

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

U.O. PRODUZIONE SUD E ISOLE

PROGETTO ESECUTIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA
NUOVA VIABILITA' AL KM 13+000

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

SCALA:

-

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

RS0S 00 E 78 CL IF0005 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Ingletti	07/2015	D. Caputo	07/2015	P. Carlesimo	07/2015	D. Tiberti 10/2015
B	Emissione a seguito di validazione	A. Ingletti	10/2015	D. Caputo	10/2015	P. Carlesimo	10/2015	

File: RS0S00E78CLIF0005002B.DOCX

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
3.1	CALCESTRUZZO PER MURO C32/40	8
3.2	CALCESTRUZZO PER PALI C25/30	9
3.3	ACCIAIO B450C.....	10
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	11
5	DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA.....	12
6	MODELLI DI CALCOLO	13
6.1	METODI DI CALCOLO DELLE AZIONI E DELLE VERIFICHE	13
6.1.1	<i>Descrizione del metodo di calcolo delle spinte</i>	<i>13</i>
6.1.2	<i>Descrizione della normativa sismica.....</i>	<i>16</i>
6.1.3	<i>Combinazioni di carico</i>	<i>18</i>
7	RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE DEI MURI.....	21
7.1	MURO TIPO "B".....	21
7.1.1	<i>Rappresentazione geometrica e analitica.....</i>	<i>21</i>
7.1.2	<i>Geometria degli strati.....</i>	<i>23</i>
7.1.3	<i>Condizioni di carico</i>	<i>25</i>
7.1.4	<i>Descrizione e combinazione di carico.....</i>	<i>25</i>
7.1.5	<i>Impostazioni analisi.....</i>	<i>30</i>
7.1.6	<i>Quadro riassuntivo coefficienti di sicurezza calcolati.....</i>	<i>31</i>
7.1.7	<i>Analisi della spinta e verifiche</i>	<i>32</i>
7.1.8	<i>Inviluppi</i>	<i>35</i>
7.1.9	<i>Carico limite dei pali.....</i>	<i>49</i>



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	3 di 67

7.1.10	Verifica a punzonamento.....	54
7.1.11	Verifiche a fessurazione	55
7.1.12	Armature.....	64
8	MENSOLA PORTA BARRIERA.....	65

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi al progetto esecutivo del Raddoppio della tratta Catenanuova – Raddusa Agira, prevista nell'ambito del riassetto del Nuovo Collegamento Palermo – Catania (Direttrice Ferroviaria Messina – Catania – Palermo).

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella definizione della Nuova viabilità al km 13+000, di cui si riporta un inquadramento generale.

Il muro "B" è un'opera definitiva su pali a sostegno del rilevato stradale, ubicata in corrispondenza della zona di incrocio tra la nuova viabilità e via dei Caduti in guerra. Tale opera ha lo scopo di consentire l'innalzamento della sede stradale della viabilità esistente.

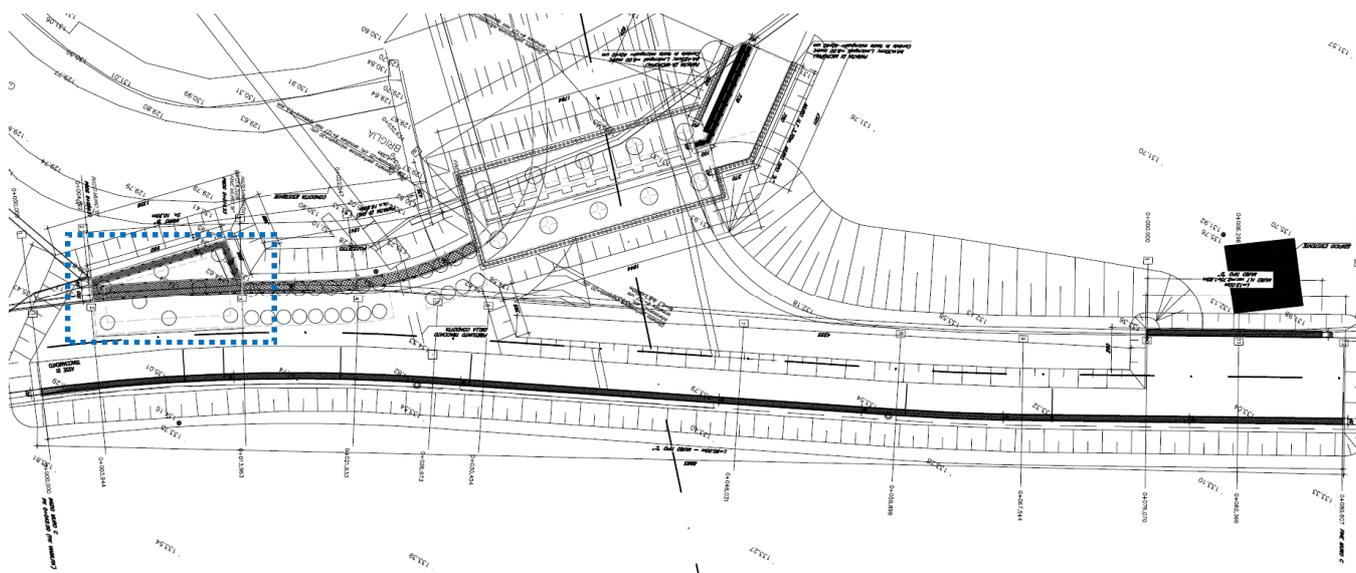


Figura 1 – Pianta di inquadramento



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	5 di 67

Il muro B è un muro a mensola in c.a. poggiante su una fondazione su pali.

Il muro presenta uno sviluppo in pianta di circa 10.20 m ed è fondato su di una fondazione su pali di forma irregolare. Esso poggia su otto pali disposti a quinconce di diametro 1.00m e lunghezza 16.00m e presenta uno spessore della fondazione di 1.00m. Il paramento ha spessore variabile da 0.40m a circa 1.00m nell'attacco con la fondazione e presenta un cordolo superiore di larghezza 0.75m e spessore 0.40m per la posa in opera della barriera. L'altezza totale è di 7.00m con quota testa muro pari a 132.68m. A valle del paramento del muro è prevista una parete in c.a. verticale di spessore 0.45m posta al bordo della fondazione del muro in oggetto e di altezza pari a 2.32m. Essa è disposta in proseguimento della parete del tombino esistente. Il lato esterno del muro è interamente rivestito in pietra locale.

Le principali caratteristiche geometriche sono riportate in Tabella 1. Per maggiori dettagli ed una descrizione più completa delle opere si rimanda agli elaborati grafici di progetto e alle sezioni riportate alle pagine successive.

TIPOLOGIA	H _{param} [m]	S _{param} [m]	L _{fond} [m]	S _{fond} [m]
B	5.60	0.36-1.01	5.25	0.50

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche muri di sostegno

L'analisi delle opere viene effettuata con riferimento ad una fascia di larghezza pari a 1.0 m, rappresentativa della sezione tipo. Il modello di calcolo è realizzato mediante il software commerciale *MAX 10* distribuito dalla *Aztec*.

Nei seguenti paragrafi sono riportate le normative di riferimento, le caratteristiche dei materiali impiegati, i metodi di analisi utilizzati ed i risultati delle verifiche effettuate.

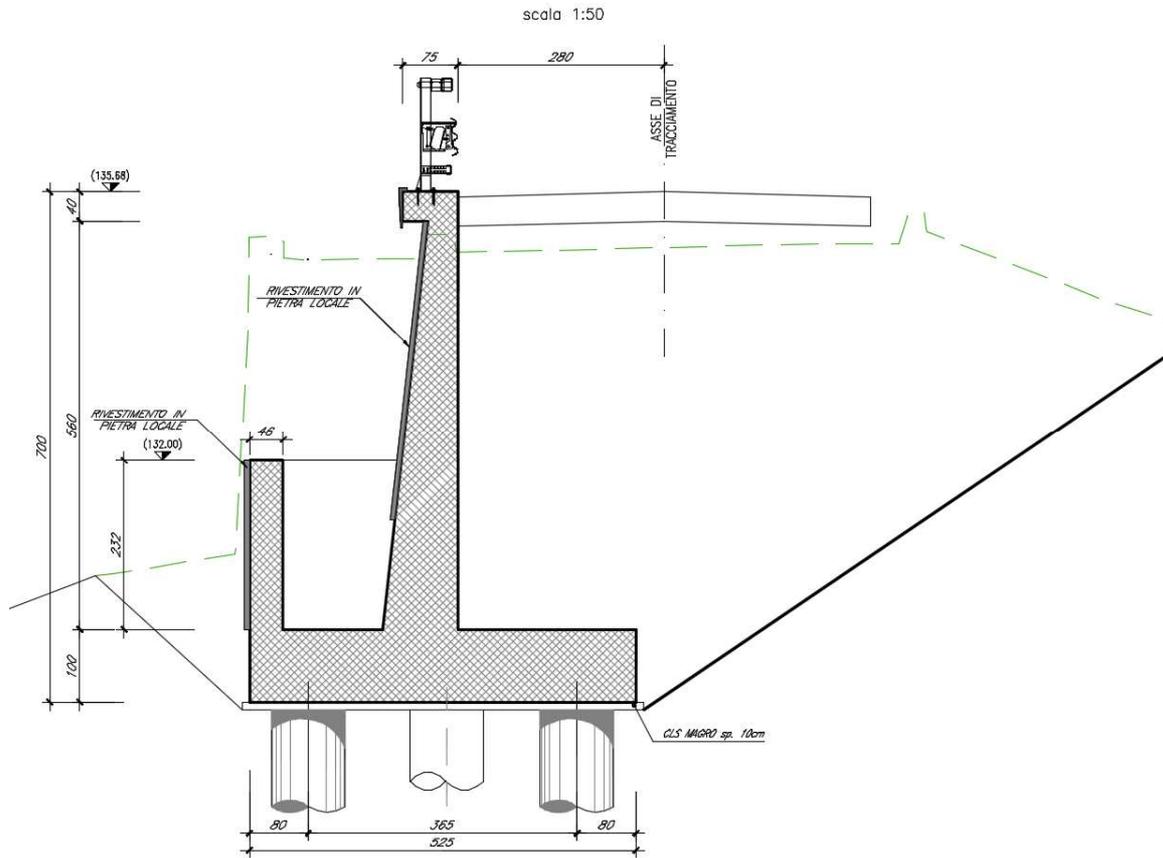


Figura 2 – Sezione trasversale muro tipo "B"



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	7 di 67

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n. 1086 - *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;*
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64 - *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*
- D.M. 14 gennaio 2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC);*
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;*
- UNI EN 1992-1-1 - *Progettazione delle strutture di calcestruzzo;*
- UNI EN 206-1-2001 - *Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità.*

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni RFI (Rete Ferroviaria Italiana) delle quali si è tenuto conto:

- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A – *Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra;*
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A – *Specifiche per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – *Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A – *Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A – *Specifiche per la verifica a fatica dei ponti ferroviari;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A – *Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo;*
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A – *Specifiche per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia.*

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per quanto concerne i materiali impiegati, si è scelto di usare un calcestruzzo di classe C32/40 e un acciaio per barre di armatura B450C.

3.1 CALCESTRUZZO PER MURO C32/40

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, questo viene identificato mediante la classe di resistenza contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici e cubici, espressa in MPa. Alla tabella 4.1.I delle NTC sono riportate le classi di resistenza. Per l'opera strutturale in esame, come detto, si utilizza calcestruzzo C32/40. Con riferimento alla normativa vigente si riportano le caratteristiche del materiale utilizzato.

[NTC – 4.1.2.1.1] La resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo f_{cd} è calcolata:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{\gamma_c} = \frac{32 \cdot 0.85}{1.5} = 18.13 \text{ MPa}$$

dove:

- α_{cc} è il coefficiente che tiene conto degli effetti di lunga durata sulla resistenza a compressione, pari a 0.85;
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1.5;
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

[NTC – 11.2.10.3] Per modulo elastico del calcestruzzo, in sede di progettazione, si può assumere:

$$E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 22000 \cdot \left[\frac{40}{10} \right]^{0.3} = 33334.5 \text{ MPa}$$

dove f_{cm} è il valore medio della resistenza cilindrica, calcolato come segue:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32 + 8 = 40 \text{ MPa}$$

[NTC – 4.1.2.1.1.2] La resistenza di calcolo a trazione f_{ctd} è definita come:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}}{\gamma_c} = 1.42 \text{ MPa}$$

dove [NTC – 11.2.10.2]:

- f_{ctk} è la resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo;
- f_{ctm} è la resistenza media a trazione semplice (assiale) per classi inferiori o uguali a C50/60.

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.14 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.06 \text{ MPa}$$

Per il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale, modelli definiti in base alla resistenza di calcolo f_{cd} ed alla deformazione ultima ϵ_{cu} . Nella seguente figura sono riportati i diagrammi di calcolo σ - ϵ .

