

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 - SL04 Sottovia interferenze viabilità (NV07) con Ramo Catania Siracusa ai km 1+250 circa - Relazione di calcolo sottovia SL04

SCALA:

-

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

RS3H 02 D 78 CL SL0400 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Nani	Marzo 2020	G. Giustino <i>G. Giustino</i>	Marzo 2020	S. Vanfiori <i>S. Vanfiori</i>	Marzo 2020	D. Tiberti Marzo 2020 <i>D. Tiberti</i> ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Regionale UO Infrastrutture Sud Prof. Ing. Daniele Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

File: RS3H.0.2.D.78.CL.SL.04.0.0.001.A

n. Elab.:

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	MATERIALI	7
3.1	CALCESTRUZZO SCATOLARE	7
3.2	ACCIAIO D'ARMATURA	7
3.3	VERIFICA S.L.E.	8
3.3.1	<i>Verifica tensioni</i>	8
3.3.2	<i>Verifica a fessurazione</i>	9
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	11
4.1	TERRENO DI RICOPRIMENTO	11
4.2	TERRENO DI FONDAZIONE	11
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	12
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	12
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	12
6	MODELLAZIONE ADOTTATA	17
7	ANALISI DEI CARICHI	21
7.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA	21
7.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI	21
7.3	BALLAST	23
7.4	SPINTA DEL TERRENO	23
7.5	SOVRACCARICO FERROVIARIO	25
7.5.1	<i>Azioni variabili verticali</i>	25
7.5.2	<i>Azioni variabili orizzontali</i>	31
7.6	VERIFICA REQUISITI S.T.I.	34
7.7	SOVRACCARICO ACCIDENTALE SULLA SOLETTA INFERIORE	36
7.8	AZIONI TERMICHE	37



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	2 di 79

7.9	RITIRO	38
7.10	AZIONE SISMICA	39
8	COMBINAZIONI DI CARICO	44
9	RISULTATI E VERIFICHE	53
9.1	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE.....	55
9.1.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i>	57
9.1.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i>	61
9.2	VERIFICA PIEDRITTI.....	63
9.2.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i>	65
9.2.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i>	69
9.3	VERIFICA SOLETTA INFERIORE	71
9.3.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i>	73
9.3.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i>	77

1 PREMESSA

La seguente relazione di calcolo riguarda la progettazione di una struttura scatolare, costituente il sottovia SL04 entro la nuova viabilità NV07 alla progressiva km 1+421.12 della Linea Catania-Siracusa. L'opera è inquadrata entro il progetto dell'interramento della linea per il prolungamento della pista dell'aeroporto di Fontanarossa.

