

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NODO DI CATANIA**

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

**INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA
DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL
TRATTO DI LINEA INTERESSATO.**

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 2

Bretella CT-SR e Fascio A-P di prima fase e Collegamento Fascio A-P-Interporto - OPERE CIVILI
Sottovia - SL03 Sottovia interferenze viabilità (NV06) con Ramo Catania Siracusa al km 1+090 circa - Relazione di calcolo muri di imbocco SL03

SCALA:

-

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

RS3H 02 D 78 CL SL0300 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Nani	Aprile 2020	C. Torgallo <i>C. Torgallo</i>	Aprile 2020	S. Vanfiori <i>S. Vanfiori</i>	Aprile 2020	

File: RS3H.0.2.D.78.CL.SL.03.0.0.002.A

n. Elab.:

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10476



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	1 di 66

1.	PREMESSA	3
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
4.	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	9
5.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
5.1	CALCESTRUZZO MURI	11
5.2	ACCIAIO D'ARMATURA	12
6.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	13
7.	CRITERI DI VERIFICA	15
7.1	VERIFICHE GEOTECNICHE (SLU) IN CONDIZIONI STATICHE.....	15
7.1.1	<i>Verifica a carico limite della fondazione.....</i>	<i>15</i>
7.2	VERIFICHE GEOTECNICHE (SLV) IN CONDIZIONI SISMICHE	15
7.3	VERIFICHE GEOTECNICHE (SLE).....	16
7.3.1	<i>Calcolo dei cedimenti (sle).....</i>	<i>16</i>
7.4	VERIFICHE STRUTTURALI SLU	17
7.4.1	<i>Criteri di verifica delle sezioni in c.a.....</i>	<i>17</i>
7.4.2	<i>Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione</i>	<i>17</i>
7.4.3	<i>Verifica agli stati limite ultimi a taglio</i>	<i>18</i>
7.5	VERIFICHE STRUTTURALI (SLE).....	20
7.5.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	<i>20</i>
7.5.2	<i>Verifiche a fessurazione.....</i>	<i>21</i>
8.	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	22
9.	ANALISI DEI CARICHI	26
9.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA	26
9.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI.....	26



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	2 di 66

9.3	SPINTA DEL TERRENO	27
9.4	INCREMENTO DI SPINTA DOVUTO AL SOVRACCARICO FERROVIARIO	28
9.5	SOVRACCARICO ACCIDENTALE SULLA SOLETTA INFERIORE.....	30
9.6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	31
9.6.1	<i>Vita nominale e classe d'uso</i>	31
9.6.2	<i>Parametri di pericolosità sismica</i>	31
9.6.3	<i>Azione sismica</i>	35
10.	COMBINAZIONI DI CALCOLO.....	38
11.	RISULTATI E VERIFICHE	42
11.1	VERIFICA PIEDRITTI.....	44
11.1.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i>	46
11.1.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i>	49
11.2	VERIFICA SOLETTA INFERIORE	52
11.2.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i>	53
11.2.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i>	57
11.3	VERIFICHE GEOTECNICHE	60
11.3.1	<i>Verifica a carico limite della fondazione</i>	60
11.3.2	<i>Calcolo dei cedimenti</i>	65

1. PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo della Direttrice ferroviaria Messina – Catania – Palermo nodo di Catania, interrimento linea per il prolungamento della pista dell'aeroporto di Fontanarossa e per la messa a sti del tratto di linea interessato - macrofase funzionale 1 - lotto 02.

1.1 Descrizione dell'opera

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e le verifiche del muro di imbocco al sottovia SL03 entro la nuova viabilità NV06 alla progressiva km 1+211.51 della Linea Catania-Siracusa. Nell'immagine seguente è evidenziata la collocazione dell'opera.

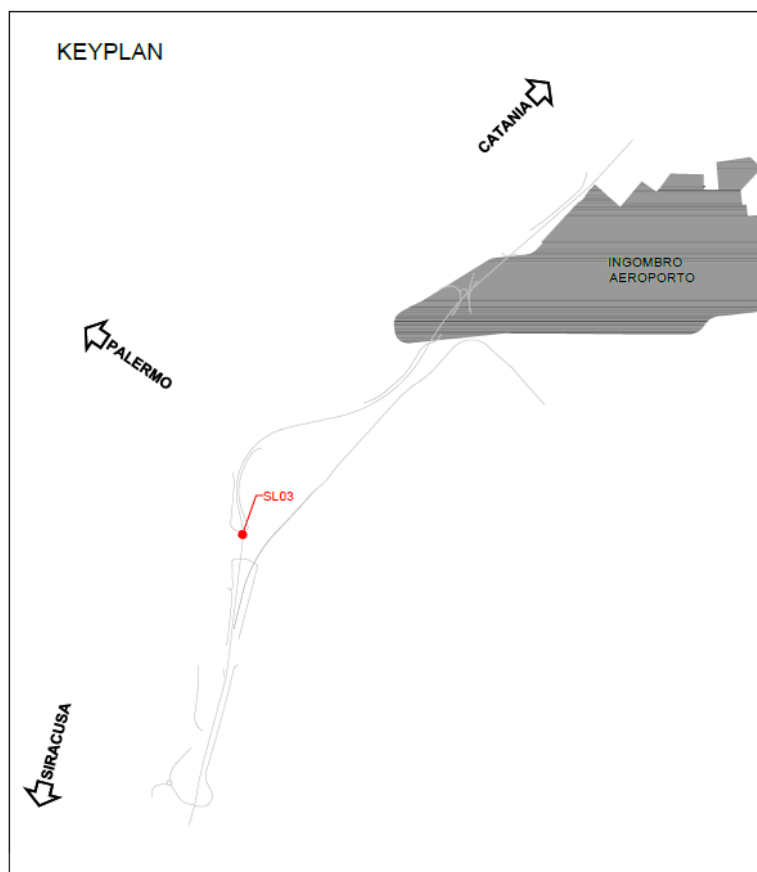


Figura 1 – Keyplan

Nelle seguenti figure si riportano pianta, prospetto e sezione dell'opera:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	4 di 66

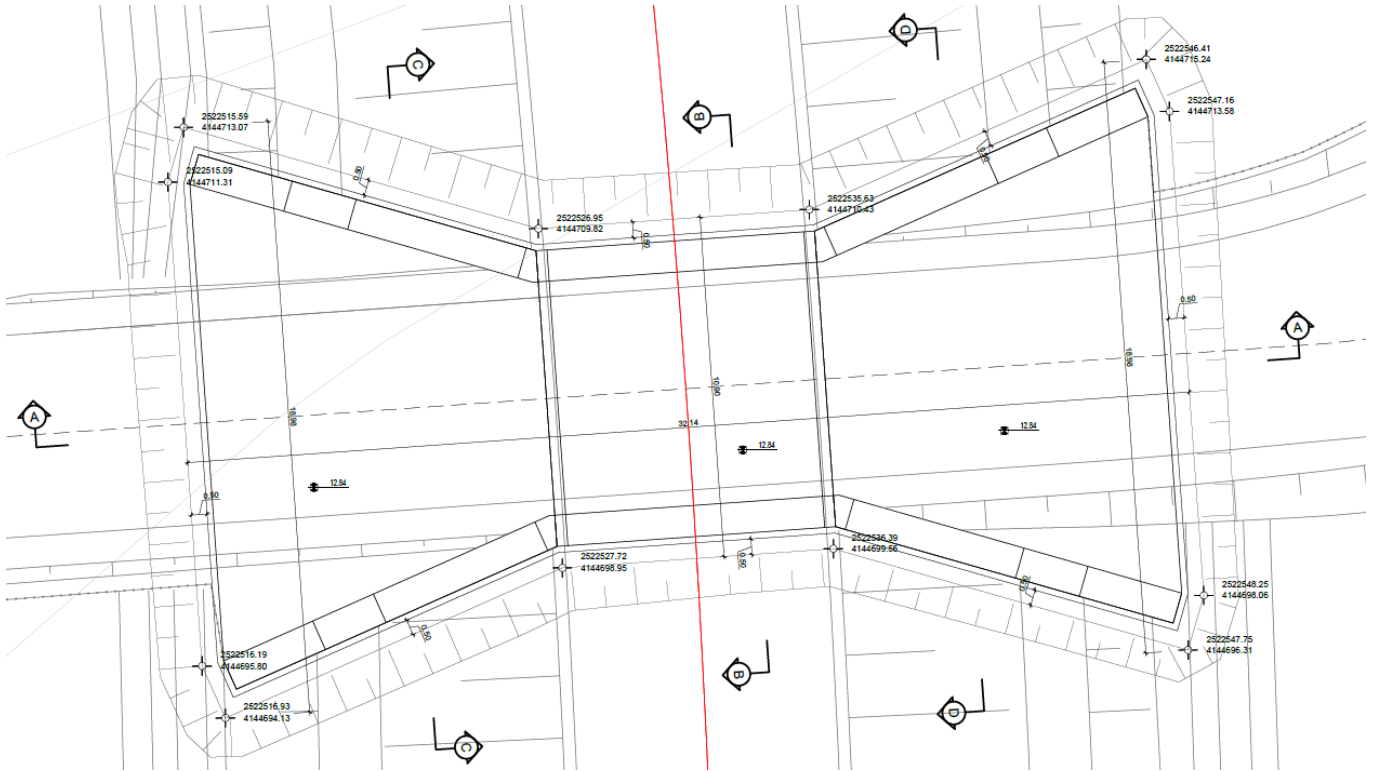
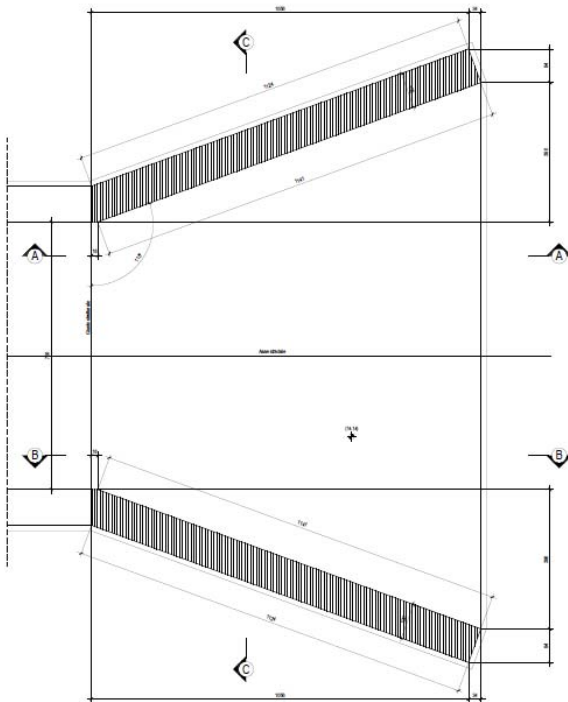