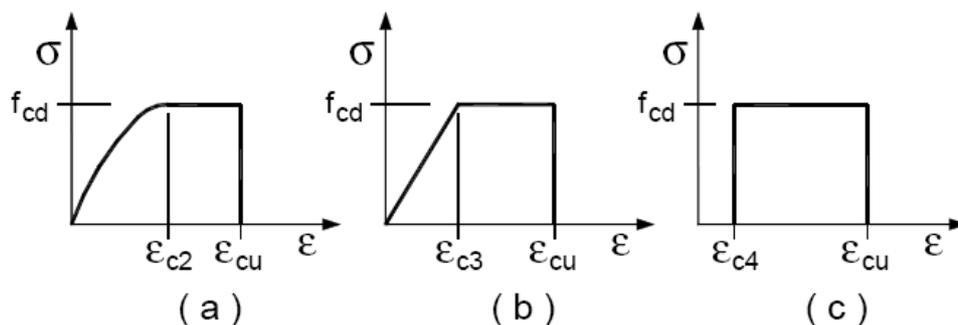


Figura 3 – Modelli rappresentativi del comportamento del calcestruzzo presenti in normativa: a) parabola-rettangolo; b) triangolo-rettangolo; c) rettangolo (stress-block)

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c deve rispettare le seguenti limitazione [NTC – 4.1.2.2.5.1]:

$$\sigma_c < 0.60f_{ck} = 18.0 \text{ MPa per combinazione caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45f_{ck} = 13.5 \text{ MPa per combinazione quasi permanente.}$$

In funzione delle condizioni ambientali, la classe d'esposizione del calcestruzzo utilizzata è la XC3 (*calcestruzzo destinato ad esterni riparati dalla pioggia o interni con umidità da moderata ad alta*), in accordo con la tabella 4.1.III delle NTC.

3.2 CALCESTRUZZO PER PALI C25/30

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{\gamma_c} = \frac{25 \cdot 0.85}{1.5} = 14.2 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 22000 \cdot \left[\frac{33}{10} \right]^{0.3} = 31476 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 25 + 8 = 33 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}}{\gamma_c} = 1.20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.81 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c < 0.60f_{ck} = 15.0 \text{ MPa per combinazione caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45f_{ck} = 11.3 \text{ MPa per combinazione quasi permanente.}$$

3.3 ACCIAIO B450C

Come prescritto dalle norme, per il calcestruzzo armato deve essere utilizzato acciaio B450C. La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da [NTC – 4.1.6]:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 391.3 \text{ N/mm}^2$$

dove:

- γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio, pari ad 1,15 per tutti i tipi di acciaio;
- f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio [NTC – 11.3.2].

Per il diagramma tensione-deformazione dell'acciaio è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale. Di seguito sono rappresentati i modelli σ - ϵ per l'acciaio

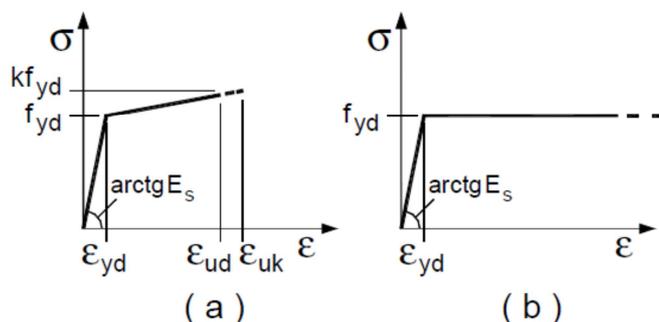


Figura 4 – Modelli rappresentativi del comportamento dell'acciaio proposti dalla norma

[NTC – 11.3.4.1] In sede di progettazione si può assumere convenzionalmente il valore nominale del modulo elastico, pari a:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione di trazione dell'acciaio σ_s deve rispettare la seguente limitazione [NTC – 4.1.2.2.5.2]:

$$\sigma_s < 0.80f_{yk} = 360 \text{ MPa per combinazione caratteristica (rara).}$$

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

La stratigrafia ed i parametri geotecnici sono stati ricavati dalla relazione geotecnica e dalle sezioni trasversali dell'opera, a cui si rimanda per ogni ulteriore dettaglio.

Si adottano i seguenti parametri geotecnici di progetto:

Tipo	Caratteristiche dei terreni				
	γ [kN/m ³]	e' [kPa]	c_u [kPa]	φ [°]	K_0 [-]
Rinfianco	20	0	-	35	0.426
Base Argilla limosa (Unità bb)	19.5	20	80	20	
Argilla marmosa (Unità AAC)	20.5	10	*300 -350	25	0.577

Tabella 2 – Caratteristiche meccaniche dei terreni (Muro "B")

*300(I) per la portanza laterale, 350(II) per la portanza di base

Quota del letto delle argille limose=116.30m s.l.m.m.

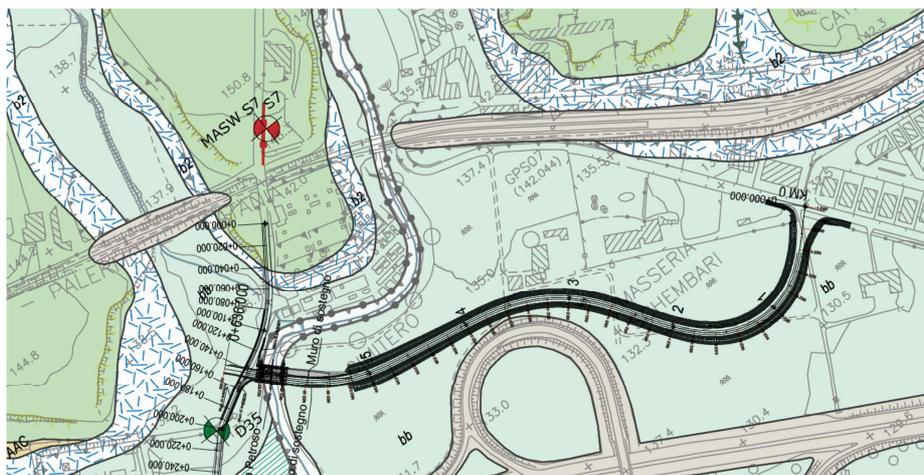


Figura 5 – Stralcio della carta geologica indicante la zona di intervento

Il regime delle spinte presenti sull'opera non è influenzato dalla falda, la cui presenza si rileva a circa 7.70 m dal p.c. (+125.22 m s.l.m.).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	12 di 67

5 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo con le norme vigenti [NTC – 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 50 anni [NTC – 2.4.1] relativa a “opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale” e rientra nella classe d'uso III [NTC – 2.4.2] relativa a “reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza”. Moltiplicando la vita nominale per il coefficiente di classe d'uso [definito in NTC – Tabella 2.4.II] si valuta il periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 50 \cdot 1.5 = 75 \text{ anni}$$

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

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{75}{\ln(1 - 0.10)} = 712 \text{ anni}$$

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica [NTC – 7.11.6.2.1] 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. Nel caso in esame, per il comune di Catenanuova (EN), allo SLV risulta:

$$a_g = 0.148 \text{ g}$$

[NTC – 3.2.2] Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica 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 $V_{s,30}$, ricavato dalle indagini sismiche eseguite nelle campagne geognostiche. In particolare, nel caso in esame si considera una categoria di suolo di tipo C: “*Depositi di terreno a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*”. Per quanto riguarda le condizioni topografiche, si può far riferimento ad una superficie pianeggiante (categoria T1). In definitiva, il sito in esame è caratterizzato solo da amplificazioni di carattere stratigrafico e, per tale motivo, in fase di progetto, i coefficienti stratigrafico e topografico previsti dalla norma possono essere considerati unitari [NTC – Tabelle 3.2.V e 3.2.VI]:

$$S_S = 1.5 \qquad S_T = 1.0$$

6 MODELLI DI CALCOLO

6.1 METODI DI CALCOLO DELLE AZIONI E DELLE VERIFICHE

Metodo di calcolo della spinta del terreno	Mononobe-Okabe
Metodo di calcolo della portanza del terreno	Vesic
Normativa adottata per le verifiche locali	D.M. 14/01/2008
Normativa adottata per il sisma	D.M. 14/01/2008
Localizzazione dell'opera	Catenanuova
Vita nominale dell'opera (Tab. 2.4.I)	50 anni
Classe d'uso (Tab. 2.4.II)	3
Parametri sismici calcolati per lo stato limite	SLV
Accelerazione relativa A_g/g massima attesa al suolo	0.1483 g
Categoria del suolo di fondazione	C
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	1.5
Coefficiente di amplificazione topografica	1
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito (β_s)	0.2
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per muri (β_m)	1
Punto di applicazione della forza dinamica	a metà altezza del muro
Effetto della componente verticale di accelerazione sismica incluso.	

Si rimanda ai paragrafi specifici per le diverse tipologie di muro per l'analisi delle singole condizioni di carico.

6.1.1 Descrizione del metodo di calcolo delle spinte

La teoria di Coulomb fa uso del *metodo dell'equilibrio limite* e considera l'equilibrio globale del cuneo di spinta alle spalle del muro di sostegno sottoposto alla forza nota del peso proprio ed alle due forze, note solo in direzione, costituite dalla reazione del terreno lungo la superficie di scorrimento e dalla spinta attiva agente sul paramento del muro.

Le ipotesi che stanno alla base del metodo, nella generalizzazione analitica di Muller/Breslau, sono:

- Terreno isotropo, omogeneo e dotato di attrito e/o coesione.
- Terreno che, a causa degli spostamenti del muro, si trova in uno stato di equilibrio plastico.
- Superficie di rottura piana.
- Superficie superiore del cuneo anche inclinata ma di forma piana.
- La resistenza per attrito e per coesione si sviluppa uniformemente lungo la superficie di rottura.
- Può esistere attrito tra paramento del muro e terreno, che si sviluppa al primo spostamento del muro.
- Il paramento del muro può essere inclinato ma non spezzato in più parti.

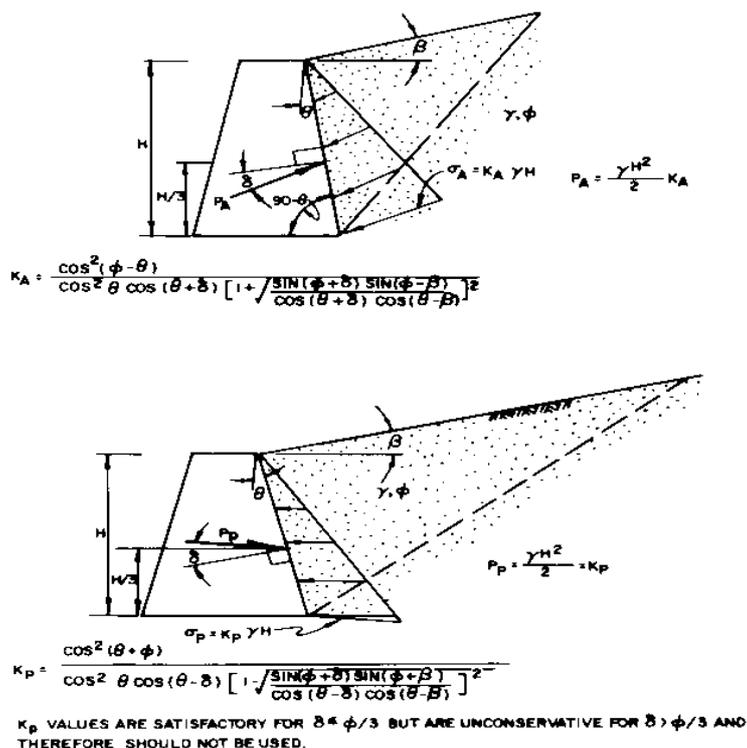


Figura 6 – Calcolo delle spinte

Scrivendo le equazioni di equilibrio lungo la superficie di rottura unitamente alla condizione di rottura sopra menzionata e massimizzando la spinta derivante dal calcolo al variare dell'angolo si perviene all'equazione della spinta attiva:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot K_a$$

dove K_a è il coefficiente di spinta attiva, usualmente scritto in funzione della geometria del problema in una delle varie forme presenti in letteratura, ad esempio la seguente:

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

Si precisa che nelle analisi in oggetto è stata considerata la spinta a riposo K_0 .

I simboli usati in questa formulazione sono:

θ = angolo che il paramento del muro forma con l'orizzontale.

δ = angolo di attrito terreno-muro.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
 PROGETTO ESECUTIVO
 RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	15 di 67

ε = angolo che il profilo del terrapieno forma con l'orizzontale.

ϕ = angolo di attrito interno del terreno.

Utilizzando la medesima formulazione della spinta attiva e minimizzando la spinta conseguente al variare dell'angolo, si perviene all'equazione della spinta passiva:

$$P_p = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot K_p$$

dove K_p è il coefficiente di spinta passiva, usualmente scritto in funzione della geometria del problema in una delle varie forme presenti in letteratura, ad esempio la seguente:

$$K_p = \frac{1}{\sin(\vartheta - \delta)} \cdot \frac{\sin^2(\vartheta + \phi)}{\left[\sin \vartheta \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \varepsilon)}{\sin(\vartheta - \delta) \cdot \sin(\vartheta + \varepsilon)}} \right) \right]^2}$$

I simboli usati in questa formulazione sono gli stessi del caso attivo.

Questa teoria ci fornisce il valore in modulo della spinta, attiva o passiva, la sua direzione, normale al paramento ma incrementata dell'angolo di attrito δ (muro-terreno), ed il punto di applicazione, posto a 2/3 della profondità considerata (quindi ad 1/3 dell'altezza del muro partendo dalla base, indipendentemente dall'inclinazione del paramento).

In **condizioni sismiche**, la spinta viene valutata attraverso la teoria di Mononobe-Okabe; essa può essere considerata un'estensione del metodo di Coulomb, in cui alle usuali spinte al contorno del cuneo instabile di terreno vengono sommate anche le azioni inerziali orizzontali e verticali dovute all'accelerazione delle masse.

