrato	P.Sinistro	Y=7,40 m - Fy=0,00 kN - Fx=92,50 kN - M=-123,40 kNm
3	Distribuito	Fondazione	Xi=1,40 m - Xf=39,40 m - Vni=40,60 kN/m - Vnf=40,60 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m
4	Distribuito	P.Sinistro	Yi=0,00 m - Yf=7,40 m - Vni=46,27 kN/m - Vnf=46,27 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m

Carichi struttura - condizione nr. 8

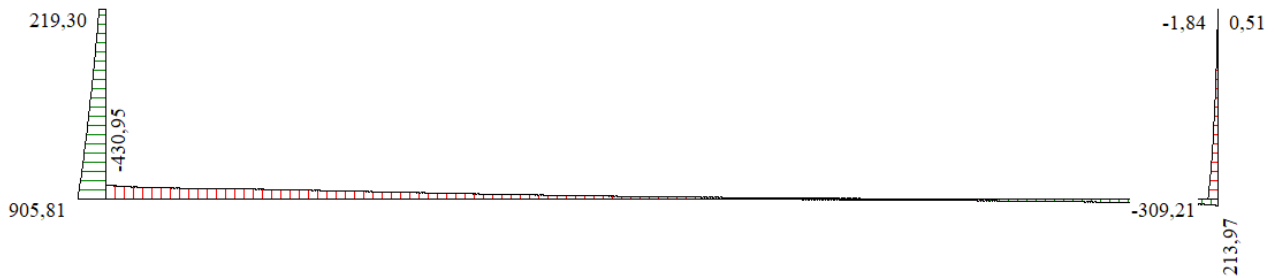
N°	Tipo	Destinazione	Descrizione
1	Concentrato	P.Sinistro	Y=7,40 m - Fy=-10,32 kN - Fx=20,60 kN - M=-41,30 kNm
2	Concentrato	P.Sinistro	Y=7,40 m - Fy=0,00 kN - Fx=106,20 kN - M=-215,50 kNm
3	Distribuito	P.Sinistro	Yi=0,00 m - Yf=7,40 m - Vni=13,30 kN/m - Vnf=13,30 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m
4	Distribuito	Fondazione	Xi=1,60 m - Xf=36,10 m - Vni=-4,20 kN/m - Vnf=-4,20 kN/m - Vti=0,00 kN/m - Vtf=0,00 kN/m

8.3 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

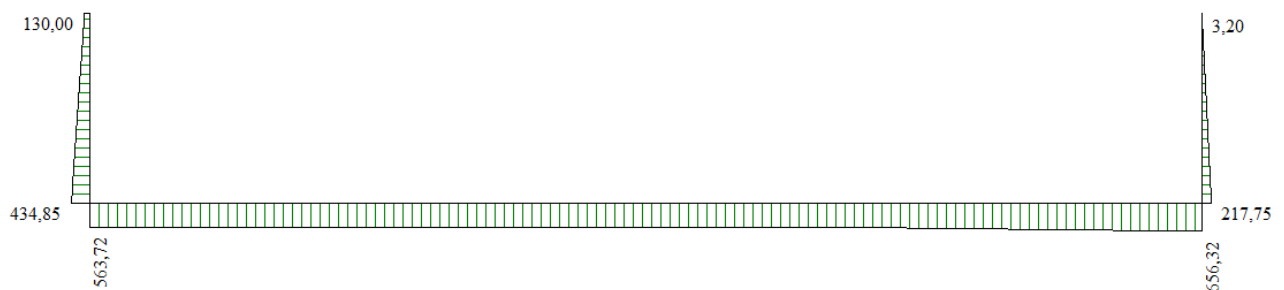
Di seguito si riportano i diagrammi involuppo delle sollecitazioni di progetto ottenute dall'analisi effettuata:



Inviluppo diagrammi del momento flettente – SLU statico e sismico



Inviluppo diagrammi del taglio – SLU statico e sismico



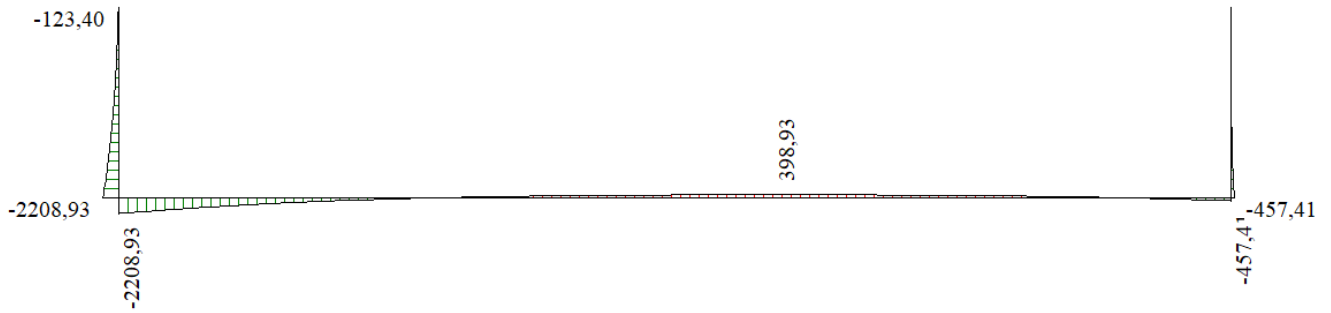
Inviluppo diagrammi dello sforzo normale – SLU statico e sismico



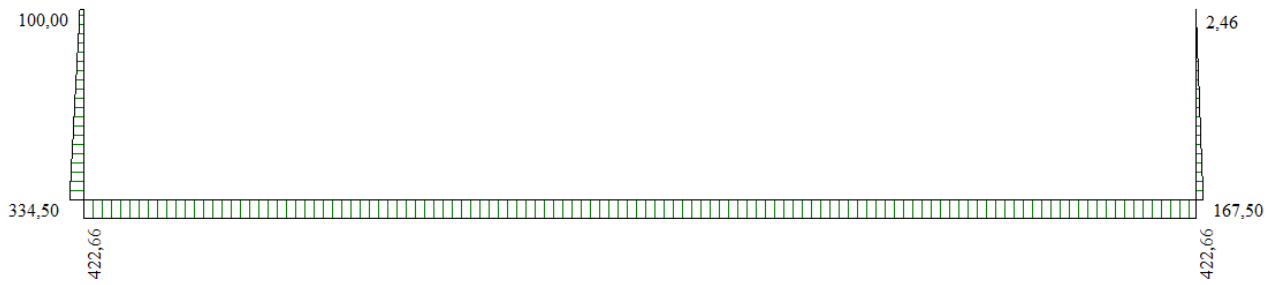
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
PROGETTO DEFINITIVO
OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	36 di 74



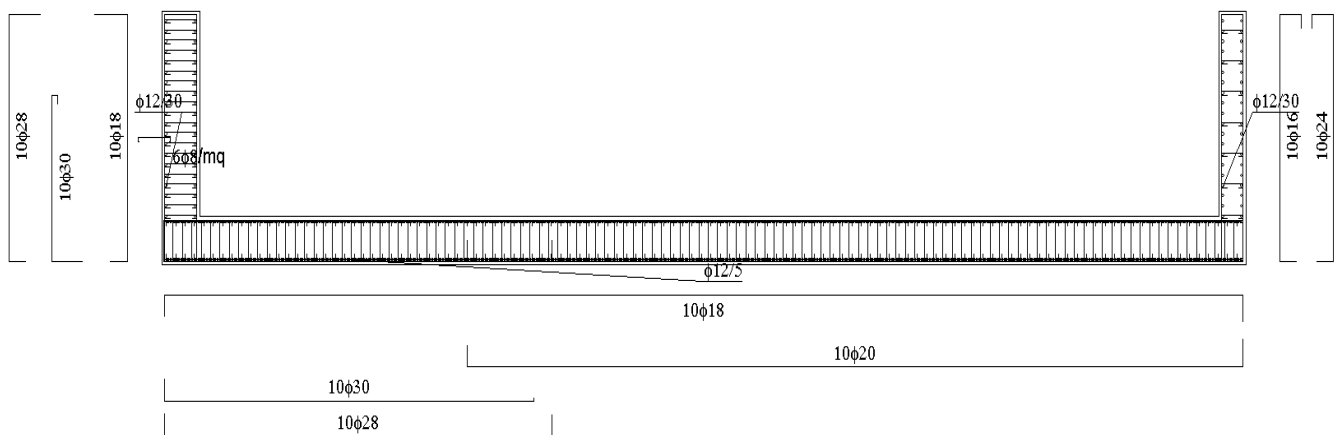
Inviluppo diagrammi del momento flettente – SLE



Inviluppo diagrammi dello sforzo normale – SLE

8.4 SCHEMA ARMATURE DI PROGETTO

Di seguito si riporta uno schema delle armature di progetto previste, con indicazione dei diametri e passi relativi alle sezioni rappresentativi di ciascun elemento (lo schema grafico fa riferimento ad uno sviluppo longitudinale di opera pari ad 1m)



Elemento	Armatura a flessione		Armatura a taglio
	Af 1	Af 2	Af t
PIEDRITTO SX/BASE	Φ28/10 cm + Φ30/10 cm	Φ18/10 cm	Spilli Φ 12 40x20 cm
PIEDRITTO DX/BASE	Φ24/10 cm	Φ16/10 cm	Spilli Φ 12 40x40 cm
FONDAZIONE – Estremità	Φ28/10 cm + Φ30/10 cm	Φ 18/10 cm	Spilli Φ 10 60x60 cm
FONDAZIONE – campata	Φ18/10 cm	Φ20/10 cm	Spilli Φ 10 60x60 cm

Af1 : Armatura lato esterno (terreno)

Af2 : Armatura lato interno

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

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.

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	38 di 74

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 a quelli definiti al paragrafo 3, nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di $w_1=0,2\text{mm}$

Come si evince dai tabulati le verifiche risultano soddisfatte.

8.6 VERIFICHE A TAGLIO

Le verifiche a taglio sono state effettuate mediante ausilio di fogli di calcolo automatici, tenendo conto dei valori massimi di sollecitazioni di progetto, riferite ad una quota prossima a 3/4 dello spessore degli elementi.

