

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina-Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA

OPERE CIVILI

Opere di sostegno

Muro di sostegno viabilità NV02

Relazione di calcolo muro di sottoscarpa

SCALA:



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

IA5F 01 D 78 CL NV0205 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	E.SELLARI	07/2019	C. TORALDO <i>C. Toraldo</i>	07/2019	F.GERNONE <i>F. Gernone</i>	07/2019	D. TIBERTI <i>D. Tiberti</i> 07/2019

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Generale
UO Infrastrutture Sud
Dott. Ing. Dorio Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10478

File: IA5F01D78CLNV0205001A.doc

n. Elab.: 227

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	MATERIALI.....	5
3.1	CALCESTRUZZO.....	5
3.2	ACCIAIO B450C	6
3.3	VERIFICA S.L.E.....	6
3.3.1	<i>Stato limite di limitazione delle tensioni</i>	6
3.3.2	<i>Stato limite di fessurazione</i>	7
3.3.1	<i>Calcolo dei cedimenti</i>	7
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	8
4.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO	8
4.2	TERRENO DI FONDAZIONE	8
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	9
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	9
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	9
6	VERIFICA MURO DI SOSTEGNO.....	12
7	TABULATO DI CALCOLO MURO.....	20

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) del muro di sostegno connesso alla realizzazione della viabilità NV02 nel progetto definitivo delle opere relative alla nuova linea Ferrandina-Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

L'opera consiste in un muro di sostegno in c.a. gettato in opera.

Nell'immagine seguente si riportano una sezione trasversale dell'opera.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera, ed eseguito a favore di sicurezza sulla sezione con altezza del paramento maggiore.

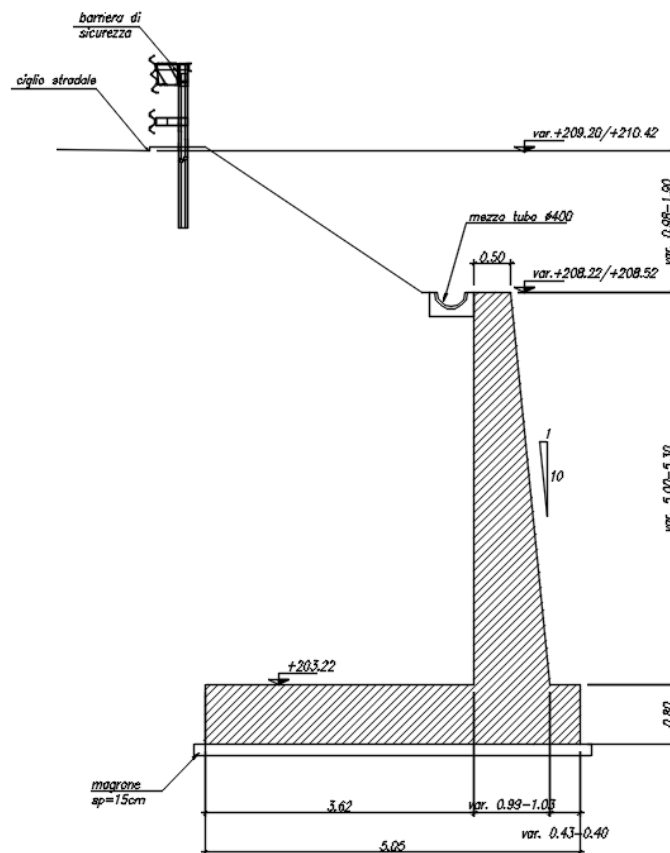



Fig. 1 – Sezione trasversale dell'opera

	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001	REV. A

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18;
- Circolare n. 7 del 21 Gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- RFI DTC SI MA IFS 001 B del 2018 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B del 2018 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI EN 206-1:2006 Parte 1: Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 361 del 26 settembre 2017,Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;
- EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- EUROCODICE 7: progettazione geotecnica
- Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

3 MATERIALI

3.1 Calcestruzzo

Classe di resistenza:
C32/40

Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	40	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	33.2	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	41.2	N/mm^2
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	3.10	N/mm^2
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.72	N/mm^2
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	33643	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	2.17	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	4.03	N/mm^2
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	18.8	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.45	N/mm^2
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	33.2	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	2.17	N/mm^2
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	19.92	N/mm^2
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	14.94	N/mm^2
Classe di esposizione		XC3	
Classe di consistenza slump:		S4	

3.2 Acciaio B450C

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ MPa}$;

Tensione di progetto: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m$

in cui $\gamma_m = 1.15$ $f_{yd} = 450 / 1.15 = 391.3 \text{ MPa}$;

Modulo Elastico $E_s = 210'000 \text{ MPa}$.

3.3 Verifica S.L.E.

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato

3.3.1 Stato limite di limitazione delle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 2019", ovvero:

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:


- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$.

Per il caso in esame risulta in particolare :

CALCESTRUZZO

	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001	REV. A

$$\sigma_{\text{max QP}} = (0,40 f_{\text{ck}}) \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{max R}} = (0,55 f_{\text{ck}}) = \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

ACCIAIO

$$\sigma_{\text{s max}} = (0,75 f_{\text{yk}}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$

3.3.2 Stato limite di fessurazione

L'apertura convenzionale delle fessure, calcolata con combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, dovrà risultare:


- $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel paragrafo 4.1.2.2.4.2 del DM 17.01.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 17.01.2018.

Essendo strutture a permanente contatto con il terreno si rispetta la condizione per cui:

$$\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

3.3.1 Calcolo dei cedimenti

Le opere e i sistemi geotecnici devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese.

	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001	REV. A

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si rimanda alla relazione geotecnica allegata al progetto per la trattazione completa dei parametri geologico e geotecnici.

4.1 Terreno di ricoprimento/rinterro

Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

4.2 Terreno di fondazione


La stratigrafia di calcolo viene di seguito descritta:

Sono presenti depositi alluvionali recenti (unità U1c) per spessori pressochè costante e pari a 5-7 m circa. Al di sotto di questo deposito è presente l'argilla subappenninica.

La successione stratigrafica lungo lo sviluppo dell'opera è rappresentata nel profilo stratigrafico longitudinale.

Il livello massimo di falda si trova a circa 3 m dal piano campagna.

Parametri	Unità 1c	Unità 2
$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	18-19	19-20
$\phi \text{ (}^\circ\text{)}$	29-31	21-23
$c' \text{ (kPa)}$	12-17	29-31
$c_u \text{ (kPa)}$	-	200-250
$v_s \text{ (m/s)}$	200-250	250-350
$E_0 \text{ (MPa)}$	300-400	400-800
$k \text{ (m/s)}$	1.0×10^{-4} - 1.5×10^{-4}	9.0×10^{-9} - 5.0×10^{-7}

	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001	REV. A

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

5.1 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (V_N), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (C_U)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $V_N = 50$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe II a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_u = 1$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 50 \times 1 = 50$ anni


Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

5.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 17-01-2018, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

- Categoria sottosuolo **C**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 17.01.18, si ottiene per il sito in esame:

	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE				
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO


Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

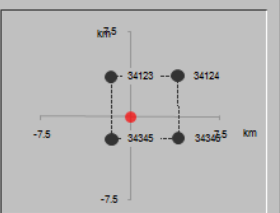
Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Classe d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

- $\{SLO - P_{VR} = 81\%$
- $\{SLD - P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU

- $\{SLV - P_{VR} = 10\%$
- $\{SLC - P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

- - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
- - - - - Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
 Stato Limite considerato: **SLV** info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **C** info $S_s = 1.466$ $C_c = 1.511$ info
 Categoria topografica: **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_s **1** Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q_v **1** $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.167 g
$F_{0.1}$	2.480
T_c	0.332 s
S_s	1.466
C_c	1.511
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.466
η	1.000
T_B	0.167 s
T_C	0.502 s
T_D	2.229 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10} \cdot (S + S) \geq 0.55; \eta \leq 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_B \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4 \cdot 0.167 \cdot g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

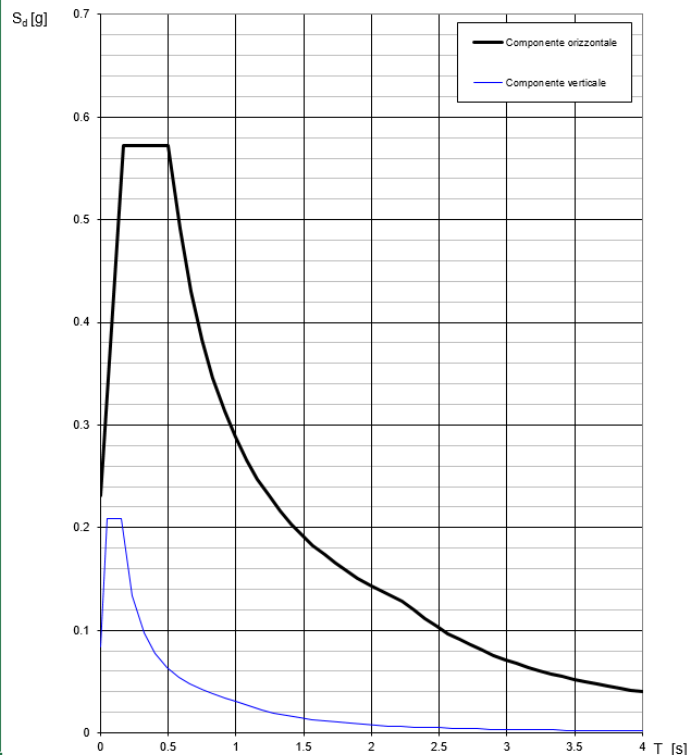
$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$


Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con ηq , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S_e [g]
0.000	0.231
0.167	0.572
0.502	0.572
0.584	0.491
0.666	0.431
0.748	0.383
0.831	0.345
0.913	0.314
0.995	0.288
1.077	0.266
1.160	0.247
1.242	0.231
1.324	0.217
1.406	0.204
1.489	0.193
1.571	0.183
1.653	0.173
1.736	0.165
1.818	0.158
1.900	0.151
1.982	0.145
2.065	0.139
2.147	0.134
2.229	0.129
2.313	0.119
2.398	0.111
2.482	0.104
2.566	0.097
2.651	0.091
2.735	0.085
2.819	0.080
2.904	0.076
2.988	0.072
3.072	0.068
3.157	0.064
3.241	0.061
3.325	0.058
3.410	0.055
3.494	0.052
3.578	0.050
3.663	0.048
3.747	0.046
3.831	0.044
3.916	0.042
4.000	0.040

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE				
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001

6 VERIFICA MURO DI SOSTEGNO

Richiami teorici

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

Calcolo della spinta sul muro


Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al

	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE				
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001

metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda


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

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

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001	REV. A

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(C)$ essendo C il coefficiente di intensità sismica.