In tal caso, le spinte Attiva e Passiva si calcolano come:

$$P_{a/p} = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot (1 - k_v) \cdot K_{a/p}$$

il coefficiente $K_{a/p}$ viene calcolato utilizzando la formulazione di Mononobe-Okabe proposta nell'ordinanza 3274 e successiva correzione 3316, in cui i simboli usati sono:

ϕ = angolo di attrito interno del terreno.

ψ = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete interessata del muro.

β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno.

δ = angolo di attrito terreno-muro.

θ = angolo di rotazione addizionale definito come segue:

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

Il coefficiente per stati di spinta attiva si divide in due casi:

$$\beta \leq \phi - \theta \quad \Rightarrow \quad K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \phi - \theta \quad \Rightarrow \quad K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

$$K_p = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi + \theta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi) \cdot \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \cdot \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

Nel caso di accelerazione sismica solo orizzontale l'angolo θ è unico e la spinta attiva e passiva risulta univocamente determinata; viceversa le formule forniscono due distinti valori, che corrispondono alla presenza di accelerazione sismica verticale verso l'alto e verso il basso.

6.1.2 Descrizione della normativa sismica

In zona sismica per l'opera di sostegno viene condotta una analisi pseudostatica secondo quanto previsto dalla normativa vigente [NTC - 7.11.6].

Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, pari al prodotto delle forze di gravità moltiplicate per un coefficiente sismico.

I coefficienti sismici orizzontali e verticali, applicati a tutte le masse potenzialmente instabili, sono calcolati rispettivamente come:

$$k_h = \beta_m \cdot (a_{\max}/g)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

β_m è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g è l'accelerazione di gravità;

S_S è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;

S_T è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione della forma del pendio;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_m sono riportati nella normativa in Tab. 7.11.II, in funzione della categoria di sottosuolo e della accelerazione orizzontale massima a_g . Nel caso in esame si è assunto un valore unitario, supponendo che il muro non sia in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno (fondazioni su pali).

Il coefficiente S_s di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore pari ad 1.5; i valori minimi e massimi di S_s sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V. Il coefficiente S_T di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture su pendii con inclinazione maggiore di 15° e dislivello superiore a 30m, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di S_T sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.VI, in funzione della categoria topografica della superficie.

I coefficienti sismici sopra definiti sono considerati costanti lungo l'altezza del muro.

L'incremento di spinta dovuto al sisma può venire assunto agente nello stesso punto di quella statica, nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, oppure a metà altezza dell'opera, negli altri casi.

La spinta totale di progetto E_d agente sull'opera di sostegno è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot h^2 + E_{ws}$$

dove:

- γ è il peso specifico del terreno;
- K è il coefficiente di spinta del terreno;
- h è l'altezza del muro;
- E_{ws} è la spinta idrostatica.

Si ricorda che il metodo di Mononobe-Okabe include il sisma in modo nativo nella sua formulazione.

L'acqua interstiziale viene considerata non libera all'interno dello scheletro solido del terreno, trattando quindi quest'ultimo come un mezzo monofase. In presenza di acqua libera sulla faccia del muro viene aggiunta la sovrappressione (considerata agente nel caso peggiore, cioè da monte verso valle) dovuta all'effetto idrodinamico, secondo la relazione:

$$q(z) = \frac{7}{8} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{h \cdot z}$$

dove:

- h è l'altezza totale della zona interessata dall'acqua libera;
- z è la distanza dal pelo libero dell'acqua;

Nel caso in esame, comunque, il regime delle spinta presenti sull'opera non è influenzato dalla falda.

6.1.3 Combinazioni di carico

N.T.C. 2008 - Approccio 1

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	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
γ_{γ}	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	0.90	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.10	1.30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.50	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00	1.30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Coazione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

PALI DI FONDAZIONE

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei pali

Pali trivellati

		R1	R2	R3
Punta	γ_b	1.00	1.70	1.35
Laterale compressione	γ_s	1.00	1.45	1.15
Totale compressione	γ_t	1.00	1.60	1.30
Laterale trazione	γ_{st}	1.00	1.60	1.25

CARICHI TRASVERSALI.

Coefficienti parziali γ_T per le verifiche dei pali.

		R1	R2	R3
	γ_T	1.00	1.60	1.30

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate	1	$\xi_3=1.70$	$\xi_4=1.7$
------------------------------	---	--------------	-------------

7 RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE DEI MURI

7.1 MURO TIPO "B"

7.1.1 Rappresentazione geometrica e analitica

Di seguito si riporta la rappresentazione grafica e analitica delle dimensioni del muro.

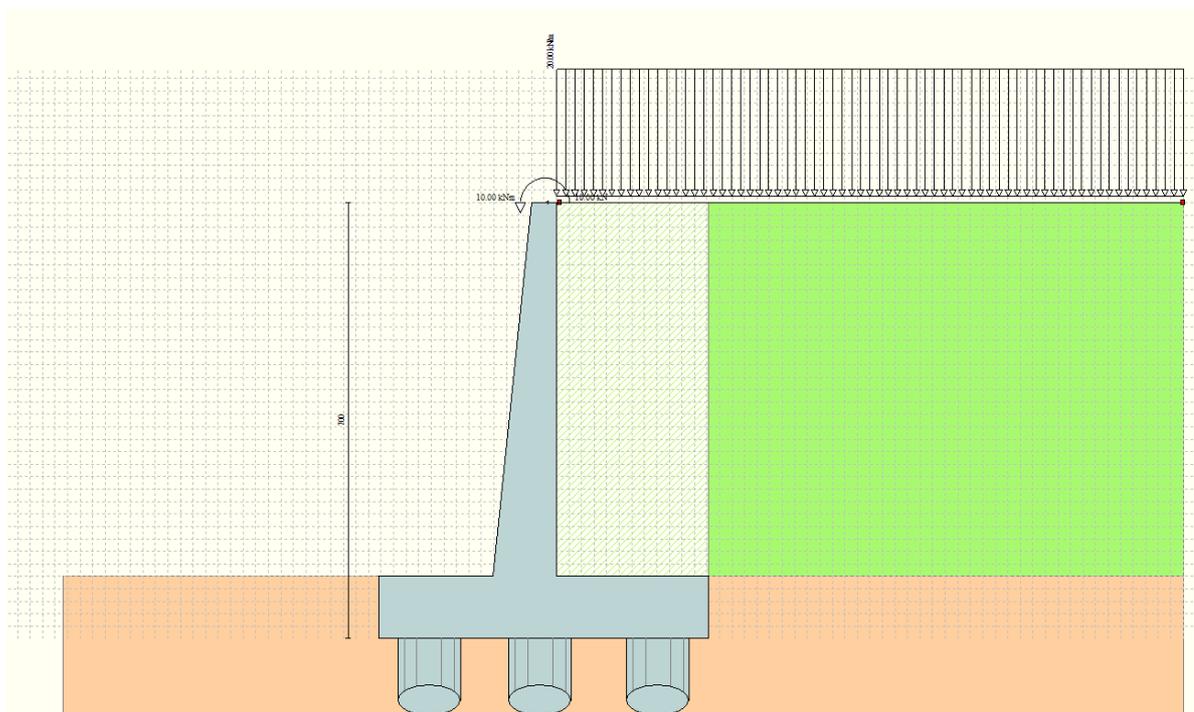


Figura 7 – Rappresentazione geometrica del modello di calcolo (tipologia B)

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	6.00 [m]
Spessore in sommità	0.40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.01 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.80 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	10.50 [m]



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	22 di 67

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1.82 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2.42 [m]
Lunghezza totale fondazione	5.25 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	1.00 [m]
Spessore magrone	0.00 [m]

Descrizione pali di fondazione

Pali in c.a.

Numero di file di pali	3
Vincolo pali/fondazione	Incastro
Tipo di portanza	Portanza laterale e portanza di punta

Simbologia adottata

N	numero d'ordine della fila
X	ascissa della fila misurata dallo spigolo di monte della fondazione espressa in [m]
nr.	Numero di pali della fila
D	diametro dei pali della fila espresso in [cm]
L	lunghezza dei pali della fila espressa in [m]
alfa	inclinazione dei pali della fila rispetto alla verticale espressa in [°]
ALL	allineamento dei pali della fila rispetto al baricentro della fondazione (CENTRATI o SFALSATI)

N	X	Nr.	D	L	alfa	ALL
1	0.80	3	100.00	16.00	0.00	Centrati
2	2.68	2	100.00	16.00	0.00	Sfalsati
3	4.45	3	100.00	16.00	0.00	Centrati

7.1.2 Geometria degli strati

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	0.05	0.00	0.00
2	10.00	0.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.00 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno

Descrizione Descrizione terreno

γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]

γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]

ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]

δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]

c Coesione espressa in [kPa]

c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rinfianco	20.00	20.00	35.00	23.33	0.0	0.0
Unità bb	19.50	19.50	0.00	0.00	80.0	40.0

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	24 di 67

Unità ACC	20.00	20.00	0.00	0.00	325.0	162.5
-----------	-------	-------	------	------	-------	-------

Parametri medi

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rinfianco	20.00	20.00	35.00	23.33	0.0	0.0
Unità bb	19.50	19.50	0.00	0.00	80.0	40.0
Unità ACC	20.00	20.00	0.00	0.00	325.0	162.5

Parametri minimi

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rinfianco	20.00	20.00	35.00	23.33	0.0	0.0
Unità bb	19.50	19.50	0.00	0.00	80.0	40.0
Unità ACC	20.00	20.00	0.00	0.00	325.0	162.5

Stratigrafia

Simbologia adottata

N Indice dello strato
H Spessore dello strato espresso in [m]
a Inclinazione espressa in [°]
K_w Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
K_s Coefficiente di spinta
Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	K _w	K _s	Terreno
1	6.00	0.00	0.00	0.42	Rinfianco
2	13.05	0.00	2.94	0.57	Unità bb
3	10.00	0.00	11.93	0.57	Unità ACC
Terreno di riempimento				Rinfianco	

7.1.3 Condizioni di carico

A monte del muro si considera un carico variabile uniforme di 20 kN/m.

Si è inoltre applicata l'azione di urto di veicolo in svio sul guard rail presente in testa al muro. Tale azione, come previsto dalla norma [NTC – 3.6.3.3.2], è pari a 100 kN applicata su una linea lunga 0.5 m, agente 1 m al di sopra del piano di marcia. Al fine di determinare la lunghezza del muro effettivamente collaborante nei confronti di tale azione, si considera una ripartizione della forza nel paramento verticale secondo un angolo di 45°. Nel caso in esame, avendo un paramento di altezza pari a 6 m si ottiene:

$$2 \cdot H \cdot \tan 45 = 12m > L_{muro} = 10$$

Si considera quindi la lunghezza totale del muro. Le azioni applicate in testa al muro sono:

$$F = \frac{100}{10} = 10 \text{ kN/m}$$

$$M = \frac{100 \cdot 1}{10} = 10 \text{ kNm/m}$$

Cautelativamente, tale azione è considerata come una azione variabile e non come azione eccezionale.

7.1.4 Descrizione e combinazione di carico

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	26 di 67

Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
----------------	------	------	------	------

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
traffico	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 5 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	27 di 67

Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 14 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 15 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 16 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 17 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	29 di 67

Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 18 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 19 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 20 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 21 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
traffico	SFAV	1.00	1.00	1.00



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	30 di 67

7.1.5 Impostazioni analisi

- Impostazioni analisi pali

Numero elementi palo 40

Tipo carico palo Distribuito

Calcolo della portanza metodo di Vesic

Criterio di rottura del sistema terreno-palo

Andamento pressione verticale : Geostatica

- Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

7.1.6 Quadro riassuntivo coefficienti di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

CS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento

CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento

CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite

CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	--	--	--	--
2	A2-M2 - [1]	--	--	--	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	4.51
4	A1-M1 - [2]	--	--	--	--	--
5	A2-M2 - [2]	--	--	--	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	3.63
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
9	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--
10	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2.47
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2.72
13	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	--

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 22.21$
 Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v = 0.50 * k_h = 11.11$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g 0.59 [m/s²]
 Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.50
 Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.00
 Coefficiente riduzione (β_m) 1.00
 Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50
 Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 8.97$
 Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v = 0.50 * k_h = 4.48$
 Forma diagramma incremento sismico Rettangolare
 Partecipazione spinta passiva (percento) 0.0
 Lunghezza del muro 10.50 [m]
 Peso muro 232.3681 [kN]
 Baricentro del muro X=-0.28 Y=-5.13

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X = 2.42 Y = -7.00
 Punto superiore superficie di spinta X = 2.42 Y = 0.00
 Altezza della superficie di spinta 7.00 [m]
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale) 0.00 [°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica 231.4962 [kN]
 Componente orizzontale della spinta statica 219.4274 [kN]
 Componente verticale della spinta statica 73.7706 [kN]
 Punto d'applicazione della spinta X = 2.42 [m] Y = -4.34 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18.58	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	45.00	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2.42	[m]	Y = -7.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	290.4000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.21	[m]	Y = -3.00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	219.4274	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	596.5388	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	596.5388	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	219.4274	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.01	[m]
Lunghezza fondazione reagente	5.25	[m]
Risultante in fondazione	635.6153	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20.20	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3.0938	[kNm]