Elemento		Geometrie					Caratteristiche Materiali										Sollecitazioni di Calcolo
							Calcestruzzo					Acciaio					
muro	SEZIONE	b_w (cm)	H (cm)	c (cm)	d (cm)	A_c (mm ²)	R_{ck} (Mpa)	f_{ck} (Mpa)	F_c	γ_c	α_{cc}	f_{cd} (Mpa)	γ_s	f_{yk} (Mpa)	f_{yd} (Mpa)	Vsd (KN)	
MU_B	PIED SX	100	140	7	133,0	1400000	37,0	30,7	1,00	1,50	0,85	17,40	1,15	450,00	391	905	
	PIED DX	100	100	7	93,0	1000000	37,0	30,7	1,00	1,50	0,85	17,40	1,15	450,00	391	309	
	SOL INF	100	140	7	133,0	1400000	37,0	30,7	1,00	1,50	0,85	17,40	1,15	450,00	391	430	

Elemento		Armature										TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
muro	SEZIONE	Armature trasversali							Armature longitudinali			si/no	σ_{cp} (Mpa)	ρ_l	k	f_{ck} (Mpa)	V_{min}	$V_{Rd, min}$ (KN)	V_{Rct} (KN)
		n_b	\emptyset	p(cm)	A_{sw} (mm ²)	α°	α^{rad}	ω^{sw}	n	\emptyset	mm ²								
MU_B	PIED SX	2,5	12,0	20	282,74	90	1,57	0,032	10	28	6157,5	NO	0,00	0,00	1,39	30,7	0,32	421,74	0,00
	PIED DX	2,5	12,0	40	282,74	90	1,57	0,016	10	24	4523,9	NO	0,00	0,00	1,46	30,7	0,34	319,44	0,00
	SOL INF	1,6	10,0	60	125,66	90	1,57	0,005	10	28	6157,5	SI	0,00	0,00	1,39	30,7	0,32	421,74	536,10

Elemento		Inclinazione Bielle Compresse					Taglio Compressione				Taglio Trazione		Risultati Verifica a Taglio		
muro	SEZIONE	$\cotg\theta^*$	$\theta^* \text{ }^\circ$	$\theta^\circ \text{ cal}$	θ^{rad}	$\cotg\theta$	σ_{cp} (Mpa)	α_c	f_{cd} (Mpa)	V_{Rcd} (KN)	Cls Teso	Armatura	Vrd	c (Vrd/Vsd)	Esito
		V_{Rct} (KN)	V_{Rsd} (KN)												
MU_B	PIED SX	3,838	14,604	21,80	0,380	2,50	0,00	1,00	8,70	3591,48	0,00	1655,43	1655,43	1,83	Soddisfatta
	PIED DX	5,519	10,270	21,80	0,380	2,50	0,00	1,00	8,70	2511,34	0,00	578,78	578,78	1,87	Soddisfatta
	SOL INF	10,255	5,569	21,80	0,380	2,50	0,00	1,00	8,70	3591,48	536,10	0,00	536,10	1,25	Soddisfatta

Si precisa che per la soletta inferiore, è stata effettuata una verifica per elementi "non armati" a taglio.

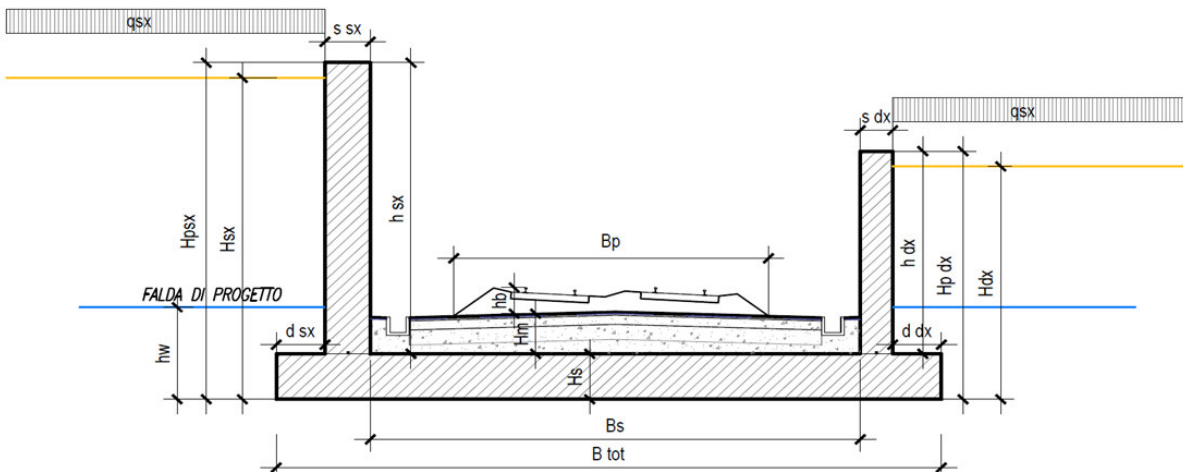
Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	39 di 74

8.7 VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel presente paragrafo, si riportano i risultati delle verifiche geotecniche eseguite

8.7.1 Verifiche a scorrimento sul piano di posa



DATI DI INPUT

CASO DI CALCOLO :

MU CAT - SEZ B

Geometria

Hsx =	11,40	m	Bs =	38,00	m	Hdx =	7,4	m
hsx =	10,50	m	Hs =	1,40	m	hdx =	6,5	m
Hpsx =	11,9	m	Btot =	40,40	m	Hpdx =	7,90	m
s sx =	1,23	m	hm =	1,25	m	s dx =	1,00	m
d sx =	0,0	m	hb =	0,7	m	d dx =	0,00	m
			Bp =	32,00	m			

Pesi strutturali e permanenti

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

Coefficienti sismici

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	40 di 74

$$K_h [-] = 0,206 \quad (\beta_m = 1,00)$$

$$K_v [-] = 0,103$$

Terrapieno spingente

$$\gamma = 19,5 \text{ KN/m}^3$$

$$\varphi^\circ = 24$$

$$\delta^\circ = 0,6 \quad \varphi = 14,4$$

$$c' = 5 \text{ Kpa}$$

Coefficienti di Spinta STAT

$$K_o [-] = 0,59$$

$$K_a [-] = 0,378$$

$$K_p [-] = 3,598$$

Coefficienti di Spinta SISM

(valutati con $\delta=0$)

$$K'a [-] = 0,617$$

$$K'p [-] = 1,971$$

$$\Delta k_a = 0,239$$

Condizioni di spinta statica (R/A)=

R

$$H_{c'} = 0,67 \text{ m} \quad (\text{altezza non spingente per effetto coesione})$$

Sovraccarichi

Permanenti

$$q_{sx} = 0 \text{ KPa}$$

$$q_{dx} = 30 \text{ KPa}$$

(sovraccarico uniforme equivalente al peso del cono di terreno su piano limite entro un'estensione pari alla distanza dell'intersezione del piano limite con retta

Variabili

$$q_{sx} = 0 \text{ KPa}$$

$$q_{dx} = 0 \text{ KPa}$$

inclinata dell'angolo d'attrito del terreno sull'orizzontale)

Terreno fondazione

Bonifica

$$\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$$

$$\varphi = 38$$

$$c' = 0 \text{ KPa}$$

Falda

$$h_w' = 2,35 \text{ m}$$

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	41 di 74

VERIFICA A SCORRIMENTO FASE SISMICA (Azioni per metro)

- AZIONI INSTABILIZZANTI F (Sisma da sx)

K = 0,378 (coefficiente di spinta)

Terreno di rinfiango (F1)

H' = 10,7 m (altezza effettiva di spinta per tener conto c'>0)
H = 11,40 m (altezza complessiva spingente)
 $\sigma = 77,78$ KN/m² (tensione orizzontale a base muro ad U)

F1 = 417,5 KN

Sovraccarico permanente (F2)

F2 = 0 KN

Sovraccarico variabile (F3)

F3 = 0 KN

Incremento Sismico Terreno (F4)

F4a = 302,8 KN (Incremento sismico alla M.O.)
F4b = 0,0 KN (inerzia terreno su dente sx)
F4c = 0,0 KN (inerzia terreno su dente dx)

Incremento Sismico Sovracc permanente (F5)

F5 = 0,0 KN

Incremento Sismico Sovracc variabile(F6)

F6 = 0,0 KN

Sisma su parete sx (F7)

F7 = 66,6 KN

Sisma su parete dx (F8)

F8 = 33,5 KN

Sisma su soletta inferiore (F9)

F9 = 291,8 KN

Sisma su magorne (F10)

F10 = 235,3 KN

Sisma su ballast (F11)

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	42 di 74

F11= 83,2 KN

F = 1431 KN (Azione Instabilizzante Complessiva)

- CARICHI VERTICALI N (con sisma negativo)

Parete sx (N1)

N1= 289,6 KN

Parete dx (N2)

N1= 145,7 KN

Soletta inferiore (N3)

N3= 1268,1 KN

Magrone (N4)

N4= 1022,4 KN

Ballast (N5)

N5= 361,6 KN

Terreno su dente sx (N6)

N6= 0,0 KN

Terreno su dente dx (N7)

N7= 0,0 KN

Sovraccarico perm su dente sx(N8)

N8= 0,0 KN

Sovraccarico perm su dente dx(N9)

N9= 0,0 KN

Sottospinta Idraulica (N10)

N10= -949,4 KN

N = 2137,9 KN (Carico Verticale Totale in fondazione)

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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	43 di 74

$$\begin{aligned} \varphi &= 38 \\ \alpha(\varphi) &= 1 \\ c' &= 0 \text{ KPa} \\ \alpha(c') &= 0 \end{aligned}$$

$$\gamma R1 = 1,1$$

$$R1 k = 1670,3 \text{ KN} \quad (\text{resistenza complessiva scorrimento su piano di posa - valore caratteristico})$$

$$R1 d = 1518,5 \text{ KN} \quad (\text{resistenza complessiva scorrimento su piano di posa - valore di progetto})$$

- CALCOLO RESISTENZA PASSIVA LATO VALLE (R2)

$$\begin{aligned} Kp &= 1,971 \\ \alpha Kp &= 0,5 \quad (\text{aliquota di calcolo spinta passiva}) \\ c' &= 5 \text{ Kpa} \\ \alpha c' &= 0,5 \quad (\text{aliquota di calcolo spinta passiva}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R2 a &= 526,3 \text{ KN} \quad (\text{risultante diagramma triangolare}) \\ R2 b &= 36,7 \text{ KN} \quad (\text{risultante diagramma costante 1 - contributo coesione}) \\ R2 c &= 59,1 \text{ KN} \quad (\text{risultante diagramma costante 2 - contributo sovraccarico perm.}) \end{aligned}$$

$$\gamma R2 = 1,4$$

$$R2 k = 622,2 \text{ KN} \quad (\text{Resistenza passiva complessiva lato valle - valore caratteristico})$$

$$R2 d = 444,4 \text{ KN} \quad (\text{Resistenza passiva complessiva lato valle - valore di progetto})$$

$$R = 1962,9 \text{ KN} \quad (\text{Resistenza passiva totale di progetto})$$

Coefficiente di Sicurezza allo Scorrimento :

$$R / F = 1,37$$

Le verifiche effettuate evidenziano la disponibilità di un coefficiente di sicurezza superiore al minimo prescritto dalla normativa.