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.


Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001	REV. A

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$


Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001	REV. A

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

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_{c_i} + q N_q d_{q_i} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione



- c coesione del terreno in fondazione;
 ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
 γ peso di volume del terreno in fondazione;
B larghezza della fondazione;
D profondità del piano di posa;
q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

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

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

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori d e i che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} K_p^{0.5}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$



$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} K_p^{0.5} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\theta$$

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

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

Verifica alla stabilità globale


La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

	LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA PROGETTO DEFINITIVO COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE					
	RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78	DOCUMENTO CL NV0205 001	REV. A

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{W_i \operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{c_i} \cos \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

7 TABULATO DI CALCOLO MURO

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n° Indice materiale

Descr Descrizione del materiale

Calcestruzzo armato

C Classe di resistenza del cls

A Classe di resistenza dell'acciaio

γ Peso specifico, espresso in [kN/mc]

R_{ck} Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [N/mm²]

E Modulo elastico, espresso in [N/mm²]

ν Coeff. di Poisson

n Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls

ntc Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ	R _{ck}	E	ν	n	ntc
				[kN/mc]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			
1	C32/40	C32/40	B450C	25.0000	40.000	33642.6	0.30	15.00	0.50
5	C32/40	C32/40	B450C	25.0000	40.000	33642.6	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk}	f _{uk}
	[N/mm ²]	[N/mm ²]
B450C	450.000	540.000

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(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 [°]



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
21 di 52

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	0.00	0.000
2	0.70	0.00	0.000
3	4.37	2.45	33.726
4	11.98	2.31	-1.054
5	18.87	-2.29	-33.728
6	20.00	-2.29	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Falda

Simbologia adottata

(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 [m]	Y [m]	A [°]
1	-3.00	-8.80	0.000
2	18.00	-8.80	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	C32/40	
Altezza paramento	5.30	[m]
Altezza paramento libero	4.80	[m]
Spessore in sommità	0.50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.03	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	5.71	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0.40	[m]

Lunghezza mensola di monte	3.65	[m]
Lunghezza totale	5.08	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.80	[m]
Spessore magrone	0.15	[m]

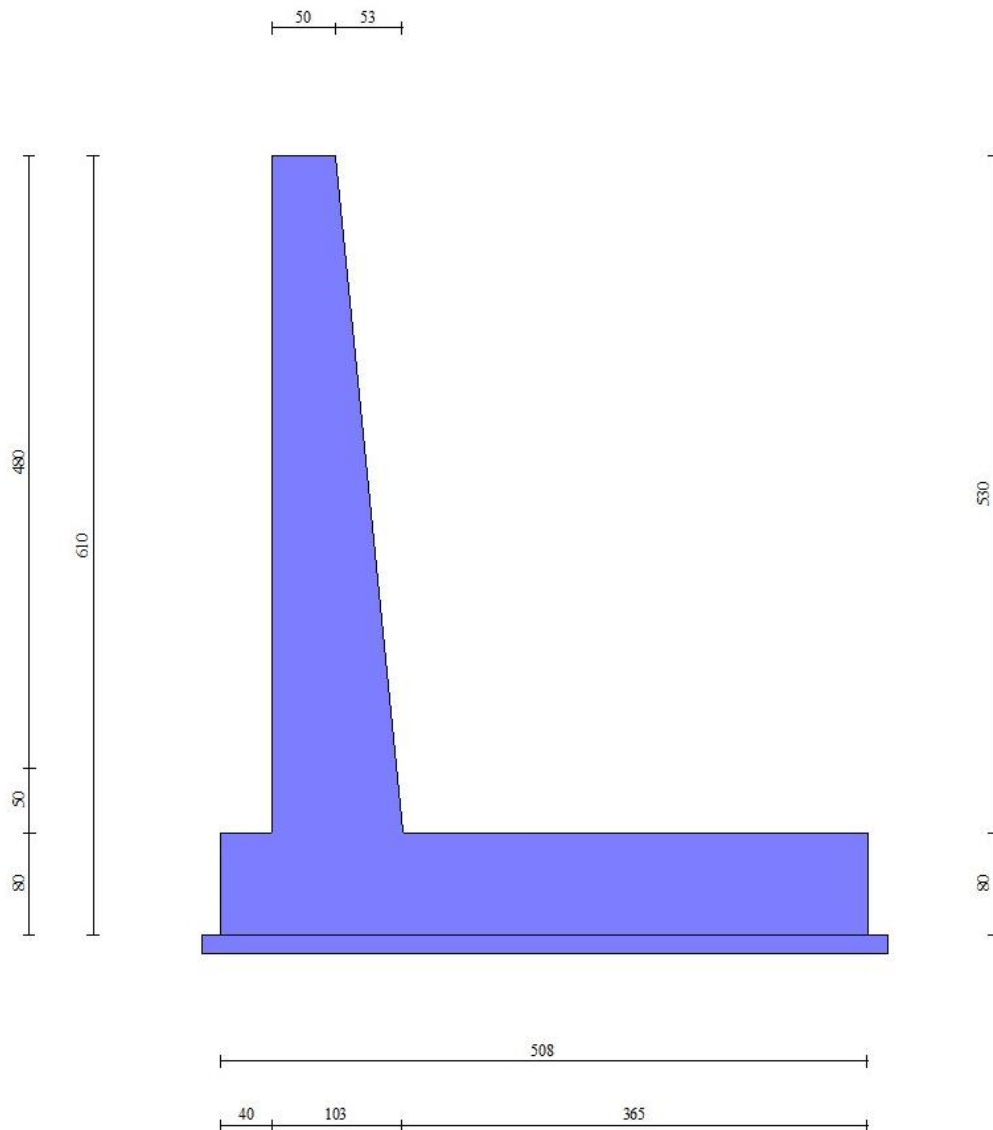


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	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 [N/mm ²]
c _a	Adesione terra-muro espressa in [N/mm ²]

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [N/mm ²]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [N/mm ²]	c _a [N/mm ²]	Cesp	τ_l [N/mm ²]
1	Riempimento	20.0000	20.0000	35.000	23.330	0.000	0.000		
2	Unità 1c	19.0000	19.0000	30.000	20.000	0.015	0.000		
3	Unità 2	19.0000	19.0000	22.000	14.670	0.030	0.000		

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
K _{wn} , K _{wt}	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm

Per calcolo pali (solo se presenti)

K _w	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
K _s	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

K _{ststa} , K _{stsis}	Coeff. di spinta statico e sismico
---	------------------------------------

n°	H [m]	α [°]	Terreno	K _{wn} [Kg/cm ²]	K _{wt} [Kg/cm ²]	K _w [Kg/cm ²]	K _s	Cesp	K _{ststa}	K _{stsis}
1	5.80	0.000	Riempimento	1.000	0.330	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
2	6.00	0.000	Unità 1c	1.000	0.330	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
3	3.00	0.000	Unità 2	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000

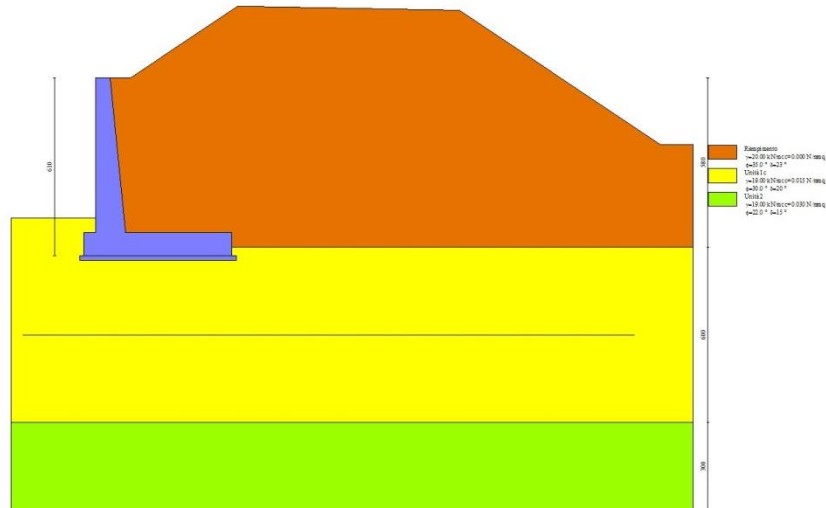


Fig. 2 - Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILE TF

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.75$ - $\Psi_1=0.75$ - $\Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA IA5F LOTTO 01 CODIFICA D 78 DOCUMENTO CL NV0205 001 REV. A FOGLIO 25 di 52

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					5.37	10.98	20.0000	20.0000

Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.00	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

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

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
26 di 52

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili. per I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.15	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.35	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
28 di 52

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Matera
Provincia	Matera
Regione	Basilicata
Latitudine	40.561810
Longitudine	16.536080
Indice punti di interpolazione	34345 - 34346 - 34124 - 34123
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
29 di 52

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		1.540	0.539
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.157	0.055
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.480	2.490
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.332	0.307
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.466	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	9.862	4.931
Ultimo - Ribaltamento	0.570	14.793	7.396
Esercizio	0.470	4.769	2.384

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Bowles
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite (0.5B _y N _y)	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
30 di 52

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Valutazione dei cedimenti mediante formulazione teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis, 1974).

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

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

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Paramento e fondazione muro

Condizioni ambientali Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura Poco sensibile

Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.II.PP.