7.1.8 Inviluppi

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	15.0000	0.0000	15.0000
2	0.30	3.0537	3.0537	0.3870	20.2615	2.8214	20.3202
3	0.60	6.3308	6.3308	1.6511	27.1514	6.1702	26.1777
4	0.90	9.8313	9.8313	3.9465	35.8260	10.0415	33.8862
5	1.20	13.5551	13.5551	7.4262	46.4397	14.4340	45.3267
6	1.50	17.5023	17.5023	12.2432	59.1465	19.3477	57.3381
7	1.80	21.6728	21.6728	18.5504	74.1006	24.7827	69.9203
8	2.10	26.0667	26.0667	26.5007	91.4560	30.7389	83.0734
9	2.40	30.6840	30.6840	36.2471	113.7074	37.2163	96.7974
10	2.70	35.5247	35.5247	47.9425	144.3703	44.2150	111.0922
11	3.00	40.5887	40.5887	61.7399	179.3315	51.7349	125.9579
12	3.30	45.8761	45.8761	77.7922	218.7587	59.7758	141.3941
13	3.60	51.3868	51.3868	96.2520	262.8195	68.3359	157.3987
14	3.90	57.1209	57.1209	117.2716	311.6807	77.4154	173.9719
15	4.20	63.0784	63.0784	141.0039	365.5104	87.0186	191.1189
16	4.50	69.2592	69.2592	167.6028	424.4772	97.1445	208.8388
17	4.80	75.6634	75.6634	197.2213	488.7492	107.7919	227.1296
18	5.10	82.2910	82.2910	230.0124	558.4943	118.9605	245.9912
19	5.40	89.1419	89.1419	266.1290	633.8803	130.6503	265.4238
20	5.70	96.2162	96.2162	305.7241	715.0751	142.8614	285.4271
21	6.00	103.5139	103.5139	348.9439	802.2397	155.5103	305.9180

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	3.0000	10.0000	3.0000	10.0000
2	0.30	3.0537	3.0537	4.3086	13.5495	5.9460	13.8859
3	0.60	6.3308	6.3308	6.5142	18.2783	9.3026	18.1846
4	0.90	9.8313	9.8313	9.7359	24.3060	13.0645	22.8890
5	1.20	13.5551	13.5551	14.0914	31.7503	17.2303	27.9974
6	1.50	17.5023	17.5023	19.6986	40.7290	21.8000	33.5097
7	1.80	21.6728	21.6728	26.6752	51.3599	26.7738	39.4260
8	2.10	26.0667	26.0667	35.1390	63.7608	32.1514	45.7462
9	2.40	30.6840	30.6840	45.2077	78.0493	37.9331	52.4704

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00 05 002	B	36 di 67

10	2.70	35.5247	35.5247	56.9991	94.3433	44.1186	59.5986
11	3.00	40.5887	40.5887	70.6310	112.7606	50.7082	67.1307
12	3.30	45.8761	45.8761	86.2211	133.4188	57.7017	75.0668
13	3.60	51.3868	51.3868	103.8871	156.4357	65.0991	83.4068
14	3.90	57.1209	57.1209	123.7468	181.9291	72.8998	92.1498
15	4.20	63.0784	63.0784	145.9174	210.0158	81.1015	101.2927
16	4.50	69.2592	69.2592	170.5159	240.8129	89.7069	110.8394
17	4.80	75.6634	75.6634	197.6607	274.4388	98.7194	120.7941
18	5.10	82.2910	82.2910	227.4703	311.0122	108.1366	131.1539
19	5.40	89.1419	89.1419	260.0624	350.6509	117.9578	141.9177
20	5.70	96.2162	96.2162	295.5548	393.4726	128.1830	153.0854
21	6.00	103.5139	103.5139	334.0600	439.5900	138.7474	164.5925

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

CS coefficiente sicurezza sezione

V_{Rcd} Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]

V_{Rsd} Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]

VRD Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 40	15.71	15.71	0.00	0.00	13.90	185.13	--	--
2	0.30	100, 43	15.71	15.71	35.10	-232.88	11.49	192.53	--	--
3	0.60	100, 46	15.71	15.71	59.78	-256.38	9.44	199.74	--	--
4	0.90	100, 49	15.71	15.71	76.57	-279.02	7.79	206.80	--	--
5	1.20	100, 52	31.42	15.71	171.42	-587.27	12.65	268.77	--	--
6	1.50	100, 55	31.42	15.71	186.33	-629.66	10.65	277.17	--	--
7	1.80	100, 58	31.42	15.71	196.36	-671.36	9.06	285.43	--	--
8	2.10	100, 61	31.42	15.71	203.09	-712.54	7.79	293.55	--	--
9	2.40	100, 64	31.42	15.71	202.98	-752.20	6.62	301.54	--	--
10	2.70	100, 67	31.42	15.71	194.29	-789.58	5.47	309.43	--	--
11	3.00	100, 70	31.42	15.71	187.22	-827.17	4.61	317.21	--	--
12	3.30	100, 74	31.42	15.71	181.39	-864.94	3.95	324.91	--	--



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA**

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	37 di 67

13	3.60	100, 77	31.42	15.71	176.52	-902.84	3.44	332.51	--	--
14	3.90	100, 80	31.42	15.71	172.43	-940.84	3.02	340.05	--	--
15	4.20	100, 83	31.42	15.71	168.94	-978.94	2.68	347.51	--	--
16	4.50	100, 86	31.42	15.71	165.96	-1017.12	2.40	354.90	--	--
17	4.80	100, 89	31.42	15.71	163.38	-1055.36	2.16	362.24	--	--
18	5.10	100, 92	31.42	15.71	161.14	-1093.66	1.96	369.52	--	--
19	5.40	100, 95	31.42	15.71	159.19	-1132.02	1.79	376.75	--	--
20	5.70	100, 98	31.42	15.71	157.48	-1170.42	1.64	383.94	--	--
21	6.00	100, 101	31.42	15.71	155.98	-1208.86	1.51	391.08	--	--

Dall'esame puntuale tra i valori della sollecitazione di taglio agente ad ogni sezione di calcolo ed i valori del taglio resistente per le medesime sezioni, si riscontra che V_{ed} (taglio agente) < V_{Rd} (taglio resistente); pertanto tutte le sezioni di calcolo risultano verificate.

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 40	15.71	15.71	488	33	19546	-4330
2	0.30	100, 43	15.71	15.71	585	42	23386	-5483
3	0.60	100, 46	15.71	15.71	704	51	28399	-6858
4	0.90	100, 49	15.71	15.71	841	60	34503	-8434
5	1.20	100, 52	31.42	15.71	786	68	21526	-9023
6	1.50	100, 55	31.42	15.71	915	77	25729	-10650
7	1.80	100, 58	31.42	15.71	1053	85	30416	-12396
8	2.10	100, 61	31.42	15.71	1199	94	35573	-14250
9	2.40	100, 64	31.42	15.71	1352	102	41189	-16205
10	2.70	100, 67	31.42	15.71	1511	111	47254	-18253
11	3.00	100, 70	31.42	15.71	1676	119	53760	-20389
12	3.30	100, 74	31.42	15.71	1846	127	60701	-22608
13	3.60	100, 77	31.42	15.71	2022	135	68071	-24905
14	3.90	100, 80	31.42	15.71	2203	143	75866	-27277
15	4.20	100, 83	31.42	15.71	2388	151	84082	-29720
16	4.50	100, 86	31.42	15.71	2578	160	92715	-32232
17	4.80	100, 89	31.42	15.71	2772	168	101763	-34810
18	5.10	100, 92	31.42	15.71	2970	176	111223	-37452
19	5.40	100, 95	31.42	15.71	3172	184	121094	-40156
20	5.70	100, 98	31.42	15.71	3378	192	131374	-42921
21	6.00	100, 101	31.42	15.71	3588	200	142058	-45743

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	1319.24	356.49	--	--
2	0.15	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	32.62	356.49	--	--
3	0.30	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	19.19	356.49	--	--
4	0.47	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	11.26	356.49	--	--
5	0.63	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	7.59	356.49	--	--
6	0.80	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	5.55	356.49	--	--
7	0.97	100, 100	27.14	22.62	0.00	821.10	4.26	4003.63	4003.63	4541.65
8	1.13	100, 100	27.14	22.62	0.00	821.10	2.70	4003.63	4003.63	4541.65
9	1.30	100, 100	27.14	22.62	0.00	821.10	1.83	4003.63	4003.63	4450.23
10	1.47	100, 100	27.14	22.62	0.00	821.10	1.33	4003.63	4003.63	4362.42
11	1.65	100, 100	27.14	31.67	0.00	1144.33	1.39	356.49	--	--
12	1.82	100, 100	27.14	40.72	0.00	1464.99	1.38	356.49	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
13	0.00	100, 100	27.14	22.62	3	20	152	-31
14	0.15	100, 100	27.14	22.62	113	27	4376	5717
15	0.30	100, 100	27.14	22.62	160	41	9291	7900
16	0.47	100, 100	27.14	22.62	269	56	15616	12866
17	0.63	100, 100	27.14	22.62	395	108	22910	11784

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	39 di 67

18	0.80	100, 100	27.14	22.62	536	172	31049	-6405
19	0.97	100, 100	27.14	22.62	691	235	40070	-8266
20	1.13	100, 100	27.14	22.62	1100	297	63768	-13155
21	1.30	100, 100	27.14	22.62	1638	359	94944	-19587
22	1.47	100, 100	27.14	22.62	2256	355	130813	-26986
23	1.65	100, 100	27.14	31.67	2691	350	127011	-33395
24	1.82	100, 100	27.14	40.72	3181	363	128456	-40368

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 100	27.14	22.62	0.00	821.10	1000.00	356.49	--	--
2	0.15	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	74.65	356.49	--	--
3	0.30	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	52.38	356.49	--	--
4	0.47	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	27.03	356.49	--	--
5	0.63	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	15.93	2270.82	4003.63	2270.82
6	0.80	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	10.51	2270.82	4003.63	2270.82
7	0.97	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	7.45	2270.82	4003.63	2270.82
8	1.13	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	5.57	2270.82	4003.63	2270.82
9	1.30	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	4.32	2208.97	4003.63	2208.97
10	1.48	100, 100	27.14	31.67	0.00	-983.36	3.25	2150.40	4003.63	2150.40
11	1.65	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	2.52	4003.63	4003.63	4300.80
12	1.83	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	2.03	4003.63	4003.63	4300.80
13	2.00	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	1.68	4003.63	4003.63	4300.80
14	2.18	100, 100	27.14	22.62	0.00	-982.60	1.42	3639.14	4003.63	3639.14
15	2.42	100, 100	36.19	22.62	0.00	-1303.85	1.53	4003.63	4003.63	6307.85

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
16	0.00	100, 100	27.14	22.62	5	4	300	-62
17	0.15	100, 100	27.14	22.62	108	0	1544	5462
18	0.30	100, 100	27.14	22.62	179	0	-2198	9076
19	0.47	100, 100	27.14	22.62	264	0	-3233	13346
20	0.63	100, 100	27.14	22.62	356	0	-4367	18029
21	0.80	100, 100	27.14	22.62	430	1	-5277	21785
22	0.97	100, 100	27.14	22.62	496	7	-6089	25139
23	1.13	100, 100	27.14	22.62	564	28	-6921	28572
24	1.30	100, 100	27.14	22.62	604	51	-7411	30595
25	1.48	100, 100	27.14	31.67	645	25	-7839	34241
26	1.65	100, 100	27.14	22.62	864	6	-10602	43769
27	1.83	100, 100	27.14	22.62	1119	1	-13719	56638

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	40 di 67

28	2.00	100, 100	27.14	22.62	1431	0	-17551	72455
29	2.18	100, 100	27.14	22.62	1831	0	-22456	92708
30	2.42	100, 100	36.19	22.62	2085	0	-26278	88573

Inviluppo armature e tensioni piastre

X	ascissa sezione espressa in [m]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sfuerzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione

Piastra fondazione monte

Nr.	X	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	-5.25	7.07	7.07	0.00	260.11	117.42
2	-5.00	7.07	7.07	0.00	260.11	11.27
3	-4.74	7.07	7.07	0.00	-260.11	6.30
4	-4.49	7.07	7.07	0.00	-260.11	4.65
5	-4.24	7.07	7.07	0.00	-260.11	4.35
6	-3.99	7.07	7.07	0.00	-260.11	5.14
7	-3.74	7.07	7.07	0.00	-260.11	9.92
8	-3.39	7.07	7.07	0.00	260.11	17.74
9	-3.05	7.07	7.07	0.00	260.11	6.90
10	-2.70	7.07	7.07	0.00	260.11	4.82
11	-2.45	7.07	7.07	0.00	260.11	4.32
12	-2.20	7.07	7.07	0.00	260.11	4.19
13	-1.95	7.07	7.07	0.00	260.11	4.31
14	-1.70	7.07	7.07	0.00	260.11	4.75
15	-1.40	7.07	7.07	0.00	260.11	6.08
16	-1.10	7.07	7.07	0.00	260.11	10.84
17	-0.80	7.07	7.07	0.00	260.11	86.40
18	-0.50	7.07	7.07	0.00	-260.11	7.24
19	-0.25	7.07	7.07	0.00	-260.11	4.28
20	0.00	7.07	7.07	0.00	-260.11	3.79
21	0.25	7.07	7.07	0.00	-260.11	4.28
22	0.50	7.07	7.07	0.00	-260.11	7.24
23	0.80	7.07	7.07	0.00	260.11	86.40
24	1.10	7.07	7.07	0.00	260.11	10.84
25	1.40	7.07	7.07	0.00	260.11	6.08
26	1.70	7.07	7.07	0.00	260.11	4.75
27	1.95	7.07	7.07	0.00	260.11	4.31
28	2.20	7.07	7.07	0.00	260.11	4.19
29	2.45	7.07	7.07	0.00	260.11	4.32
30	2.70	7.07	7.07	0.00	260.11	4.82