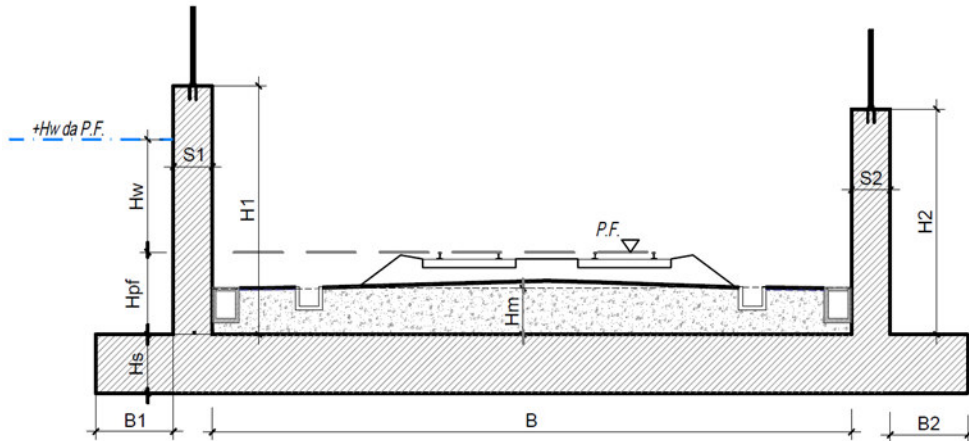
8.7.2 Verifiche a sollevamento

Di seguito si riportano i risultati della verifica a sollevamento dei muri ad U per effetto della sottospinta idraulica, eseguita con riferimento alle condizioni più gravose rispetto al tipo di verifica in questione, relative in particolare alla sezione di fine tratta 269, cui si riferisce il livello di falda indicato nella verifica.

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	44 di 74

SCHEMA GRAFICO DI RIFERIMENTO



Muro ad U Catenanuova - Sez B

CASO DI CALCOLO :

DATI DI INPUT

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

SOLETTA INFERIORE

Hs (m)=	1,40	spessore soletta
B (m)=	37,70	larghezza netta interna muri ad U
B1 (m)=	0,00	larghezza dente lato sx
B2 (m)=	0,00	larghezza dente lato dx
HpF (m)=	2,10	distanza estradosso solettone/piano ferro
Hm (m)=	1,25	spessore medio equivalente magrone su soletta
Hb (m)=	0,70	spessore ballast
Lb (m)=	30,00	ingombro trasversale piattaforma ferroviaria
B tot (m) =	40,1	larghezza complessiva soletta di fondo

PARETI VERTICALI

S1 (m)=	1,35	spessore medio paramento lato sx
H1 (m)=	7,50	altezza media paramento lato sx
S2 (m)=	1,00	spessore medio paramento lato dx
H2 (m)=	6,50	altezza media paramento lato dx

FALDA

Hw (m) =	0,65	(distanza falda rispetto al P.F. / negativa se più bassa)
BW(m)=	4,15	HpF+Hw+Hs (battente idraulico complessivo rispetto al piano di posa soletta)

CALCOLO DELLE AZIONI STABILIZZANTI

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	45 di 74

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

$\gamma_{G1} = 0,9$ coefficiente Parziali azioni permanenti favorevoli

$\gamma_F = 0,9$ coefficiente Parziali azioni resistenze favorevoli

$R'd \text{ (KN/m}^2\text{)} = 0,0$ Resistenze di progetto caratteristiche

$Rd \text{ (KN/m}^2\text{)} = 0$ $R'd \cdot \gamma_F$

Peso Elementi

Soletta fondo =	1401,8	KN/m
Parete sx =	253,125	KN/m
Parete dx =	162,5	KN/m
Magrone =	1131,0	KN/m
ballast =	378,0	KN/m
Terreno dente sx =	0,0	KN/m
Terreno dente dx =	0,0	KN/m
P tot =	3326,4	KN/m

A stab (KN/m) = 2993,7 $P \times \gamma_{G1}$

CALCOLO DELLE AZIONI INSTABILIZZANTI

$\gamma_{G1} = 1,1$ coefficiente Parziali azioni permanenti Sfavorevoli

a inst (KN/m²) = 45,7 Azione inStabilizzante complessiva unitaria ($B_w \times \gamma_w \times \gamma_{G1}$)

B tot (m) = 40,1 larghezza complessiva soletta di fondo

A inst (KN/m) = 1828,3 Azione inStabilizzante complessiva

Coefficiente di sicurezza = 1,64 (Astab/Ainst)

Verifica a Sollevamento Soddisfatta

8.7.3 Verifiche a carico limite

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

9. TABULATI DI CALCOLO

Geometria scatolare

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	46 di 74

Descrizione:	Scatolare tipo vasca	
Altezza esterna	7,40	[m]
Larghezza esterna	40,40	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	1,40	[m]
Spessore piedritto destro	1,00	[m]
Spessore fondazione	1,40	[m]

Caratteristiche strati terreno

Strato di rifianco

Descrizione	Terreno di rifianco	
Peso di volume	19,5000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20,5000	[kN/mc]
Angolo di attrito	24,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	0,00	[°]
Coesione	0,005	[MPa]
Costante di Winkler	0,000	[MPa/cm]

Strato di base

Descrizione	Terreno di base	
Peso di volume	20,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	21,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	24,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	24,00	[°]
Coesione	0,010	[MPa]
Costante di Winkler	0,030	[MPa/cm]
Tensione limite	0,100	[MPa]

Falda

Quota falda (rispetto al piano di posa)	2,35	[m]
---	------	-----

Caratteristiche materiali utilizzati

Materiale calcestruzzo

R _{ck} calcestruzzo	37,000	[MPa]
Peso specifico calcestruzzo	25,0000	[kN/mc]
Modulo elastico E	32532,520	[MPa]
Tensione di snervamento acciaio	431,499	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione cls teso/compresso (n')	0,50	
Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls (n)	15,00	
Coefficiente dilatazione termica	0,0000120	

Condizioni di carico

Convenzioni adottate

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura
Carichi verticali positivi se diretti verso il basso
Carichi orizzontali positivi se diretti verso destra
Coppie concentrate positive se antiorarie
Ascisse X (espresse in m) positive verso destra
Ordinate Y (espresse in m) positive verso l'alto
Carichi concentrati espressi in kN
Coppie concentrate espressi in kNm
Carichi distribuiti espressi in kN/m

Simbologia adottata e unità di misura

Forze concentrate

X ascissa del punto di applicazione dei carichi verticali concentrati
Y ordinata del punto di applicazione dei carichi orizzontali concentrati
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



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	47 di 74

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_{ie} variazione termica lembo esterno espressa in gradi centigradi
 D_{ii} variazione termica lembo interno espressa in gradi centigradi

Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)

Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)

Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)

Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)

Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)

Condizione di carico n°6 (Spinta falda)

Condizione di carico n°7 (Pesi propri e finiture)

Distr	Terreno	$X_i= 43,00$	$X_f= 55,00$	$V_{ni}= 0,00$	$V_{nf}= 82,00$	
Distr	Terreno	$X_i= 55,00$	$X_f= 70,00$	$V_{ni}= 82,00$	$V_{nf}= 82,00$	
Conc	Pied_S	$Y= 7,40$	$F_y= 100,00$	$F_x= 0,00$	$M= 0,00$	
Conc	Pied_S	$Y= 7,40$	$F_y= 0,00$	$F_x= 92,50$	$M= -123,40$	
Distr	Fondaz.	$X_i= 1,40$	$X_f= 39,40$	$V_{ni}= 40,60$	$V_{nf}= 40,60$	$V_{ti}= 0,00 \quad V_{tf}= 0,00$
Distr	Pied_S	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 7,40$	$V_{ni}= 46,27$	$V_{nf}= 46,27$	$V_{ti}= 0,00 \quad V_{tf}= 0,00$

Condizione di carico n°8 (Sisma aggiuntivo PD_SX)

Conc	Pied_S	$Y= 7,40$	$F_y= -10,32$	$F_x= 20,60$	$M= -41,30$	
Conc	Pied_S	$Y= 7,40$	$F_y= 0,00$	$F_x= 106,20$	$M= -215,50$	
Distr	Pied_S	$Y_i= 0,00$	$Y_f= 7,40$	$V_{ni}= 13,30$	$V_{nf}= 13,30$	$V_{ti}= 0,00 \quad V_{tf}= 0,00$
Distr	Fondaz.	$X_i= 1,60$	$X_f= 36,10$	$V_{ni}= -4,20$	$V_{nf}= -4,20$	$V_{ti}= 0,00 \quad V_{tf}= 0,00$

Impostazioni di progetto

Verifica materiali:

Stato Limite Ultimo

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

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

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

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

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

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mm ²]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatura trasversale [mm ²]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

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

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

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

Stato Limite di Esercizio

Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente poco aggressivo	
Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare)	0.55 f_{ck}
Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.)	0.40 f_{ck}
Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare)	0.75 f_{yk}

Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure $w_1=1,00 \quad w_2=1,00 \quad w_3=0,20$

Verifiche secondo :



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	48 di 74

Norme Tecniche 2008 - Approccio 2

Copriferro sezioni 10,00 [cm]

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

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

Norme Tecniche 2008

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1,00	1,25
Coesione efficace	γ_c	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	49 di 74

Peso dell'unità di volume γ_r 1,00 1,00

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta falda	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

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

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma aggiuntivo PD_SX	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

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

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma aggiuntivo PD_SX	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

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

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

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

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Sisma da destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 SLE (Quasi Permanente)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 SLE (Frequente)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	50 di 74

Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 SLE (Rara)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Spinta falda	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00
Pesi propri e finiture	Sfavorevole	1.00	1.00	1.00