Valori limite aperture delle fessure:

$$w_1=0.20$$

$$w_2=0.20$$

$$w_3=0.20$$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.55 f_{ck}	0.75 f_{yk}
Frequente	1.00 f_{ck}	1.00 f_{yk}
Quasi permanente	0.40 f_{ck}	1.00 f_{yk}

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C _x , C _y	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P _x , P _y	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	271.61	23.12	249.79	106.67	4.18	-3.16
	Peso/Inerzia muro			0.00	202.96/0.00	0.77	-4.33
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	495.83/0.00	2.35	-2.04
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00

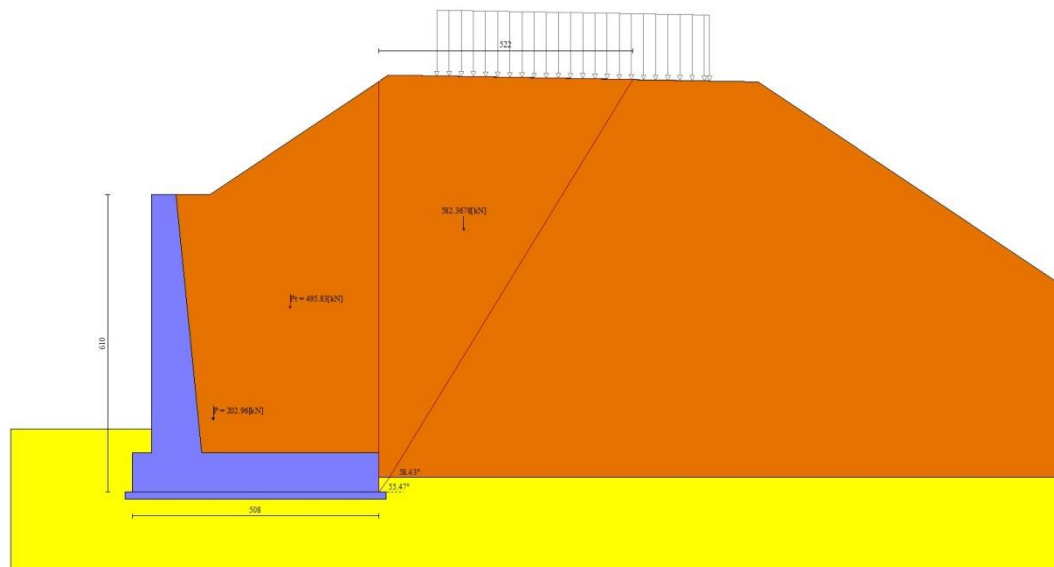


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

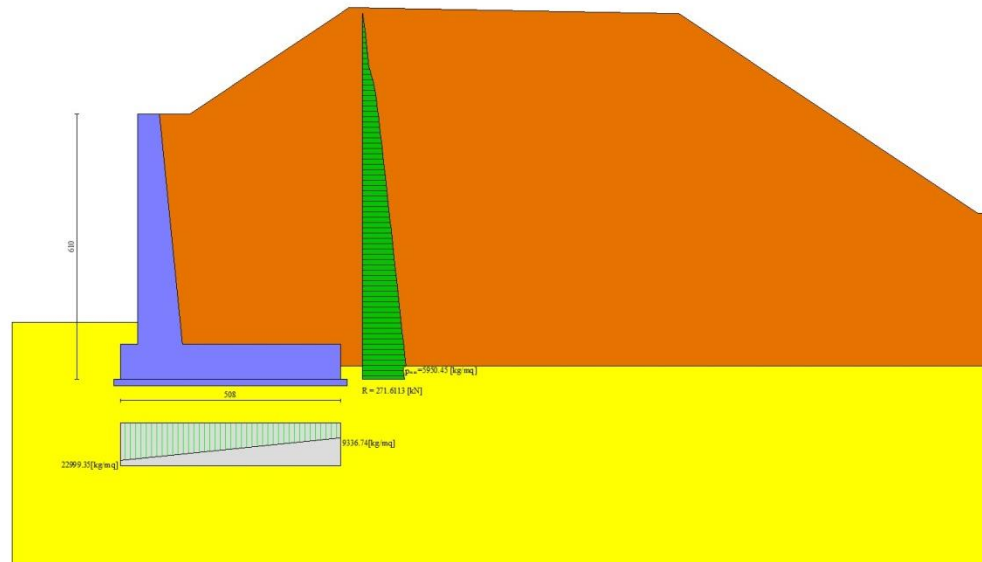


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.326		3.904			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.216		3.318			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.184		3.479			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.666		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.892		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.894		
7 - EQU (A1-M1-R3)			3.393				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.544				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.184				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	309.88	0.00	0.00	--	--	309.88	261.73	1.184

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza di progetto e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	822.35	2728.40	2273.66	3.318

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, N _γ	Fattori di capacità portante
ic, iq, i _γ	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, d _γ	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, g _γ	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, b _γ	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, s _γ	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, p _γ	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
r _γ	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B _γ N, viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
34 di 52

- B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [N/mm²]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	r γ	D	B' H	γ	ϕ	c
									[m]	[m]	[kN/mc]	[°]	[N/mm ²]
2	30.140 18.401 15.668	0.628 0.628 0.143	1.089 1.044 1.044	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.899	1.30	4.06 4.40	15.21	30.00	0.015

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	2412.63	1104.75	2.184

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

- Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0.50; 4.50	11.60	1.666

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

- W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
35 di 52

- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
- ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]
- T_x; T_y Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [N/mm²]

n°	W [kN]	Q _y [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	T _x ; T _y [kN]
1	17.54	16.88	10.90 - 0.73	72.847	29.256	0.000	0.0000	
2	45.72	16.88	0.73	62.928	29.256	0.000	0.0000	
3	64.35	16.88	0.73	55.722	29.256	0.000	0.0000	
4	78.80	16.88	0.73	49.698	29.256	0.000	0.0000	
5	90.61	16.88	0.73	44.359	29.256	0.000	0.0000	
6	100.51	16.88	0.73	39.474	29.256	0.000	0.0000	
7	108.90	16.88	0.73	34.914	29.256	0.000	0.0000	
8	116.04	9.10	0.73	30.597	29.256	0.000	0.0000	
9	121.67	0.00	0.73	26.465	24.791	0.012	0.0000	
10	125.13	0.00	0.73	22.478	24.791	0.012	0.0000	
11	122.29	0.00	0.73	18.603	24.791	0.012	0.0000	
12	118.18	0.00	0.73	14.815	24.791	0.012	0.0000	
13	113.34	0.00	0.73	11.092	24.791	0.012	0.0000	
14	107.86	0.00	0.73	7.417	24.791	0.012	0.0000	
15	115.71	0.00	0.73	3.772	24.791	0.012	0.0000	
16	84.29	0.00	0.73	0.142	24.791	0.012	0.0000	
17	32.65	0.00	0.73	-3.487	24.791	0.012	0.0000	
18	31.43	0.00	0.73	-7.131	24.791	0.012	0.0000	
19	29.81	0.00	0.73	-10.803	24.791	0.012	0.0000	
20	27.51	0.00	0.73	-14.522	24.791	0.012	0.0000	
21	24.49	0.00	0.73	-18.304	24.791	0.012	0.0000	
22	20.72	0.00	0.73	-22.171	24.791	0.012	0.0000	
23	16.12	0.00	0.73	-26.149	24.791	0.012	0.0000	
24	10.41	0.00	0.73	-30.268	24.791	0.012	0.0000	
25	3.56	0.00	-7.44 - 0.73	-34.025	24.791	0.012	0.0000	



Fig. 5 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Cedimenti

Per la valutazione dei cedimenti si schematizza la soletta di fondazione con forma rettangolare, avente larghezza di 5.05 m e lunghezza unitaria.

Il carico verticale applicato è pari al peso del terreno a tergo. Il terreno di fondazione è costituito dai primi 8 metri di depositi alluvionali attuali (U1c), che poggia su uno strato di argilla subappenninica (U2). Dall'analisi svolta si è ottenuto un cedimento pari a:

$$\delta_{tot} = 0.56 \text{ cm}$$

DATI DI INPUT:

B = 5.05 (m) (Larghezza della Fondazione)
 L = 1.00 (m) (Lunghezza della Fondazione)
 N = 822 (kN) (Carico Verticale Agente)
 q = 162.77 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))
 ns = 2 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da	zi	a	z _{o+1}	Δzi	E	v	δci
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	U1c	8.00	0.0	8.0	1.0	40000	0.25	0.55		
2	U2	2.00	8.0	10.0	1.0	120000	0.25	0.01		
-		10.00	0.0	0.0	1.0	100000	0.30	-		
-		60.00	0.0	0.0	1.0	90000	0.25	-		
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-		
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-		

$$\delta_{ctot} = 0.56 \text{ (cm)}$$

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.

T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle

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

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.26	3.40	3.40	0.18	0.61	0.04	0.09
3	-0.53	6.98	6.98	0.70	1.76	0.22	0.46
4	-0.79	10.73	10.73	1.58	3.47	0.63	1.26
5	-1.06	14.65	14.65	2.90	5.83	1.38	2.64
6	-1.32	18.76	18.76	5.01	9.18	2.62	4.83
7	-1.59	23.03	23.03	8.04	13.65	4.61	8.11
8	-1.85	27.49	27.49	11.82	19.07	7.56	12.76
9	-2.12	32.12	32.12	16.20	25.30	11.66	19.01
10	-2.38	36.92	36.92	21.13	32.29	17.05	27.09
11	-2.65	41.90	41.90	26.58	39.99	23.88	37.17
12	-2.91	47.06	47.06	32.52	48.39	32.29	49.45
13	-3.18	52.39	52.39	38.93	57.46	42.41	64.12
14	-3.44	57.90	57.90	45.80	67.19	54.35	81.36
15	-3.71	63.58	63.58	53.09	77.55	68.25	101.33
16	-3.97	69.44	69.44	60.81	88.54	84.22	124.20
17	-4.24	75.47	75.47	68.95	100.15	102.36	150.15
18	-4.50	81.68	81.68	77.48	112.36	122.79	179.33
19	-4.77	88.06	88.06	86.42	125.17	145.63	211.92
20	-5.04	94.62	94.62	95.74	138.57	170.96	248.06
21	-5.30	101.36	101.36	105.45	152.57	198.91	287.92