Figura 2 – Pianta

VISTA DALL'ALTO - Scala 1:50



PIANTA SPICCATO - Scala 1:50

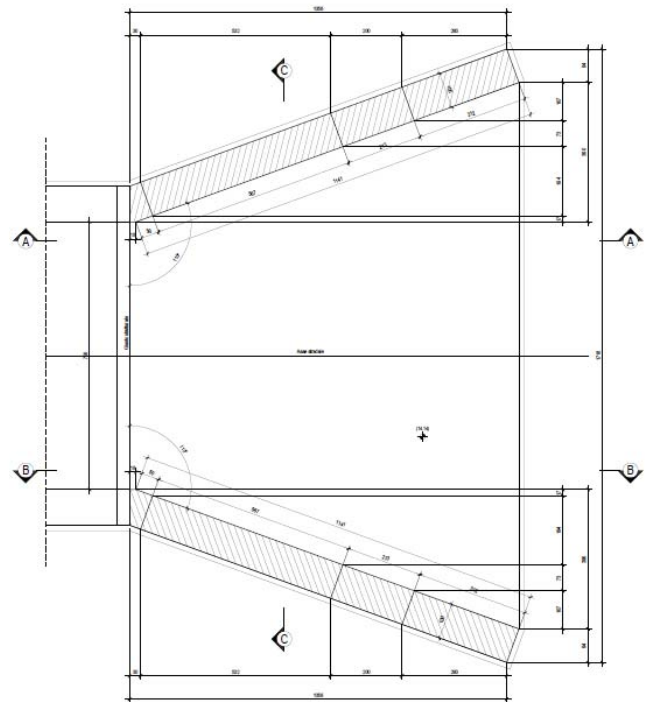
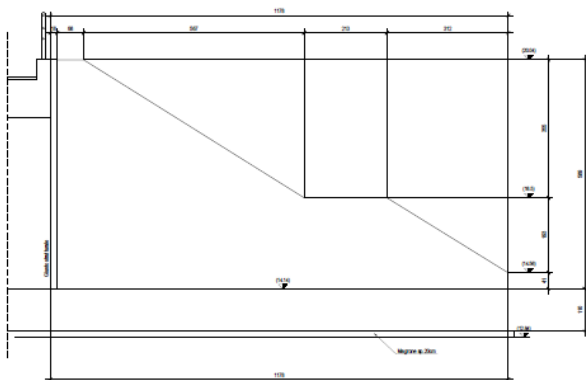


Figura 3 – Vista dall'alto e pianta spiccato muro di imbocco

SEZIONE A-A - Scala 1:50



SEZIONE B-B - Scala 1:50

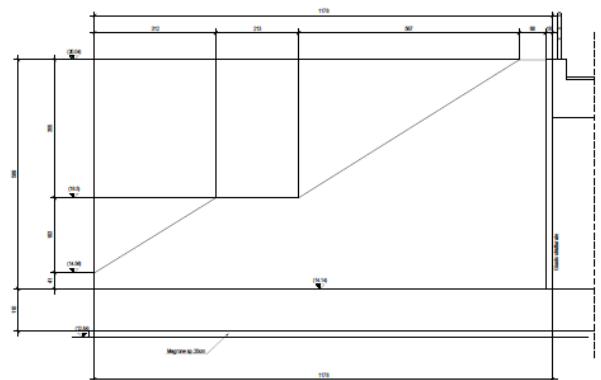


Figura 4 – Prospetti muro di imbocco

SEZIONE C-C - Scala 1:50

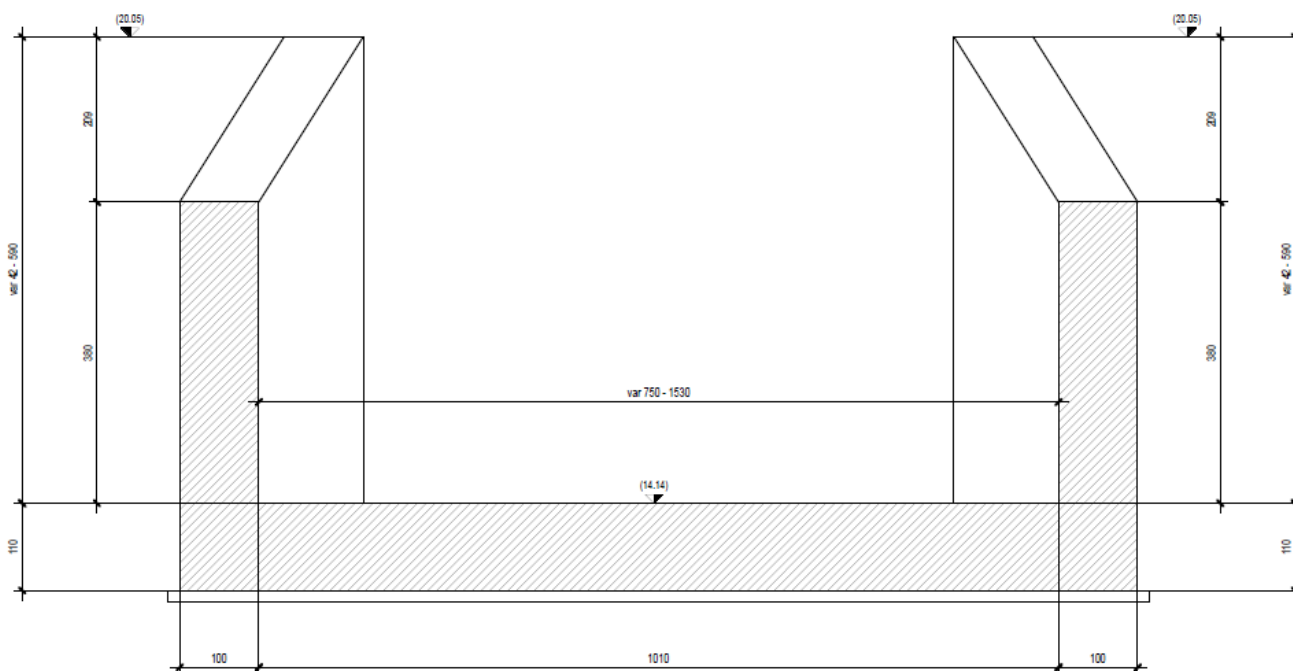


Figura 5 – Sezione trasversale muro di imbocco

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

Il muro di imbocco allo scatolare SL03, presenta una soletta di fondazione di spessore pari a 1,10 m e larghezza interna variabile tra 7.50 m e 15.30 m. I piedritti hanno spessore pari a 1,00 m e la loro altezza varia tra 0.42 m e 5.90 m.

Al fine di considerare le condizioni di carico più gravose si è considerata la sezione con altezza massima dei piedritti pari a 5.90 m e larghezza massima interna pari a 7.50 m. L'altezza complessiva del muro, compresa la soletta di fondazione, è pari a 7.00 m.

Lo spessore dei piedritti è pari a 1,00 m, mentre la soletta di fondo ha spessore di 1,10 m.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	7 di 66

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore.

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- [N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- [N.3]. Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
- [N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2
- [N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	8 di 66

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

RS3H.0.2.D.78.BB.SL.03.0.0.001.A:

“Bretella CT-SR e Fascio A-P di prima fase e Collegamento Fascio A-P-Interporto – Opere civili – SL03 Sottovia interferenze viabilità (NV06) con Ramo Catania Siracusa al km 1+090 circa – Carpenteria muri imbocco – Tav. 1/2”

RS3H.0.2.D.78.BB.SL.03.0.0.002.A:

“Bretella CT-SR e Fascio A-P di prima fase e Collegamento Fascio A-P-Interporto – Opere civili – SL03 Sottovia interferenze viabilità (NV06) con Ramo Catania Siracusa al km 1+090 circa – Carpenteria muri imbocco – Tav. 2/2”

RS3H.0.2.D.78.RH.GE.00.0.5.001.A:

“Elaborati generali – Geotecnica - Relazione geotecnica generale”



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	9 di 66

4. UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

unità di misura principali

N (Newton)	unità di forza
m (metro)	unità di lunghezza
kg (kilogrammo-massa)	unità di massa
s (secondo)	unità di tempo

unità di misura derivate **kN**

(kiloNewton)	103N
MN (megaNewton)	106N
kgf (kilogrammo-forza)	1 kgf = 9.81 N
cm (centimetro)	10 ⁻² m
mm (millimetro)	10 ⁻³ m
Pa (Pascal)	1 N/m ²
kPa (kiloPascal)	103 N/m ²
MPa (megaPascal)	106 N/m ²
N/m ³	(peso specifico)
g (accelerazione di gravità)	~9.81 m/s ²

corrispondenze notevoli

1 MPa = 1 N/mm²

1 MPa ~ 10 kgf/cm²

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

SL0300 002

A

10 di 66

γ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)	
σ (sigma)	tensione normale	(N/mm ²)	
τ (tau)	tensione tangenziale	(N / mm ²)	
ε (epsilon)	deformazione	(m/m)	-
ϕ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	11 di 66

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

5.1 Calcestruzzo muri

- Classe di resistenza $C30/37 R_{ck} \geq 37 \text{ N/mm}^2$
- Classe di esposizione ambientale XC3/XA1
- Copriferro nominale minimo 40 mm

Resistenza di calcolo del calcestruzzo per la verifica agli SLU ($\gamma_c = 1.5$):

Resistenza di calcolo a rottura per compressione:

- $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$ 30.7 N/mm^2
- $f_{cm} = f_{ck} + 8$ 38.7 N/mm^2
- $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ 17.4 N/mm^2

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

- $f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$ 2.94 N/mm^2
- $f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$ 2.06 N/mm^2
- $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$ 1.37 N/mm^2
- $f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$ 3.53 N/mm^2
- $f_{cfk,5\%} = 0.70 \cdot f_{cfm}$ 2.47 N/mm^2
- $E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$ 330169 N/mm^2

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC 2018

- Elemento strutturale: fondazione e piedritti muro a U

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	26	[mm]
Diametro staffe:	12	[mm]
Diametro armature di ripartizione:	20	[mm]
Classe Calcestruzzo:	C30/37	
Condizioni ambientali:	Aggressive	
Vita nominale costruzione:	75	[anni]
Incremento di 5 mm rispetto a vita nominale di 50 anni		
Tolleranza di posa:	10	[mm]



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	12 di 66

Copriferro staffe:

Copriferro minimo cmin: 40 [mm]

Copriferro nominale Netto Staffe: 50 [mm]

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali: 82 [mm]

Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 95 [mm]

5.2 Acciaio d'armatura

L'acciaio utilizzato è ad aderenza migliorata tipo B450C ed è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura:

- $f_{y, nom}$ 450 N/mm²
- $f_{t, nom}$ 540 N/mm²

Resistenza di calcolo dell'acciaio per la verifica agli SLU ($\gamma_s=1.15$):

Resistenza di calcolo a rottura per trazione e deformazione corrispondente:

- $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$ 391.3 N/mm²
- $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$ 0.186%

6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella relazione geotecnica.