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	51 di 74

Analisi della spinta e verifiche

Simbologia adottata ed unità di misura

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti verso il basso

X ascisse (espresse in m) positive verso destra

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

M momento espresso in kNm

V taglio espresso in kN

SN sforzo normale espresso in kN

ux spostamento direzione X espresso in cm

uy spostamento direzione Y espresso in cm

σ pressione sul terreno espressa in MPa

Tipo di analisi

Pressione in calotta

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

Metodo di calcolo della portanza

Spinta sui piedritti

Pressione geostatica

Meyerhof

a Riposo [combinazione 1]

Attiva [combinazione 2]

Attiva [combinazione 3]

Attiva [combinazione 4]

Attiva [combinazione 5]

a Riposo [combinazione 6]

a Riposo [combinazione 7]

a Riposo [combinazione 8]

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo $a_g =$

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

Coefficiente riduzione (β_m)

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo $a_g =$

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

Coefficiente riduzione (β_m)

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

Forma diagramma incremento sismico

Spinta sismica

1.69 [m/s²]

1.20

1.00

1.00

0.50

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S_s) = 20.67$

$k_v = 0.50 * k_h = 10.34$

0.00 [m/s²]

1.20

1.00

0.94

0.50

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

$k_v = 0.50 * k_h = 0.00$

Rettangolare

Mononobe-Okabe

Angolo diffusione sovraccarico

30,00 [°]

Coefficienti di spinta

N°combinazione	Statico	Sismico
1	0,593	0,000
2	0,422	0,641
3	0,422	0,568
4	0,422	0,641
5	0,422	0,568
6	0,593	0,000
7	0,593	0,000
8	0,593	0,000

Discretizzazione strutturale

Numero elementi fondazione	398
Numero elementi piedritto sinistro	68
Numero elementi piedritto destro	68
Numero molle piedritto sinistro	69
Numero molle piedritto destro	69

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	52 di 74

Analisi della combinazione n° 1

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,90	43,00	0,0000000
43,00	45,40	0,0106600
45,40	47,80	0,0319800
47,80	50,20	0,0533000
50,20	52,60	0,0746200
52,60	55,00	0,0959400
55,00	70,00	0,1066000
70,00	80,00	0,0000000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0876263 [MPa]
Piedritto destro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0897305 [MPa]

Falda

Spinta 35,20[kN]
Sottospinta 0,02996[MPa]

Analisi della combinazione n° 2

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,90	43,00	0,0000000
43,00	45,40	0,0082000
45,40	47,80	0,0246000
47,80	50,20	0,0410000
50,20	52,60	0,0574000
52,60	55,00	0,0738000
55,00	70,00	0,0820000
70,00	80,00	0,0000000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0456335 [MPa]
Piedritto destro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0467841 [MPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0129814 [MPa] Pressione inf. 0,0129814 [MPa]

Falda

Spinta 27,08[kN]
Sottospinta 0,02305[MPa]

Analisi della combinazione n° 3

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,90	43,00	0,0000000
43,00	45,40	0,0082000
45,40	47,80	0,0246000
47,80	50,20	0,0410000
50,20	52,60	0,0574000
52,60	55,00	0,0738000
55,00	70,00	0,0820000
70,00	80,00	0,0000000

Spinte sui piedritti



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	53 di 74

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0456335 [MPa]
 Piedritto destro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0467841 [MPa]
Spinte sismiche sui piedritti
 Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0081981 [MPa] Pressione inf. 0,0081981 [MPa]

Falda

Spinta 27,08[kN]
 Sottospinta 0,02305[MPa]

Analisi della combinazione n° 4

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,90	43,00	0,0000000
43,00	45,40	0,0082000
45,40	47,80	0,0246000
47,80	50,20	0,0410000
50,20	52,60	0,0574000
52,60	55,00	0,0738000
55,00	70,00	0,0820000
70,00	80,00	0,0000000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0456335 [MPa]
 Piedritto destro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0467841 [MPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto destro Pressione sup. 0,0135267 [MPa] Pressione inf. 0,0135267 [MPa]

Falda

Spinta 27,08[kN]
 Sottospinta 0,02305[MPa]

Analisi della combinazione n° 5

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q[MPa]
-13,90	43,00	0,0000000
43,00	45,40	0,0082000
45,40	47,80	0,0246000
47,80	50,20	0,0410000
50,20	52,60	0,0574000
52,60	55,00	0,0738000
55,00	70,00	0,0820000
70,00	80,00	0,0000000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0456335 [MPa]
 Piedritto destro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0467841 [MPa]

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto destro Pressione sup. 0,0085438 [MPa] Pressione inf. 0,0085438 [MPa]

Falda

Spinta 27,08[kN]
 Sottospinta 0,02305[MPa]

Analisi della combinazione n° 6

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	54 di 74

X_i	X_j	Q [MPa]
-13,90	43,00	0,0000000
43,00	45,40	0,0082000
45,40	47,80	0,0246000
47,80	50,20	0,0410000
50,20	52,60	0,0574000
52,60	55,00	0,0738000
55,00	70,00	0,0820000
70,00	80,00	0,0000000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0656274 [MPa]
Piedritto destro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0672460 [MPa]

Falda

Spinta 27,08[kN]
Sottospinta 0,02305[MPa]

Analisi della combinazione n° 7

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta

X_i	X_j	Q [MPa]
-13,90	43,00	0,0000000
43,00	45,40	0,0082000
45,40	47,80	0,0246000
47,80	50,20	0,0410000
50,20	52,60	0,0574000
52,60	55,00	0,0738000
55,00	70,00	0,0820000
70,00	80,00	0,0000000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0656274 [MPa]
Piedritto destro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0672460 [MPa]

Falda

Spinta 27,08[kN]
Sottospinta 0,02305[MPa]

Analisi della combinazione n° 8

Pressione in calotta(solo peso terreno) 0,0000000 [MPa]

Carichi verticali in calotta

X_i	X_j	Q [MPa]
-13,90	43,00	0,0000000
43,00	45,40	0,0082000
45,40	47,80	0,0246000
47,80	50,20	0,0410000
50,20	52,60	0,0574000
52,60	55,00	0,0738000
55,00	70,00	0,0820000
70,00	80,00	0,0000000

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0656274 [MPa]
Piedritto destro Pressione sup. 0,0000000 [MPa] Pressione inf. 0,0672460 [MPa]

Falda

Spinta 27,08[kN]
Sottospinta 0,02305[MPa]

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	55 di 74

Spostamenti

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	11,371	2,968
10,45	11,359	2,995
20,30	11,347	2,505
30,14	11,335	2,562
39,90	11,322	3,024

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	11,371	2,968
1,69	11,508	2,969
2,57	11,655	2,970
3,56	11,840	2,971
4,54	12,039	2,971
5,53	12,249	2,972
6,41	12,444	2,972
7,40	12,664	2,973

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	11,322	3,024
1,69	11,348	3,025
2,57	11,360	3,025
3,56	11,365	3,025
4,54	11,366	3,026
5,53	11,365	3,026
6,41	11,365	3,026
7,40	11,364	3,026

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	23,717	1,261
10,45	23,709	2,405
20,30	23,698	2,069
30,14	23,686	2,039
39,90	23,673	2,647

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	23,717	1,261
1,69	24,042	1,262
2,57	24,368	1,262
3,56	24,762	1,263
4,54	25,179	1,263
5,53	25,614	1,264
6,41	26,017	1,264
7,40	26,472	1,264

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 2)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	23,673	2,647
1,69	23,744	2,648
2,57	23,805	2,648
3,56	23,871	2,649
4,54	23,938	2,649
5,53	24,004	2,649
6,41	24,064	2,649
7,40	24,130	2,649

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 3)

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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	56 di 74

0,70	23,004	0,768
10,45	22,995	2,101
20,30	22,985	1,846
30,14	22,974	1,762
39,90	22,961	2,179

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 3)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	23,004	0,768
1,69	23,346	0,768
2,57	23,689	0,769
3,56	24,099	0,769
4,54	24,533	0,770
5,53	24,984	0,770
6,41	25,401	0,770
7,40	25,872	0,771

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 3)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	22,961	2,179
1,69	23,008	2,179
2,57	23,048	2,179
3,56	23,090	2,180
4,54	23,132	2,180
5,53	23,175	2,180
6,41	23,213	2,180
7,40	23,256	2,180

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 4)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	-1,357	2,782
10,45	-1,367	2,438
20,30	-1,377	2,020
30,14	-1,384	2,111
39,90	-1,390	2,417

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 4)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	-1,357	2,782
1,69	-1,313	2,783
2,57	-1,257	2,783
3,56	-1,181	2,784
4,54	-1,094	2,784
5,53	-1,001	2,785
6,41	-0,912	2,785
7,40	-0,811	2,785

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 4)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	-1,390	2,417
1,69	-1,391	2,417
2,57	-1,406	2,418
3,56	-1,434	2,418
4,54	-1,469	2,418
5,53	-1,507	2,419
6,41	-1,543	2,419
7,40	-1,582	2,419

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 5)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	-0,615	2,221
10,45	-0,625	2,137
20,30	-0,634	1,795
30,14	-0,641	1,830
39,90	-0,647	2,019

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	57 di 74

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 5)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	-0,615	2,221
1,69	-0,538	2,222
2,57	-0,453	2,222
3,56	-0,345	2,223
4,54	-0,226	2,223
5,53	-0,100	2,223
6,41	0,018	2,224
7,40	0,152	2,224

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 5)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	-0,647	2,019
1,69	-0,656	2,020
2,57	-0,676	2,020
3,56	-0,707	2,020
4,54	-0,744	2,020
5,53	-0,783	2,021
6,41	-0,819	2,021
7,40	-0,860	2,021

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 6)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	8,752	2,307
10,45	8,743	2,300
20,30	8,734	1,919
30,14	8,724	1,967
39,90	8,715	2,351

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 6)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	8,752	2,307
1,69	8,852	2,308
2,57	8,961	2,308
3,56	9,098	2,309
4,54	9,246	2,309
5,53	9,402	2,310
6,41	9,546	2,310
7,40	9,710	2,310

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 6)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	8,715	2,351
1,69	8,741	2,351
2,57	8,755	2,351
3,56	8,766	2,352
4,54	8,774	2,352
5,53	8,781	2,352
6,41	8,787	2,352
7,40	8,794	2,352

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 7)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	8,752	2,307
10,45	8,743	2,300
20,30	8,734	1,919
30,14	8,724	1,967
39,90	8,715	2,351

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 7)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	8,752	2,307
1,69	8,852	2,308