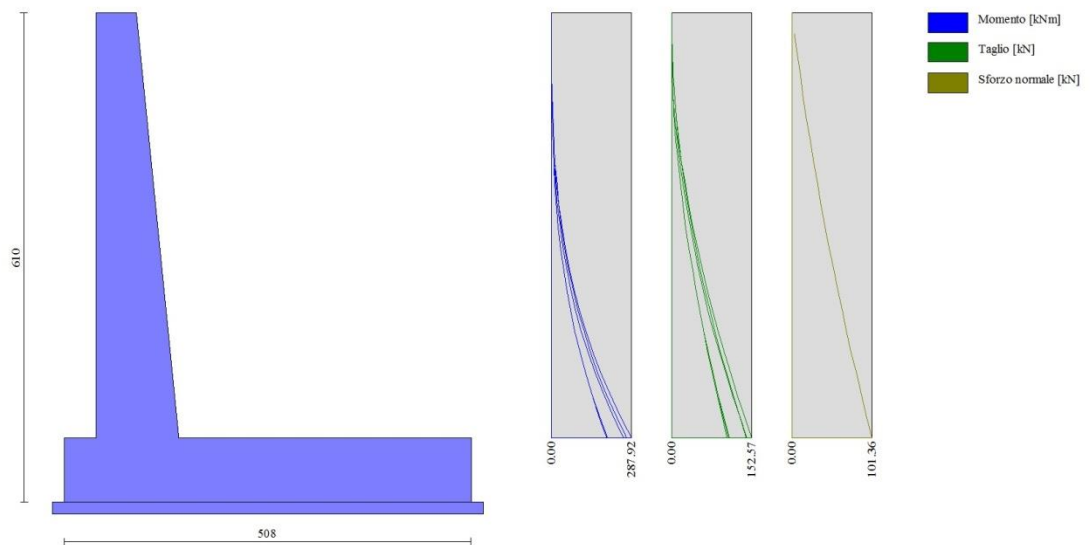


Fig. 6 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	-0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.80	0.00	0.00	15.68	23.78	0.78	1.19
3	-0.70	0.00	0.00	31.25	47.17	3.13	4.74
4	-0.60	0.00	0.00	46.73	70.18	7.03	10.61
5	-0.50	0.00	0.00	62.09	92.80	12.47	18.77
6	0.53	0.00	0.00	-171.16	-16.27	-489.15	-125.31
7	0.63	0.00	0.00	-174.00	-19.83	-472.12	-123.53
8	0.73	0.00	0.00	-176.57	-23.28	-454.83	-121.40
9	0.83	0.00	0.00	-178.76	-26.53	-437.30	-118.94
10	0.92	0.00	0.00	-180.53	-29.55	-419.57	-116.17
11	1.02	0.00	0.00	-181.86	-32.34	-401.69	-113.12
12	1.12	0.00	0.00	-182.78	-34.90	-383.70	-109.80
13	1.22	0.00	0.00	-183.27	-37.23	-365.65	-106.24
14	1.32	0.00	0.00	-183.33	-39.33	-347.56	-102.46
15	1.42	0.00	0.00	-182.96	-41.20	-329.49	-98.49
16	1.52	0.00	0.00	-182.18	-42.84	-311.48	-94.34
17	1.62	0.00	0.00	-180.96	-44.25	-293.56	-90.04
18	1.71	0.00	0.00	-179.32	-45.43	-275.79	-85.62
19	1.81	0.00	0.00	-177.25	-46.38	-258.20	-81.09
20	1.91	0.00	0.00	-174.76	-47.09	-240.83	-76.47
21	2.01	0.00	0.00	-171.85	-47.58	-223.73	-71.80
22	2.11	0.00	0.00	-168.50	-47.84	-206.94	-67.09
23	2.21	0.00	0.00	-164.74	-47.86	-190.50	-62.37
24	2.31	0.00	0.00	-160.54	-47.66	-174.45	-57.66
25	2.40	0.00	0.00	-155.92	-47.23	-158.84	-52.98
26	2.50	0.00	0.00	-150.88	-46.56	-143.70	-48.35
27	2.60	0.00	0.00	-145.41	-45.67	-129.08	-43.80
28	2.70	0.00	0.00	-139.51	-44.54	-115.03	-39.35
29	2.80	0.00	0.00	-133.19	-43.18	-101.57	-35.02
30	2.90	0.00	0.00	-126.44	-41.60	-88.76	-30.83
31	3.00	0.00	0.00	-119.27	-39.78	-76.64	-26.82
32	3.09	0.00	0.00	-111.67	-37.73	-65.25	-22.99
33	3.19	0.00	0.00	-103.65	-35.45	-54.62	-19.38
34	3.29	0.00	0.00	-95.20	-32.95	-44.81	-16.01
35	3.39	0.00	0.00	-86.32	-30.21	-35.85	-12.89
36	3.49	0.00	0.00	-77.02	-27.24	-27.79	-10.05
37	3.59	0.00	0.00	-67.30	-24.04	-20.67	-7.52
38	3.69	0.00	0.00	-57.14	-20.61	-14.53	-5.32
39	3.79	0.00	0.00	-46.57	-16.95	-9.41	-3.46
40	3.88	0.00	0.00	-35.56	-13.06	-5.36	-1.98
41	3.98	0.00	0.00	-24.13	-8.93	-2.41	-0.90
42	4.08	0.00	0.00	-12.28	-4.58	-0.61	-0.23
43	4.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

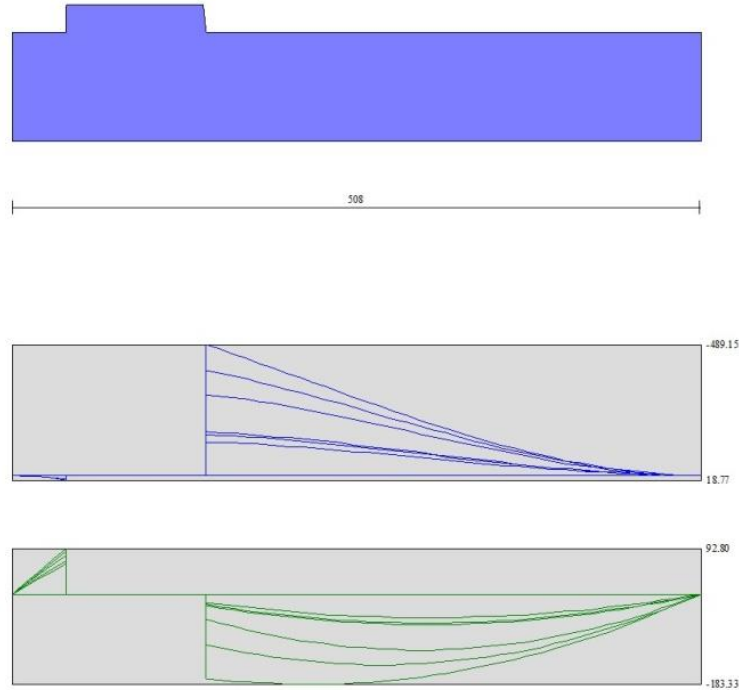


Fig. 7 - Fondazione

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espresso in [kNm]
Nu	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
40 di 52

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	50	10.05	18.85	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
2	100	53	10.05	18.85	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
3	100	55	10.05	18.85	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
4	100	58	10.05	18.85	1.26	10.73	847.68	7220.21	673.060
5	100	61	10.05	18.85	2.64	14.65	1087.99	6032.84	411.676
6	100	63	10.05	21.99	4.83	18.76	1267.68	4926.68	262.661
7	100	66	12.06	21.99	8.11	23.03	1280.49	3639.07	157.981
8	100	69	12.06	21.99	12.76	27.49	1185.58	2554.60	92.934
9	100	71	12.06	25.13	19.01	32.12	1198.61	2024.57	63.037
10	100	74	12.06	25.13	27.09	36.92	1133.46	1545.07	41.847
11	100	76	12.06	25.13	37.17	41.90	1075.53	1212.49	28.936
12	100	79	16.08	25.13	49.45	47.06	1056.10	1004.93	21.355
13	100	82	16.08	28.27	64.12	52.39	1163.65	950.70	18.147
14	100	84	16.08	28.27	81.36	57.90	1162.81	827.49	14.293
15	100	87	16.08	28.27	101.33	63.58	1169.94	734.10	11.546
16	100	90	16.08	28.27	124.20	69.44	1182.61	661.16	9.522
17	100	92	16.08	34.56	150.15	75.47	1441.40	724.50	9.600
18	100	95	16.08	34.56	179.33	81.68	1464.37	666.96	8.166
19	100	98	16.08	34.56	211.92	88.06	1490.11	619.23	7.032
20	100	100	16.08	34.56	248.06	94.62	1518.02	579.06	6.120
21	100	103	16.08	34.56	287.92	101.36	1546.47	544.42	5.371

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	100	80	18.85	18.85	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
2	100	80	18.85	18.85	1.19	0.00	549.02	0.00	460.530
3	100	80	18.85	18.85	4.74	0.00	549.02	0.00	115.756
4	100	80	18.85	18.85	10.61	0.00	549.02	0.00	51.727
5	100	80	18.85	18.85	18.77	0.00	549.02	0.00	29.256
6	100	80	18.85	18.85	-489.15	0.00	-549.02	0.00	1.122
7	100	80	18.85	18.85	-472.12	0.00	-549.02	0.00	1.163
8	100	80	18.85	18.85	-454.83	0.00	-549.02	0.00	1.207
9	100	80	18.85	18.85	-437.30	0.00	-549.02	0.00	1.255
10	100	80	18.85	18.85	-419.57	0.00	-549.02	0.00	1.309
11	100	80	18.85	18.85	-401.69	0.00	-549.02	0.00	1.367
12	100	80	18.85	18.85	-383.70	0.00	-549.02	0.00	1.431
13	100	80	18.85	18.85	-365.65	0.00	-549.02	0.00	1.502
14	100	80	18.85	18.85	-347.56	0.00	-549.02	0.00	1.580
15	100	80	18.85	18.85	-329.49	0.00	-549.02	0.00	1.666
16	100	80	18.85	18.85	-311.48	0.00	-549.02	0.00	1.763
17	100	80	18.85	18.85	-293.56	0.00	-549.02	0.00	1.870
18	100	80	18.85	18.85	-275.79	0.00	-549.02	0.00	1.991
19	100	80	18.85	18.85	-258.20	0.00	-549.02	0.00	2.126
20	100	80	18.85	18.85	-240.83	0.00	-549.02	0.00	2.280
21	100	80	18.85	18.85	-223.73	0.00	-549.02	0.00	2.454
22	100	80	18.85	18.85	-206.94	0.00	-549.02	0.00	2.653
23	100	80	18.85	18.85	-190.50	0.00	-549.02	0.00	2.882
24	100	80	18.85	18.85	-174.45	0.00	-549.02	0.00	3.147
25	100	80	18.85	18.85	-158.84	0.00	-549.02	0.00	3.456
26	100	80	18.85	18.85	-143.70	0.00	-549.02	0.00	3.821
27	100	80	18.85	18.85	-129.08	0.00	-549.02	0.00	4.253
28	100	80	18.85	18.85	-115.03	0.00	-549.02	0.00	4.773
29	100	80	18.85	18.85	-101.57	0.00	-549.02	0.00	5.405
30	100	80	18.85	18.85	-88.76	0.00	-549.02	0.00	6.185

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
31	100	80	18.85	18.85	-76.64	0.00	-549.02	0.00	7.164
32	100	80	18.85	18.85	-65.25	0.00	-549.02	0.00	8.415
33	100	80	18.85	18.85	-54.62	0.00	-549.02	0.00	10.051
34	100	80	18.85	18.85	-44.81	0.00	-549.02	0.00	12.252
35	100	80	18.85	18.85	-35.85	0.00	-549.02	0.00	15.313
36	100	80	18.85	18.85	-27.79	0.00	-549.02	0.00	19.754
37	100	80	18.85	18.85	-20.67	0.00	-549.02	0.00	26.559
38	100	80	18.85	18.85	-14.53	0.00	-549.02	0.00	37.785
39	100	80	18.85	18.85	-9.41	0.00	-549.02	0.00	58.337
40	100	80	18.85	18.85	-5.36	0.00	-549.02	0.00	102.491
41	100	80	18.85	18.85	-2.41	0.00	-549.02	0.00	227.924
42	100	80	18.85	18.85	-0.61	0.00	-549.02	0.00	901.225
43	100	80	18.85	18.85	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000