Si riportano di seguito uno stralcio del profilo stratigrafico e i terreni su cui poggiano i muri di sostegno lungo il tracciato, con i parametri fisici e meccanici ad essi assegnati. In base ai dati a disposizione sono stati scelti dei valori cautelativi per i parametri di calcolo.

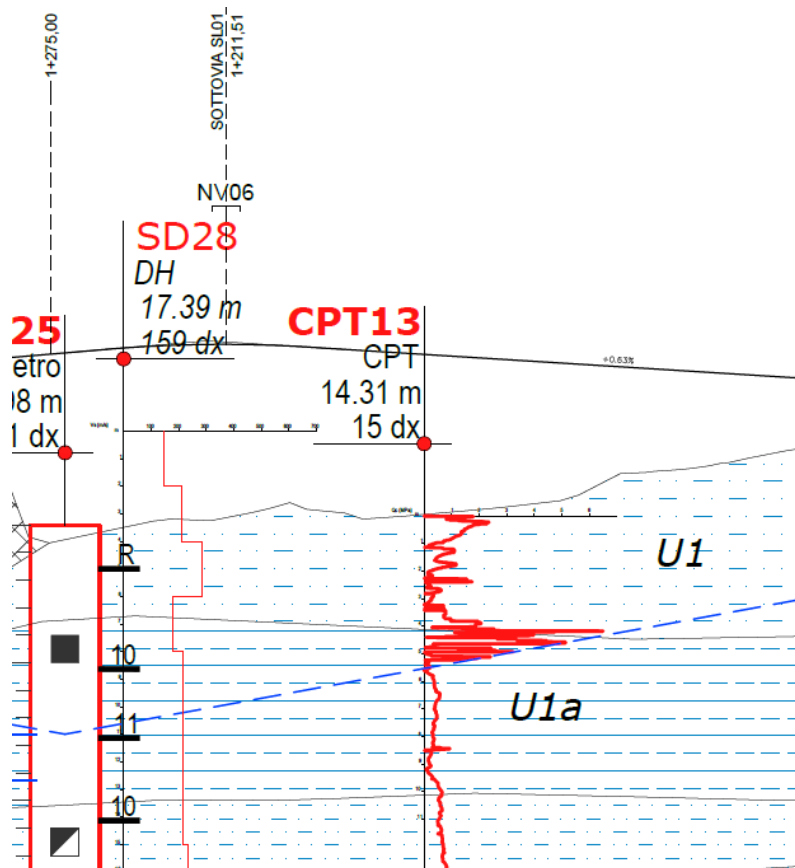


Figura 6-1 – Stratigrafia.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	14 di 66

Unità geotecnica	da [m]	a [m]	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	c_u [kPa]	E_0 [MPa]
U1	0	3.5	18.5	5	30	-	30

La falda è posta a circa - 6.80 metri dal piano campagna.

Per l'inquadrimento geotecnico si rimanda alla "Relazione geotecnica generale" e ai relativi profili geotecnici.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	15 di 66

7. CRITERI DI VERIFICA

7.1 Verifiche geotecniche (slu) in condizioni statiche

Nelle verifiche di sicurezza si sono presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo sia a breve termine sia a lungo termine. Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono le opere stesse.

Per i **muri a U su fondazione diretta** si considera lo stato limite ultimo di tipo geotecnico (GEO) il collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno e lo stato limite ultimo di tipo strutturale, (STR) il raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica a carico limite è effettuata secondo la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.I, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC18.

7.1.1 Verifica a carico limite della fondazione

Per il calcolo della capacità portante della fondazione si è fatto riferimento alla formula di Brinch-Hansen (1970) integrata dai coefficienti sismici di Paolucci e Pecker (1995), di seguito riportata:

$$q_{lim} = c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q + 0.5 \gamma B N_s s_y d_y i_y b_y g_y z_y$$

$$F_s = q_{lim} / q_{es}$$

con $q_{es} = N / (B \cdot L')$ la pressione dovuta al carico verticale.

7.2 Verifiche geotecniche (slv) in condizioni sismiche

L'azione sismica agente sulle masse strutturali è stata considerata con un approccio di tipo pseudo-statico. Esso consente di rappresentare il sisma mediante una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k. Le forze sismiche sono pertanto:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v , rispettivamente, coefficiente sismico orizzontale e verticale, pari a

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max} / g \text{ coefficiente sismico orizzontale}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \text{ coefficiente sismico verticale}$$

Nelle espressioni precedenti a_{max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito mentre β_m è il coefficiente di riduzione di tale accelerazione valutato in funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti relativi rispetto al terreno. Per l'analisi della struttura in esame β_m è stato posto pari ad 1. L'accelerazione orizzontale massima è stata valutata con la relazione:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	16 di 66

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

in cui a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido e S un coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto, della massa associata al peso proprio e delle masse associate al carico permanente.

Inoltre, l'incremento di spinta dovuto al sisma è stato valutato utilizzando la teoria di Wood. Secondo tale teoria la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma, su una parete di altezza H_s , viene determinato attraverso la relazione $\Delta S_E = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H_{\text{tot}}^2$ (H_{tot} = distanza p.c. – intradosso soletta inferiore).

7.3 Verifiche geotecniche (sle)

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione [6.2.7] delle NTC 2018:

$$E_d \leq C_d$$

essendo E_d e C_d rispettivamente il valore di progetto dell'effetto delle azioni e il prescritto valore limite dell' effetto delle azioni (spostamenti, rotazioni, distorsioni, ecc.).

In particolare, dovranno essere valutati gli spostamenti delle opere di sostegno e del terreno circostante per verificarne la compatibilità con la funzionalità delle opere stesse e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle pressioni interstiziali.

Per i lavori e le opere da realizzare in prossimità di linee ferroviarie già in esercizio, le verifiche agli SLE dovranno essere condotte assumendo come limite degli spostamenti indotti durante la costruzione sui binari in esercizio i valori limite dei difetti riferiti al secondo livello di qualità descritti nella specifica tecnica RFI TCAR ST AR 01 001 D "Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h" e relativi allegati.

Qualora vengano superati i limiti riferiti al primo livello di qualità, il progetto dovrà prevedere l'esecuzione di un monitoraggio del binario durante la costruzione al fine di controllare l'effettivo andamento delle deformazioni.

7.3.1 Calcolo dei cedimenti (sle)

Per quanto riguarda la valutazione dei cedimenti, è stata impiegata la teoria di Poulos e Davis (1974).

In tal modo il cedimento immediato è dovuto ad una distorsione del terreno sottostante il carico, che si deforma e cambia forma a volume costante.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	17 di 66

Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_z i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z)/R_3(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_x i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3 R_1^2)$$

$$\Delta\sigma_y i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3 R_2^2)$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{\text{tot}} = \Sigma \delta_i = \Sigma (((\Delta\sigma_z i - v_i(\Delta\sigma_x i + \Delta\sigma_y i)) \Delta z_i / E_i)$$

7.4 Verifiche strutturali slu

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15;

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

7.4.1 Criteri di verifica delle sezioni in c.a.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

7.4.2 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	18 di 66

7.4.3 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM17/01/2018, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

- resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\}$$

- valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

- valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0,02;$$

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 \cdot f_{cd};$$

N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$1 \leq \operatorname{cot} \theta \leq 2,5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave;

A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

s è il passo delle staffe;

f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	19 di 66

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$ è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ per combinazione di carico caratteristica (rara);

$\sigma_c < 0.40 f_{ck}$ per combinazione di carico quasi permanente;

$\sigma_s < 0.75 f_k$ per combinazione di carico caratteristica (rara).

Nel secondo caso, si assume che le condizioni ambientali del sito in cui sorge l'opera siano ordinarie e aggressive, rispettivamente per la zattera di fondazione e per il paramento verticale, e si verifica che il valore limite di apertura della fessura, calcolato per armature poco sensibili, sia al più pari ai seguenti valori nominali:

$w_1 = 0.2$ mm per condizioni ambientali aggressive (comb. Frequente e quasi permanente);

$w_2 = 0.3$ mm per condizioni ambientali ordinarie (comb. Frequente e quasi permanente).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	20 di 66

7.5 Verifiche strutturali (sle)

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

7.5.1 Verifiche alle 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 " Manuale di progettazione opere civili"

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:

- Muro di imbocco:

CALCESTRUZZO

$$\sigma_{cmax QP} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{12.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{cmax R} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{16.88} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

ACCIAIO

$$\sigma_{s max} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{337.5} \text{ MPa} \quad \text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)}$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	21 di 66

7.5.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

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

Tabella 7-1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali.

Risultando:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dalle specifiche RFI (Manuale di progettazione delle opere civili parte II sezione 2 – Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

Combinazione Caratteristica (Rara)

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura prevista al punto " C4.1.2.2.4.5 Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare n.7/19.

8. MODELLAZIONE ADOTTATA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione (analisi non lineare); la costante di sottofondo è stata assunta pari a 4000 kN/m³ ed è stata calcolata mediante la formula:

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

dove:

E = modulo elastico del terreno (assunto pari a E₀/5, dove E₀ è il modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni);

n = coefficiente di Poisson;

B = larghezza della fondazione.

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

Fondazione Rigida	c _t
- rettangolare con L/B ≤ 10	c _t = 0.853 + 0.534 ln(L/B)
- rettangolare con L/B > 10	c _t = 2 + 0.0089 (L/B)
dove L é il lato maggiore della fondazione.	