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA**

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	41 di 67

31	3.05	7.07	7.07	0.00	260.11	6.90
32	3.39	7.07	7.07	0.00	260.11	17.74
33	3.74	7.07	7.07	0.00	-260.11	9.92
34	3.99	7.07	7.07	0.00	-260.11	5.14
35	4.24	7.07	7.07	0.00	-260.11	4.35
36	4.49	7.07	7.07	0.00	-260.11	4.65
37	4.74	7.07	7.07	0.00	-260.11	6.30
38	5.00	7.07	7.07	0.00	260.11	11.27
39	5.25	7.07	7.07	0.00	260.11	117.42

Piastra fondazione valle

Nr.	X	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS
1	-5.25	7.07	7.07	0.00	260.11	45.54
2	-5.00	7.07	7.07	0.00	-260.11	4.48
3	-4.74	7.07	7.07	0.00	-260.11	2.22
4	-4.49	7.07	7.07	0.00	-260.11	1.53
5	-4.24	7.07	7.07	0.00	-260.11	1.39
6	-3.99	7.07	7.07	0.00	-260.11	1.63
7	-3.74	7.07	7.07	0.00	-260.11	3.00
8	-3.39	7.07	7.07	0.00	260.11	5.71
9	-3.05	7.07	7.07	0.00	260.11	2.48
10	-2.70	7.07	7.07	0.00	260.11	1.84
11	-2.45	7.07	7.07	0.00	260.11	1.69
12	-2.20	7.07	7.07	0.00	260.11	1.65
13	-1.95	7.07	7.07	0.00	260.11	1.70
14	-1.70	7.07	7.07	0.00	260.11	1.85
15	-1.40	7.07	7.07	0.00	260.11	2.28
16	-1.10	7.07	7.07	0.00	260.11	3.95
17	-0.80	7.07	7.07	0.00	-260.11	12.76
18	-0.50	7.07	7.07	0.00	-260.11	2.19
19	-0.25	7.07	7.07	0.00	-260.11	1.36
20	0.00	7.07	7.07	0.00	-260.11	1.20
21	0.25	7.07	7.07	0.00	-260.11	1.36
22	0.50	7.07	7.07	0.00	-260.11	2.19
23	0.80	7.07	7.07	0.00	-260.11	12.76
24	1.10	7.07	7.07	0.00	260.11	3.95
25	1.40	7.07	7.07	0.00	260.11	2.28
26	1.70	7.07	7.07	0.00	260.11	1.85
27	1.95	7.07	7.07	0.00	260.11	1.70
28	2.20	7.07	7.07	0.00	260.11	1.65
29	2.45	7.07	7.07	0.00	260.11	1.69
30	2.70	7.07	7.07	0.00	260.11	1.84
31	3.05	7.07	7.07	0.00	260.11	2.48
32	3.39	7.07	7.07	0.00	260.11	5.71
33	3.74	7.07	7.07	0.00	-260.11	3.00
34	3.99	7.07	7.07	0.00	-260.11	1.63



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA**

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00 05 002	B	42 di 67

35	4.24	7.07	7.07	0.00	-260.11	1.39
36	4.49	7.07	7.07	0.00	-260.11	1.53
37	4.74	7.07	7.07	0.00	-260.11	2.22
38	5.00	7.07	7.07	0.00	-260.11	4.48
39	5.25	7.07	7.07	0.00	260.11	45.54

Dall'esame puntuale tra i valori della sollecitazione di taglio agente ad ogni sezione di calcolo ed i valori del taglio resistente per le medesime sezioni, si riscontra che V_{ed} (taglio agente) < V_{Rd} (taglio resistente); pertanto tutte le sezioni di calcolo risultano verificate.

Inviluppo sollecitazioni nei pali e verifiche delle sezioni

- Nr. numero d'ordine della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione
 Y ordinata della sezione a partire dall'attacco palo-fondazione positiva verso il basso (in [m])
 M momento flettente espresso in [kNm]
 N sforzo normale espresso in [kN]
 T taglio espresso in [kN]
 M_u momento ultimo espresso in [kNm]
 N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
 T_u taglio ultimo espresso in [kN]
 CS coefficiente di sicurezza

Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 1

Nr.	Y	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax	Nmin	Nmax
1	0.00	344.6406	1045.7739	195.5625	674.2281	-650.8831	611.8493
2	0.40	270.8172	792.8401	163.0392	551.8200	-634.7931	611.9770
3	0.80	205.6015	572.1121	142.3487	475.5751	-618.7032	612.1048
4	1.20	148.6620	381.8821	122.7453	404.3204	-602.6132	612.2325
5	1.60	99.5639	220.1539	104.4164	338.5387	-586.5233	612.3602
6	2.00	57.7973	87.0000	87.4877	278.5104	-570.4334	612.4880
7	2.40	-26.6657	22.8094	72.0327	224.3462	-554.3434	612.6157
8	2.80	-116.4042	-6.0108	58.0814	176.0173	-538.2535	612.7434
9	3.20	-186.8111	-29.2434	45.6273	133.3825	-522.1635	612.8712
10	3.60	-240.1641	-47.4943	34.6350	96.2120	-506.0736	612.9989
11	4.00	-278.6489	-61.3483	25.0460	64.2091	-489.9836	613.1266
12	4.40	-304.3326	-71.3667	16.7845	37.0285	-473.8937	613.2544
13	4.80	-319.1440	-78.0805	9.7623	14.6892	-457.8037	613.3821
14	5.20	-324.8609	-81.9854	-4.3956	3.8982	-441.7138	613.5098
15	5.60	-323.1027	-83.5383	-19.4397	-0.9574	-425.6238	613.6376
16	6.00	-315.3268	-83.1553	-31.2420	-4.8606	-409.5339	613.7653
17	6.40	-302.8300	-81.2111	-40.1953	-7.9309	-393.4440	613.8930
18	6.80	-286.7519	-78.0387	-46.6770	-10.2693	-377.3540	614.0208
19	7.20	-268.0811	-73.9310	-51.0444	-11.9732	-361.2641	614.1485
20	7.60	-247.6634	-69.1417	-53.6321	-13.1346	-345.1741	614.2762

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00 05 002	B	43 di 67

21	8.00	-226.2105	-63.8878	-54.7489	-13.8399	-329.0842	614.4040
22	8.40	-204.3110	-58.3519	-54.6773	-14.1688	-312.9942	614.5317
23	8.80	-182.4400	-52.6844	-53.6724	-14.1940	-296.9043	614.6594
24	9.20	-160.9711	-47.0068	-51.9620	-13.9813	-280.8143	614.7872
25	9.60	-140.1863	-41.4143	-49.7473	-13.5895	-264.7244	614.9149
26	10.00	-120.2873	-35.9785	-47.2034	-13.0703	-248.6344	615.0426
27	10.40	-101.4060	-30.7503	-44.4809	-12.4687	-232.5445	615.1704
28	10.80	-83.6136	-25.7629	-41.7065	-11.8231	-216.4546	615.2981
29	11.20	-66.9310	-21.0336	-38.9848	-11.1657	-200.3646	615.4258
30	11.60	-51.3371	-16.5674	-36.3997	-10.5228	-184.2747	615.5536
31	12.00	-36.7772	-12.3582	-34.0154	-9.9153	-168.1847	615.6813
32	12.40	-23.1711	-8.3921	-25.3327	-7.6534	-136.0402	601.3109
33	12.80	-13.0380	-5.3308	-17.7739	-5.6410	-94.2629	578.2417
34	13.20	-5.9284	-3.0744	-11.4076	-3.9060	-53.7829	555.1725
35	13.60	-2.0441	-1.0758	-6.2661	-2.4644	-42.9150	532.1033
36	14.00	-0.5262	1.1411	-2.3580	-1.3245	-32.0472	509.0341
37	14.40	0.0036	2.0842	-0.5151	0.3212	-21.1793	485.9649
38	14.80	0.1993	1.9558	0.0410	1.7810	-10.3114	462.8957
39	15.20	0.1829	1.2434	0.2671	2.0310	0.5564	439.8265
40	15.60	0.0760	0.4310	0.1900	1.0774	11.4243	416.7572
41	16.00	0.0000	0.0000	0.1900	1.0774	15.5696	393.6880

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 1

Nr.	Y	A _r	M _u	N _u	T _u	CS
1	0.00	95.57	1094.36	-326.49	644.26	1.07
2	0.40	95.57	1032.76	-399.55	644.26	1.34
3	0.80	95.57	948.53	-505.88	644.26	1.72
4	1.20	95.57	828.65	-673.26	644.26	2.28
5	1.60	95.57	648.39	-972.51	644.26	3.16
6	2.00	95.57	354.28	-1653.73	644.26	4.67
7	2.40	95.57	148.81	-3105.98	644.26	5.97
8	2.80	95.57	107.24	-1461.52	644.26	4.38
9	3.20	95.57	512.14	-980.41	644.26	3.64
10	3.60	95.57	734.89	-750.18	644.26	3.23
11	4.00	95.57	796.09	-614.25	644.26	3.00
12	4.40	95.57	836.35	-523.32	644.26	2.88
13	4.80	95.57	862.96	-456.75	644.26	2.83
14	5.20	95.57	880.01	-404.19	644.26	2.83
15	5.60	95.57	889.95	-359.67	644.26	2.88
16	6.00	95.57	894.33	-319.27	644.26	2.96
17	6.40	95.57	894.13	-280.03	644.26	3.08
18	6.80	95.57	890.01	-239.38	644.26	3.24
19	7.20	95.57	882.40	-194.73	644.26	3.44
20	7.60	95.57	871.56	-143.14	644.26	3.68
21	8.00	95.57	857.63	-80.89	644.26	3.97
22	8.40	95.57	840.67	-2.88	644.26	4.32

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00 05 002	B	44 di 67

23	8.80	95.57	820.60	97.43	644.26	4.73
24	9.20	95.57	793.99	229.28	644.26	5.22
25	9.60	95.57	716.14	408.35	644.26	5.80
26	10.00	95.57	624.64	-656.20	644.26	6.51
27	10.40	95.57	535.93	-633.87	644.26	7.37
28	10.80	95.57	450.67	-594.38	644.26	8.44
29	11.20	95.57	369.23	-524.28	644.26	9.80
30	11.60	95.57	291.79	-393.46	644.26	11.57
31	12.00	95.57	218.33	-116.01	644.26	13.96
32	12.40	95.57	152.26	878.95	644.26	18.14
33	12.80	95.57	100.81	-1770.49	644.26	18.91
34	13.20	95.57	60.66	-2075.19	644.26	19.73
35	13.60	95.57	31.17	-2553.59	644.26	20.61
36	14.00	95.57	10.13	3487.93	644.26	21.57
37	14.40	95.57	0.08	-3161.46	644.26	22.60
38	14.80	95.57	4.73	-2755.51	644.26	23.72
39	15.20	95.57	4.57	1031.74	644.26	24.97
40	15.60	95.57	2.00	10843.51	644.26	26.35
41	16.00	95.57	0.00	10984.31	644.26	27.90

Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 2

Nr.	Y	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax	Nmin	Nmax
1	0.00	344.6406	1045.7739	195.5625	674.2281	748.8280	970.3044
2	0.40	270.8172	792.8401	163.0392	551.8200	741.7363	960.1125
3	0.80	205.6015	572.1121	142.3487	475.5751	734.6445	949.9207
4	1.20	148.6620	381.8821	122.7453	404.3204	727.5527	939.7289
5	1.60	99.5639	220.1539	104.4164	338.5387	720.4610	929.5370
6	2.00	57.7973	87.0000	87.4877	278.5104	713.3692	919.3452
7	2.40	-26.6657	22.8094	72.0327	224.3462	706.2775	909.1534
8	2.80	-116.4042	-6.0108	58.0814	176.0173	699.1857	898.9615
9	3.20	-186.8111	-29.2434	45.6273	133.3825	692.0939	888.7697
10	3.60	-240.1641	-47.4943	34.6350	96.2120	685.0022	878.5779
11	4.00	-278.6489	-61.3483	25.0460	64.2091	677.9104	868.3860
12	4.40	-304.3326	-71.3667	16.7845	37.0285	670.8187	858.1942
13	4.80	-319.1440	-78.0805	9.7623	14.6892	663.7269	848.0024
14	5.20	-324.8609	-81.9854	-4.3956	3.8982	656.6352	837.8105
15	5.60	-323.1027	-83.5383	-19.4397	-0.9574	649.5434	827.6187
16	6.00	-315.3268	-83.1553	-31.2420	-4.8606	642.4516	817.9259
17	6.40	-302.8300	-81.2111	-40.1953	-7.9309	635.3599	816.1358
18	6.80	-286.7519	-78.0387	-46.6770	-10.2693	628.2681	814.3456
19	7.20	-268.0811	-73.9310	-51.0444	-11.9732	621.1764	812.5555
20	7.60	-247.6634	-69.1417	-53.6321	-13.1346	614.0846	810.7654
21	8.00	-226.2105	-63.8878	-54.7489	-13.8399	606.9928	808.9752
22	8.40	-204.3110	-58.3519	-54.6773	-14.1688	599.9011	807.1851
23	8.80	-182.4400	-52.6844	-53.6724	-14.1940	592.8093	805.3950
24	9.20	-160.9711	-47.0068	-51.9620	-13.9813	585.7176	803.6049