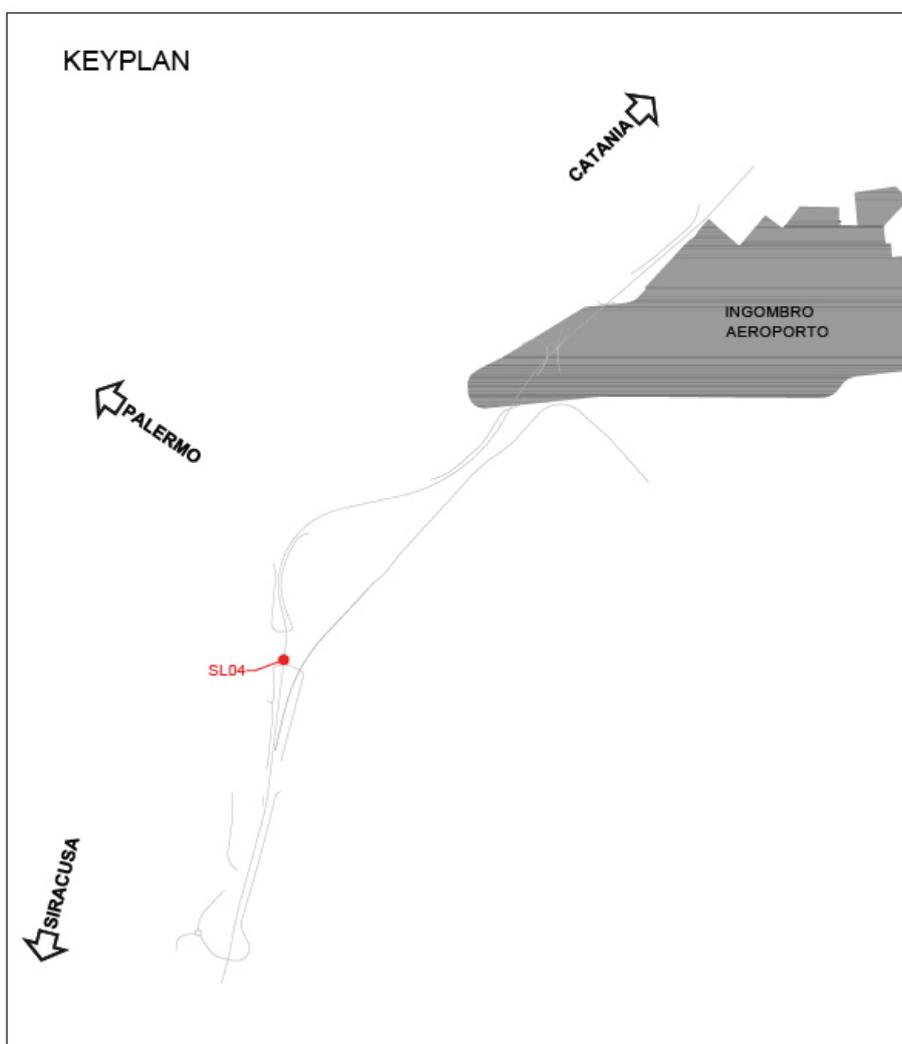


Figura 1 – Keyplan

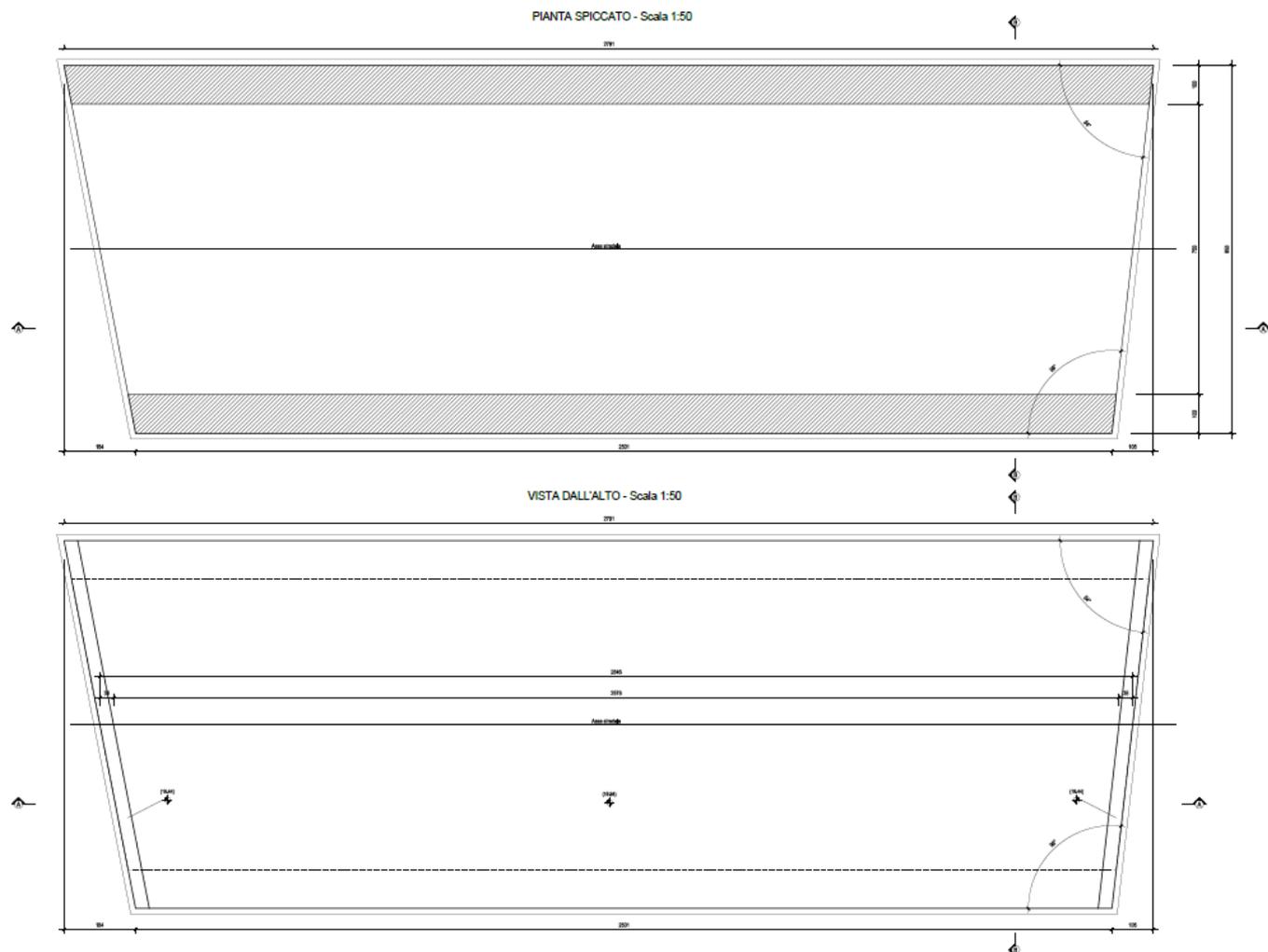


Figura 2 – Vista dall'alto e pianta spiccato

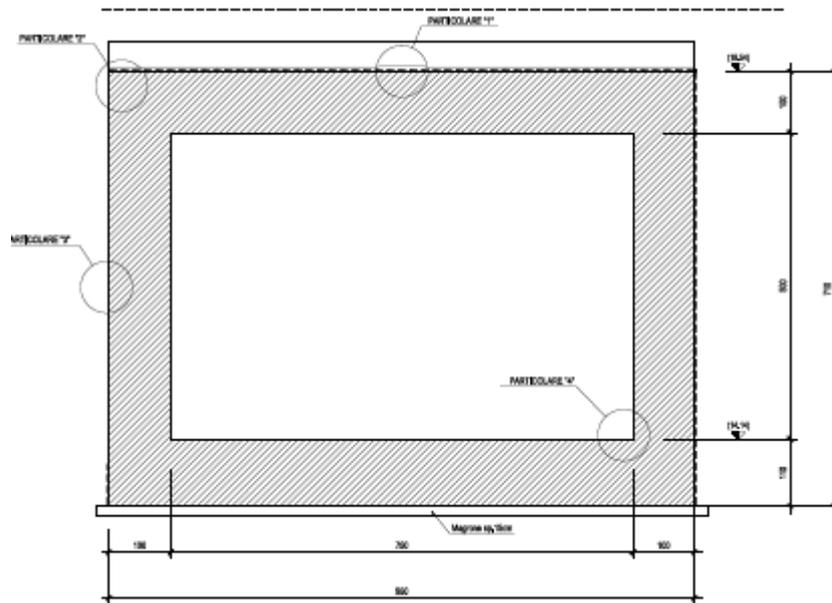


Figura 3 – Sezione trasversale

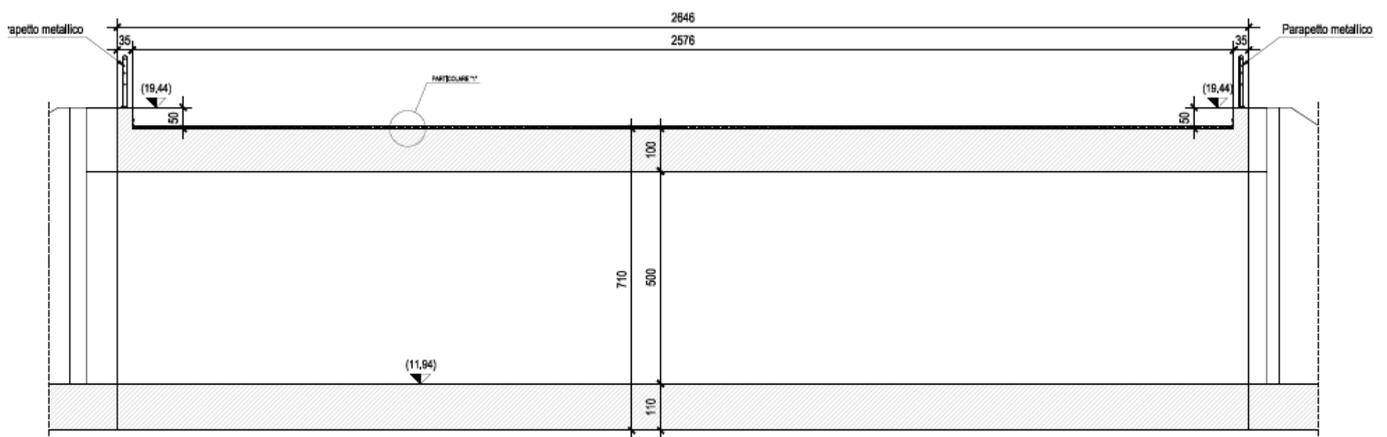


Figura 4 – Sezione longitudinale



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

SL0400 001

A

6 di 79

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

[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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	7 di 79

3 MATERIALI

3.1 Calcestruzzo scatolare

- 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
- $f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$ 3.53 N/mm^2
- $f_{ctk,5\%} = 0.70 \cdot f_{ctm}$ 2.47 N/mm^2
- $E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3}$ 330169 N/mm^2

3.2 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/mm^2
- $f_{t, nom}$ 540 N/mm^2

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/mm^2
- $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$ 0.186%



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	8 di 79

3.3 Verifica S.L.E.

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

3.3.1 Verifica 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 RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18"

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 $0,75 f_{yk}$

Nel caso in esame pertanto si ha:

CALCESTRUZZO

Massima tensione allo SLE per combinazione caratteristica (rara):

$$\sigma_c = 0,55 \cdot f_{ck} \qquad 16,89 \text{ N/mm}^2$$

Massima tensione allo SLE per combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c = 0,40 \cdot f_{ck} \qquad 12,28 \text{ N/mm}^2$$

ACCIAIO

Massima tensione allo SLE per combinazione 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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	9 di 79

$\sigma_s = 0.75 f_{yk}$

337.5 N/mm²

3.3.2 Verifica 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	w _d	Stato limite	w _d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤w ₂	ap. fessure	≤w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤w ₁	ap. fessure	≤w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤w ₁	ap. fessure	≤w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w ₁
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w ₁

Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

w₁= 0.2 mm

w₂= 0.3 mm

w₃= 0.4 mm

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si aggiungono in tal caso quelle fornite dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione 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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	10 di 79