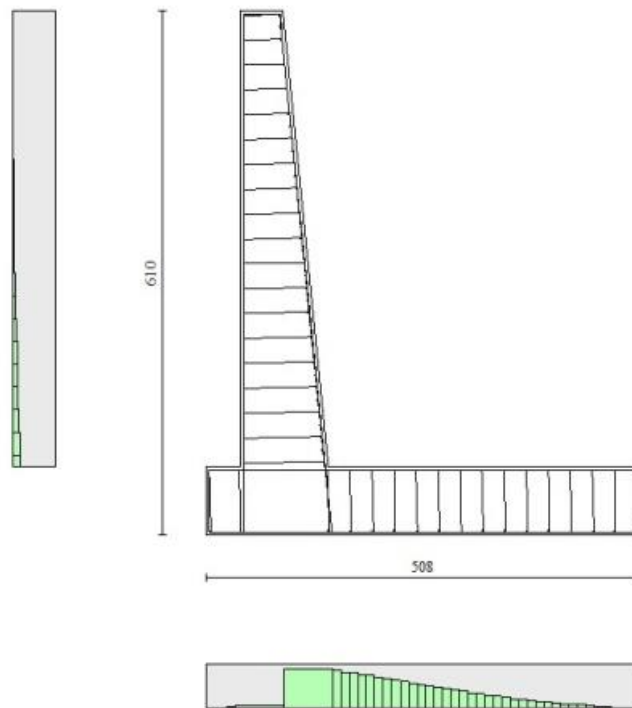


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

Verifiche a taglio
Simbologia adottata

Is indice sezione

Y ordinata sezione espressa in [m]

B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A_{sw}	area ferri a taglio espresso in [cm ²]
cot θ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V_{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V_{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V_{Rd}	resistenza di progetto a taglio espresso in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio ($A_{sw}>0.0$) $V_{Rd}=\min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$.
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A_{sw} [cm ²]	cot θ	V_{Rcd} [kN]	V_{Rsd} [kN]	V_{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	50	0.00	--	0.00	0.00	256.54	0.00	100.000
2	100	53	0.00	--	0.00	0.00	263.74	0.61	435.552
3	100	55	0.00	--	0.00	0.00	270.81	1.76	153.567
4	100	58	0.00	--	0.00	0.00	277.79	3.47	79.942
5	100	61	0.00	--	0.00	0.00	284.67	5.83	48.862
6	100	63	0.00	--	0.00	0.00	301.56	9.18	32.864
7	100	66	0.00	--	0.00	0.00	314.74	13.65	23.050
8	100	69	0.00	--	0.00	0.00	321.72	19.07	16.867
9	100	71	0.00	--	0.00	0.00	338.29	25.30	13.370
10	100	74	0.00	--	0.00	0.00	345.30	32.29	10.695
11	100	76	0.00	--	0.00	0.00	352.26	39.99	8.808
12	100	79	0.00	--	0.00	0.00	371.41	48.39	7.675
13	100	82	0.00	--	0.00	0.00	387.65	57.46	6.746
14	100	84	0.00	--	0.00	0.00	394.80	67.19	5.876
15	100	87	0.00	--	0.00	0.00	401.89	77.55	5.182
16	100	90	0.00	--	0.00	0.00	408.93	88.54	4.618
17	100	92	0.00	--	0.00	0.00	434.21	100.15	4.336
18	100	95	0.00	--	0.00	0.00	441.43	112.36	3.929
19	100	98	0.00	--	0.00	0.00	448.62	125.17	3.584
20	100	100	0.00	--	0.00	0.00	455.76	138.57	3.289
21	100	103	0.00	--	0.00	0.00	462.86	152.57	3.034

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A_{sw} [cm ²]	cot θ	V_{Rcd} [kN]	V_{Rsd} [kN]	V_{Rd} [kN]	T [kN]	FS
1	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	0.00	100.000
2	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	23.78	14.967
3	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	47.17	7.545
4	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	70.18	5.071
5	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	92.80	3.835
6	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-171.16	2.079
7	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-174.00	2.045
8	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-176.57	2.016
9	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-178.76	1.991
10	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-180.53	1.971
11	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-181.86	1.957
12	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-182.78	1.947
13	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-183.27	1.942
14	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-183.33	1.941

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{Rd} [kN]	T [kN]	FS
15	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-182.96	1.945
16	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-182.18	1.954
17	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-180.96	1.967
18	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-179.32	1.985
19	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-177.25	2.008
20	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-174.76	2.036
21	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-171.85	2.071
22	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-168.50	2.112
23	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-164.74	2.160
24	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-160.54	2.217
25	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-155.92	2.283
26	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-150.88	2.359
27	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-145.41	2.448
28	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-139.51	2.551
29	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-133.19	2.672
30	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-126.44	2.815
31	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-119.27	2.984
32	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-111.67	3.187
33	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-103.65	3.434
34	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-95.20	3.739
35	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-86.32	4.123
36	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-77.02	4.621
37	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-67.30	5.289
38	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-57.14	6.228
39	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-46.57	7.643
40	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-35.56	10.008
41	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-24.13	14.747
42	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	-12.28	28.983
43	100	80	0.00	--	0.00	0.00	355.90	0.00	100.000

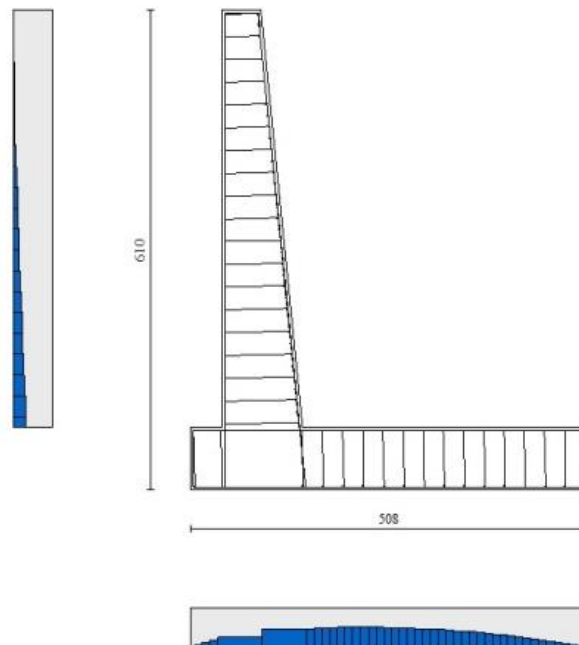


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori, espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kN]
σ_c	tensione di compressione nel cls, espressa in [N/mmq]
σ_{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [N/mmq]
σ_{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [N/mmq]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	18.260	[N/mmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	337.500	[N/mmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σ_c [N/mmq]	σ_{fi} [N/mmq]	σ_{fs} [N/mmq]
1	100	50	10.05	18.85	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)
2	100	53	10.05	18.85	0.04	3.40	0.007 (10)	0.076 (10)	0.103 (10)
3	100	55	10.05	18.85	0.22	6.98	0.016 (10)	0.121 (10)	0.233 (10)
4	100	58	10.05	18.85	0.63	10.73	0.028 (10)	0.121 (10)	0.401 (10)
5	100	61	10.05	18.85	1.38	14.65	0.043 (10)	0.070 (10)	0.619 (10)
6	100	63	10.05	21.99	2.62	18.76	0.064 (10)	0.069 (10)	0.909 (10)
7	100	66	12.06	21.99	4.61	23.03	0.094 (10)	0.455 (10)	1.325 (10)
8	100	69	12.06	21.99	7.56	27.49	0.141 (10)	1.355 (10)	1.953 (10)
9	100	71	12.06	25.13	11.66	32.12	0.198 (10)	2.670 (10)	2.721 (10)
10	100	74	12.06	25.13	17.05	36.92	0.270 (10)	4.711 (10)	3.685 (10)
11	100	76	12.06	25.13	23.88	41.90	0.355 (10)	7.382 (10)	4.806 (10)
12	100	79	16.08	25.13	32.29	47.06	0.438 (10)	10.553 (10)	5.902 (10)
13	100	82	16.08	28.27	42.41	52.39	0.525 (10)	13.026 (10)	7.074 (10)
14	100	84	16.08	28.27	54.35	57.90	0.634 (10)	17.066 (10)	8.533 (10)
15	100	87	16.08	28.27	68.27	63.58	0.753 (10)	21.660 (10)	10.121 (10)
16	100	90	16.08	28.27	84.35	69.44	0.882 (10)	26.835 (10)	11.841 (10)
17	100	92	16.08	34.56	102.77	75.47	0.959 (10)	27.140 (10)	12.985 (10)
18	100	95	16.08	34.56	123.66	81.68	1.096 (10)	32.411 (10)	14.850 (10)
19	100	98	16.08	34.56	147.14	88.06	1.242 (10)	38.170 (10)	16.831 (10)
20	100	100	16.08	34.56	173.33	94.62	1.396 (10)	44.410 (10)	18.923 (10)
21	100	103	16.08	34.56	202.35	101.36	1.557 (10)	51.128 (10)	21.119 (10)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	18.260	[N/mmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	337.500	[N/mmq]



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA IA5F LOTTO 01 CODIFICA D 78 DOCUMENTO CL NV0205 001 REV. A FOGLIO 45 di 52