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	58 di 74

2,57	8,961	2,308
3,56	9,098	2,309
4,54	9,246	2,309
5,53	9,402	2,310
6,41	9,546	2,310
7,40	9,710	2,310

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 7)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	8,715	2,351
1,69	8,741	2,351
2,57	8,755	2,351
3,56	8,766	2,352
4,54	8,774	2,352
5,53	8,781	2,352
6,41	8,787	2,352
7,40	8,794	2,352

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 8)

X [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	8,752	2,307
10,45	8,743	2,300
20,30	8,734	1,919
30,14	8,724	1,967
39,90	8,715	2,351

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 8)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	8,752	2,307
1,69	8,852	2,308
2,57	8,961	2,308
3,56	9,098	2,309
4,54	9,246	2,309
5,53	9,402	2,310
6,41	9,546	2,310
7,40	9,710	2,310

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 8)

Y [m]	u _x [cm]	u _y [cm]
0,70	8,715	2,351
1,69	8,741	2,351
2,57	8,755	2,351
3,56	8,766	2,352
4,54	8,774	2,352
5,53	8,781	2,352
6,41	8,787	2,352
7,40	8,794	2,352

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	59 di 74

Sollecitazioni

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2914,7352	-430,9539	563,7153
10,45	-233,7851	-146,2481	563,7153
20,30	479,8385	-15,3294	563,7153
30,14	386,1197	44,8303	563,7153
39,90	-639,7008	213,9700	563,7153

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2914,7352	819,3120	434,8500
1,69	-2183,2451	668,8681	390,0191
2,57	-1643,6433	550,7401	349,6713
3,56	-1159,2971	434,8191	304,8404
4,54	-781,9726	333,5012	260,0096
5,53	-497,2821	246,7866	215,1787
6,41	-308,3762	181,2210	174,8309
7,40	-160,4200	120,2500	130,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-639,7008	-309,2091	217,7500
1,69	-382,6362	-215,9584	185,7279
2,57	-221,8361	-149,3042	156,9081
3,56	-104,8463	-90,5763	124,8860
4,54	-38,5262	-46,4516	92,8640
5,53	-8,4880	-16,9301	60,8419
6,41	-0,5880	-2,8383	32,0221
7,40	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-3927,9479	-346,7636	372,6885
10,45	-1005,5996	-217,5531	443,2518
20,30	319,6406	-62,8747	514,4992
30,14	574,8473	15,3590	585,6827
39,90	-192,2615	181,5044	656,3191

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-3927,9479	905,8052	348,4188
1,69	-3100,3696	776,3494	310,3690
2,57	-2459,1555	671,5681	276,1242
3,56	-1850,9953	564,2234	238,0743
4,54	-1344,6671	464,8640	200,0245
5,53	-932,3034	373,4900	161,9747
6,41	-635,0158	298,0763	127,7298
7,40	-380,2000	219,3000	89,6800

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 2)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-192,2615	-124,1977	184,8135
1,69	-94,1176	-77,3139	157,6350
2,57	-39,8336	-46,8474	133,1744
3,56	-6,5282	-22,0747	105,9960
4,54	6,3030	-5,2874	78,8175
5,53	6,5275	3,5146	51,6391
6,41	2,4507	4,6134	27,1784
7,40	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 3)

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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	60 di 74

0,70	-3820,5871	-298,9334	356,6800
10,45	-1106,2639	-214,4075	427,2432
20,30	219,9922	-63,0396	498,4907
30,14	456,8582	15,9172	569,6742
39,90	-192,2615	147,4633	640,3105

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 3)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-3820,5871	873,7572	299,9412
1,69	-3022,2636	749,0143	269,0204
2,57	-2403,4086	648,4746	241,1917
3,56	-1815,6805	545,8429	210,2710
4,54	-1325,1406	451,1965	179,3502
5,53	-923,9216	364,5354	148,4294
6,41	-632,6940	293,3633	120,6008
7,40	-380,2000	219,3000	89,6800

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 3)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-192,2615	-124,1977	150,1865
1,69	-94,1176	-77,3139	128,1003
2,57	-39,8336	-46,8474	108,2227
3,56	-6,5282	-22,0747	86,1364
4,54	6,3030	-5,2874	64,0501
5,53	6,5275	3,5146	41,9639
6,41	2,4507	4,6134	22,0863
7,40	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 4)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1906,9011	-355,0875	536,4560
10,45	77,9549	-89,8491	465,8927
20,30	431,4549	3,7402	394,6453
30,14	225,8936	48,9025	323,4618
39,90	-727,8692	181,7923	252,8254

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 4)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1906,9011	505,9644	358,7388
1,69	-1453,5023	416,6616	320,6890
2,57	-1115,2238	348,0180	286,4442
3,56	-806,0743	280,8264	248,3943
4,54	-559,1941	221,6201	210,3445
5,53	-366,7159	170,3991	172,2947
6,41	-233,4992	131,1232	138,0498
7,40	-123,4000	92,5000	100,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 4)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-727,8692	-284,0806	184,8135
1,69	-483,7768	-213,6846	157,6350
2,57	-317,9465	-162,0571	133,1744
3,56	-182,7089	-113,7723	105,9960
4,54	-91,1118	-73,4728	78,8175
5,53	-35,2879	-41,1586	51,6391
6,41	-9,1326	-18,8987	27,1784
7,40	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 5)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1906,9011	-307,3462	519,7793
10,45	-80,8341	-93,3920	449,2161
20,30	332,1694	-1,8570	377,9686
30,14	168,2184	42,4836	306,7851
39,90	-616,0273	147,6625	236,1488

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	61 di 74

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 5)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-1906,9011	505,9644	310,2612
1,69	-1453,5023	416,6616	279,3404
2,57	-1115,2238	348,0180	251,5117
3,56	-806,0743	280,8264	220,5910
4,54	-559,1941	221,6201	189,6702
5,53	-366,7159	170,3991	158,7494
6,41	-233,4992	131,1232	130,9208
7,40	-123,4000	92,5000	100,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 5)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-616,0273	-250,6949	150,1865
1,69	-402,4109	-185,2086	128,1003
2,57	-259,8729	-137,9998	108,2227
3,56	-145,9200	-94,6246	86,1364
4,54	-70,7703	-59,2348	64,0501
5,53	-26,5563	-31,8302	41,9639
6,41	-6,7138	-13,9891	22,0863
7,40	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 6)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2208,9270	-331,4721	422,6579
10,45	-163,1330	-110,4335	422,6579
20,30	374,6523	-11,8414	422,6579
30,14	314,4998	32,3171	422,6579
39,90	-457,4119	164,5617	422,6579

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 6)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2208,9270	619,3806	334,5000
1,69	-1656,0793	505,4059	300,0147
2,57	-1248,3788	416,1144	268,9779
3,56	-882,3631	328,6957	234,4926
4,54	-596,9463	252,5102	200,0074
5,53	-381,0608	187,5580	165,5221
6,41	-237,0696	138,6991	134,4853
7,40	-123,4000	92,5000	100,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 6)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-457,4119	-226,7529	167,5000
1,69	-269,7441	-156,7729	142,8676
2,57	-153,6432	-107,0766	120,6985
3,56	-70,4467	-63,6527	96,0662
4,54	-24,5013	-31,4619	71,4338
5,53	-4,7395	-10,5044	46,8015
6,41	-0,1974	-1,2408	24,6324
7,40	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 7)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2208,9270	-331,4721	422,6579
10,45	-163,1330	-110,4335	422,6579
20,30	374,6523	-11,8414	422,6579
30,14	314,4998	32,3171	422,6579
39,90	-457,4119	164,5617	422,6579

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 7)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2208,9270	619,3806	334,5000
1,69	-1656,0793	505,4059	300,0147

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	62 di 74

2,57	-1248,3788	416,1144	268,9779
3,56	-882,3631	328,6957	234,4926
4,54	-596,9463	252,5102	200,0074
5,53	-381,0608	187,5580	165,5221
6,41	-237,0696	138,6991	134,4853
7,40	-123,4000	92,5000	100,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 7)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-457,4119	-226,7529	167,5000
1,69	-269,7441	-156,7729	142,8676
2,57	-153,6432	-107,0766	120,6985
3,56	-70,4467	-63,6527	96,0662
4,54	-24,5013	-31,4619	71,4338
5,53	-4,7395	-10,5044	46,8015
6,41	-0,1974	-1,2408	24,6324
7,40	0,0000	0,0000	0,0000

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 8)

X [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2208,9270	-331,4721	422,6579
10,45	-163,1330	-110,4335	422,6579
20,30	374,6523	-11,8414	422,6579
30,14	314,4998	32,3171	422,6579
39,90	-457,4119	164,5617	422,6579

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 8)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-2208,9270	619,3806	334,5000
1,69	-1656,0793	505,4059	300,0147
2,57	-1248,3788	416,1144	268,9779
3,56	-882,3631	328,6957	234,4926
4,54	-596,9463	252,5102	200,0074
5,53	-381,0608	187,5580	165,5221
6,41	-237,0696	138,6991	134,4853
7,40	-123,4000	92,5000	100,0000

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 8)

Y [m]	M [kNm]	V [kN]	N [kN]
0,70	-457,4119	-226,7529	167,5000
1,69	-269,7441	-156,7729	142,8676
2,57	-153,6432	-107,0766	120,6985
3,56	-70,4467	-63,6527	96,0662
4,54	-24,5013	-31,4619	71,4338
5,53	-4,7395	-10,5044	46,8015
6,41	-0,1974	-1,2408	24,6324
7,40	0,0000	0,0000	0,0000

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	63 di 74

Pressioni terreno

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 1)

X [m]	σ_t [MPa]
0,70	0,089
10,45	0,090
20,30	0,075
30,14	0,077
39,90	0,091

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 2)

X [m]	σ_t [MPa]
0,70	0,038
10,45	0,072
20,30	0,062
30,14	0,061
39,90	0,079

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 3)

X [m]	σ_t [MPa]
0,70	0,023
10,45	0,063
20,30	0,055
30,14	0,053
39,90	0,065

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 4)

X [m]	σ_t [MPa]
0,70	0,083
10,45	0,073
20,30	0,061
30,14	0,063
39,90	0,073

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 5)

X [m]	σ_t [MPa]
0,70	0,067
10,45	0,064
20,30	0,054
30,14	0,055
39,90	0,061

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 6)

X [m]	σ_t [MPa]
0,70	0,069
10,45	0,069
20,30	0,058
30,14	0,059
39,90	0,071

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 7)