Tabella 2: Fattore di forma per la stima del coefficiente di Winkler

unità	E	ν	B	L	L/B	c _t	k _w
(-)	(MPa)	(-)	(m)	(m)	(-)	(-)	(kN/m ³)
U1	30	0.3	8.5	9.5	1.12	0.91	4251

Tabella 3: Calcolo del coefficiente di Winkler

A partire da k_w si ricavano le rigidezze delle singole molle attraverso le formulazioni seguenti:

- *Molle centrali*: K_{centrale} = K_s * (S_p/2 + L_{int} + S_p/2) / n

- *Molle intermedie*: K_{intermedio} = 1.5 * K_{centrale}



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
 MACROFASE FUNZIONALE 1
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	23 di 66

- Molle di spigolo: $K_{spigolo} = 2 \cdot K_s \cdot [(Sp/2 + L_{int} + Sp/2) / n/2 + (Sp/2)]$

dove:

Sp = spessore piedritti

L_{int} = larghezza netta scatolare

n = numero di elementi in cui è suddivisa la soletta inferiore

Quindi nel caso in esame dividendo la soletta inferiore in n = 17 elementi si ottiene:

Tipologia	Rigidezza k (kN/m)
<i>Molle centrali</i>	2000
<i>Molle intermedie</i>	3000
<i>Molle di spigolo</i>	6000

Tabella 4: Riepilogo molle applicate al modello

L'analisi delle strutture è stata condotta mediante il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000, prodotto dalla Computer and Structures inc. di Berkeley, California, USA.

Lo schema statico impiegato è quello di telaio costituito da elementi frame; in corrispondenza della intersezione tra tali elementi il programma genera in automatico dei nodi per garantire la continuità strutturale. Ad ogni elemento è assegnata la corrispondente sezione rettangolare in calcestruzzo, la cui geometria è definita dallo spessore dell'elemento stesso per una larghezza unitaria, dal momento che la struttura è risolta come piana.

Per le verifiche delle sezioni si è adottato il programma RC-SEC – Autore GEOSTRU.

La larghezza interna è di 7.50 m e l'altezza interna pari 5.90 m, con piedritti di spessore 1.00 m e soletta inferiore di spessore 1.10 m.

In figura si riporta schematicamente la geometria dell'opera.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	24 di 66

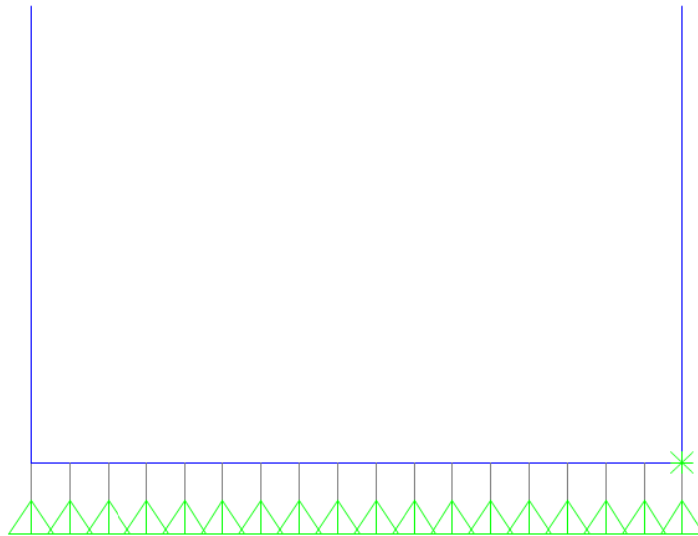


Figura 2 – Modello di calcolo.

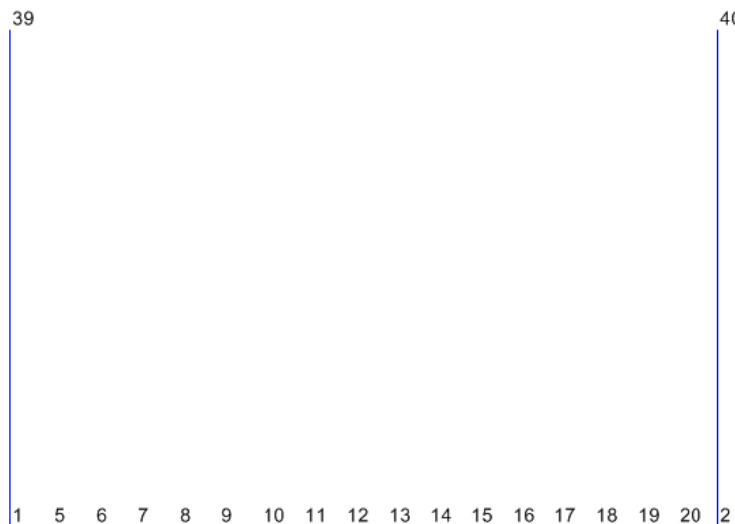


Figura 3 – Numerazione nodi.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

SL0300 002

A

25 di 66

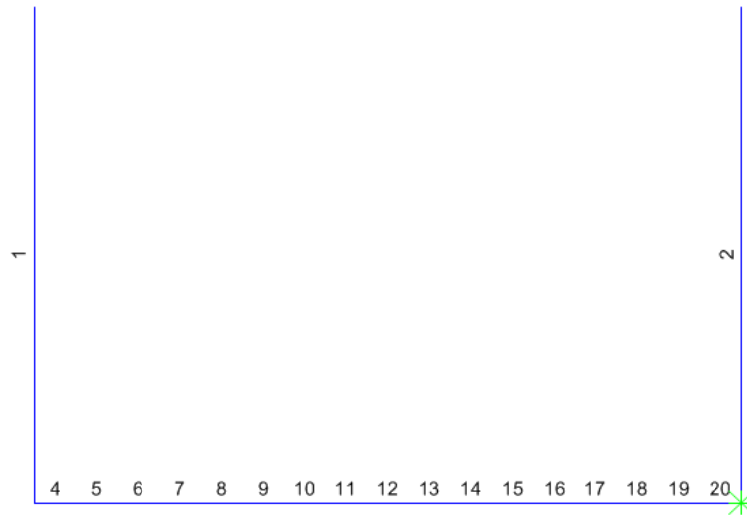


Figura 4 – Numerazione aste.

9.3 Spinta del terreno

Per la valutazione della spinta esercitata dal terreno quest'ultimo è stato considerato in condizioni di riposo pertanto il coefficiente di spinta è dato dalla relazione $k_0 = 1 - \text{sen}\phi'$.

SPINTA A RIPOSO			
γ	20	kN/m ³	peso di volume terreno
ϕ'_k	38	°	angolo attrito caratteristico
ϕ'_d	38	°	angolo attrito di progetto
k_0	0.38	-	
H_2	5.95	m	distanza assi soletta superiore-inferiore
p_2	45.74	kN/m ³	
H_{inf}	0.55	kN/m	metà spessore soletta inferiore
F_{inf}	26.32	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

Frame Span Loads (spinta_sx_k0) (GLOBAL CSys)

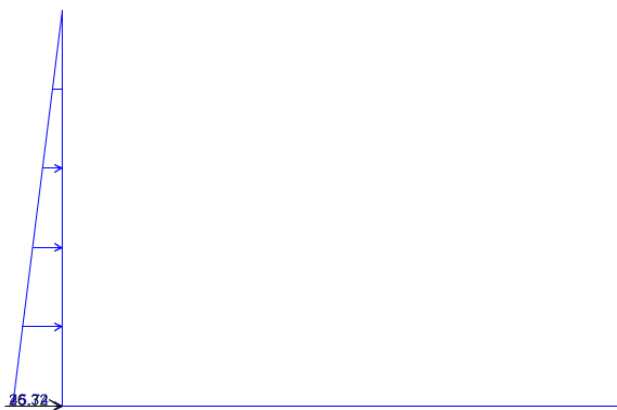


Figura 6 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	28 di 66

Frame Span Loads (spinta_dx_k0) (GLOBAL CSys)

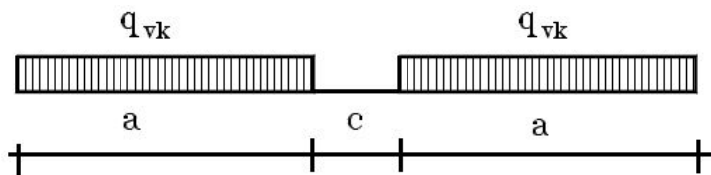


Figura 7 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

9.4 Incremento di spinta dovuto al sovraccarico ferroviario

Cautelativamente si considera un sovraccarico accidentale a tergo del muro dovuto al treno di carico SW/2.

Il treno di carico SW/2 è costituito da due carichi distribuiti di 150 kN/m aventi un'estensione di 25 m posti ad una distanza, c, di 7.0 m (Figura 8).



tipo di carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/2	150	25.0	7.0

Figura 8 – Treno di carico SW/2.

I valori caratteristici dei carichi sono stati moltiplicati per il coefficiente di adattamento α , il cui valore è riportato nella Figura 9.

modello di carico	coefficiente di adattamento α



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	29 di 66

SW/2	1.0
------	-----

Figura 9 – Coefficiente di adattamento α

INCREMENTO SPINTA SOVRACC. ACCIDENTALE			
Treno di carico SW/2			
q_{vk}	150	kN/m	
α	1	-	coeff. adattamento
ϕ_3	-	-	coeff. incremento dinamico
L_d	2.58	m	lunghezza di ripartizione trasversale
$\Delta\sigma_h$	22.39	kN/m ²	
F_{inf}	12.31	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

Frame Span Loads (spinta_SW/2_sx) (GLOBAL CSys)



Figura 10 – Incremento di spinta sulla spalla sinistra dovuto al treno di carico SW/2.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	30 di 66

9.5 Sovraccarico accidentale sulla soletta inferiore

Il carico variabile sulla soletta inferiore si pone pari a $q = 20 \text{ kN/m}^2$.

Frame Span Loads (accidentale_inferiore) (GLOBAL CSys)

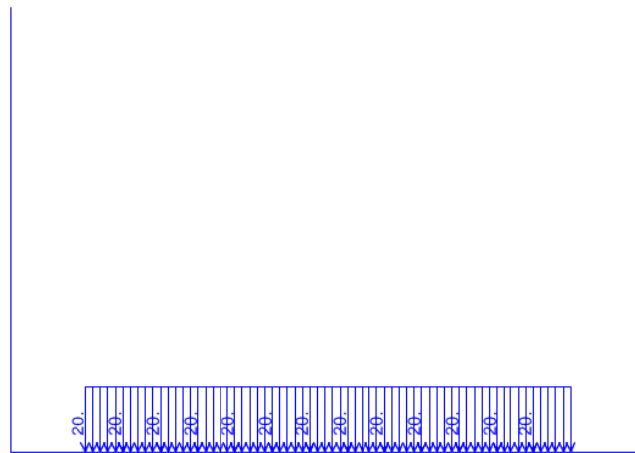


Figura 11 – Sovraccarico accidentale sulla soletta inferiore in posizione centrata.