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
1	100	80	18.85	18.85	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)
2	100	80	18.85	18.85	0.87	0.00	0.012 (10)	0.643 (10)	0.142 (10)
3	100	80	18.85	18.85	3.48	0.00	0.046 (10)	2.563 (10)	0.564 (10)
4	100	80	18.85	18.85	7.81	0.00	0.103 (10)	5.748 (10)	1.266 (10)
5	100	80	18.85	18.85	13.84	0.00	0.183 (10)	10.187 (10)	2.243 (10)
6	100	80	18.85	18.85	-162.45	0.00	2.149 (10)	26.324 (10)	119.552 (10)
7	100	80	18.85	18.85	-159.95	0.00	2.116 (10)	25.918 (10)	117.711 (10)
8	100	80	18.85	18.85	-157.02	0.00	2.077 (10)	25.443 (10)	115.554 (10)
9	100	80	18.85	18.85	-153.68	0.00	2.033 (10)	24.902 (10)	113.096 (10)
10	100	80	18.85	18.85	-149.96	0.00	1.984 (10)	24.299 (10)	110.357 (10)
11	100	80	18.85	18.85	-145.88	0.00	1.930 (10)	23.639 (10)	107.358 (10)
12	100	80	18.85	18.85	-141.48	0.00	1.872 (10)	22.926 (10)	104.121 (10)
13	100	80	18.85	18.85	-136.79	0.00	1.810 (10)	22.165 (10)	100.665 (10)
14	100	80	18.85	18.85	-131.82	0.00	1.744 (10)	21.361 (10)	97.013 (10)
15	100	80	18.85	18.85	-126.62	0.00	1.675 (10)	20.518 (10)	93.185 (10)
16	100	80	18.85	18.85	-121.21	0.00	1.604 (10)	19.641 (10)	89.202 (10)
17	100	80	18.85	18.85	-115.62	0.00	1.530 (10)	18.735 (10)	85.086 (10)
18	100	80	18.85	18.85	-109.87	0.00	1.454 (10)	17.803 (10)	80.857 (10)
19	100	80	18.85	18.85	-104.00	0.00	1.376 (10)	16.852 (10)	76.536 (10)
20	100	80	18.85	18.85	-98.03	0.00	1.297 (10)	15.885 (10)	72.144 (10)
21	100	80	18.85	18.85	-92.00	0.00	1.217 (10)	14.907 (10)	67.703 (10)
22	100	80	18.85	18.85	-85.92	0.00	1.137 (10)	13.923 (10)	63.234 (10)
23	100	80	18.85	18.85	-79.84	0.00	1.056 (10)	12.937 (10)	58.756 (10)
24	100	80	18.85	18.85	-73.77	0.00	0.976 (10)	11.954 (10)	54.293 (10)
25	100	80	18.85	18.85	-67.76	0.00	0.896 (10)	10.979 (10)	49.863 (10)
26	100	80	18.85	18.85	-61.81	0.00	0.818 (10)	10.016 (10)	45.489 (10)
27	100	80	18.85	18.85	-55.97	0.00	0.741 (10)	9.070 (10)	41.192 (10)
28	100	80	18.85	18.85	-50.27	0.00	0.665 (10)	8.145 (10)	36.992 (10)
29	100	80	18.85	18.85	-44.72	0.00	0.592 (10)	7.247 (10)	32.911 (10)
30	100	80	18.85	18.85	-39.37	0.00	0.521 (10)	6.379 (10)	28.970 (10)
31	100	80	18.85	18.85	-34.23	0.00	0.453 (10)	5.546 (10)	25.189 (10)
32	100	80	18.85	18.85	-29.34	0.00	0.388 (10)	4.754 (10)	21.590 (10)
33	100	80	18.85	18.85	-24.72	0.00	0.327 (10)	4.006 (10)	18.193 (10)
34	100	80	18.85	18.85	-20.41	0.00	0.270 (10)	3.307 (10)	15.020 (10)
35	100	80	18.85	18.85	-16.43	0.00	0.217 (10)	2.663 (10)	12.092 (10)
36	100	80	18.85	18.85	-12.81	0.00	0.170 (10)	2.076 (10)	9.430 (10)
37	100	80	18.85	18.85	-9.59	0.00	0.127 (10)	1.553 (10)	7.054 (10)
38	100	80	18.85	18.85	-6.78	0.00	0.090 (10)	1.098 (10)	4.986 (10)
39	100	80	18.85	18.85	-4.41	0.00	0.058 (10)	0.715 (10)	3.247 (10)
40	100	80	18.85	18.85	-2.52	0.00	0.033 (10)	0.409 (10)	1.858 (10)
41	100	80	18.85	18.85	-1.14	0.00	0.015 (10)	0.185 (10)	0.840 (10)
42	100	80	18.85	18.85	-0.29	0.00	0.004 (10)	0.047 (10)	0.213 (10)
43	100	80	18.85	18.85	0.00	0.00	0.000 (10)	0.000 (10)	0.000 (10)

Combinazioni SLEF

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33.200 [N/mmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
1	100	50	10.05	18.85	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)
2	100	53	10.05	18.85	0.04	3.40	0.007 (11)	0.076 (11)	0.103 (11)
3	100	55	10.05	18.85	0.22	6.98	0.016 (11)	0.121 (11)	0.233 (11)
4	100	58	10.05	18.85	0.63	10.73	0.028 (11)	0.121 (11)	0.401 (11)
5	100	61	10.05	18.85	1.38	14.65	0.043 (11)	0.070 (11)	0.619 (11)
6	100	63	10.05	21.99	2.62	18.76	0.064 (11)	0.069 (11)	0.909 (11)
7	100	66	12.06	21.99	4.61	23.03	0.094 (11)	0.455 (11)	1.325 (11)
8	100	69	12.06	21.99	7.56	27.49	0.141 (11)	1.355 (11)	1.953 (11)
9	100	71	12.06	25.13	11.66	32.12	0.198 (11)	2.670 (11)	2.721 (11)
10	100	74	12.06	25.13	17.05	36.92	0.270 (11)	4.711 (11)	3.685 (11)
11	100	76	12.06	25.13	23.88	41.90	0.355 (11)	7.382 (11)	4.806 (11)
12	100	79	16.08	25.13	32.29	47.06	0.438 (11)	10.553 (11)	5.902 (11)
13	100	82	16.08	28.27	42.41	52.39	0.525 (11)	13.026 (11)	7.074 (11)
14	100	84	16.08	28.27	54.35	57.90	0.634 (11)	17.066 (11)	8.533 (11)



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA IA5F LOTTO 01 CODIFICA D 78 DOCUMENTO CL NV0205 001 REV. A FOGLIO 46 di 52

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
15	100	87	16.08	28.27	68.25	63.58	0.753 (11)	21.652 (11)	10.118 (11)
16	100	90	16.08	28.27	84.26	69.44	0.881 (11)	26.797 (11)	11.830 (11)
17	100	92	16.08	34.56	102.56	75.47	0.957 (11)	27.066 (11)	12.960 (11)
18	100	95	16.08	34.56	123.28	81.68	1.093 (11)	32.282 (11)	14.808 (11)
19	100	98	16.08	34.56	146.54	88.06	1.237 (11)	37.973 (11)	16.768 (11)
20	100	100	16.08	34.56	172.46	94.62	1.389 (11)	44.133 (11)	18.835 (11)
21	100	103	16.08	34.56	201.16	101.36	1.548 (11)	50.758 (11)	21.004 (11)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33.200 [N/mmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [N/mmq]	σfi [N/mmq]	σfs [N/mmq]
1	100	80	18.85	18.85	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)
2	100	80	18.85	18.85	0.85	0.00	0.011 (11)	0.626 (11)	0.138 (11)
3	100	80	18.85	18.85	3.39	0.00	0.045 (11)	2.497 (11)	0.550 (11)
4	100	80	18.85	18.85	7.61	0.00	0.101 (11)	5.602 (11)	1.233 (11)
5	100	80	18.85	18.85	13.49	0.00	0.179 (11)	9.930 (11)	2.186 (11)
6	100	80	18.85	18.85	-152.86	0.00	2.022 (11)	24.770 (11)	112.495 (11)
7	100	80	18.85	18.85	-150.55	0.00	1.992 (11)	24.395 (11)	110.793 (11)
8	100	80	18.85	18.85	-147.83	0.00	1.956 (11)	23.954 (11)	108.791 (11)
9	100	80	18.85	18.85	-144.72	0.00	1.915 (11)	23.450 (11)	106.502 (11)
10	100	80	18.85	18.85	-141.24	0.00	1.869 (11)	22.887 (11)	103.945 (11)
11	100	80	18.85	18.85	-137.44	0.00	1.818 (11)	22.270 (11)	101.142 (11)
12	100	80	18.85	18.85	-133.32	0.00	1.764 (11)	21.602 (11)	98.110 (11)
13	100	80	18.85	18.85	-128.92	0.00	1.705 (11)	20.889 (11)	94.872 (11)
14	100	80	18.85	18.85	-124.26	0.00	1.644 (11)	20.135 (11)	91.445 (11)
15	100	80	18.85	18.85	-119.37	0.00	1.579 (11)	19.343 (11)	87.851 (11)
16	100	80	18.85	18.85	-114.29	0.00	1.512 (11)	18.519 (11)	84.109 (11)
17	100	80	18.85	18.85	-109.03	0.00	1.442 (11)	17.667 (11)	80.239 (11)
18	100	80	18.85	18.85	-103.63	0.00	1.371 (11)	16.791 (11)	76.261 (11)
19	100	80	18.85	18.85	-98.10	0.00	1.298 (11)	15.896 (11)	72.195 (11)
20	100	80	18.85	18.85	-92.48	0.00	1.224 (11)	14.986 (11)	68.060 (11)
21	100	80	18.85	18.85	-86.80	0.00	1.148 (11)	14.065 (11)	63.878 (11)
22	100	80	18.85	18.85	-81.08	0.00	1.073 (11)	13.138 (11)	59.667 (11)
23	100	80	18.85	18.85	-75.35	0.00	0.997 (11)	12.209 (11)	55.449 (11)
24	100	80	18.85	18.85	-69.63	0.00	0.921 (11)	11.283 (11)	51.241 (11)
25	100	80	18.85	18.85	-63.95	0.00	0.846 (11)	10.363 (11)	47.065 (11)
26	100	80	18.85	18.85	-58.35	0.00	0.772 (11)	9.455 (11)	42.941 (11)
27	100	80	18.85	18.85	-52.84	0.00	0.699 (11)	8.562 (11)	38.888 (11)
28	100	80	18.85	18.85	-47.46	0.00	0.628 (11)	7.690 (11)	34.926 (11)
29	100	80	18.85	18.85	-42.23	0.00	0.559 (11)	6.842 (11)	31.075 (11)
30	100	80	18.85	18.85	-37.17	0.00	0.492 (11)	6.023 (11)	27.356 (11)
31	100	80	18.85	18.85	-32.32	0.00	0.428 (11)	5.238 (11)	23.787 (11)
32	100	80	18.85	18.85	-27.71	0.00	0.367 (11)	4.489 (11)	20.390 (11)
33	100	80	18.85	18.85	-23.35	0.00	0.309 (11)	3.783 (11)	17.183 (11)
34	100	80	18.85	18.85	-19.28	0.00	0.255 (11)	3.124 (11)	14.187 (11)
35	100	80	18.85	18.85	-15.52	0.00	0.205 (11)	2.515 (11)	11.422 (11)
36	100	80	18.85	18.85	-12.10	0.00	0.160 (11)	1.961 (11)	8.908 (11)
37	100	80	18.85	18.85	-9.06	0.00	0.120 (11)	1.467 (11)	6.664 (11)
38	100	80	18.85	18.85	-6.40	0.00	0.085 (11)	1.037 (11)	4.711 (11)
39	100	80	18.85	18.85	-4.17	0.00	0.055 (11)	0.676 (11)	3.068 (11)
40	100	80	18.85	18.85	-2.39	0.00	0.032 (11)	0.387 (11)	1.756 (11)
41	100	80	18.85	18.85	-1.08	0.00	0.014 (11)	0.175 (11)	0.794 (11)
42	100	80	18.85	18.85	-0.27	0.00	0.004 (11)	0.044 (11)	0.202 (11)
43	100	80	18.85	18.85	0.00	0.00	0.000 (11)	0.000 (11)	0.000 (11)