X [m]	σ_t [MPa]
0,70	0,069
10,45	0,069
20,30	0,058
30,14	0,059
39,90	0,071

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 8)

X [m]	σ_t [MPa]
0,70	0,069
10,45	0,069
20,30	0,058
30,14	0,059
39,90	0,071

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	64 di 74

Verifiche combinazioni SLU

Simbologia adottata ed unità di misura

N°	Indice sezione
X	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in cm
M	Momento flettente, espresso in kNm
V	Taglio, espresso in kN
N	Sforzo normale, espresso in kN
N _u	Sforzo normale ultimo, espressa in kN
M _u	Momento ultimo, espressa in kNm
A _{fi}	Area armatura inferiore, espressa in cmq
A _{fs}	Area armatura superiore, espressa in cmq
CS	Coeff. di sicurezza sezione
V _{nd}	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi senza armature trasversali, espressa in kN
V _{sd}	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi con armature trasversali, espressa in kN
V _{sd}	Aliquota taglio assorbita armature trasversali, espressa in kN
A _{sv}	Area armature trasversali nella sezione, espressa in cmq

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	2914,74 (2914,74)	563,72	1222,61	6321,58	132,26	25,45	2,17
2	10,45	233,79 (404,90)	563,72	10067,62	7231,19	163,68	25,45	17,86
3	20,30	-479,84 (-497,77)	563,72	3853,66	-3402,88	31,42	25,45	6,84
4	30,14	-386,12 (-438,57)	563,72	5115,53	-3979,89	31,42	25,45	9,07
5	39,90	639,70 (890,05)	563,72	1472,32	2324,64	31,42	25,45	2,61

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	-2914,74 (-2914,74)	434,85	927,01	-6213,61	25,45	132,26	2,13
2	1,69	-2183,25 (-2914,74)	390,02	826,53	-6176,91	25,45	132,26	2,12
3	2,57	-1643,64 (-2288,01)	349,67	950,95	-6222,36	25,45	132,26	2,72
4	3,56	-1159,30 (-1668,04)	304,84	1150,48	-6295,24	25,45	132,26	3,77
5	4,54	-781,97 (-1172,17)	260,01	713,69	-3217,43	25,45	61,58	2,74
6	5,53	-497,28 (-786,02)	215,18	909,49	-3322,24	25,45	61,58	4,23
7	6,41	-308,38 (-520,40)	174,83	1161,42	-3457,11	25,45	61,58	6,64
8	7,40	-160,42 (-301,11)	130,00	1592,08	-3687,66	25,45	61,58	12,25

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	-639,70 (-639,70)	217,75	559,15	-1642,66	20,11	45,24	2,57
2	1,69	-382,64 (-557,56)	185,73	545,46	-1637,51	20,11	45,24	2,94
3	2,57	-221,84 (-342,77)	156,91	792,10	-1730,38	20,11	45,24	5,05
4	3,56	-104,85 (-178,21)	124,89	1363,34	-1945,50	20,11	45,24	10,92
5	4,54	-38,53 (-76,15)	92,86	3048,85	-2500,18	20,11	45,24	32,83
6	5,53	-8,49 (-22,20)	60,84	8167,91	-2980,49	20,11	45,24	134,25
7	6,41	-0,59 (-2,89)	32,02	15133,73	-1364,44	20,11	45,24	472,60
8	7,40	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	20,11	45,24	1000,00

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

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	3927,95 (3927,95)	372,69	577,44	6085,93	132,26	25,45	1,55
2	10,45	1005,60 (1260,14)	443,25	2777,74	7896,94	163,68	25,45	6,27

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	65 di 74

3	20,30	-319,64 (-393,20)	514,50	5319,54	-4065,44	31,42	25,45	10,34
4	30,14	-574,85 (-583,50)	585,68	2935,58	-2924,62	31,42	25,45	5,01
5	39,90	192,26 (404,62)	656,32	8232,94	5075,62	31,42	25,45	12,54

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	-3927,95 (-3927,95)	348,42	538,58	-6071,73	25,45	132,26	1,55
2	1,69	-3100,37 (-3927,95)	310,37	478,01	-6049,61	25,45	132,26	1,54
3	2,57	-2459,16 (-3244,89)	276,12	515,97	-6063,48	25,45	132,26	1,87
4	3,56	-1851,00 (-2511,14)	238,07	576,97	-6085,76	25,45	132,26	2,42
5	4,54	-1344,67 (-1888,56)	200,02	318,36	-3005,79	25,45	61,58	1,59
6	5,53	-932,30 (-1369,29)	161,97	358,07	-3027,06	25,45	61,58	2,21
7	6,41	-635,02 (-983,77)	127,73	395,64	-3047,17	25,45	61,58	3,10
8	7,40	-380,20 (-636,78)	89,68	431,87	-3066,56	25,45	61,58	4,82

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	-192,26 (-192,26)	184,81	2157,67	-2244,62	20,11	45,24	11,67
2	1,69	-94,12 (-156,74)	157,64	2300,63	-2287,60	20,11	45,24	14,59
3	2,57	-39,83 (-77,78)	133,17	4954,80	-2893,83	20,11	45,24	37,21
4	3,56	-6,53 (-24,41)	106,00	10881,70	-2505,84	20,11	45,24	102,66
5	4,54	6,30 (7,50)	78,82	15570,58	1481,43	20,11	45,24	197,55
6	5,53	6,53 (7,50)	51,64	14799,24	2149,12	20,11	45,24	286,59
7	6,41	2,45 (6,19)	27,18	12109,71	2756,94	20,11	45,24	445,56
8	7,40	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	20,11	45,24	1000,00

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	3820,59 (3820,59)	356,68	567,84	6082,42	132,26	25,45	1,59
2	10,45	1106,26 (1357,12)	427,24	2456,89	7804,21	163,68	25,45	5,75
3	20,30	-219,99 (-293,75)	498,49	8605,81	-5071,20	31,42	25,45	17,26
4	30,14	-456,86 (-468,14)	569,67	4559,22	-3746,61	31,42	25,45	8,00
5	39,90	192,26 (364,79)	640,31	9197,12	5239,73	31,42	25,45	14,36

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	-3820,59 (-3820,59)	299,94	474,84	-6048,45	25,45	132,26	1,58
2	1,69	-3022,26 (-3820,59)	269,02	424,60	-6030,10	25,45	132,26	1,58
3	2,57	-2403,41 (-3162,12)	241,19	460,96	-6043,38	25,45	132,26	1,91
4	3,56	-1815,68 (-2454,32)	210,27	519,60	-6064,80	25,45	132,26	2,47
5	4,54	-1325,14 (-1853,04)	179,35	289,42	-2990,31	25,45	61,58	1,61
6	5,53	-923,92 (-1350,43)	148,43	331,13	-3012,63	25,45	61,58	2,23
7	6,41	-632,69 (-975,93)	120,60	375,20	-3036,23	25,45	61,58	3,11
8	7,40	-380,20 (-636,78)	89,68	431,87	-3066,56	25,45	61,58	4,82

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	66 di 74

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	-192,26 (-192,26)	150,19	1584,92	-2028,94	20,11	45,24	10,55
2	1,69	-94,12 (-156,74)	128,10	1690,77	-2068,80	20,11	45,24	13,20
3	2,57	-39,83 (-77,78)	108,22	3696,30	-2656,55	20,11	45,24	34,15
4	3,56	-6,53 (-24,41)	86,14	9658,21	-2736,88	20,11	45,24	112,13
5	4,54	6,30 (7,50)	64,05	15396,46	1802,60	20,11	45,24	240,38
6	5,53	6,53 (7,50)	41,96	13664,93	2441,92	20,11	45,24	325,64
7	6,41	2,45 (6,19)	22,09	10594,37	2968,05	20,11	45,24	479,68
8	7,40	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	20,11	45,24	1000,00

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	1906,90 (1906,90)	536,46	1842,06	6547,84	132,26	25,45	3,43
2	10,45	-77,95 (-183,08)	465,89	20127,57	-7909,38	163,68	25,45	43,20
3	20,30	-431,45 (-431,51)	394,65	2376,16	-2598,14	31,42	25,45	6,02
4	30,14	-225,89 (-283,11)	323,46	3938,22	-3446,92	31,42	25,45	12,18
5	39,90	727,87 (940,57)	252,83	468,29	1742,15	31,42	25,45	1,85

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	-1906,90 (-1906,90)	358,74	1186,80	-6308,50	25,45	132,26	3,31
2	1,69	-1453,50 (-1906,90)	320,69	1052,68	-6259,51	25,45	132,26	3,28
3	2,57	-1115,22 (-1522,40)	286,44	1186,97	-6308,56	25,45	132,26	4,14
4	3,56	-806,07 (-1134,64)	248,39	1397,93	-6385,62	25,45	132,26	5,63
5	4,54	-559,19 (-818,49)	210,34	844,90	-3287,67	25,45	61,58	4,02
6	5,53	-366,72 (-566,08)	172,29	1030,96	-3387,27	25,45	61,58	5,98
7	6,41	-233,50 (-386,91)	138,05	1250,51	-3504,80	25,45	61,58	9,06
8	7,40	-123,40 (-231,63)	100,00	1592,08	-3687,66	25,45	61,58	15,92

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	-727,87 (-727,87)	184,81	402,07	-1583,51	20,11	45,24	2,18
2	1,69	-483,78 (-656,86)	157,64	377,82	-1574,38	20,11	45,24	2,40
3	2,57	-317,95 (-449,21)	133,17	477,92	-1612,07	20,11	45,24	3,59
4	3,56	-182,71 (-274,86)	106,00	646,08	-1675,40	20,11	45,24	6,10
5	4,54	-91,11 (-150,62)	78,82	933,28	-1783,55	20,11	45,24	11,84
6	5,53	-35,29 (-68,63)	51,64	1503,69	-1998,35	20,11	45,24	29,12
7	6,41	-9,13 (-24,44)	27,18	2656,20	-2388,62	20,11	45,24	97,73
8	7,40	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	20,11	45,24	1000,00

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	1906,90 (1906,90)	519,78	1778,47	6524,61	132,26	25,45	3,42
2	10,45	80,83 (190,10)	449,22	13768,56	5826,68	163,68	25,45	30,65
3	20,30	-332,17 (-334,32)	377,97	3837,84	-3394,63	31,42	25,45	10,15
4	30,14	-168,22 (-217,92)	306,79	6178,47	-4388,86	31,42	25,45	20,14
5	39,90	616,03 (788,79)	236,15	532,76	1779,55	31,42	25,45	2,26