Frame Span Loads (accidentale_inferiore_sx) (GLOBAL CSys)

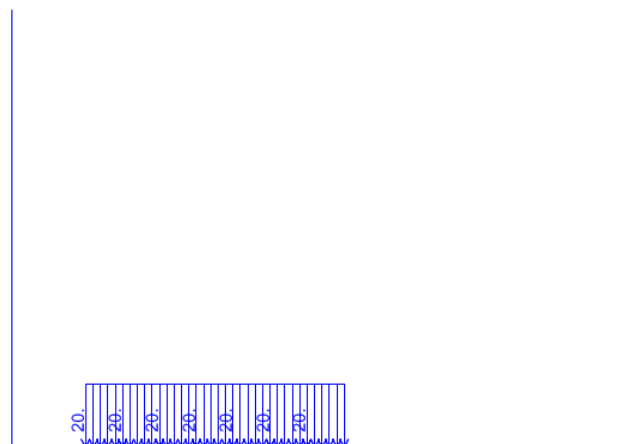


Figura 12 – Sovraccarico accidentale sulla soletta inferiore in posizione decentrata.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	31 di 66

9.6 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.

9.6.1 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)

In accordo con quanto riportato al punto 2.5.1.1 del Manuale di Progettazione delle Opere Civili –Ponti e Strutture, per l'opera in oggetto si considera una vita nominale $V_N = 75$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h") e una classe d'uso C III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a $C_U = 1.5$.

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 $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni.

9.6.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali), dipendono, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (periodo di riferimento per valutazione azione sismica) 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 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 15.04779 LATITUDINE: 37.46472

Ricerca per comune

REGIONE: Sicilia PROVINCIA: Catania COMUNE: Catania

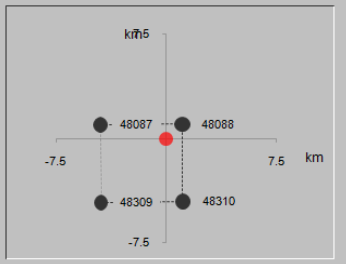
Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

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

Interpolazione: media ponderata

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : 75 info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : 112.5 info

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

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO - $P_{VR} = 81\%$: 68
- SLD - $P_{VR} = 63\%$: 113

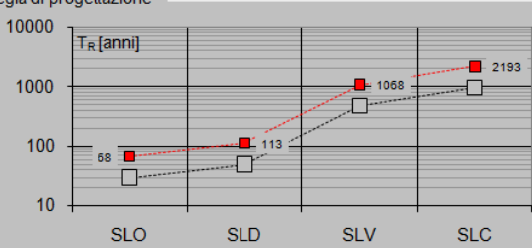
Stati limite ultimi - SLU

- SLV - $P_{VR} = 10\%$: 1068
- SLC - $P_{VR} = 5\%$: 2193

Elaborazioni

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

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
-□..... Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	33 di 66

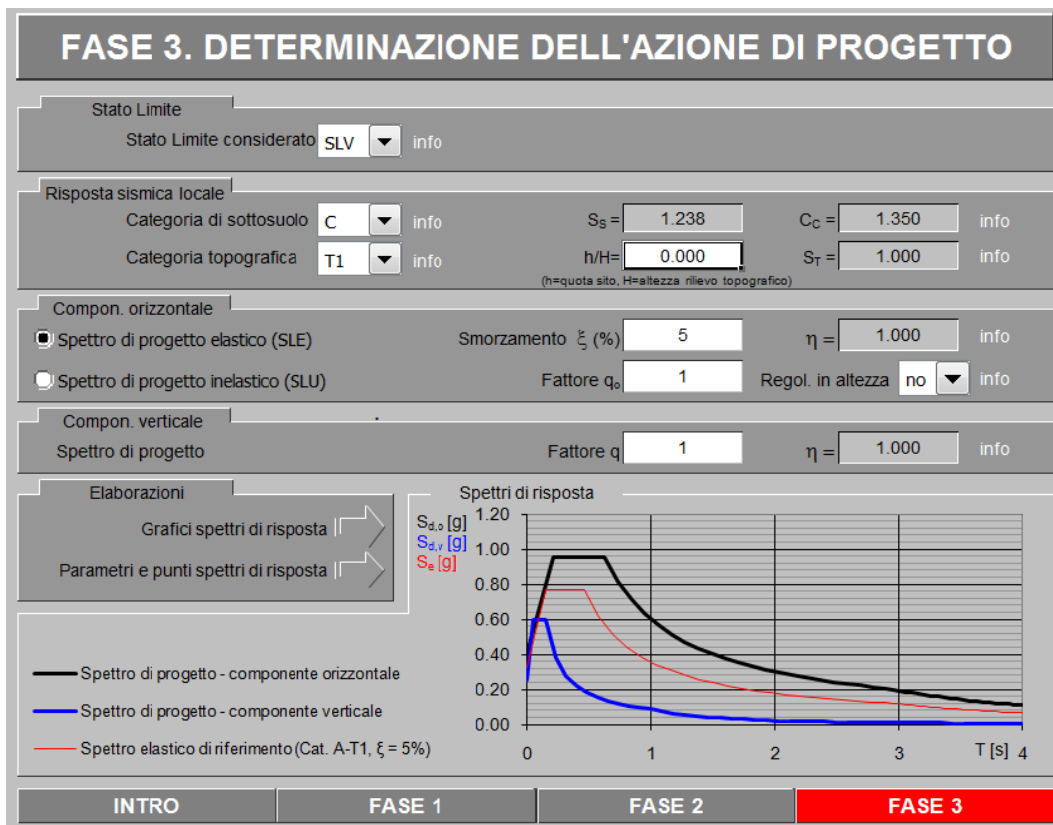
I valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T_c^*) per gli stati limite di normativa sono dunque:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.080	2.494	0.281
SLD	113	0.103	2.501	0.290
SLV	1068	0.321	2.357	0.466
SLC	2193	0.459	2.355	0.526

a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.321 g
F_n	2.357
T_C^*	0.466 s
S_S	1.246
C_C	1.351
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.246
η	1.000
T_B	0.210 s
T_C	0.629 s
T_D	2.884 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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 $1/q$, 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	0.400
$T_B \leftarrow$	0.210	0.943
$T_C \leftarrow$	0.629	0.943
	0.737	0.805
	0.844	0.703
	0.951	0.624
	1.059	0.560
	1.166	0.509
	1.273	0.466
	1.381	0.430
	1.488	0.399
	1.596	0.372
	1.703	0.348
	1.810	0.328
	1.918	0.309
	2.025	0.293
	2.132	0.278
	2.240	0.265
	2.347	0.253
	2.455	0.242
	2.562	0.232
	2.669	0.222
	2.777	0.214
$T_C \leftarrow$	2.884	0.206
	2.937	0.198
	2.990	0.191
	3.043	0.185
	3.097	0.178
	3.150	0.172
	3.203	0.167
	3.256	0.161
	3.309	0.156
	3.362	0.151
	3.415	0.147
	3.469	0.142
	3.522	0.138
	3.575	0.134
	3.628	0.130
	3.681	0.126
	3.734	0.123
	3.787	0.119
	3.841	0.116
	3.894	0.113
	3.947	0.110
	4.000	0.107



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	35 di 66

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.

9.6.3 Azione sismica

L'azione sismica agente sulle masse strutturali è stata considerata con un approccio di tipo pseudo-statico. Esso consente di rappresentare il sisma mediante una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k . Le forze sismiche sono pertanto:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v , rispettivamente, coefficiente sismico orizzontale e verticale, pari a

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max} / g \text{ coefficiente sismico orizzontale}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \text{ coefficiente sismico verticale}$$

Nelle espressioni precedenti a_{max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito mentre β_m è il coefficiente di riduzione di tale accelerazione valutato in funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti relativi rispetto al terreno. Per l'analisi della struttura cautelativamente β_m è stato posto pari ad 1. L'accelerazione orizzontale massima è stata valutata con la relazione:

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

in cui a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido e S un coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

Inoltre, l'incremento di spinta dovuto al sisma è stato valutato utilizzando la teoria di Wood. Secondo tale teoria la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma, su una parete di altezza H_s , viene determinato attraverso la relazione $\Delta S_E = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$ (H = distanza p.c. – intradosso soletta inferiore).

a_g	0.321	g
S_S	1.25	
S_T	1	
a_{max}	0.400	g
β_m	1	
k_h	0.400	
k_v	0.200	



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
 MACROFASE FUNZIONALE 1
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
 IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	36 di 66

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_p$	10.00	kN/m ²	peso proprio
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h	6.5	m	altezza totale
Δp_d	52.00	kN/m ²	incremento di spinta

Frame Span Loads (sisma_orizzontale) (GLOBAL CSys)

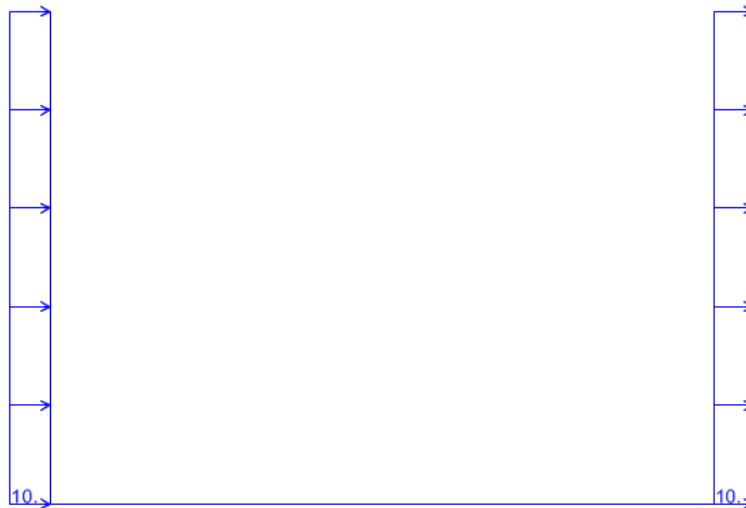


Figura 13 – Sisma orizzontale.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	37 di 66