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	45 di 67

25	9.60	-140.1863	-41.4143	-49.7473	-13.5895	578.6258	801.8147
26	10.00	-120.2873	-35.9785	-47.2034	-13.0703	571.5340	800.0246
27	10.40	-101.4060	-30.7503	-44.4809	-12.4687	564.4423	798.2345
28	10.80	-83.6136	-25.7629	-41.7065	-11.8231	557.3505	796.4443
29	11.20	-66.9310	-21.0336	-38.9848	-11.1657	550.2588	794.6542
30	11.60	-51.3371	-16.5674	-36.3997	-10.5228	543.1670	792.8641
31	12.00	-36.7772	-12.3582	-34.0154	-9.9153	536.0753	791.0739
32	12.40	-23.1711	-8.3921	-25.3327	-7.6534	500.6668	771.1148
33	12.80	-13.0380	-5.3308	-17.7739	-5.6410	448.2684	740.2542
34	13.20	-5.9284	-3.0744	-11.4076	-3.9060	395.8700	709.3937
35	13.60	-2.0441	-1.0758	-6.2661	-2.4644	343.4716	678.5331
36	14.00	-0.5262	1.1411	-2.3580	-1.3245	291.0732	647.6726
37	14.40	0.0036	2.0842	-0.5151	0.3212	238.6748	616.8120
38	14.80	0.1993	1.9558	0.0410	1.7810	186.2764	585.9515
39	15.20	0.1829	1.2434	0.2671	2.0310	133.8780	555.0909
40	15.60	0.0760	0.4310	0.1900	1.0774	81.4796	524.2304
41	16.00	0.0000	0.0000	0.1900	1.0774	29.0812	493.3699

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 2

Nr.	Y	A _r	M _u	N _u	T _u	CS
1	0.00	95.57	1678.14	1429.98	644.26	1.62
2	0.40	95.57	1758.49	1958.97	644.26	2.25
3	0.80	95.57	1664.24	2828.92	644.26	3.25
4	1.20	95.57	1452.82	4273.05	644.26	4.90
5	1.60	95.57	1153.10	6459.74	644.26	7.31
6	2.00	95.57	774.95	9741.51	644.26	10.92
7	2.40	95.57	141.11	10803.29	644.26	11.99
8	2.80	95.57	84.68	8680.45	644.26	10.08
9	3.20	95.57	406.71	6886.79	644.26	8.19
10	3.60	95.57	654.21	5831.39	644.26	7.06
11	4.00	95.57	817.79	5207.03	644.26	6.39
12	4.40	95.57	919.72	4817.98	644.26	6.00
13	4.80	95.57	983.93	4589.90	644.26	5.79
14	5.20	95.57	1020.46	4471.15	644.26	5.72
15	5.60	95.57	1035.27	4449.42	644.26	5.76
16	6.00	95.57	1033.17	4505.72	644.26	5.89
17	6.40	95.57	1017.26	4628.20	644.26	6.10
18	6.80	95.57	989.65	4798.75	644.26	6.39
19	7.20	95.57	952.51	5022.48	644.26	6.75
20	7.60	95.57	907.27	5291.26	644.26	7.18
21	8.00	95.57	855.22	5600.99	644.26	7.68
22	8.40	95.57	797.86	5961.28	644.26	8.26
23	8.80	95.57	736.35	6373.71	644.26	8.92
24	9.20	95.57	662.88	6836.03	644.26	9.67
25	9.60	95.57	587.07	7347.52	644.26	10.50
26	10.00	95.57	512.64	7890.38	644.26	11.39



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
 PROGETTO ESECUTIVO
 RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00 05 002	B	46 di 67

27	10.40	95.57	440.36	8462.37	644.26	12.34
28	10.80	95.57	370.75	9056.48	644.26	13.36
29	11.20	95.57	304.13	9666.45	644.26	13.60
30	11.60	95.57	240.66	10286.93	644.26	13.68
31	12.00	95.57	180.32	10680.63	644.26	13.76
32	12.40	95.57	125.88	10777.90	644.26	14.15
33	12.80	95.57	83.42	10854.06	644.26	14.78
34	13.20	95.57	50.26	10917.33	644.26	15.45
35	13.60	95.57	25.86	10956.87	644.26	16.17
36	14.00	95.57	5.46	10965.57	644.26	16.95
37	14.40	95.57	0.07	10943.83	644.26	17.81
38	14.80	95.57	3.94	10935.98	644.26	18.74
39	15.20	95.57	3.82	10941.65	644.26	19.78
40	15.60	95.57	1.68	10960.01	644.26	20.95
41	16.00	95.57	0.00	10984.31	644.26	22.26

Inviluppo sollecitazioni fila di pali nr. 3

Nr.	Y	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax	Nmin	Nmax
1	0.00	344.6406	1045.7739	195.5625	674.2281	949.7736	2474.3436
2	0.40	270.8172	792.8401	163.0392	551.8200	947.1190	2443.0993
3	0.80	205.6015	572.1121	142.3487	475.5751	944.4643	2411.8549
4	1.20	148.6620	381.8821	122.7453	404.3204	941.8097	2380.6106
5	1.60	99.5639	220.1539	104.4164	338.5387	939.1551	2349.3663
6	2.00	57.7973	87.0000	87.4877	278.5104	936.5004	2318.1219
7	2.40	-26.6657	22.8094	72.0327	224.3462	933.8458	2286.8776
8	2.80	-116.4042	-6.0108	58.0814	176.0173	931.1912	2255.6333
9	3.20	-186.8111	-29.2434	45.6273	133.3825	928.5365	2224.3889
10	3.60	-240.1641	-47.4943	34.6350	96.2120	925.8819	2193.1446
11	4.00	-278.6489	-61.3483	25.0460	64.2091	923.2272	2161.9003
12	4.40	-304.3326	-71.3667	16.7845	37.0285	920.5726	2130.6559
13	4.80	-319.1440	-78.0805	9.7623	14.6892	917.9180	2099.4116
14	5.20	-324.8609	-81.9854	-4.3956	3.8982	915.2633	2068.1673
15	5.60	-323.1027	-83.5383	-19.4397	-0.9574	912.6087	2036.9229
16	6.00	-315.3268	-83.1553	-31.2420	-4.8606	901.8734	2005.6786
17	6.40	-302.8300	-81.2111	-40.1953	-7.9309	890.1854	1974.4343
18	6.80	-286.7519	-78.0387	-46.6770	-10.2693	878.4974	1943.1899
19	7.20	-268.0811	-73.9310	-51.0444	-11.9732	866.8095	1911.9456
20	7.60	-247.6634	-69.1417	-53.6321	-13.1346	855.1215	1880.7013
21	8.00	-226.2105	-63.8878	-54.7489	-13.8399	843.4335	1849.4569
22	8.40	-204.3110	-58.3519	-54.6773	-14.1688	831.7455	1818.2126
23	8.80	-182.4400	-52.6844	-53.6724	-14.1940	820.0575	1786.9683
24	9.20	-160.9711	-47.0068	-51.9620	-13.9813	808.3695	1755.7239
25	9.60	-140.1863	-41.4143	-49.7473	-13.5895	796.6815	1724.4796
26	10.00	-120.2873	-35.9785	-47.2034	-13.0703	784.9935	1693.2353
27	10.40	-101.4060	-30.7503	-44.4809	-12.4687	773.3056	1661.9909
28	10.80	-83.6136	-25.7629	-41.7065	-11.8231	761.6176	1630.7466

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00 05 002	B	47 di 67

29	11.20	-66.9310	-21.0336	-38.9848	-11.1657	749.9296	1599.5023
30	11.60	-51.3371	-16.5674	-36.3997	-10.5228	738.2416	1568.2579
31	12.00	-36.7772	-12.3582	-34.0154	-9.9153	726.5536	1537.0136
32	12.40	-23.1711	-8.3921	-25.3327	-7.6534	677.7515	1431.2231
33	12.80	-13.0380	-5.3308	-17.7739	-5.6410	606.6809	1280.7048
34	13.20	-5.9284	-3.0744	-11.4076	-3.9060	535.6103	1130.1866
35	13.60	-2.0441	-1.0758	-6.2661	-2.4644	464.5397	979.6684
36	14.00	-0.5262	1.1411	-2.3580	-1.3245	393.4691	829.1501
37	14.40	0.0036	2.0842	-0.5151	0.3212	322.3986	775.8123
38	14.80	0.1993	1.9558	0.0410	1.7810	251.3280	735.4841
39	15.20	0.1829	1.2434	0.2671	2.0310	180.2574	695.1558
40	15.60	0.0760	0.4310	0.1900	1.0774	109.1868	654.8275
41	16.00	0.0000	0.0000	0.1900	1.0774	38.1162	614.4992

Inviluppo verifiche fila di pali nr. 3

Nr.	Y	A _r	M _u	N _u	T _u	CS
1	0.00	95.57	1831.14	4262.44	644.26	1.79
2	0.40	95.57	1713.41	5244.23	644.26	2.25
3	0.80	95.57	1546.74	6356.59	644.26	2.80
4	1.20	95.57	1305.83	7680.56	644.26	3.47
5	1.60	95.57	914.65	9125.82	644.26	4.22
6	2.00	95.57	392.39	10606.69	644.26	4.66
7	2.40	95.57	66.57	10854.35	644.26	4.78
8	2.80	95.57	70.68	10703.90	644.26	4.75
9	3.20	95.57	340.68	10108.58	644.26	4.57
10	3.60	95.57	549.63	9424.03	644.26	4.33
11	4.00	95.57	706.87	8935.37	644.26	4.17
12	4.40	95.57	802.71	8600.33	644.26	4.07
13	4.80	95.57	862.86	8388.32	644.26	4.03
14	5.20	95.57	897.64	8275.23	644.26	4.04
15	5.60	95.57	912.50	8243.05	644.26	4.08
16	6.00	95.57	911.34	8277.10	644.26	4.16
17	6.40	95.57	897.13	8367.07	644.26	4.27
18	6.80	95.57	872.21	8505.36	644.26	4.41
19	7.20	95.57	838.49	8679.80	644.26	4.57
20	7.60	95.57	797.44	8889.41	644.26	4.75
21	8.00	95.57	750.54	9123.43	644.26	4.96
22	8.40	95.57	694.70	9378.25	644.26	5.18
23	8.80	95.57	630.94	9649.27	644.26	5.42
24	9.20	95.57	566.30	9931.48	644.26	5.68
25	9.60	95.57	501.90	10219.22	644.26	5.94
26	10.00	95.57	438.60	10514.76	644.26	6.22
27	10.40	95.57	377.05	10661.69	644.26	6.42
28	10.80	95.57	317.70	10712.14	644.26	6.57
29	11.20	95.57	260.84	10761.38	644.26	6.73
30	11.60	95.57	206.58	10809.33	644.26	6.89



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	48 di 67

31	12.00	95.57	154.93	10855.43	644.26	7.06
32	12.40	95.57	108.22	10892.96	644.26	7.61
33	12.80	95.57	71.77	10922.30	644.26	8.53
34	13.20	95.57	43.09	10945.35	644.26	9.69
35	13.60	95.57	14.64	10963.94	644.26	11.20
36	14.00	95.57	3.53	10976.47	644.26	13.24
37	14.40	95.57	0.06	10967.33	644.26	14.16
38	14.80	95.57	3.41	10963.97	644.26	14.93
39	15.20	95.57	3.31	10966.28	644.26	15.80
40	15.60	95.57	1.46	10973.94	644.26	16.77
41	16.00	95.57	0.00	10984.31	644.26	17.88

Le armature previste sono riportare nel paragrafo 7.1.12 della presente relazione e nei relativi elaborati grafici.

7.1.9 Carico limite dei pali

Nell'ambito del progetto dei pali, sono state effettuate le seguenti verifiche:

- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali.

Verifiche nei confronti di carichi assiali

La portata totale limite di un singolo palo (R_u) sottoposto a carichi assiali è espressa dalla seguente relazione:

$$R_u = R_b + R_s$$

in cui R_b è la resistenza alla punta, R_s è la resistenza laterale per attrito.

La *resistenza alla punta* viene determinata mediante l'espressione:

$$R_b = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p$$

in cui D è il diametro del palo e p è la resistenza unitaria alla punta.

Per un mezzo dotato di coesione ed attrito la resistenza alla punta viene determinata come:

$$p = N_q \cdot \sigma_{vL} + N_c \cdot c$$

In cui σ_{vL} è la tensione litostatica verticale alla profondità della base del palo mentre N_q e N_c sono fattori adimensionali funzione dell'angolo di attrito e del rapporto L/D . Tra i due parametri esiste la seguente relazione:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

La *resistenza laterale* viene determinata invece mediante l'espressione:

$$R_s = \int_0^L \pi \cdot D \cdot \tau_u \cdot dl$$

in cui L è la lunghezza del palo e τ_u è la resistenza tangenziale all'interfaccia palo terreno.

La resistenza laterali si compone di un termine di tipo coesivo (adesione) e di uno legato all'attrito palo terreno:

$$\tau_u = a \cdot c' + k \cdot \mu \cdot \sigma'_{vz}$$

In cui σ'_{vz} è la tensione litostatica effettiva alla profondità z , μ il coefficiente di attrito mentre a , e k sono coefficienti empirici.