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
47 di 52

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13.280 [N/mmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σ_c [N/mmq]	σ_{fi} [N/mmq]	σ_{fs} [N/mmq]
1	100	50	10.05	18.85	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)
2	100	53	10.05	18.85	0.04	3.40	0.007 (12)	0.076 (12)	0.103 (12)
3	100	55	10.05	18.85	0.22	6.98	0.016 (12)	0.121 (12)	0.233 (12)
4	100	58	10.05	18.85	0.63	10.73	0.028 (12)	0.121 (12)	0.401 (12)
5	100	61	10.05	18.85	1.38	14.65	0.043 (12)	0.070 (12)	0.619 (12)
6	100	63	10.05	21.99	2.62	18.76	0.064 (12)	0.069 (12)	0.909 (12)
7	100	66	12.06	21.99	4.61	23.03	0.094 (12)	0.455 (12)	1.325 (12)
8	100	69	12.06	21.99	7.56	27.49	0.141 (12)	1.355 (12)	1.953 (12)
9	100	71	12.06	25.13	11.66	32.12	0.198 (12)	2.670 (12)	2.721 (12)
10	100	74	12.06	25.13	17.05	36.92	0.270 (12)	4.711 (12)	3.685 (12)
11	100	76	12.06	25.13	23.88	41.90	0.355 (12)	7.382 (12)	4.806 (12)
12	100	79	16.08	25.13	32.29	47.06	0.438 (12)	10.553 (12)	5.902 (12)
13	100	82	16.08	28.27	42.41	52.39	0.525 (12)	13.026 (12)	7.074 (12)
14	100	84	16.08	28.27	54.35	57.90	0.634 (12)	17.066 (12)	8.533 (12)
15	100	87	16.08	28.27	68.25	63.58	0.753 (12)	21.651 (12)	10.118 (12)
16	100	90	16.08	28.27	84.22	69.44	0.880 (12)	26.777 (12)	11.823 (12)
17	100	92	16.08	34.56	102.36	75.47	0.955 (12)	26.997 (12)	12.937 (12)
18	100	95	16.08	34.56	122.79	81.68	1.089 (12)	32.118 (12)	14.754 (12)
19	100	98	16.08	34.56	145.63	88.06	1.230 (12)	37.672 (12)	16.671 (12)
20	100	100	16.08	34.56	170.96	94.62	1.378 (12)	43.654 (12)	18.682 (12)
21	100	103	16.08	34.56	198.91	101.36	1.532 (12)	50.058 (12)	20.785 (12)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13.280 [N/mmq]

Tensione massima di trazione dell'acciaio 450.000 [N/mmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σ_c [N/mmq]	σ_{fi} [N/mmq]	σ_{fs} [N/mmq]
1	100	80	18.85	18.85	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)
2	100	80	18.85	18.85	0.78	0.00	0.010 (12)	0.578 (12)	0.127 (12)
3	100	80	18.85	18.85	3.13	0.00	0.041 (12)	2.305 (12)	0.508 (12)
4	100	80	18.85	18.85	7.03	0.00	0.093 (12)	5.175 (12)	1.139 (12)
5	100	80	18.85	18.85	12.47	0.00	0.165 (12)	9.180 (12)	2.021 (12)



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA IA5F LOTTO 01 CODIFICA D 78 DOCUMENTO CL NV0205 001 REV. A FOGLIO 48 di 52

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[N/mmq]	[N/mmq]	[N/mmq]
6	100	80	18.85	18.85	-125.31	0.00	1.658 (12)	20.305 (12)	92.218 (12)
7	100	80	18.85	18.85	-123.53	0.00	1.634 (12)	20.016 (12)	90.907 (12)
8	100	80	18.85	18.85	-121.40	0.00	1.606 (12)	19.672 (12)	89.341 (12)
9	100	80	18.85	18.85	-118.94	0.00	1.574 (12)	19.273 (12)	87.532 (12)
10	100	80	18.85	18.85	-116.17	0.00	1.537 (12)	18.825 (12)	85.495 (12)
11	100	80	18.85	18.85	-113.12	0.00	1.497 (12)	18.330 (12)	83.247 (12)
12	100	80	18.85	18.85	-109.80	0.00	1.453 (12)	17.792 (12)	80.805 (12)
13	100	80	18.85	18.85	-106.24	0.00	1.406 (12)	17.215 (12)	78.185 (12)
14	100	80	18.85	18.85	-102.46	0.00	1.356 (12)	16.603 (12)	75.404 (12)
15	100	80	18.85	18.85	-98.49	0.00	1.303 (12)	15.959 (12)	72.479 (12)
16	100	80	18.85	18.85	-94.34	0.00	1.248 (12)	15.287 (12)	69.427 (12)
17	100	80	18.85	18.85	-90.04	0.00	1.191 (12)	14.590 (12)	66.264 (12)
18	100	80	18.85	18.85	-85.62	0.00	1.133 (12)	13.873 (12)	63.008 (12)
19	100	80	18.85	18.85	-81.09	0.00	1.073 (12)	13.139 (12)	59.674 (12)
20	100	80	18.85	18.85	-76.47	0.00	1.012 (12)	12.392 (12)	56.280 (12)
21	100	80	18.85	18.85	-71.80	0.00	0.950 (12)	11.635 (12)	52.841 (12)
22	100	80	18.85	18.85	-67.09	0.00	0.888 (12)	10.872 (12)	49.376 (12)
23	100	80	18.85	18.85	-62.37	0.00	0.825 (12)	10.107 (12)	45.901 (12)
24	100	80	18.85	18.85	-57.66	0.00	0.763 (12)	9.343 (12)	42.432 (12)
25	100	80	18.85	18.85	-52.98	0.00	0.701 (12)	8.584 (12)	38.987 (12)
26	100	80	18.85	18.85	-48.35	0.00	0.640 (12)	7.834 (12)	35.581 (12)
27	100	80	18.85	18.85	-43.80	0.00	0.579 (12)	7.097 (12)	32.232 (12)
28	100	80	18.85	18.85	-39.35	0.00	0.521 (12)	6.376 (12)	28.956 (12)
29	100	80	18.85	18.85	-35.02	0.00	0.463 (12)	5.674 (12)	25.770 (12)
30	100	80	18.85	18.85	-30.83	0.00	0.408 (12)	4.996 (12)	22.691 (12)
31	100	80	18.85	18.85	-26.82	0.00	0.355 (12)	4.346 (12)	19.736 (12)
32	100	80	18.85	18.85	-22.99	0.00	0.304 (12)	3.726 (12)	16.921 (12)
33	100	80	18.85	18.85	-19.38	0.00	0.256 (12)	3.141 (12)	14.263 (12)
34	100	80	18.85	18.85	-16.01	0.00	0.212 (12)	2.594 (12)	11.779 (12)
35	100	80	18.85	18.85	-12.89	0.00	0.171 (12)	2.089 (12)	9.485 (12)
36	100	80	18.85	18.85	-10.05	0.00	0.133 (12)	1.629 (12)	7.399 (12)
37	100	80	18.85	18.85	-7.52	0.00	0.100 (12)	1.219 (12)	5.536 (12)
38	100	80	18.85	18.85	-5.32	0.00	0.070 (12)	0.862 (12)	3.914 (12)
39	100	80	18.85	18.85	-3.46	0.00	0.046 (12)	0.561 (12)	2.550 (12)
40	100	80	18.85	18.85	-1.98	0.00	0.026 (12)	0.321 (12)	1.459 (12)
41	100	80	18.85	18.85	-0.90	0.00	0.012 (12)	0.145 (12)	0.660 (12)
42	100	80	18.85	18.85	-0.23	0.00	0.003 (12)	0.037 (12)	0.168 (12)
43	100	80	18.85	18.85	0.00	0.00	0.000 (12)	0.000 (12)	0.000 (12)

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- Af area ferri zona tesa espresso in [cmq]
- Aeff area efficace espressa in [cmq]
- M momento agente espressa in [kNm]
- Mpf momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
- ε deformazione espresso in %
- Sm spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
- w apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLER

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (10)
2	100	53	0.00	0.00	0.04	23.96	0.0000000	0.00	0.000 (10)
3	100	55	0.00	0.00	0.22	88.99	0.0000000	0.00	0.000 (10)
4	100	58	0.00	0.00	0.63	280.12	0.0000000	0.00	0.000 (10)
5	100	61	0.00	0.00	1.38	1635.66	0.0000000	0.00	0.000 (10)
6	100	63	21.99	750.00	2.62	1242.51	0.0000000	0.00	0.000 (10)
7	100	66	21.99	750.00	4.61	665.26	0.0000000	0.00	0.000 (10)
8	100	69	21.99	750.00	7.56	531.60	0.0000000	0.00	0.000 (10)
9	100	71	25.13	750.00	11.66	496.31	0.0000000	0.00	0.000 (10)
10	100	74	25.13	750.00	17.05	483.11	0.0000000	0.00	0.000 (10)
11	100	76	25.13	750.00	23.88	484.68	0.0000000	0.00	0.000 (10)
12	100	79	25.13	750.00	32.29	502.40	0.0000000	0.00	0.000 (10)
13	100	82	28.27	750.00	42.41	525.51	0.0000000	0.00	0.000 (10)
14	100	84	28.27	750.00	54.35	543.80	0.0000000	0.00	0.000 (10)
15	100	87	28.27	750.00	68.27	564.80	0.0000000	0.00	0.000 (10)
16	100	90	28.27	750.00	84.35	587.85	0.0000000	0.00	0.000 (10)
17	100	92	34.56	750.00	102.77	631.09	0.0000000	0.00	0.000 (10)
18	100	95	34.56	750.00	123.66	657.69	0.0000000	0.00	0.000 (10)
19	100	98	34.56	750.00	147.14	685.62	0.0000000	0.00	0.000 (10)
20	100	100	34.56	750.00	173.33	714.77	0.0000000	0.00	0.000 (10)
21	100	103	34.56	750.00	202.35	745.04	0.0000000	0.00	0.000 (10)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	100	80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (10)
2	100	80	18.85	750.00	0.87	394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
3	100	80	18.85	750.00	3.48	394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
4	100	80	18.85	750.00	7.81	394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
5	100	80	18.85	750.00	13.84	394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
6	100	80	18.85	750.00	-162.45	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
7	100	80	18.85	750.00	-159.95	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
8	100	80	18.85	750.00	-157.02	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
9	100	80	18.85	750.00	-153.68	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
10	100	80	18.85	750.00	-149.96	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
11	100	80	18.85	750.00	-145.88	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
12	100	80	18.85	750.00	-141.48	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
13	100	80	18.85	750.00	-136.79	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
14	100	80	18.85	750.00	-131.82	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
15	100	80	18.85	750.00	-126.62	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
16	100	80	18.85	750.00	-121.21	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
17	100	80	18.85	750.00	-115.62	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
50 di 52