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame (XA1) così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 14.1.2018, 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) $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

SL0400 001

A

11 di 79

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

4.1 Terreno di ricoprimento

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

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\varphi' = 38^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata

4.2 Terreno di fondazione

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte dalla relazione geotecnica e sono riportate sinteticamente di seguito.

Unità U1: Depositi alluvionali recenti – bb2: Si tratta di sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone e grigio, a struttura indistinta, con rare tracce di ghiaia poligenica da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rivengono passaggi di limi argilloso-sabbioso giallastri e livelli di limi argillosi grigi.

I valori dei parametri geotecnici di progetto per l' unità geotecnica intercettata sono i seguenti:

$\gamma = 18\div 19 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\varphi' = 28\div 32^\circ$ angolo di resistenza al taglio (30° valore medio)

$c' = 0\div 5 \text{ kPa}$ coesione drenata

$N_{spt} = 3\div 23$ numero di colpi da prova SPT

$G_o = 20\div 90 \text{ MPa}$ modulo di deformazione a taglio iniziale

$E_o = 60\div 225 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale

$k = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ permeabilità (valore medio)

.....



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

SL0400 001

A

12 di 79

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

5.1 Vita nominale e classe d'uso

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

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.

5.2 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:



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	13 di 79

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 15.04779 LATTITUDINE: 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

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	Valore
SLO - $P_{VR} = 81\%$	68
SLD - $P_{VR} = 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	Valore
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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	14 di 79

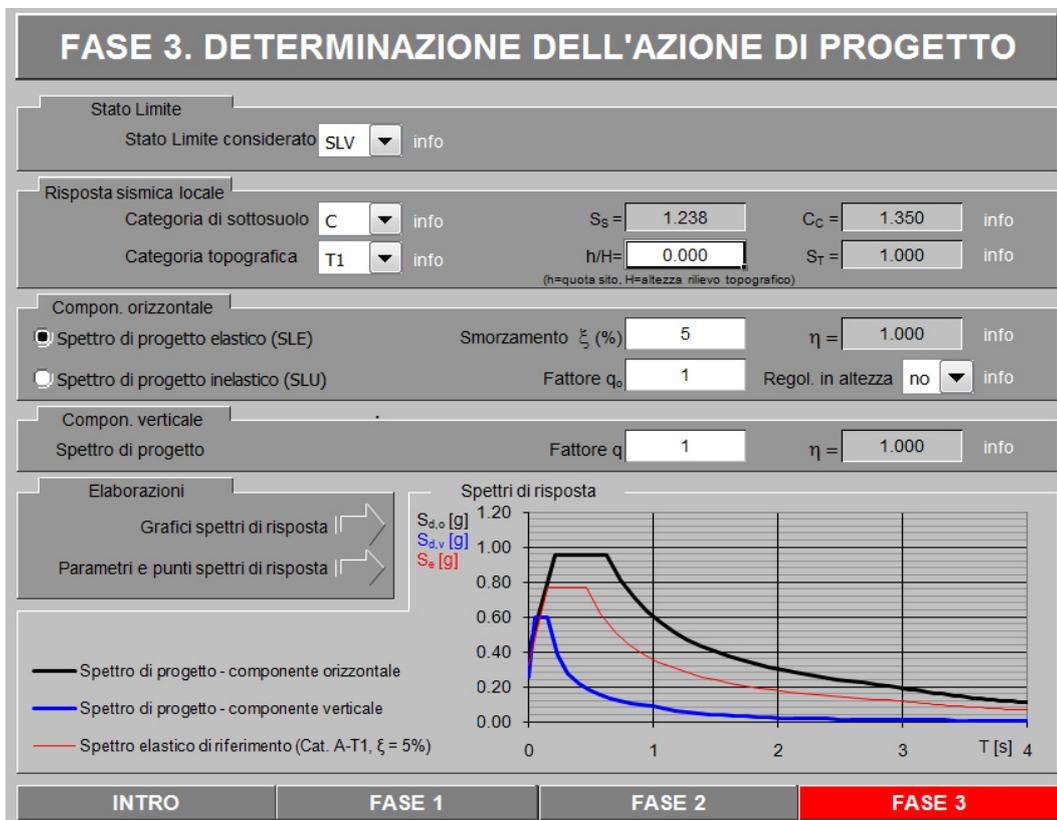
I valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T_c^*) per gli stati limite di normativa sono dunque:

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_0	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)

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_s(T)$ 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
$T_D \leftarrow$	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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	16 di 79

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.



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	17 di 79

6 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 2500 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	9.5	26	2.74	1.39	2495

Tabella 3: Calcolo del coefficiente di Winkler

A partire da k_w si ricavano le rigidità 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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	18 di 79

- 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>	1250
<i>Molle intermedie</i>	1875
<i>Molle di spigolo</i>	3750

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 5.00 m, con soletta superiore di spessore 1.00 m, 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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	19 di 79

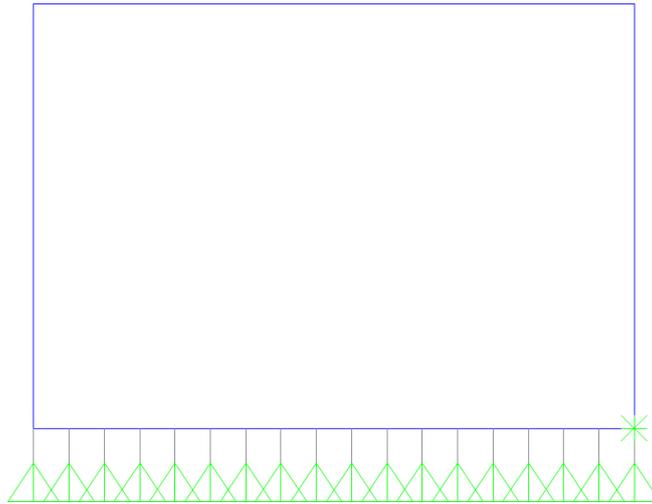


Figura 5 – Modello di calcolo.

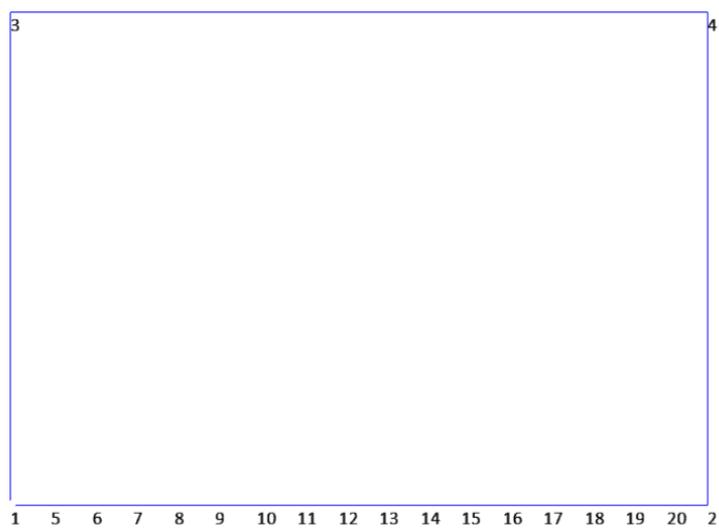


Figura 6 – Numerazione nodi.



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	20 di 79

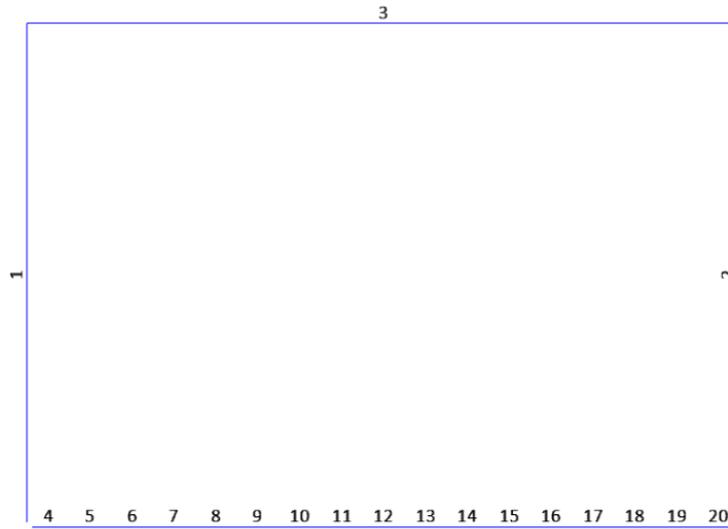


Figura 7 – Numerazione aste.



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	21 di 79

7 ANALISI DEI CARICHI

7.1 Peso proprio della struttura

Il peso proprio della struttura è valutato automaticamente dal programma di calcolo attribuendo al c.a. un peso dell'unità di volume di 25 kN/m³.

7.2 Carichi permanenti portati

Il carico permanente portato è rappresentato, per la soletta inferiore, del riempimento con misto granulare stabilizzato . Nella Tabella sottostante si riportano i carichi.