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	67 di 74

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

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	-1906,90 (-1906,90)	310,26	1016,29	-6246,22	25,45	132,26	3,28
2	1,69	-1453,50 (-1906,90)	279,34	909,28	-6207,13	25,45	132,26	3,26
3	2,57	-1115,22 (-1522,40)	251,51	1032,92	-6252,30	25,45	132,26	4,11
4	3,56	-806,07 (-1134,64)	220,59	1229,50	-6324,10	25,45	132,26	5,57
5	4,54	-559,19 (-818,49)	189,67	750,10	-3236,92	25,45	61,58	3,95
6	5,53	-366,72 (-566,08)	158,75	935,59	-3336,22	25,45	61,58	5,89
7	6,41	-233,50 (-386,91)	130,92	1171,64	-3462,58	25,45	61,58	8,95
8	7,40	-123,40 (-231,63)	100,00	1592,08	-3687,66	25,45	61,58	15,92

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

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	N _u	M _u	A _{fi}	A _{fs}	CS
1	0,70	-616,03 (-616,03)	150,19	384,44	-1576,87	20,11	45,24	2,56
2	1,69	-402,41 (-552,43)	128,10	363,85	-1569,12	20,11	45,24	2,84
3	2,57	-259,87 (-371,65)	108,22	468,38	-1608,48	20,11	45,24	4,33
4	3,56	-145,92 (-222,57)	86,14	648,80	-1676,42	20,11	45,24	7,53
5	4,54	-70,77 (-118,75)	64,05	969,30	-1797,11	20,11	45,24	15,13
6	5,53	-26,56 (-52,34)	41,96	1644,85	-2051,51	20,11	45,24	39,20
7	6,41	-6,71 (-18,04)	22,09	3066,10	-2505,08	20,11	45,24	138,82
8	7,40	0,00 (0,00)	0,00	0,00	0,00	20,11	45,24	1000,00

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	68 di 74

Verifiche combinazioni SLE

Simbologia adottata ed unità di misura

N°	Indice sezione
X	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m
M	Momento flettente, espresso in kNm
V	Taglio, espresso in kN
N	Sforzo normale, espresso in kN
A _{fi}	Area armatura inferiore, espressa in cm ²
A _{fs}	Area armatura superiore, espressa in cm ²
σ _{fi}	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore, espressa in MPa
σ _{fs}	Tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore, espressa in MPa
σ _c	Tensione nel calcestruzzo, espressa in MPa
τ _c	Tensione tangenziale nel calcestruzzo, espressa in MPa
A _{sv}	Area armature trasversali nella sezione, espressa in cm ²

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fi}	σ _{fs}	σ _c
1	0,70	2208,93	422,66	132,26	25,45	86,12	134,38	6,97
2	10,45	163,13	422,66	163,68	25,45	10,04	1,45	0,73
3	20,30	-374,65	422,66	31,42	25,45	49,25	23,30	1,96
4	30,14	-314,50	422,66	31,42	25,45	32,24	19,65	1,60
5	39,90	457,41	422,66	31,42	25,45	27,59	62,23	2,34

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fi}	σ _{fs}	σ _c
1	0,70	-2208,93	334,50	25,45	132,26	137,05	85,03	6,90
2	1,69	-1656,08	300,01	25,45	132,26	101,26	64,36	5,21
3	2,57	-1248,38	268,98	25,45	132,26	75,04	49,04	3,96
4	3,56	-882,36	234,49	25,45	132,26	51,71	35,19	2,83
5	4,54	-596,95	200,01	25,45	61,58	68,31	28,35	2,43
6	5,53	-381,06	165,52	25,45	61,58	41,03	18,54	1,57
7	6,41	-237,07	134,49	25,45	61,58	23,45	11,87	0,99
8	7,40	-123,40	100,00	25,45	61,58	10,32	6,46	0,52

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fi}	σ _{fs}	σ _c
1	0,70	-457,41	167,50	20,11	45,24	108,33	38,17	3,77
2	1,69	-269,74	142,87	20,11	45,24	59,59	23,35	2,25
3	2,57	-153,64	120,70	20,11	45,24	30,23	13,97	1,30
4	3,56	-70,45	96,07	20,11	45,24	10,30	6,97	0,61
5	4,54	-24,50	71,43	20,11	45,24	1,21	2,77	0,22
6	5,53	-4,74	46,80	20,11	45,24	0,32	0,98	0,07
7	6,41	-0,20	24,63	20,11	45,24	0,31	0,37	0,03
8	7,40	0,00	0,00	20,11	45,24	0,00	0,00	0,00

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

Base sezione B = 100 cm
Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fi}	σ _{fs}	σ _c
1	0,70	2208,93	422,66	132,26	25,45	86,12	134,38	6,97
2	10,45	163,13	422,66	163,68	25,45	10,04	1,45	0,73
3	20,30	-374,65	422,66	31,42	25,45	49,25	23,30	1,96
4	30,14	-314,50	422,66	31,42	25,45	32,24	19,65	1,60



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	69 di 74

5	39,90	457,41	422,66	31,42	25,45	27,59	62,23	2,34
---	-------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	------

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

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,70	-2208,93	334,50	25,45	132,26	137,05	85,03	6,90
2	1,69	-1656,08	300,01	25,45	132,26	101,26	64,36	5,21
3	2,57	-1248,38	268,98	25,45	132,26	75,04	49,04	3,96
4	3,56	-882,36	234,49	25,45	132,26	51,71	35,19	2,83
5	4,54	-596,95	200,01	25,45	61,58	68,31	28,35	2,43
6	5,53	-381,06	165,52	25,45	61,58	41,03	18,54	1,57
7	6,41	-237,07	134,49	25,45	61,58	23,45	11,87	0,99
8	7,40	-123,40	100,00	25,45	61,58	10,32	6,46	0,52

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

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,70	-457,41	167,50	20,11	45,24	108,33	38,17	3,77
2	1,69	-269,74	142,87	20,11	45,24	59,59	23,35	2,25
3	2,57	-153,64	120,70	20,11	45,24	30,23	13,97	1,30
4	3,56	-70,45	96,07	20,11	45,24	10,30	6,97	0,61
5	4,54	-24,50	71,43	20,11	45,24	1,21	2,77	0,22
6	5,53	-4,74	46,80	20,11	45,24	0,32	0,98	0,07
7	6,41	-0,20	24,63	20,11	45,24	0,31	0,37	0,03
8	7,40	0,00	0,00	20,11	45,24	0,00	0,00	0,00

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

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,70	2208,93	422,66	132,26	25,45	86,12	134,38	6,97
2	10,45	163,13	422,66	163,68	25,45	10,04	1,45	0,73
3	20,30	-374,65	422,66	31,42	25,45	49,25	23,30	1,96
4	30,14	-314,50	422,66	31,42	25,45	32,24	19,65	1,60
5	39,90	457,41	422,66	31,42	25,45	27,59	62,23	2,34

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

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 140,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
1	0,70	-2208,93	334,50	25,45	132,26	137,05	85,03	6,90
2	1,69	-1656,08	300,01	25,45	132,26	101,26	64,36	5,21
3	2,57	-1248,38	268,98	25,45	132,26	75,04	49,04	3,96
4	3,56	-882,36	234,49	25,45	132,26	51,71	35,19	2,83
5	4,54	-596,95	200,01	25,45	61,58	68,31	28,35	2,43
6	5,53	-381,06	165,52	25,45	61,58	41,03	18,54	1,57
7	6,41	-237,07	134,49	25,45	61,58	23,45	11,87	0,99
8	7,40	-123,40	100,00	25,45	61,58	10,32	6,46	0,52

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

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 100,00 cm

Verifiche presso-flessione

N°	X	M	N	A _{fi}	A _{fs}	σ _{fs}	σ _{fi}	σ _c
----	---	---	---	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------



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

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	70 di 74

1	0,70	-457,41	167,50	20,11	45,24	108,33	38,17	3,77
2	1,69	-269,74	142,87	20,11	45,24	59,59	23,35	2,25
3	2,57	-153,64	120,70	20,11	45,24	30,23	13,97	1,30
4	3,56	-70,45	96,07	20,11	45,24	10,30	6,97	0,61
5	4,54	-24,50	71,43	20,11	45,24	1,21	2,77	0,22
6	5,53	-4,74	46,80	20,11	45,24	0,32	0,98	0,07
7	6,41	-0,20	24,63	20,11	45,24	0,31	0,37	0,03
8	7,40	0,00	0,00	20,11	45,24	0,00	0,00	0,00

Verifiche fessurazione

Simbologia adottata ed unità di misura

N°	Indice sezione
X _i	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in m
M _p	Momento, espresso in kNm
M _n	Momento, espresso in kNm
w _i	Ampiezza fessure, espresse in mm
w _{lim}	Apertura limite fessure, espresse in mm
s	Distanza media tra le fessure, espresse in mm
ε _{sm}	Deformazione nelle fessure, espresse in [%]

Verifica fessurazione fondazione [Combinazione n° 6 -

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

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M _p	M _n	M	w	w _{lim}	s _m	ε _{sm}
1	0,70	132,26	25,45	1284,18	-1077,11	2208,93	0,19	100,00	208,12	0,000052
2	10,45	163,68	25,45	1358,34	-1089,59	163,13	0,00	100,00	0,00	0,000000
3	20,30	31,42	25,45	1043,22	-1031,78	-374,65	0,00	100,00	0,00	0,000000
4	30,14	31,42	25,45	1043,22	-1031,78	-314,50	0,00	100,00	0,00	0,000000
5	39,90	31,42	25,45	1043,22	-1031,78	457,41	0,00	100,00	0,00	0,000000

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

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M _p	M _n	M	w	w _{lim}	s _m	ε _{sm}
1	0,70	25,45	132,26	1077,11	-1284,18	-2208,93	0,19	100,00	208,12	0,000053
2	1,69	25,45	132,26	1077,11	-1284,18	-1656,08	0,12	100,00	208,12	0,000032
3	2,57	25,45	132,26	1077,11	-1284,18	-1248,38	0,00	100,00	0,00	0,000000
4	3,56	25,45	132,26	1077,11	-1284,18	-882,36	0,00	100,00	0,00	0,000000
5	4,54	25,45	61,58	1046,26	-1115,76	-596,95	0,00	100,00	0,00	0,000000
6	5,53	25,45	61,58	1046,26	-1115,76	-381,06	0,00	100,00	0,00	0,000000
7	6,41	25,45	61,58	1046,26	-1115,76	-237,07	0,00	100,00	0,00	0,000000
8	7,40	25,45	61,58	1046,26	-1115,76	-123,40	0,00	100,00	0,00	0,000000