Frame Span Loads (sovraspinta_sismica) (GLOBAL CSys)

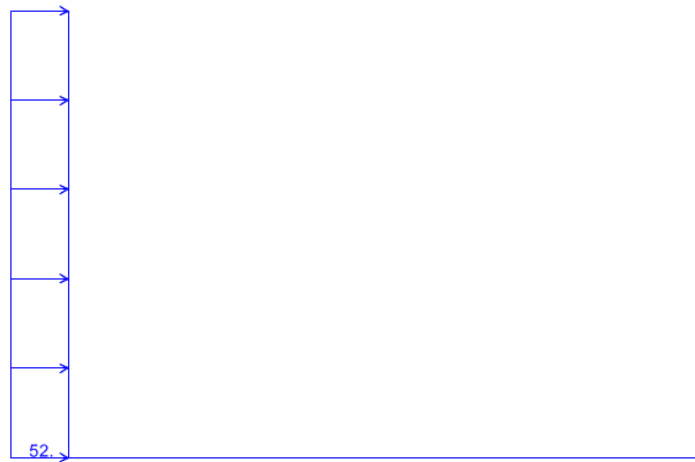


Figura 14 – Incremento di spinta dovuto al sisma.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	38 di 66

10. COMBINAZIONI DI CALCOLO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, utilizzata nella verifica a Fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.3 \times E_Z$$

avendo indicato con E_Y e E_Z rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

I coefficienti di amplificazione dei carichi γ e i coefficienti di combinazione ψ sono riportati nelle tabelle seguenti.

coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35	1.00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
Azioni variabili	favorevoli	γ_Q	0.00	0.00	0.00

da traffico ⁽⁴⁾	sfavorevoli		1.45	1.45	1.25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
precompressione	favorevoli	γ_P	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.00	1.00	1.00
Ritiro, viscosità e cedimenti non impost appositamente	favorevoli	γ_{Ced}	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.20	1.20	1.00

Tabella 5 – Tab. 5.2.V delle NTC18 – coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU.

azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
azioni singole da traffico	carico sul rilevato a tergo delle spalle	0.80	0.50	0.00
	azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0.80	0.50	0.00
gruppi di carico	gr1	0.80 ⁽²⁾	0.80 ⁽¹⁾	0.00
	gr2	0.80 ⁽²⁾	0.80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0.80 ⁽²⁾	0.80 ⁽¹⁾	0.00
	gr4	1.00	1.00 ⁽¹⁾	0.00
azioni del vento	FWk	0.60	0.50	0.00
azioni da neve	in fase di esecuzione	0.80	0.00	0.00
	SLU e SLE	0.00	0.00	0.00
azioni termiche	Tk	0.60	0.60	0.50

 Tabella 6 – Tab. 5.2.VI delle NT18 – coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

Le azioni impiegate nella definizione delle combinazioni di carico sono riepilogate nella Tabella 7.

azione	Load Case Name
peso proprio	DEAD
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
spinta a riposo del terreno sulla spalla sinistra	spinta_sx_k0
spinta a riposo del terreno sulla spalla destra	spinta_dx_k0
incremento di spinta dovuta al treno di carico SW/2 sul piedritto sinistro	spinta_SW/2_sx
azione verticale dovuta al sovraccarico stradale agente sulla parte sinistra della soletta inferiore	acc_sol_inf_sx
azione verticale dovuta al sovraccarico stradale	acc_sol_inf



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
 MACROFASE FUNZIONALE 1
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
 IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	40 di 66

agente su tutta la soletta inferiore	
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	sisma_H
incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sisma	sovraspinta_sismica

Tabella 7 – Riepilogo carichi.

Nelle Tabelle seguenti sono elencate le combinazioni di carico impiegate nelle verifiche.

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche				
	slu1	slu2	slu3	slu4
DEAD	1	1.35	1.35	1.35
perm_sol_inf	1	1.35	1.35	1.35
spinta_sx_k0	1.35	1	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1	1	1	1.35
spinta_SW/2_sx	1.45	0	1.45	0
acc_sol_inf_sx	0	1.5	1.5	1.5
acc_sol_inf	0	0	0	0

Tabella 8 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche.

combinazioni di carico agli SLV			
	sis1	sis2	sis3
DEAD	1	1	1
perm_sol_inf	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1
spinta_SW/2_sx	0	0.2	0
acc_sol_inf_sx	0	0	0.2
acc_sol_inf	0	0	0
sisma_H	1	1	1
sovraspinta_sismica	1	1	1

Tabella 9 – Combinazioni di carico agli SLV.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	41 di 66

combinazioni di carico agli SLE RARA FESSURAZIONE		
	fes1	fes2
DEAD	1	1
perm_sol_inf	1	1
spinta_sx_k0	1	1
spinta_dx_k0	1	1
spinta_SW/2_sx	0	0.8
acc_sol_inf_sx	0	0
acc_sol_inf	0	0

Tabella 10 – Combinazioni di carico agli SLE RARA FESSURAZIONE.

combinazioni di carico agli SLE RARA TENSIONI		
	rar1	rar2
DEAD	1	1
perm_sol_inf	1	1
spinta_sx_k0	1	1
spinta_dx_k0	1	1
spinta_SW/2_sx	0	1
acc_sol_inf_sx	0	0
acc_sol_inf	0	0

Tabella 11 – Combinazioni di carico agli SLE RARA TENSIONI.

combinazioni di carico agli SLE QUASI PERMANENTE	
	qpe1
DEAD	1
perm_sol_inf	1
spinta_sx_k0	1
spinta_dx_k0	1
spinta_SW/2_sx	0
acc_sol_inf_sx	0
acc_sol_inf	0

Tabella 12 – Combinazioni di carico agli SLE QUASI PERMANENTE.

11. RISULTATI E VERIFICHE

Nelle immagini a seguire si riportano i digrammi di involuppo delle sollecitazioni per gli stati limite ultimi statici e sismici e per gli stati limite d'esercizio.

Moment 3-3 Diagram (enve_slu_n1)

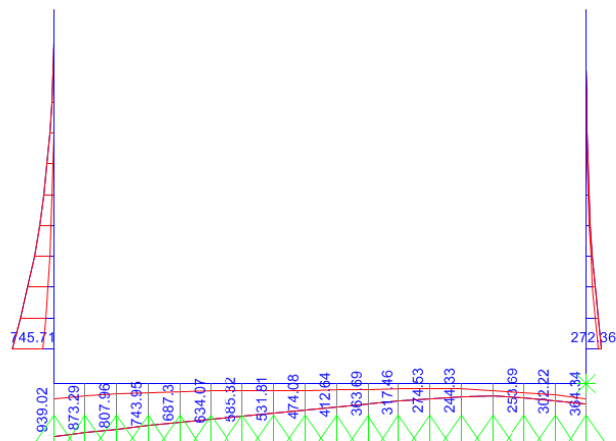


Figura 15 – Momento flettente enve-SLU.

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slu_n1)

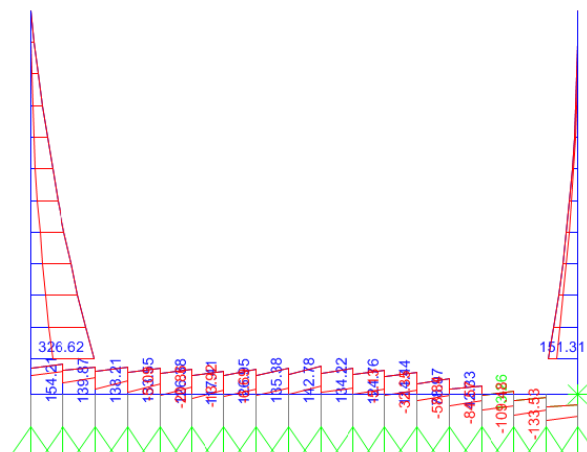


Figura 16 – Taglio enve-SLU.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	43 di 66

Moment 3-3 Diagram (enve_slusis_nl)

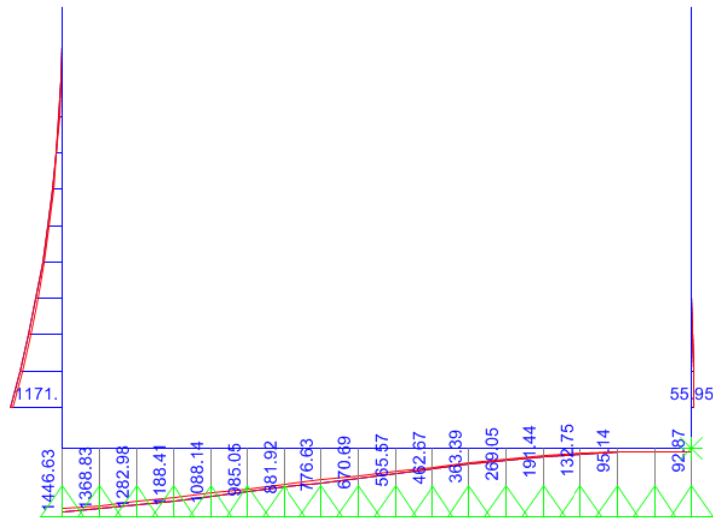


Figura 17 – Momento flettente enve-SLV.