PERMANENTI PORTATI							
Soletta superiore							
γ	20.0	kN/m ³	ricoprimento	γ	24.0	kN/m ³	impermeabilizzazione e massetto pendenze
s	0.00	m		s	0.10	m	
W	0.0	kN/m ²		W	2.4	kN/m ²	
Soletta inferiore							
γ	18.0	kN/m ³	riempimento	γ	21.0	kN/m ³	pavimentazione stradale
s	1.00	m		s	0.10	m	
W	18.0	kN/m ²		W	2.1	kN/m 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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	22 di 79

Frame Span Loads (permanenti_soletta_superiore) (As Defined)

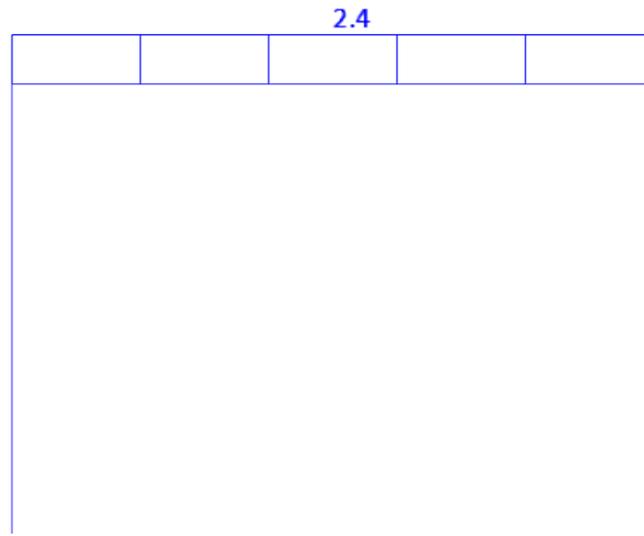


Figura 8 – Carichi permanenti sulla soletta superiore.

Frame Span Loads (permanenti_soletta_inferiore) (As Defined)



Figura 9 – Carichi permanenti sulla soletta inferiore.

7.3 Ballast

Il ballast è stato valutato considerando uno sviluppo in altezza di 0.8 m: $p_b = 20 \cdot 0.8 = 16.0 \text{ kN/m}^2$

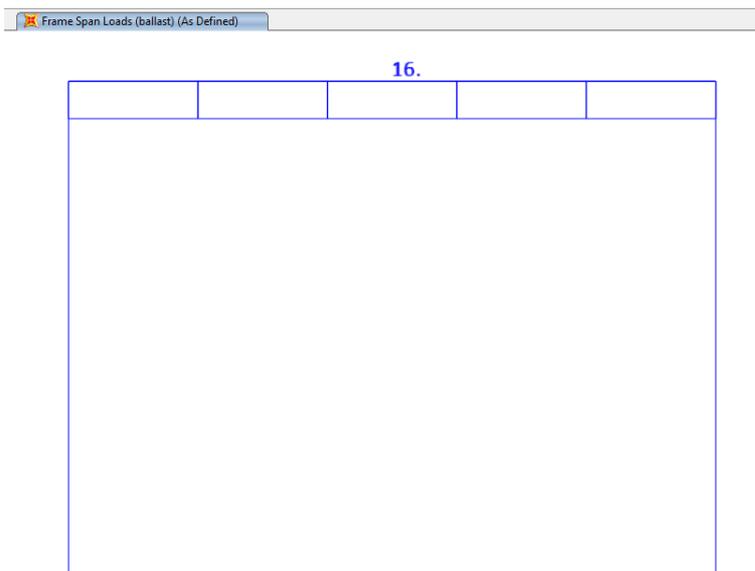


Figura 10 – Ballast.

7.4 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_1	0.5	m	metà spessore soletta superiore
p_1	10.92	kN/m ²	
H_2	6.05	m	distanza assi soletta superiore-inferiore



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	24 di 79

p_2	57.42	kN/m^3	
F_{sup}	4.50	kN/m	spinta su metà spessore soletta superiore
F_{inf}	32.74	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

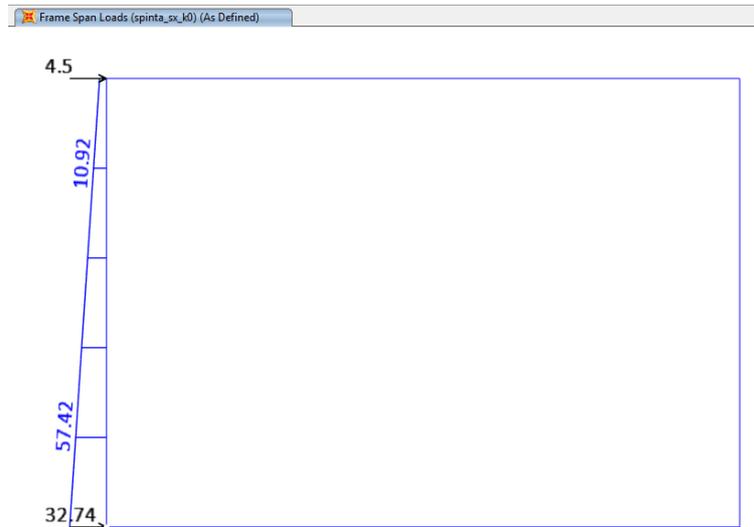


Figura 11 – Spinta del terreno sul piedritto sinistro.

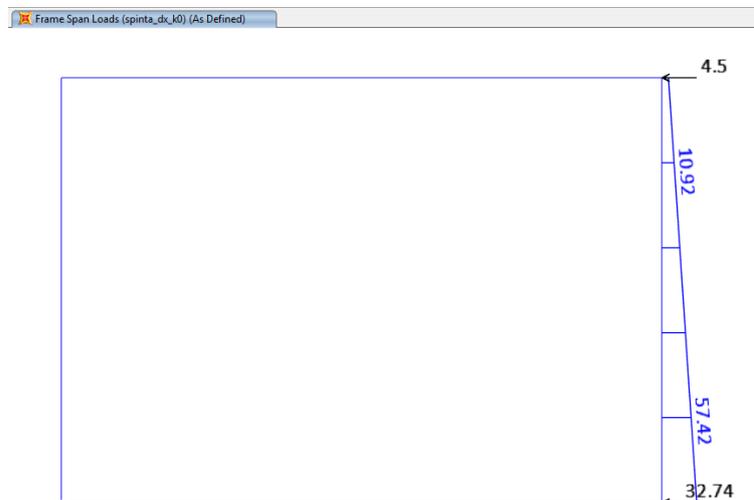


Figura 12 – Spinta del terreno sul piedritto destro.