In condizioni drenate il parametro a si assume di norma pari a zero. Il coefficiente k dipende essenzialmente dalle modalità esecutive del palo e dal tipo di terreno. Per pali trivellati può assumersi $k = (1 - \sin \phi)$.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	50 di 67

Il coefficiente di attrito dipende dalla scabrezza all'interfaccia palo-terreno. Per pali in calcestruzzo gettati in opera si assume in genere: $\mu = tg\phi'$

I valori delle resistenze di progetto R_{cd} sono ricavati dai valori caratteristici tramite i coefficienti parziali riportati nella Tabella :

$$R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$$

$$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$$

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd}$$

Nella valutazione dei valori caratteristici delle resistenze i parametri geotecnici del terreno non sono fattorizzati.

In cui σ_{vL} è la tensione litostatica verticale alla profondità della base del palo mentre N_q e N_c sono fattori adimensionali funzione dell'angolo di attrito e del rapporto L/D. Tra i due parametri esiste la seguente relazione:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

La resistenza laterale viene determinata invece mediante l'espressione:

$$R_s = \int_0^L \pi \cdot D \cdot \tau_u \cdot dl$$

in cui L è la lunghezza del palo e τ_u è la resistenza tangenziale all'interfaccia palo terreno.

La resistenza laterali si compone di un termine di tipo coesivo (adesione) e di uno legato all'attrito palo terreno:

$$\tau_u = a \cdot c' + k \cdot \mu \cdot \sigma'_{vz}$$

In cui σ'_{vz} è la tensione litostatica effettiva alla profondità z, μ il coefficiente di attrito mentre a, e k sono coefficienti empirici.

In condizioni drenate il parametro a si assume di norma pari a zero. Il coefficiente k dipende essenzialmente dalle modalità esecutive del palo e dal tipo di terreno. Per pali trivellati può assumersi $k = (1 - \sin\phi)$.

Il coefficiente di attrito dipende dalla scabrezza all'interfaccia palo-terreno. Per pali in calcestruzzo gettati in opera si assume in genere: $\mu = tg\phi'$

I valori delle resistenze di progetto R_{cd} sono ricavati dai valori caratteristici tramite i coefficienti parziali riportati nella tabella che segue:

$$R_{bd} = R_{bk} / \gamma_b$$

$$R_{sd} = R_{sk} / \gamma_s$$

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd}$$

Nella valutazione dei valori caratteristici delle resistenze i parametri geotecnici del terreno non sono fattorizzati.

Tabella 1 – Coefficienti parziali

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
	γ_R	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Il valore caratteristico della resistenza è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate i fattori di correlazione, funzione del numero di indagini, riportati nella tabella sottostante (Tabella 2). Con questo metodo di calcolo, è necessario valutare due volte la resistenza del palo, una volta con i parametri geotecnici medi ed una volta con quelli minimi.

Tabella 2 – Coefficienti parziali per la valutazione della resistenza caratteristica

Num. Vert. indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Verifiche carichi orizzontali

Il carico limite orizzontale H_u per un singolo palo con rotazione in testa impedita è stato calcolato facendo riferimento alla teoria di Broms (1964).

Il valore della resistenza di progetto, $R_{tr,d}$, dei pali soggetti a carichi trasversali si ottiene a partire dal valore caratteristico della resistenza $R_{tr,k}$, applicando i coefficienti parziali γ_t della tab. 6.4.VI del D.M. 14/01/2008:

$$\gamma_T = 1.30$$

Il valore caratteristico della resistenza ai carichi trasversali è pari al rapporto tra quella di calcolo $R_{tr,cal}$, valutata con metodi analitici ed i coefficienti (ξ_3 , ξ_4) riportati nella Tabella 2 del paragrafo precedente.

Verifica al carico limite verticale

Geometria di calcolo

La quota testa palo coincide con l'intradosso della fondazione del muro di sostegno, per cui si trova a -1,0 m sotto l'attuale p.c..

Per le analisi è stata considerata la stratigrafia indicata nel calcolo del muro e i parametri geotecnici riportati nel capitolo 4. In particolare i terreni interagenti con i pali sono costituiti da argille limose e argille marnose. Si riportano di seguito i dati di input inseriti nel foglio di calcolo.

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

CANTIERE: CATENANUOVA-RADDUSA

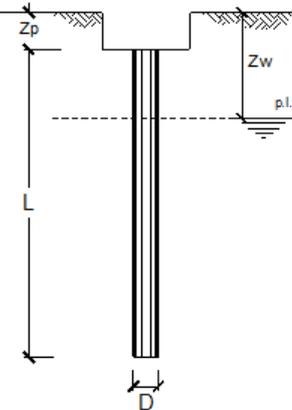
OPERA:

PALI

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	1.00	(m)	Area del Palo (Ap):	0.785	(m ²)
Quota testa Palo dal p.o. (z _p):	1.00	(m)	Quota falda dal p.o. (z _w):	7.70	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	1825	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):	0	(kN)
Numero di strati	2		Lpalo =	16.00	(m)

coefficienti parziali		azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo		permanenti	variabili	γ _b	γ _r	γ _{r,tras}
SLU	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
	SISMA	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
definiti dal progettista		1.00	1.00	1.35	1.15	1.25



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ ₁	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ ₂	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

PARAMETRI MEDI

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	c _{u,med} (kPa)
1	12.00	ARGILLE LIMOSE	19.50	5.0		80.0
2	4.00	ARGILLE MARNOSE	20.50	10.0		325.0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		0.40
0.00	0.00		0.40

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradesso del plinto)

PARAMETRI MINIMI (solo per SLU)

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	φ' (°)	c _{u,min} (kPa)
1	12.00	ARGILLE LIMOSE	19.50	5.0		80.0
2	4.00	ARGILLE MARNOSE	20.50	10.0		325.0

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
0.00	0.00		0.40
0.00	0.00		0.40

Risultati delle analisi

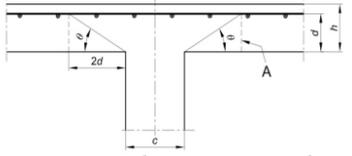
Le analisi sono state affrontate con riferimento alla combinazione più gravosa, considerando le azioni verticali massime che agiscono sui pali e il peso proprio del palo.

7.1.10 Verifica a punzonamento

La verifica nei riguardi della rottura per punzonamento è stata eseguita in accordo con le NTC08, secondo cui le piastre devono essere verificate nei riguardi del punzonamento allo stato limite ultimo, in corrispondenza dei pilastri e di carichi concentrati, nel caso in esame dei pali di fondazione.

La resistenza al punzonamento deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo, intendendo la sollecitazione distribuita su di un perimetro efficace di piastra distante $2d$ dall'impronta caricata, con d altezza utile (media) della piastra stessa.

Dalla verifica eseguita non è necessario inserire armatura a punzonamento.

Verifica a punzonamento di solette in CA				
Oggetto:				
Caratteristiche dei materiali				
Calcestruzzo	C25/30	$f_{ck} =$	25.00	
γ_C	1.5	$f_{cd} =$	14.17	
Acciaio	B450C	$f_{yk} =$	450	
γ_S	1.15	$f_{yd} =$	391.30	
Caratteristiche geometriche				
c (cm)	100	Larghezza del pilastro		
c2 (cm)	100	Larghezza del pilastro (in direzione ortogonale)		
h (cm)	100	Spessore della soletta		
Asx (cmq/cm)	0.2261	dx (cm)	96	$\rho_{lx} = 0.002$
Asy (cmq/cm)	0.1005	dy (cm)	96	$\rho_{ly} = 0.001$
		d (cm) =	96	$\rho_l = 0.002$
Analisi dei carichi				
V_{Ed} (N)	1825	Carico totale di punzonamento		
β	1.15	$\beta = 1$ per carico centrato $\beta = 1,4$ per pilastri di bordo $\beta = 1,15$ per pilastri interi $\beta = 1,5$ per pilastri d'angolo		
Calcolo perimetri di verifica				
	Perimetro u_0		Perimetro u_1	
Pil. interno	u_0 (cm) =	400	u_1 (cm) =	1606
Pil. di bordo	u_0 (cm) =	300	u_1 (cm) =	903
Pil. d'angolo	u_0 (cm) =	200	u_1 (cm) =	502
Valori di progetto				
	u_0 (cm) =	100	u_1 (cm) =	184

7.1.11 Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 19

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ϵ_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	15.71	15.71	-52.50	-3.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.30	15.71	15.71	-60.47	-4.31	0.0000	0.00	0.000
3	0.60	15.71	15.71	-68.98	-6.51	0.0000	0.00	0.000
4	0.90	15.71	15.71	-78.02	-9.74	0.0000	0.00	0.000
5	1.20	31.42	15.71	-95.86	-14.09	0.0000	0.00	0.000
6	1.50	31.42	15.71	-106.58	-19.70	0.0000	0.00	0.000
7	1.80	31.42	15.71	-117.83	-26.68	0.0000	0.00	0.000
8	2.10	31.42	15.71	-129.61	-35.14	0.0000	0.00	0.000
9	2.40	31.42	15.71	-141.93	-45.21	0.0000	0.00	0.000
10	2.70	31.42	15.71	-154.77	-57.00	0.0000	0.00	0.000
11	3.00	31.42	15.71	-168.15	-70.63	0.0000	0.00	0.000
12	3.30	31.42	15.71	-182.05	-86.22	0.0000	0.00	0.000
13	3.60	31.42	15.71	-196.48	-103.89	0.0000	0.00	0.000
14	3.90	31.42	15.71	-211.45	-123.75	0.0000	0.00	0.000

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	56 di 67

15	4.20	31.42	15.71	-226.94	-145.92	0.0000	0.00	0.000
16	4.50	31.42	15.71	-242.97	-170.52	0.0000	0.00	0.000
17	4.80	31.42	15.71	-259.52	-197.66	0.0000	0.00	0.000
18	5.10	31.42	15.71	-276.61	-227.47	0.0000	0.00	0.000
19	5.40	31.42	15.71	-294.22	-260.06	0.0000	0.00	0.000
20	5.70	31.42	15.71	-312.37	-295.55	0.0000	0.00	0.000
21	6.00	31.42	15.71	-331.04	-334.06	0.0305	107.83	0.056

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pf}	M	ε _m	S _m	w
1	-2.83	27.14	22.62	318.19	0.27	0.0000	0.00	0.000
2	-2.68	27.14	22.62	-322.19	-11.72	0.0000	0.00	0.000
3	-2.53	27.14	22.62	-322.19	-16.30	0.0000	0.00	0.000
4	-2.36	27.14	22.62	-322.19	-26.69	0.0000	0.00	0.000
5	-2.20	27.14	22.62	318.19	38.54	0.0000	0.00	0.000
6	-2.03	27.14	22.62	318.19	52.04	0.0000	0.00	0.000
7	-1.86	27.14	22.62	318.19	66.94	0.0000	0.00	0.000
8	-1.70	27.14	22.62	318.19	106.92	0.0000	0.00	0.000
9	-1.53	27.14	22.62	318.19	159.62	0.0000	0.00	0.000
10	-1.36	27.14	22.62	318.19	220.23	0.0000	0.00	0.000
11	-1.18	27.14	31.67	328.60	296.63	0.0000	0.00	0.000
12	-1.01	27.14	40.72	338.99	382.56	0.0322	103.07	0.056
13	0.00	36.19	22.62	-332.56	-219.46	0.0000	0.00	0.000
14	0.24	27.14	22.62	-322.19	-169.97	0.0000	0.00	0.000
15	0.42	27.14	22.62	-322.19	-128.27	0.0000	0.00	0.000
16	0.59	27.14	22.62	-322.19	-96.87	0.0000	0.00	0.000
17	0.77	27.14	22.62	-322.19	-72.38	0.0000	0.00	0.000



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	57 di 67

18	0.94	27.14	31.67	-324.59	-56.36	0.0000	0.00	0.000
19	1.12	27.14	22.62	-322.19	-54.40	0.0000	0.00	0.000
20	1.29	27.14	22.62	-322.19	-55.87	0.0000	0.00	0.000
21	1.45	27.14	22.62	-322.19	-52.53	0.0000	0.00	0.000
22	1.62	27.14	22.62	-322.19	-48.46	0.0000	0.00	0.000
23	1.79	27.14	22.62	-322.19	-42.33	0.0000	0.00	0.000
24	1.95	27.14	22.62	-322.19	-32.37	0.0000	0.00	0.000
25	2.12	27.14	22.62	-322.19	-22.01	0.0000	0.00	0.000
26	2.27	27.14	22.62	-322.19	-13.25	0.0000	0.00	0.000
27	2.42	27.14	22.62	318.19	0.61	0.0000	0.00	0.000

Combinazione n° 20

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

- A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
 M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
 M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]
 ϵ_m deformazione media espressa in [%]
 s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]
 w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	15.71	15.71	-52.50	-5.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.30	15.71	15.71	-60.47	-6.95	0.0000	0.00	0.000
3	0.60	15.71	15.71	-68.98	-9.88	0.0000	0.00	0.000
4	0.90	15.71	15.71	-78.02	-13.90	0.0000	0.00	0.000
5	1.20	31.42	15.71	-95.86	-19.14	0.0000	0.00	0.000
6	1.50	31.42	15.71	-106.58	-25.71	0.0000	0.00	0.000
7	1.80	31.42	15.71	-117.83	-33.73	0.0000	0.00	0.000
8	2.10	31.42	15.71	-129.61	-43.32	0.0000	0.00	0.000
9	2.40	31.42	15.71	-141.93	-54.59	0.0000	0.00	0.000
10	2.70	31.42	15.71	-154.77	-67.67	0.0000	0.00	0.000
11	3.00	31.42	15.71	-168.15	-82.67	0.0000	0.00	0.000
12	3.30	31.42	15.71	-182.05	-99.71	0.0000	0.00	0.000
13	3.60	31.42	15.71	-196.48	-118.90	0.0000	0.00	0.000
14	3.90	31.42	15.71	-211.45	-140.37	0.0000	0.00	0.000
15	4.20	31.42	15.71	-226.94	-164.23	0.0000	0.00	0.000