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slusis_nl)

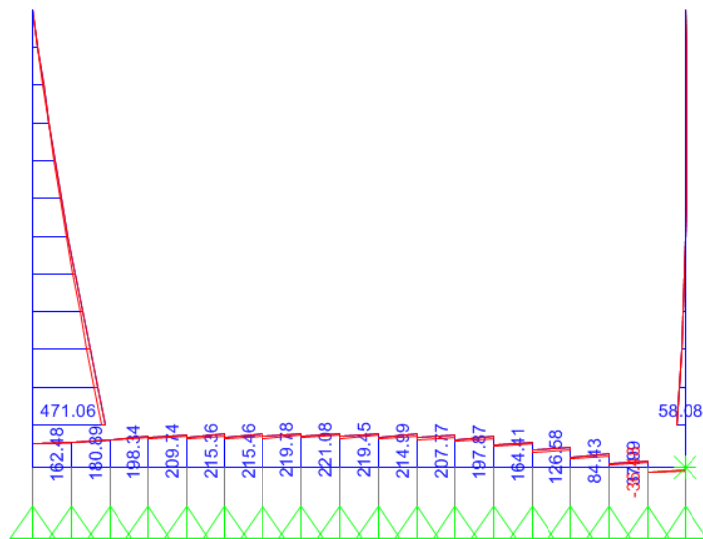


Figura 18 – Taglio enve-SLV.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	44 di 66

Moment 3-3 Diagram (enve_sle_nl)

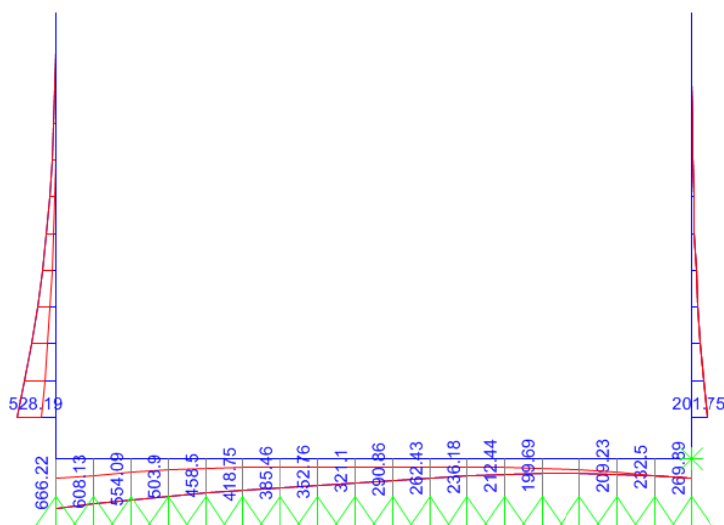


Figura 19 – Momento flettente enve-SLE.

11.1 Verifica piedritti

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-134.96	471.06	1171.00	1	0.55	sis2_nl
M3	min	-61.35	-1.39	-11.18	2	3.50	sis1_nl
V2	max	-134.96	471.06	1171.00	1	0.55	sis2_nl
V2	min	-36.81	-6.39	-6.75	2	4.48	sis1_nl
P	max	0.00	0.00	0.00	2	5.95	sis3_nl
P	min	-134.96	446.88	1105.71	1	0.55	sis1_nl



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	45 di 66

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-134.96	326.63	745.71	1	0.55	slu1_nl
M3	min	0.00	0.00	0.00	2	5.95	slu1_nl
V2	max	-134.96	326.63	745.71	1	0.55	slu1_nl
V2	min	0.00	0.00	0.00	1	5.95	slu1_nl
P	max	0.00	0.00	0.00	2	5.95	slu4_nl
P	min	-182.20	112.08	201.75	1	0.55	slu2_nl

SLE - RARA TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-134.96	232.99	528.19	1	0.55	rar2_nl
M3	min	0.00	0.00	0.00	2	5.95	rar2_nl
V2	max	-134.96	232.99	528.19	1	0.55	rar2_nl
V2	min	0.00	0.00	0.00	1	5.95	rar2_nl
P	max	0.00	0.00	0.00	1	5.95	rar1_nl
P	min	-134.96	112.08	201.75	1	0.55	rar1_nl

SLE - RARA FESSURAZIONE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-134.96	208.81	462.91	1	0.55	fes2_nl
M3	min	0.00	0.00	0.00	1	5.95	fes2_nl
V2	max	-134.96	208.81	462.91	1	0.55	fes2_nl
V2	min	0.00	0.00	0.00	1	5.95	fes1_nl
P	max	0.00	0.00	0.00	1	5.95	fes1_nl
P	min	-134.96	112.08	201.75	1	0.55	fes1_nl



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	46 di 66

SLE - Q.P. TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-134.96	112.08	201.75	1	0.55	qpe1_nl
M3	min	0.00	0.00	0.00	1	5.95	qpe1_nl
V2	max	-134.96	112.08	201.75	1	0.55	qpe1_nl
V2	min	0.00	0.00	0.00	1	5.95	qpe1_nl
P	max	0.00	0.00	0.00	1	5.95	qpe1_nl
P	min	-134.96	112.08	201.75	1	0.55	qpe1_nl

11.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pied

(Percorso File: C:\CommesselC16\scatolar\inv06_rc_sec_muro_U\pied.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Poco aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

C30/37

Resistenza compress. di progetto fcd:

170.00 daN/cm²

Resistenza compress. ridotta fcd':

85.00 daN/cm²

Deform. unitaria max resistenza ec2:

0.0020

Deformazione unitaria ultima ecu:

0.0035

Diagramma tensioni-deformaz.:

Parabola-Rettangolo

Modulo Elastico Normale Ec:

328360 daN/cm²

Resis. media a trazione fctm:

29.00 daN/cm²

Coeff.Omogen. S.L.E.:

15.00

Sc limite S.L.E. comb. Rare:

165.00 daN/cm²

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:

165.00 daN/cm²

Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:

0.200 mm

Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:

120.00 daN/cm²

Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:

0.200 mm

ACCIAIO -

Tipo:

B450C

Resist. caratt. a snervamento fyk:

4500.0 daN/cm²

Resist. caratt. a rottura ftk:

4500.0 daN/cm²

Resist. a snerv. di progetto fyd:

3913.0 daN/cm²

Resist. ultima di progetto ftd:

3913.0 daN/cm²

Deform. ultima di progetto Epu:

0.068



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	47 di 66

Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	100.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	13496	74571	32663	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	13496	52819

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	13496	46291 (67185)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	13496	20175 (72666)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	48 di 66

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 7.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	13496	74571	13495	181207	2.430	88.5	0.13	0.70	53.1 (20.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	100.0	0.00060	90.5	-0.02414	9.5

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe: 4
Area staffe/m : 22.6 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	32663	43361	348912	72091	100.0 90.5	1.000	1.008	10.2



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
 MACROFASE FUNZIONALE 1
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	49 di 66

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm²)
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm²)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
 Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
 (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	35.8	100.0	0.0	70.4	-1105	90.5	23.5	2348	53.1	9.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica
 e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 K2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
 Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
 e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
 srm Distanza massima in mm tra le fessure
 wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
 M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00055	0.00024	0.50	0.60	0.000286 (0.000286)	473	0.136 (0.20)	67185

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	14.2	100.0	0.0	65.8	-352	90.5	22.0	2199	53.1	9.0

11.1.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pied_sis

(Percorso File: C:\Commesse\C16\scatolari\inv06_rc_sec_muro_U\pied_sis.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettagonolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
	Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	50 di 66

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd'	85.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	100.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	13496	117100	47106	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.0	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	51 di 66

Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	13496	117100	13486	173981	1.486	73.0	0.30	0.81	53.1 (20.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00083	100.0	0.00054	90.5	-0.00196	9.5

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe: 4
Area staffe/m : 22.6 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	47106	43361	348912	72091	100.0 90.5	1.000	1.008	14.8



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	52 di 66

11.2 Verifica soletta inferiore

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni massime derivanti dalle analisi utilizzate nelle successive verifiche.

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-560.40	162.49	1368.83	5	0.00	sis2_nl
M3	min	-531.30	30.19	78.07	19	0.50	sis3_nl
V2	max	-560.40	221.08	670.69	11	0.50	sis2_nl
V2	min	-531.30	11.79	88.56	19	0.00	sis3_nl
P	max	-531.30	162.49	1289.56	5	0.00	sis1_nl
P	min	-560.40	162.49	1368.83	5	0.00	sis2_nl

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-430.25	121.47	873.29	5	0.00	slu1_nl
M3	min	-162.40	20.31	92.26	15	0.50	slu2_nl
V2	max	-430.25	142.78	412.64	12	0.50	slu3_nl
V2	min	-219.24	-109.48	253.69	19	0.00	slu4_nl
P	max	-162.40	59.60	216.18	5	0.00	slu2_nl
P	min	-430.25	121.47	873.29	5	0.00	slu1_nl

SLE - RARA TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-307.93	98.90	608.13	5	0.00	rar2_nl
M3	min	-162.40	11.98	113.94	11	0.50	rar1_nl
V2	max	-307.93	117.29	554.09	5	0.50	rar2_nl
V2	min	-162.40	-84.49	185.27	19	0.00	rar1_nl
P	max	-162.40	66.10	222.92	5	0.00	rar1_nl
P	min	-307.93	98.90	608.13	5	0.00	rar2_nl



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
 MACROFASE FUNZIONALE 1
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	53 di 66

SLE - RARA FESSURAZIONE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-278.82	92.34	531.09	5	0.00	fes2_nl
M3	min	-162.40	11.98	113.94	11	0.50	fes1_nl
V2	max	-278.82	110.73	480.32	5	0.50	fes2_nl
V2	min	-162.40	-84.49	185.27	19	0.00	fes1_nl
P	max	-162.40	66.10	222.92	5	0.00	fes1_nl
P	min	-278.82	92.34	531.09	5	0.00	fes2_nl

SLE - Q.P. TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-162.40	66.10	222.92	5	0.00	qpe1_nl
M3	min	-162.40	11.98	113.94	11	0.50	qpe1_nl
V2	max	-162.40	84.49	185.27	5	0.50	qpe1_nl
V2	min	-162.40	-84.49	185.27	19	0.00	qpe1_nl
P	max	-162.40	66.10	222.92	5	0.00	qpe1_nl
P	min	-162.40	49.57	185.27	6	0.00	qpe1_nl

11.2.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_inf

(Percorso File: C:\Commesse\C16\scatolar\inv06_rc_sec_muro_U\sol_inf.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

Poco aggressive

Assi x,y principali d'inerzia

Zona non sismica

Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

Resistenza compress. di progetto fcd:

Resistenza compress. ridotta fcd':

Deform. unitaria max resistenza ec2:

Deformazione unitaria ultima ecu:

C30/37

170.00 daN/cm²

85.00 daN/cm²

0.0020

0.0035



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	54 di 66

Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00 daN/cm ²
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00 daN/cm ²
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	110.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	43025	87329	12147	0
2	16240	9226	2031	0
3	43025	41264	14278	0
4	21924	25369	-10948	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	30793	60813
2	16240	11394

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	55 di 66

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	27882	53109 (85158)
2	16240	11394 (107787)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	16240	22292 (89401)
2	16240	11394 (107787)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 7.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	43025	87329	43008	216052	2.474	97.8	0.12	0.70	53.1 (22.0)
2	S	16240	9226	16231	203901	22.101	98.5	0.11	0.70	53.1 (22.0)
3	S	43025	41264	43008	216052	5.236	97.8	0.12	0.70	53.1 (22.0)
4	S	21924	25369	21920	206488	8.139	98.3	0.12	0.70	53.1 (22.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	56 di 66