7.5 Sovraccarico ferroviario

7.5.1 Azioni variabili verticali

Per la valutazione dei carichi verticali si è fatto riferimento a dei modelli di carico “teorici”, come indicato dalla normativa vigente. In particolare sono stati considerati il treno di carico LM71, rappresentativo del traffico normale, e il treno di carico SW/2 rappresentativo del traffico pesante.

Il treno di carico LM71, schematizzato in Figura 13, è costituito da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1.6 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per un'estensione illimitata, a partire da 0.8 m dagli assi di estremità.

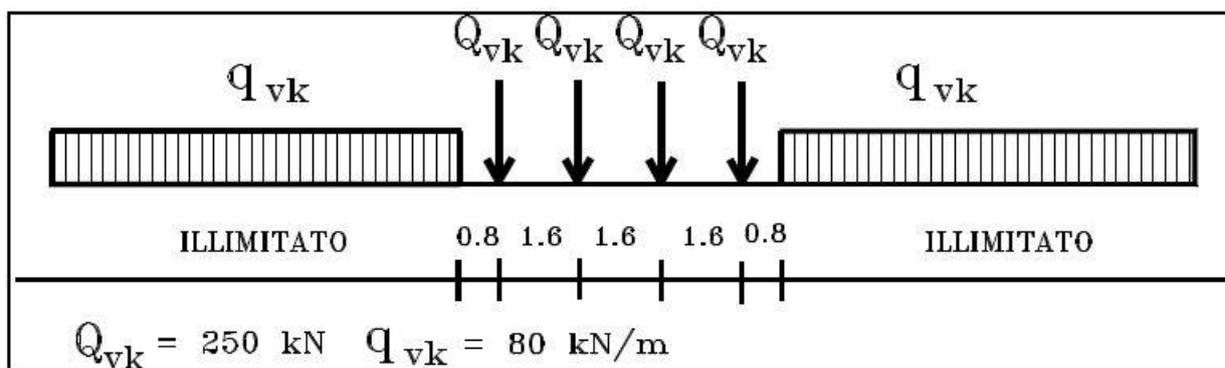
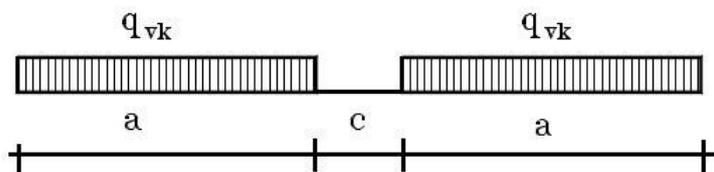


Figura 13 – Treno di carico LM71

Il treno di carico SW/2 invece 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 14).



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

Figura 14 – 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 15.



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

SL0400 001

A

26 di 79

modello di carico	coefficiente di adattamento α
LM71	1.1
SW/2	1.0

Figura 15 – Coefficiente di adattamento α

Le sollecitazioni e gli spostamenti determinati sulle strutture dall'applicazione statica dei treni di carico devono essere incrementati per tenere conto della natura dinamica del transito dei convogli.

I coefficienti di incremento dinamico ϕ che aumentano l'intensità dei modelli di carico teorici si assumono pari a ϕ_2 o ϕ_3 , in dipendenza del livello di manutenzione della linea. Nel caso in esame si è assunto il coefficiente ϕ_3 corrispondente a linee con ridotto standard manutentivo:

$$\phi_3 = 2.16 / (\sqrt{L_\phi} - 0.2) + 0.73, \text{ con la limitazione } 1.00 \leq \phi_3 \leq 2.00,$$

in cui L_ϕ è la lunghezza caratteristica valutata secondo quanto riportato nella tab 5.2.11 delle NTC18.

Nella tipologia in esame rientrata nel caso di *solette ed altri elementi di scotolari per uno o più binari (sottovia di altezza libera $\leq 5,00$ m e luce $\leq 8,0$ m)* si adotta $\Phi_3=1.35$.

Il coefficiente di incremento dinamico, invece, non è stato considerato nella valutazione dell'incremento di spinta dovuto ai carichi variabili verticali, così come specificato al paragrafo 5.2.2.2.1.5 delle NTC18.

Trasversalmente i carichi sono stati ripartiti secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast, secondo un angolo di diffusione pari all'angolo di attrito interno nel rilevato ed secondo una pendenza di 1 a 1 all'interno della soletta in c.a. La ripartizione dei carichi è stata effettuata considerando un solo binario caricato in quanto non esiste sovrapposizione tra le zone di influenza dei binari. Pertanto, alla quota del piano medio della soletta superiore, considerando per la traversa una larghezza di 2.40 m, si ha:

$$L_d = 2.40 + (s_b/4 + s_{rf} \cdot \tan \varphi_{rf} + s_{ss}/2) \cdot 2 = 2.4 + (0.35/4 + 1/2) \cdot 2 = 3.58 \text{ m}$$

Longitudinalmente, invece, i carichi assiali del modello di carico LM71 sono stati distribuiti uniformemente su 6.4 m. I carichi utilizzati sono riepilogati nella Tabella seguente:

	carico variabile verticale agente alla quota del piano medio della soletta superiore	incremento di spinta dovuto al carico variabile verticale
LM71	$q_{v1} = 4 \cdot 250 \cdot 1.1 \cdot \phi_3 / 6.4 / L_d$ [kN/m ²] (q_{v1} agente su 6.4 m) $q_{v2} = 80 \cdot 1.1 \cdot \phi_3 / L_d$ [kN/m ²]	$\Delta \sigma_h(q_{v2}) = k_0 \cdot 80 \cdot 1.1 / L_d$ [kN/m 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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RS3H

02

CL

SL0400 001

A

27 di 79

SW/2

$$q_v = 150 \cdot 1.0 \cdot \phi_3 / L_d \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\Delta\sigma_h (q_v) = k_0 \cdot 150 \cdot 1.0 / L_d \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Treno di carico LM71