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
18	100	80	18.85	750.00	-109.87	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
19	100	80	18.85	750.00	-104.00	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
20	100	80	18.85	750.00	-98.03	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
21	100	80	18.85	750.00	-92.00	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
22	100	80	18.85	750.00	-85.92	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
23	100	80	18.85	750.00	-79.84	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
24	100	80	18.85	750.00	-73.77	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
25	100	80	18.85	750.00	-67.76	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
26	100	80	18.85	750.00	-61.81	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
27	100	80	18.85	750.00	-55.97	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
28	100	80	18.85	750.00	-50.27	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
29	100	80	18.85	750.00	-44.72	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
30	100	80	18.85	750.00	-39.37	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
31	100	80	18.85	750.00	-34.23	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
32	100	80	18.85	750.00	-29.34	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
33	100	80	18.85	750.00	-24.72	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
34	100	80	18.85	750.00	-20.41	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
35	100	80	18.85	750.00	-16.43	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
36	100	80	18.85	750.00	-12.81	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
37	100	80	18.85	750.00	-9.59	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
38	100	80	18.85	750.00	-6.78	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
39	100	80	18.85	750.00	-4.41	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
40	100	80	18.85	750.00	-2.52	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
41	100	80	18.85	750.00	-1.14	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
42	100	80	18.85	750.00	-0.29	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (10)
43	100	80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (10)

Combinazioni SLEF

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (11)
2	100	53	0.00	0.00	0.04	23.96	0.0000000	0.00	0.000 (11)
3	100	55	0.00	0.00	0.22	88.99	0.0000000	0.00	0.000 (11)
4	100	58	0.00	0.00	0.63	280.12	0.0000000	0.00	0.000 (11)
5	100	61	0.00	0.00	1.38	1635.66	0.0000000	0.00	0.000 (11)
6	100	63	21.99	750.00	2.62	1242.51	0.0000000	0.00	0.000 (11)
7	100	66	21.99	750.00	4.61	665.26	0.0000000	0.00	0.000 (11)
8	100	69	21.99	750.00	7.56	531.60	0.0000000	0.00	0.000 (11)
9	100	71	25.13	750.00	11.66	496.31	0.0000000	0.00	0.000 (11)
10	100	74	25.13	750.00	17.05	483.11	0.0000000	0.00	0.000 (11)
11	100	76	25.13	750.00	23.88	484.68	0.0000000	0.00	0.000 (11)
12	100	79	25.13	750.00	32.29	502.40	0.0000000	0.00	0.000 (11)
13	100	82	28.27	750.00	42.41	525.51	0.0000000	0.00	0.000 (11)
14	100	84	28.27	750.00	54.35	543.80	0.0000000	0.00	0.000 (11)
15	100	87	28.27	750.00	68.25	564.82	0.0000000	0.00	0.000 (11)
16	100	90	28.27	750.00	84.26	587.94	0.0000000	0.00	0.000 (11)
17	100	92	34.56	750.00	102.56	631.27	0.0000000	0.00	0.000 (11)
18	100	95	34.56	750.00	123.28	657.95	0.0000000	0.00	0.000 (11)
19	100	98	34.56	750.00	146.54	685.95	0.0000000	0.00	0.000 (11)
20	100	100	34.56	750.00	172.46	715.16	0.0000000	0.00	0.000 (11)
21	100	103	34.56	750.00	201.16	745.48	0.0000000	0.00	0.000 (11)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
51 di 52

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (11)
2	100	80	18.85	750.00	0.85	394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
3	100	80	18.85	750.00	3.39	394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
4	100	80	18.85	750.00	7.61	394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
5	100	80	18.85	750.00	13.49	394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
6	100	80	18.85	750.00	-152.86	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
7	100	80	18.85	750.00	-150.55	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
8	100	80	18.85	750.00	-147.83	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
9	100	80	18.85	750.00	-144.72	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
10	100	80	18.85	750.00	-141.24	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
11	100	80	18.85	750.00	-137.44	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
12	100	80	18.85	750.00	-133.32	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
13	100	80	18.85	750.00	-128.92	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
14	100	80	18.85	750.00	-124.26	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
15	100	80	18.85	750.00	-119.37	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
16	100	80	18.85	750.00	-114.29	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
17	100	80	18.85	750.00	-109.03	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
18	100	80	18.85	750.00	-103.63	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
19	100	80	18.85	750.00	-98.10	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
20	100	80	18.85	750.00	-92.48	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
21	100	80	18.85	750.00	-86.80	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
22	100	80	18.85	750.00	-81.08	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
23	100	80	18.85	750.00	-75.35	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
24	100	80	18.85	750.00	-69.63	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
25	100	80	18.85	750.00	-63.95	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
26	100	80	18.85	750.00	-58.35	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
27	100	80	18.85	750.00	-52.84	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
28	100	80	18.85	750.00	-47.46	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
29	100	80	18.85	750.00	-42.23	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
30	100	80	18.85	750.00	-37.17	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
31	100	80	18.85	750.00	-32.32	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
32	100	80	18.85	750.00	-27.71	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
33	100	80	18.85	750.00	-23.35	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
34	100	80	18.85	750.00	-19.28	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
35	100	80	18.85	750.00	-15.52	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
36	100	80	18.85	750.00	-12.10	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
37	100	80	18.85	750.00	-9.06	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
38	100	80	18.85	750.00	-6.40	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
39	100	80	18.85	750.00	-4.17	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
40	100	80	18.85	750.00	-2.39	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
41	100	80	18.85	750.00	-1.08	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
42	100	80	18.85	750.00	-0.27	-394.23	0.000000	0.00	0.000 (11)
43	100	80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (11)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (12)
2	100	53	0.00	0.00	0.04	23.96	0.000000	0.00	0.000 (12)
3	100	55	0.00	0.00	0.22	88.99	0.000000	0.00	0.000 (12)
4	100	58	0.00	0.00	0.63	280.12	0.000000	0.00	0.000 (12)
5	100	61	0.00	0.00	1.38	1635.66	0.000000	0.00	0.000 (12)
6	100	63	21.99	750.00	2.62	1242.51	0.000000	0.00	0.000 (12)
7	100	66	21.99	750.00	4.61	665.26	0.000000	0.00	0.000 (12)
8	100	69	21.99	750.00	7.56	531.60	0.000000	0.00	0.000 (12)
9	100	71	25.13	750.00	11.66	496.31	0.000000	0.00	0.000 (12)
10	100	74	25.13	750.00	17.05	483.11	0.000000	0.00	0.000 (12)
11	100	76	25.13	750.00	23.88	484.68	0.000000	0.00	0.000 (12)
12	100	79	25.13	750.00	32.29	502.40	0.000000	0.00	0.000 (12)
13	100	82	28.27	750.00	42.41	525.51	0.000000	0.00	0.000 (12)
14	100	84	28.27	750.00	54.35	543.80	0.000000	0.00	0.000 (12)
15	100	87	28.27	750.00	68.25	564.83	0.000000	0.00	0.000 (12)
16	100	90	28.27	750.00	84.22	587.99	0.000000	0.00	0.000 (12)



LINEA FERRANDINA-MATERA LA MARTELLA
PROGETTO DEFINITIVO
COLLEGAMENTO DI MATERA CON LA RETE FERROVIARIA NAZIONALE

RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOTTOSCARPA

COMMESSA
IA5F

LOTTO
01

CODIFICA
D 78

DOCUMENTO
CL NV0205 001

REV.
A

FOGLIO
52 di 52

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
17	100	92	34.56	750.00	102.36	631.44	0.0000000	0.00	0.000 (12)
18	100	95	34.56	750.00	122.79	658.28	0.0000000	0.00	0.000 (12)
19	100	98	34.56	750.00	145.63	686.45	0.0000000	0.00	0.000 (12)
20	100	100	34.56	750.00	170.96	715.84	0.0000000	0.00	0.000 (12)
21	100	103	34.56	750.00	198.91	746.34	0.0000000	0.00	0.000 (12)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.20$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (12)
2	100	80	18.85	750.00	0.78	394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
3	100	80	18.85	750.00	3.13	394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
4	100	80	18.85	750.00	7.03	394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
5	100	80	18.85	750.00	12.47	394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
6	100	80	18.85	750.00	-125.31	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
7	100	80	18.85	750.00	-123.53	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
8	100	80	18.85	750.00	-121.40	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
9	100	80	18.85	750.00	-118.94	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
10	100	80	18.85	750.00	-116.17	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
11	100	80	18.85	750.00	-113.12	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
12	100	80	18.85	750.00	-109.80	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
13	100	80	18.85	750.00	-106.24	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
14	100	80	18.85	750.00	-102.46	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
15	100	80	18.85	750.00	-98.49	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
16	100	80	18.85	750.00	-94.34	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
17	100	80	18.85	750.00	-90.04	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
18	100	80	18.85	750.00	-85.62	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
19	100	80	18.85	750.00	-81.09	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
20	100	80	18.85	750.00	-76.47	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
21	100	80	18.85	750.00	-71.80	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
22	100	80	18.85	750.00	-67.09	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
23	100	80	18.85	750.00	-62.37	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
24	100	80	18.85	750.00	-57.66	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
25	100	80	18.85	750.00	-52.98	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
26	100	80	18.85	750.00	-48.35	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
27	100	80	18.85	750.00	-43.80	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
28	100	80	18.85	750.00	-39.35	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
29	100	80	18.85	750.00	-35.02	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
30	100	80	18.85	750.00	-30.83	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
31	100	80	18.85	750.00	-26.82	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
32	100	80	18.85	750.00	-22.99	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
33	100	80	18.85	750.00	-19.38	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
34	100	80	18.85	750.00	-16.01	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
35	100	80	18.85	750.00	-12.89	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
36	100	80	18.85	750.00	-10.05	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
37	100	80	18.85	750.00	-7.52	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
38	100	80	18.85	750.00	-5.32	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
39	100	80	18.85	750.00	-3.46	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
40	100	80	18.85	750.00	-1.98	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
41	100	80	18.85	750.00	-0.90	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
42	100	80	18.85	750.00	-0.23	-394.23	0.0000000	0.00	0.000 (12)
43	100	80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000	0.00	0.000 (12)