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	59 di 67

16	4.50	31.42	15.71	-242.97	-190.60	0.0000	0.00	0.000
17	4.80	31.42	15.71	-259.52	-219.60	0.0000	0.00	0.000
18	5.10	31.42	15.71	-276.61	-251.34	0.0000	0.00	0.000
19	5.40	31.42	15.71	-294.22	-285.94	0.0000	0.00	0.000
20	5.70	31.42	15.71	-312.37	-323.53	0.0308	107.83	0.056
21	6.00	31.42	15.71	-331.04	-364.21	0.0336	107.83	0.062

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pf}	M	ε _m	s _m	w
1	-2.83	27.14	22.62	318.19	0.28	0.0000	0.00	0.000
2	-2.68	27.14	22.62	-322.19	-12.33	0.0000	0.00	0.000
3	-2.53	27.14	22.62	-322.19	-17.12	0.0000	0.00	0.000
4	-2.36	27.14	22.62	-322.19	-27.98	0.0000	0.00	0.000
5	-2.20	27.14	22.62	318.19	40.86	0.0000	0.00	0.000
6	-2.03	27.14	22.62	318.19	55.24	0.0000	0.00	0.000
7	-1.86	27.14	22.62	318.19	71.14	0.0000	0.00	0.000
8	-1.70	27.14	22.62	318.19	113.49	0.0000	0.00	0.000
9	-1.53	27.14	22.62	318.19	169.27	0.0000	0.00	0.000
10	-1.36	27.14	22.62	318.19	233.44	0.0000	0.00	0.000
11	-1.18	27.14	31.67	328.60	314.29	0.0000	0.00	0.000
12	-1.01	27.14	40.72	338.99	405.22	0.0363	103.07	0.064
13	0.00	36.19	22.62	-332.56	-237.77	0.0000	0.00	0.000
14	0.24	27.14	22.62	-322.19	-185.65	0.0000	0.00	0.000
15	0.42	27.14	22.62	-322.19	-141.83	0.0000	0.00	0.000
16	0.59	27.14	22.62	-322.19	-108.44	0.0000	0.00	0.000
17	0.77	27.14	22.62	-322.19	-82.03	0.0000	0.00	0.000
18	0.94	27.14	31.67	-324.59	-64.10	0.0000	0.00	0.000



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
 PROGETTO ESECUTIVO
 RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	60 di 67

19	1.12	27.14	22.62	-322.19	-60.06	0.0000	0.00	0.000
20	1.29	27.14	22.62	-322.19	-59.70	0.0000	0.00	0.000
21	1.45	27.14	22.62	-322.19	-54.94	0.0000	0.00	0.000
22	1.62	27.14	22.62	-322.19	-49.71	0.0000	0.00	0.000
23	1.79	27.14	22.62	-322.19	-42.73	0.0000	0.00	0.000
24	1.95	27.14	22.62	-322.19	-32.28	0.0000	0.00	0.000
25	2.12	27.14	22.62	-322.19	-21.70	0.0000	0.00	0.000
26	2.27	27.14	22.62	-322.19	-12.92	0.0000	0.00	0.000
27	2.42	27.14	22.62	318.19	0.61	0.0000	0.00	0.000

Combinazione n° 21

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

- A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
 A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
 M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
 M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]
 ϵ_m deformazione media espressa in [%]
 s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]
 w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	15.71	15.71	-52.50	-10.00	0.0000	0.00	0.000
2	0.30	15.71	15.71	-60.47	-13.55	0.0000	0.00	0.000
3	0.60	15.71	15.71	-68.98	-18.28	0.0000	0.00	0.000
4	0.90	15.71	15.71	-78.02	-24.31	0.0000	0.00	0.000
5	1.20	31.42	15.71	-95.86	-31.75	0.0000	0.00	0.000
6	1.50	31.42	15.71	-106.58	-40.73	0.0000	0.00	0.000
7	1.80	31.42	15.71	-117.83	-51.36	0.0000	0.00	0.000
8	2.10	31.42	15.71	-129.61	-63.76	0.0000	0.00	0.000
9	2.40	31.42	15.71	-141.93	-78.05	0.0000	0.00	0.000
10	2.70	31.42	15.71	-154.77	-94.34	0.0000	0.00	0.000
11	3.00	31.42	15.71	-168.15	-112.76	0.0000	0.00	0.000
12	3.30	31.42	15.71	-182.05	-133.42	0.0000	0.00	0.000
13	3.60	31.42	15.71	-196.48	-156.44	0.0000	0.00	0.000
14	3.90	31.42	15.71	-211.45	-181.93	0.0000	0.00	0.000
15	4.20	31.42	15.71	-226.94	-210.02	0.0000	0.00	0.000

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	62 di 67

16	4.50	31.42	15.71	-242.97	-240.81	0.0000	0.00	0.000
17	4.80	31.42	15.71	-259.52	-274.44	0.0296	107.83	0.054
18	5.10	31.42	15.71	-276.61	-311.01	0.0324	107.83	0.059
19	5.40	31.42	15.71	-294.22	-350.65	0.0353	107.83	0.065
20	5.70	31.42	15.71	-312.37	-393.47	0.0405	107.83	0.074
21	6.00	31.42	15.71	-331.04	-439.59	0.0463	107.83	0.085

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A _{fs}	A _{fi}	M _{pf}	M	ε _m	s _m	w
1	-2.83	27.14	22.62	318.19	0.31	0.0000	0.00	0.000
2	-2.68	27.14	22.62	-322.19	-13.87	0.0000	0.00	0.000
3	-2.53	27.14	22.62	-322.19	-19.16	0.0000	0.00	0.000
4	-2.36	27.14	22.62	318.19	31.81	0.0000	0.00	0.000
5	-2.20	27.14	22.62	318.19	46.67	0.0000	0.00	0.000
6	-2.03	27.14	22.62	318.19	63.25	0.0000	0.00	0.000
7	-1.86	27.14	22.62	318.19	81.63	0.0000	0.00	0.000
8	-1.70	27.14	22.62	318.19	129.90	0.0000	0.00	0.000
9	-1.53	27.14	22.62	318.19	193.41	0.0000	0.00	0.000
10	-1.36	27.14	22.62	318.19	266.48	0.0000	0.00	0.000
11	-1.18	27.14	31.67	328.60	358.45	0.0370	118.96	0.075
12	-1.01	27.14	40.72	338.99	461.88	0.0462	103.07	0.081
13	0.00	36.19	22.62	-332.56	-283.55	0.0000	0.00	0.000
14	0.24	27.14	22.62	-322.19	-224.86	0.0000	0.00	0.000
15	0.42	27.14	22.62	-322.19	-175.73	0.0000	0.00	0.000
16	0.59	27.14	22.62	-322.19	-137.37	0.0000	0.00	0.000
17	0.77	27.14	22.62	-322.19	-106.16	0.0000	0.00	0.000
18	0.94	27.14	31.67	-324.59	-83.43	0.0000	0.00	0.000



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO ESECUTIVO
RADDOPPIO DELLA TRATTA CATENANUOVA-RADDUSA AGIRA

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	63 di 67

19	1.12	27.14	22.62	-322.19	-74.20	0.0000	0.00	0.000
20	1.29	27.14	22.62	-322.19	-69.30	0.0000	0.00	0.000
21	1.45	27.14	22.62	-322.19	-60.97	0.0000	0.00	0.000
22	1.62	27.14	22.62	-322.19	-52.84	0.0000	0.00	0.000
23	1.79	27.14	22.62	-322.19	-43.73	0.0000	0.00	0.000
24	1.95	27.14	22.62	-322.19	-32.06	0.0000	0.00	0.000
25	2.12	27.14	22.62	-322.19	-20.91	0.0000	0.00	0.000
26	2.27	27.14	22.62	-322.19	-12.09	0.0000	0.00	0.000
27	2.42	27.14	22.62	318.19	0.60	0.0000	0.00	0.000

7.1.12 Armature

Armature muro

Simbologia adottata

Destinazione Destinazione ferro

ϕ Diametro ferro espresso in [mm]

n Numero tondini

Destinazione	ϕ
Fondazione	1+1 ϕ 24/20
Fondazione(mensola di valle)	1+1 ϕ 20/20
Fondazione (mensola di monte)	1+1 ϕ 20/20
Paramento (lato valle)	1 ϕ 20/20
Paramento (lato monte)	1+1 ϕ 20/20
Paramento muretto	1+1 ϕ 20/20
Mensola in testa	1 ϕ 14/20

Armatura pali

- 18 \emptyset 26 armatura longitudinale
- \emptyset 12/20 spirale

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici specifici.

8 MENSOLA PORTA BARRIERA

Con riferimento ai modelli fatti di tiranti e puntoni descritti al §4.1.2.1.5 delle NTC, nel seguito si riporta un esempio di applicazione di detto metodo di verifica con riferimento al caso della mensola tozza di Figura C4.1.7.

In questo caso il meccanismo resistente è costituito da un tirante orizzontale superiore, corrispondente all'armatura tesa, e da un puntone di calcestruzzo inclinato di ψ , che riporta il carico P_{Ed} entro il bordo del pilastro. Con le dimensioni geometriche indicate nella Figura C4.1.7, attraverso l'equilibrio del nodo caricato si ottiene la portanza della mensola in termini di resistenza dell'armatura:

$$P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda} \quad (C4.1.5)$$

con $\lambda = ctg\psi \cong l/(0,9d)$. Per la verifica dovrà risultare

$$P_R \geq P_{Ed} \quad (C4.1.6)$$

Dovrà inoltre risultare una resistenza P_{Rc} del puntone di calcestruzzo non minore di quella correlata all'armatura con

$$P_{Rc} = 0,4bdf_{cd} \frac{c}{1+\lambda^2} \geq P_{Rs} \quad (C4.1.7)$$

con $c=1$ per sbalzi di piastre non provvisti di staffatura e $c=1,5$ per sbalzi di travi provvisti di staffatura.

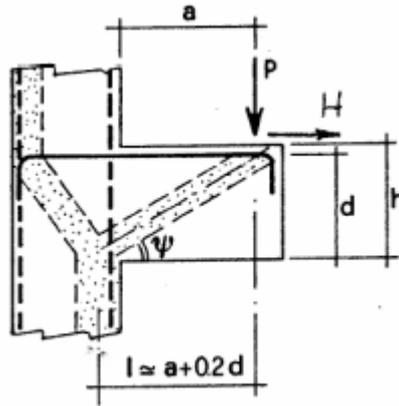


Figura 8 – Meccanismo tirante-puntone previsti dalla normativa [C617 – C4.1.2.1.5]

La verifica della mensola porta barriera viene ricondotta ad uno schema di mensola tozza con meccanismo tirante puntone.

Assumendo in via cautelativa un Momento di plasticizzazione del Montante della barriera di sicurezza pari a 30 kNm, ed un braccio tra i tirafondi pari a 20 cm, si ha che la Forza P a cui è sottoposta la mensola risulta:

$$P = M/b = 30/0.2 = 150 \text{ kN}$$

Considerando in zona compressa n.2 tirafondi con un interasse minimo di 15cm, si assume una larghezza collaborante della mensola pari a:

$$b = 15 + 2 * a \tan 45 = 15 + 2 * 15 * \tan 45 = 15 + 30 \text{ cm} = 45 \text{ cm} \text{ (in via cautelativa si considera nel calcolo 40 cm)}$$

assumendo $a = 15 \text{ cm}$ e considerando un'armatura composta da staffe $\varnothing 16/20$. La verifica risulta essere soddisfatta.

Si riporta il tabulato di calcolo di sotto.

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO "B"

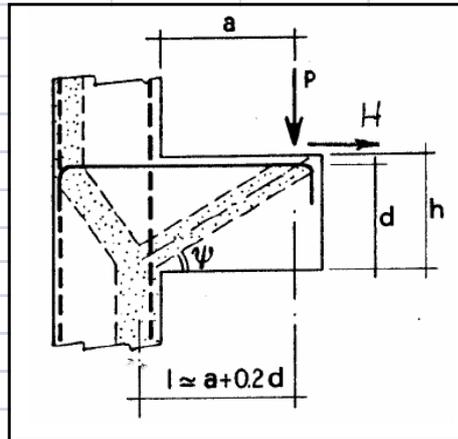
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS0S	00	E 78 CL	IF 00.05.002	B	67 di 67

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R _{ck}	40	N/mm ²
f _{ck}	33.2	N/mm ²
γ _c	1.5	
α _{cc}	0.85	
f _{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

f _{tk}	540	N/mm ²
f _{yk}	450	N/mm ²
γ _s	1.15	
f _{yd}	391	N/mm ²



Caratteristiche geometriche

a	15	cm
b	40	cm
h mensola	40	cm
copriferro	4	cm
d	36	cm
l	22	cm
ψ	56	°
λ = ctgψ	0.69	
c	1.00	

Armatura

n	5	
∅	16	mm
A _s	10.05	cm ²

Sollecitazioni

P _{Ed}	100	kN
H _{Ed}	0	kN

$$P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda}$$

Resistenza

P _{RS}	574	kN	> P _{Ed}
P _{RC}	737	kN	> P _{Ed}

$$P_{RC} = 0.4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rs}$$