$q_{vk, equi}$	156.25	kN/m	carico distribuito equivalente ai 4 assi da 250 kN
q_{vk}	80	kN/m	carico distribuito esterno
α	1.1	-	coeff. adattamento
ϕ_3	1.35	-	coeff. incremento dinamico
L_d	3.58	m	lunghezza di ripartizione trasversale
q_{v1}	64.90	kN/m ²	assi
q_{v2}	33.23	kN/m ²	esterno

Treno di carico SW/2

q_{vk}	150	kN/m	
α	1	-	coeff. adattamento
ϕ_3	1.35	-	coeff. incremento dinamico
L_d	3.58	m	lunghezza di ripartizione trasversale
q_v	56.64	kN/m ²	

INCREMENTO SPINTA SOVRACC. ACCIDENTALE

Treno di carico LM71

q_{vk}	80	kN/m	carico distribuito esterno
----------	----	------	----------------------------

α	1.1	-	coeff. adattamento
ϕ_3	-	-	coeff. incremento dinamico
L_d	2.58	m	lunghezza di ripartizione trasversale
$\Delta\sigma_h$	13.13	kN/m ²	
F_{sup}	6.57	kN/m	spinta su metà spessore soletta superiore
F_{inf}	7.22	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore
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_{sup}	11.19	kN/m	spinta su metà spessore soletta superiore
F_{inf}	12.31	kN/m	spinta su metà spessore soletta inferiore

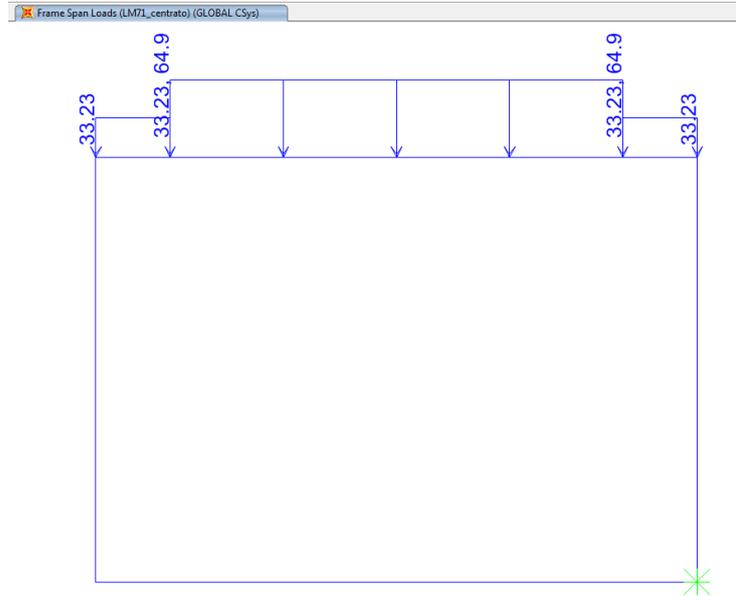


Figura 16 – Treno di carico LM71 in posizione centrale.

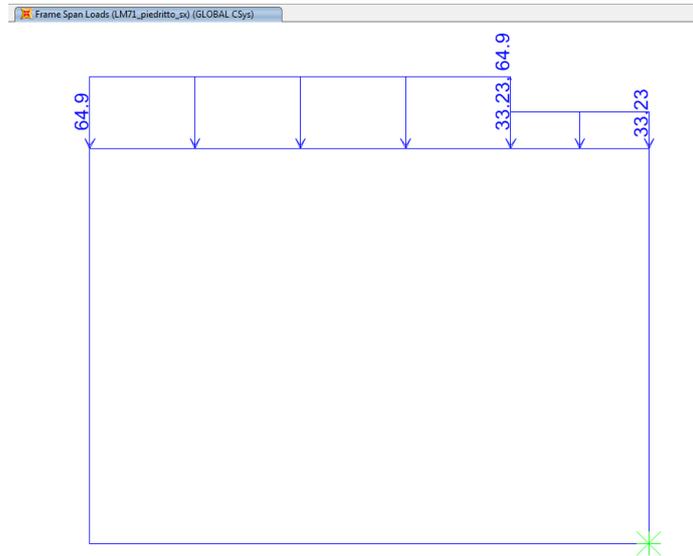


Figura 17 – Treno di carico LM71 in corrispondenza del piedritto sx.



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	30 di 79

Frame Span Loads (SW/2) (GLOBAL CSys)

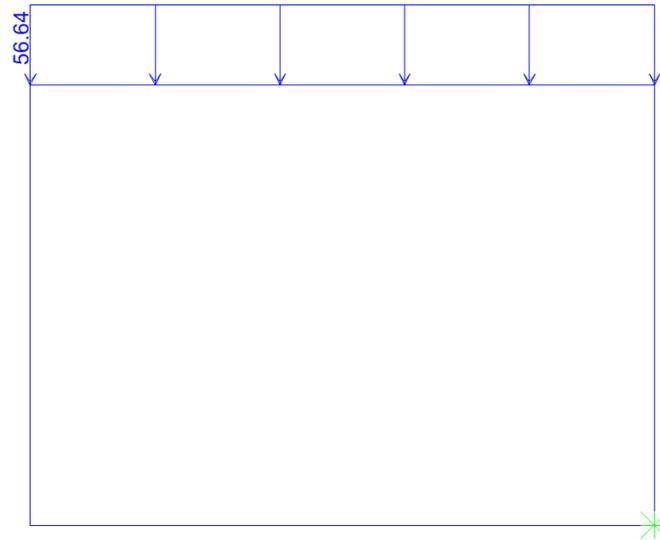


Figura 18 – Treno di carico SW/2.

Frame Span Loads (spinta_LM71_sx) (GLOBAL CSys)



Figura 19 – Incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al treno di carico LM71.

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



Figura 20 – Incremento di spinta sulla spalla sinistra dovuto al treno di carico SW/2.