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

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M _p	M _n	M	w	w _{lim}	s _m	ε _{sm}
1	0,70	20,11	45,24	530,91	-562,94	-457,41	0,00	100,00	0,00	0,000000
2	1,69	20,11	45,24	530,91	-562,94	-269,74	0,00	100,00	0,00	0,000000
3	2,57	20,11	45,24	530,91	-562,94	-153,64	0,00	100,00	0,00	0,000000
4	3,56	20,11	45,24	530,91	-562,94	-70,45	0,00	100,00	0,00	0,000000
5	4,54	20,11	45,24	530,91	-562,94	-24,50	0,00	100,00	0,00	0,000000
6	5,53	20,11	45,24	530,91	-562,94	-4,74	0,00	100,00	0,00	0,000000
7	6,41	20,11	45,24	530,91	-562,94	-0,20	0,00	100,00	0,00	0,000000
8	7,40	20,11	45,24	530,91	-562,94	0,00	0,00	100,00	0,00	0,000000

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	71 di 74

Inviluppo spostamenti nodali

Inviluppo spostamenti fondazione

X [m]	u _{Xmin} [cm]	u _{Xmax} [cm]	u _{Ymin} [cm]	u _{Ymax} [cm]
0,70	-1,3565	23,7173	0,7678	2,9685
10,45	-1,3672	23,7086	2,1008	2,9951
20,30	-1,3765	23,6982	1,7954	2,5054
30,14	-1,3843	23,6864	1,7623	2,5623
39,82	-1,3905	23,6730	2,0192	3,0240

Inviluppo spostamenti piedritto sinistro

Y [m]	u _{Xmin} [cm]	u _{Xmax} [cm]	u _{Ymin} [cm]	u _{Ymax} [cm]
0,70	-1,3565	23,7173	0,7678	2,9685
1,69	-1,3127	24,0415	0,7684	2,9694
2,57	-1,2568	24,3682	0,7689	2,9701
3,56	-1,1809	24,7616	0,7694	2,9708
4,54	-1,0945	25,1792	0,7698	2,9714
5,53	-1,0007	25,6145	0,7702	2,9719
6,41	-0,9121	26,0169	0,7704	2,9723
7,40	-0,8107	26,4717	0,7707	2,9726

Inviluppo spostamenti piedritto destro

Y [m]	u _{Xmin} [cm]	u _{Xmax} [cm]	u _{Ymin} [cm]	u _{Ymax} [cm]
0,70	-1,3905	23,6730	2,0192	3,0240
1,69	-1,3909	23,7442	2,0196	3,0246
2,57	-1,4064	23,8051	2,0200	3,0251
3,56	-1,4345	23,8715	2,0203	3,0255
4,54	-1,4692	23,9375	2,0205	3,0258
5,53	-1,5072	24,0038	2,0206	3,0261
6,41	-1,5427	24,0636	2,0207	3,0262
7,40	-1,5824	24,1301	2,0208	3,0262

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]
0,70	-3927,95	-1906,90	-430,95	-298,93	356,68	563,72
10,45	-1106,26	77,95	-217,55	-89,85	422,66	563,72
20,30	219,99	479,84	-63,04	3,74	377,97	563,72
30,14	168,22	574,85	15,36	48,90	306,79	585,68
39,90	-727,87	-192,26	147,46	213,97	236,15	656,32

Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y [m]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]	V _{min} [kN]	V _{max} [kN]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]
0,70	-3927,95	-1906,90	505,96	905,81	299,94	434,85
1,69	-3100,37	-1453,50	416,66	776,35	269,02	390,02
2,57	-2459,16	-1115,22	348,02	671,57	241,19	349,67
3,56	-1851,00	-806,07	280,83	564,22	210,27	304,84
4,54	-1344,67	-559,19	221,62	464,86	179,35	260,01
5,53	-932,30	-366,72	170,40	373,49	148,43	215,18
6,41	-635,02	-233,50	131,12	298,08	120,60	174,83
7,40	-380,20	-123,40	92,50	219,30	89,68	130,00

Inviluppo sollecitazioni piedritto destro

Y [m]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]	V _{min} [kN]	V _{max} [kN]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]
0,70	-727,87	-192,26	-309,21	-124,20	150,19	217,75
1,69	-483,78	-94,12	-215,96	-77,31	128,10	185,73
2,57	-317,95	-39,83	-162,06	-46,85	108,22	156,91
3,56	-182,71	-6,53	-113,77	-22,07	86,14	124,89
4,54	-91,11	6,30	-73,47	-5,29	64,05	92,86
5,53	-35,29	6,53	-41,16	3,51	41,96	60,84
6,41	-9,13	2,45	-18,90	4,61	22,09	32,02
7,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	72 di 74

Inviluppo pressioni terreno

Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione

X [m]	σ_{\min} [MPa]	σ_{\max} [MPa]
0,70	0,023	0,089
10,45	0,063	0,090
20,30	0,054	0,075
30,14	0,053	0,077
39,90	0,061	0,091

Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

X	A_{fi}	A_{fs}	CS
0,70	132,26	25,45	1,55
10,45	163,68	25,45	5,75
20,30	31,42	25,45	6,02
30,14	31,42	25,45	5,01
39,90	31,42	25,45	1,85

X	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	A_{sw}
0,70	767,52	0,00	0,00	0,00
10,45	818,24	0,00	0,00	0,00
20,30	497,08	0,00	0,00	0,00
30,14	497,08	0,00	0,00	0,00
39,90	505,22	0,00	0,00	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Y	A_{fi}	A_{fs}	CS
0,70	25,45	132,26	1,55
1,69	25,45	132,26	1,54
2,57	25,45	132,26	1,87
3,56	25,45	132,26	2,42
4,54	25,45	61,58	1,59
5,53	25,45	61,58	2,21
6,41	25,45	61,58	3,10
7,40	25,45	61,58	4,82

Y	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	A_{sw}
0,70	749,57	0,00	0,00	0,00
1,69	743,32	0,00	0,00	0,00
2,57	737,70	0,00	0,00	0,00
3,56	731,46	0,00	0,00	0,00
4,54	570,22	0,00	0,00	0,00
5,53	563,97	0,00	0,00	0,00
6,41	558,35	0,00	0,00	0,00
7,40	552,11	0,00	0,00	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Y	A_{fi}	A_{fs}	CS
0,70	20,11	45,24	2,18
1,69	20,11	45,24	2,40
2,57	20,11	45,24	3,59
3,56	20,11	45,24	6,10
4,54	20,11	45,24	11,84

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	73 di 74

5,53	20,11	45,24	29,12
6,41	20,11	45,24	97,73
7,40	20,11	45,24	1000,00

Y	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Red}	A _{sw}
0,70	427,93	0,00	0,00	0,00
1,69	423,61	0,00	0,00	0,00
2,57	419,72	0,00	0,00	0,00
3,56	415,39	0,00	0,00	0,00
4,54	411,07	0,00	0,00	0,00
5,53	406,75	0,00	0,00	0,00
6,41	402,86	0,00	0,00	0,00
7,40	314,84	0,00	0,00	0,00

Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

X	A _{fi}	A _{fs}	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
0,70	132,26	25,45	6,966	134,377	86,119
10,45	163,68	25,45	0,733	1,453	10,039
20,30	31,42	25,45	1,956	23,300	49,252
30,14	31,42	25,45	1,598	19,648	32,245
39,90	31,42	25,45	2,339	62,234	27,593

X	τ _c	A _{sw}
0,70	-0,30	0,00
10,45	-0,10	0,00
20,30	-0,01	0,00
30,14	0,03	0,00
39,90	0,15	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 140,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
0,70	25,45	132,26	6,902	85,030	137,053
1,69	25,45	132,26	5,211	64,358	101,255
2,57	25,45	132,26	3,958	49,037	75,035
3,56	25,45	132,26	2,829	35,192	51,708
4,54	25,45	61,58	2,427	28,350	68,307
5,53	25,45	61,58	1,567	18,542	41,034
6,41	25,45	61,58	0,988	11,874	23,445
7,40	25,45	61,58	0,524	6,456	10,318

Y	τ _c	A _{sw}
0,70	0,56	0,00
1,69	0,46	0,00
2,57	0,38	0,00
3,56	0,30	0,00
4,54	0,23	0,00
5,53	0,17	0,00
6,41	0,13	0,00
7,40	0,08	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm

Altezza sezione H = 100,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
0,70	20,11	45,24	3,766	38,175	108,328
1,69	20,11	45,24	2,248	23,349	59,592

Relazione di calcolo muri ad "U" da pk 21+094,50 a pk 21+860,00 trincea Stazione Catenanuova - Tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	MU6300 002	A	74 di 74

2,57	20,11	45,24	1,300	13,973	30,230
3,56	20,11	45,24	0,609	6,970	10,303
4,54	20,11	45,24	0,218	2,766	1,214
5,53	20,11	45,24	0,071	0,977	0,324
6,41	20,11	45,24	0,025	0,370	0,305
7,40	20,11	45,24	0,000	0,000	0,000

Y	τ_c	A_{sw}
0,70	-0,30	0,00
1,69	-0,20	0,00
2,57	-0,14	0,00
3,56	-0,08	0,00
4,54	-0,04	0,00
5,53	-0,01	0,00
6,41	0,00	0,00
7,40	0,00	0,00

Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

IC	Indice della combinazione
N_c, N_q, N_g	Fattori di capacità portante
N_c, N_q, N_g	Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico, affondamento, etc.
q_u	Portanza ultima del terreno, espressa in [MPa]
Q_U	Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m
Q_V	Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m
FS	Fattore di sicurezza a carico limite

IC	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ	q_u	Q_U	Q_V	FS
1	19,32	9,60	5,72	16,59	8,02	2,33	1,648	66593,97	3267,42	20,38
2	19,32	9,60	5,72	11,40	5,51	0,02	0,781	31571,11	2541,54	12,42
3	19,32	9,60	5,72	10,51	5,09	0,02	0,717	28962,47	2174,81	13,32
4	19,32	9,60	5,72	19,82	9,59	5,25	2,486	100425,08	2696,76	37,24
5	19,32	9,60	5,72	20,10	9,72	5,54	2,573	103952,44	2330,03	44,61