1	0.00350	110.0	0.00078	100.5	-0.02529	9.5
2	0.00350	110.0	0.00062	100.5	-0.02702	9.5
3	0.00350	110.0	0.00078	100.5	-0.02529	9.5
4	0.00350	110.0	0.00065	100.5	-0.02664	9.5

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.6	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	Ast
1	S	12147	49703	393258	80057 100.0	100.5	1.000	1.023	3.4
2	S	2031	46033	387752	80057 100.0	100.5	1.000	1.009	0.6
3	S	14278	49703	393258	80057 100.0	100.5	1.000	1.023	4.0
4	S	-10948	46812	388920	80057 100.0	100.5	1.000	1.012	3.1

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm ²])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([daN/cm ²])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	35.8	110.0	0.0	74.8	-998	100.5	23.8	2375	53.1	9.0
2	S	7.0	110.0	0.0	60.2	-108	100.5	20.1	2013	53.1	9.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
 INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.
 MACROFASE FUNZIONALE 1
 LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	57 di 66

wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
 M fess. Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00049	0.00023	0.50	0.60	0.000259 (0.000259)	477	0.123 (0.20)	85158
2	S	-0.00006	0.00005	0.50	0.60	0.000032 (0.000032)	446	0.015 (0.20)	107787

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	13.4	110.0	0.0	71.5	-326	100.5	23.8	2375	53.1	9.0
2	S	7.0	110.0	0.0	60.2	-108	100.5	20.1	2013	53.1	9.0

11.2.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_inf_sisma

(Percorso File: C:\Commesse\C16\scatolari\inv06_rc_sec_muro_U\sol_inf_sisma.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettagolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
	Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00 daN/cm ²
	Resistenza compress. ridotta fcd':	85.00 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360 daN/cm ²
Resis. media a trazione fctm:	29.00 daN/cm ²	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0 daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	110.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	58 di 66

Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	9.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	9.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	56040	136883	16249	0
2	53130	7807	3019	0
3	56040	67069	22108	0
4	53130	8856	1179	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.0	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re	Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re,Mx re) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	56040	136883	56014	211885	1.548	78.8	0.31	0.83	53.1 (22.0)
2	S	53130	7807	53158	210731	26.993	79.0	0.31	0.83	53.1 (22.0)
3	S	56040	67069	56014	211885	3.159	78.8	0.31	0.83	53.1 (22.0)
4	S	53130	8856	53158	210731	23.795	79.0	0.31	0.83	53.1 (22.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	59 di 66

1	0.00088	110.0	0.00061	100.5	-0.00196	9.5
2	0.00087	110.0	0.00061	100.5	-0.00196	9.5
3	0.00088	110.0	0.00061	100.5	-0.00196	9.5
4	0.00087	110.0	0.00061	100.5	-0.00196	9.5

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 30.2 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.6	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm ² /m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb.
Vrd	Taglio resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [daN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [daN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	ASt
1	S	16249	51487	395934	80057	100.0 100.5	1.000	1.030	4.6
2	S	3019	51088	395335	80057	100.0 100.5	1.000	1.028	0.9
3	S	22108	51487	395934	80057	100.0 100.5	1.000	1.030	6.2
4	S	1179	51088	395335	80057	100.0 100.5	1.000	1.028	0.3



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1
LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	60 di 66

11.3 Verifiche geotecniche

11.3.1 Verifica a carico limite della fondazione

La verifica a carico limite della fondazione è condotta con l'approccio 2 (A1+M1+R3) e quindi le azioni sono amplificate per i coefficienti A1 (1.5 sia per i permanenti che per i variabili) i coefficienti parziali dei parametri geotecnici sono M1 (tutti pari a 1) ed i coefficienti da applicare alle resistenze caratteristiche sono R3 (2.3).

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
slu1_nl	NonStatic	-294.178	0	600.843	0	-669.1397
slu2_nl	NonStatic	-26.32	0	916.138	0	157.5
slu3_nl	NonStatic	-294.178	0	916.138	0	-511.6397
slu4_nl	NonStatic	-35.532	0	916.138	0	157.5
sis1_nl	NonStatic	-454.72	0	600.882	0	-1274.3296
sis2_nl	NonStatic	-483.826	0	600.885	0	-1353.5857
sis3_nl	NonStatic	-454.72	0	614.866	0	-1253.3924

Il valore massimo è pari a 916 kN.

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

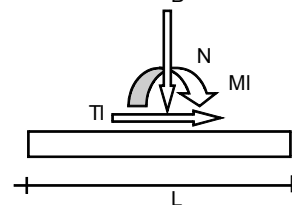
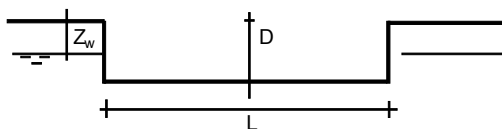
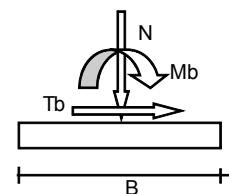
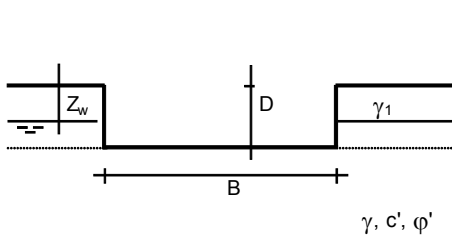
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

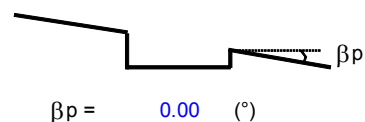
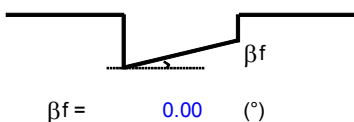
coefficienti parziali

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno		resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	☐	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80
	A1+M1+R3	☐	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30
	SISMA	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	☐	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	☑	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

B = 9.50 (m)
L = 1.00 (m)
D = 1.52 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	916.00		916.00
Mb [kNm]	0.00		0.00
MI [kNm]	-512.00		-512.00
Tb [kN]	0.00		0.00
TI [kN]	294.00		294.00
H [kN]	294.00	0.00	294.00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 19.00$ (kN/mc)

$\gamma = 18.00$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 5.00$ (kN/mq)

$\varphi' = 30.00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 5.00$ (kN/mq)

$\varphi' = 30.00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 6.80$ (m)

$e_B = 0.00$ (m)

$e_L = -0.56$ (m)

$B^* = 9.50$ (m)

$L^* = 2.12$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 28.88$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 13.56$ (kN/mc)

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$

$N_q = 18.40$

$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$

$N_c = 30.14$

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_\gamma = 22.40$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L^* N_c)$$

$$s_c = 1.14$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan(\varphi') / L^*$$

$$s_q = 1.13$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.91$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.82 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.18 \quad m = 1.18 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m_bsin²θ+m_lcos²θ) in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^m$$

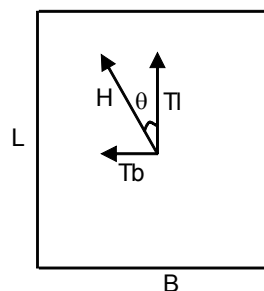
$$i_q = 0.69$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$$

$$i_c = 0.67$$

$$i_\gamma = (1 - H/(N + B^* L^* c' \cotg(\varphi')))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.50$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per D/B* ≤ 1; d_q = 1 + 2 D tan(φ') (1 - sen(φ'))² / B*

per D/B* > 1; d_q = 1 + (2 tan(φ') (1 - sen(φ'))²) * arctan(D / B*)

$$d_q = 1.21$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan(\varphi'))$$

$$d_c = 1.22$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	64 di 66

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 787.18 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 45.53 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

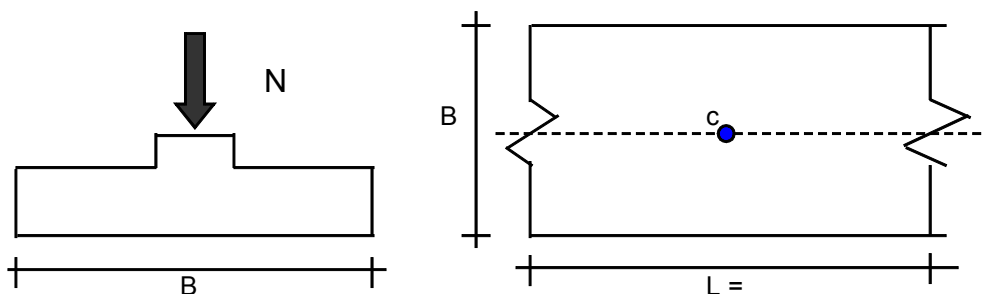
$$q_{lim} / \gamma_R = 342.25 \geq q = 45.53 \quad (\text{kN/m}^2)$$

11.3.2 Calcolo dei cedimenti

Di seguito si riportano i valori massimi delle reazioni alla base del muro allo stato limite di esercizio, ovvero considerando solo quelle derivanti dalle combinazioni rara, frequente e quasi permanente.

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
fes1_nl	NonStatic	-26.32	0	600.843	0	0
fes2_nl	NonStatic	-142.744	0	600.843	0	-317.0648
rar1_nl	NonStatic	-26.32	0	600.843	0	0
rar2_nl	NonStatic	-171.85	0	600.843	0	-396.331
qpe1_nl	NonStatic	-26.32	0	600.843	0	0

Il valore massimo è pari a 601 kN.



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_z i = (2q/\pi) * (\alpha + \text{sen}\alpha \cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_x i = (2q/\pi) * (\alpha - \text{sen}\alpha \cos\alpha)$$

$$\Delta\sigma_y i = (4q/\pi) * (v\alpha)$$

$$\alpha = \tan^{-1}((B/2)/z)$$

$$\delta_{\text{tot}} = \Sigma \delta_i = \Sigma (((\Delta\sigma_z i - v_i(\Delta\sigma_x i + \Delta\sigma_y i)) \Delta z_i / E_i)$$



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA

INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO.

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 02

RELAZIONE DI CALCOLO – MURO DI
IMBOCCO SL03

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0300 002	A	66 di 66

DATI DI INPUT:

B = 9.50 (m) (Larghezza della Fondazione)

N = 601.00 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 63.26 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/B))

ns = 1 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z_i	a z_{i+1}	Δz_i	E	ν	δ_{ci}
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	U1	3.50	0.0	3.5	1.0	30000	0.30	0.41
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-

$\delta_{ctot} = 0.41$ (cm)