7.5.2 Azioni variabili orizzontali

In direzione longitudinale al binario sono state considerate le forze di frenatura e di avviamento, che agiscono sulla sommità del binario stesso. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale. I valori caratteristici da considerare sono i seguenti:

avviamento $Q_{la,k} = 33 \text{ [kN/m]} \cdot L \text{ [kN]} \leq 1000 \text{ kN}$ per modelli di carico LM71 e SW/2

frenatura $Q_{lb,k} = 20 \text{ [kN/m]} \cdot L \text{ [kN]} \leq 6000 \text{ kN}$ per modello di carico LM71

$Q_{lb,k} = 35 \text{ [kN/m]} \cdot L \text{ [kN]}$ per modello di carico SW/2

Per ciascun modello di carico è stata valutata l'azione più gravosa e pertanto si è considerato l'avviamento per il modello LM71 e la frenatura per il modello SW/2. Entrambe le azioni, moltiplicate per il coefficiente di adattamento α , sono state considerate distribuite su tutta la lunghezza dell'opera e sono state combinate con i relativi carichi verticali come indicato nella tabella 5.2.IV delle NTC18.

tipo di carico	azioni verticali		azioni orizzontali			commenti
	carico verticale ⁽¹⁾	treno scarico	frenatura e avviamento	centrifuga	serpeggio	
gruppo di carico	carico verticale ⁽¹⁾	treno scarico	frenatura e avviamento	centrifuga	serpeggio	



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	32 di 79

gruppo 1 ⁽²⁾	1.00	-	0.5 (0.0)	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	massima azione verticale e laterale
gruppo 2 ⁽²⁾	-	1.00	0.0	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	stabilità laterale
gruppo 3 ⁽²⁾	1.0 (0.5)	.	1.0	0.5 (0.0)	0.5 (0.0)	massima azione longitudinale
gruppo 4	0.8 (0.6; 0.4)	.	0.8 (0.6; 0.4)	0.8 (0.6; 0.4)	0.8 (0.6; 0.4)	fessurazione
	azione dominante					

(1) includendo tutti i fattori ad essi relativi (F, a, etc...)

(2) la simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

Figura 21 – Tabella 5.2.IV NTC18 Valutazione carichi da traffico.

AVVIAMENTO LM71		
$Q_{la,k}$	33	kN/m
L_d	3.58	m
q	9.23	kN/m ²
FRENOTURA SW/2		
$Q_{lb,k}$	35	kN/m
L_d	3.58	m
q	9.79	kN/m 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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	33 di 79

Frame Span Loads (avviamento_LM71) (GLOBAL CSys)

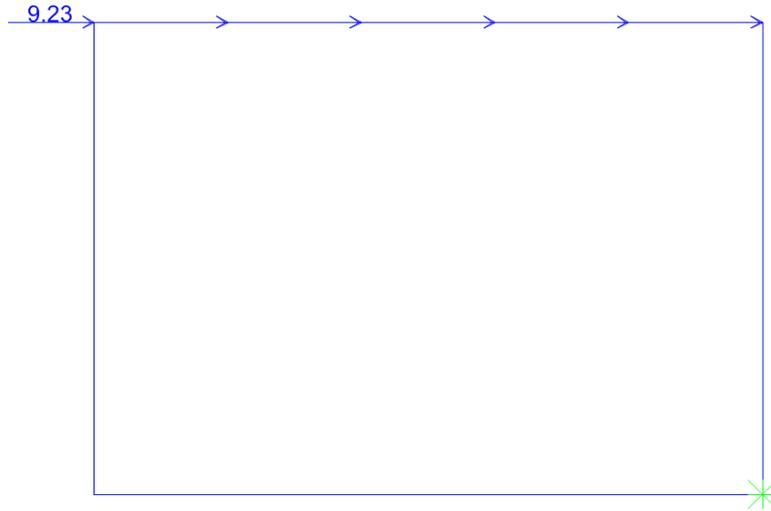


Figura 22 – Avviamento LM71.

Frame Span Loads (frenatura_SW/2) (GLOBAL CSys)

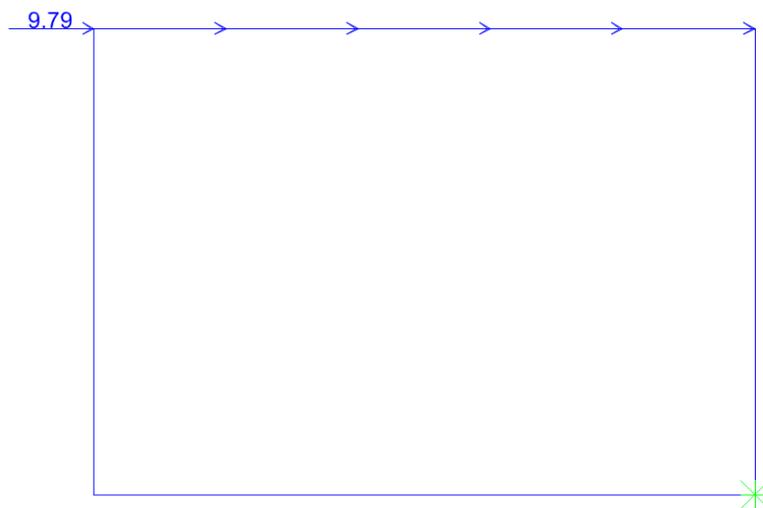
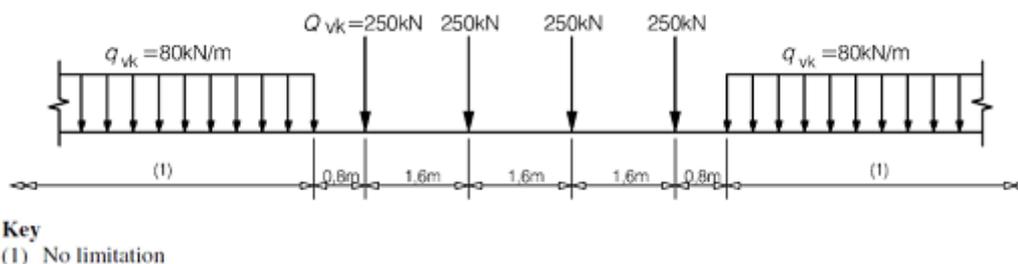


Figura 23 – Frenatura SW/2.

7.6 Verifica requisiti S.T.I.

Di seguito si effettua la valutazione del carico equivalente previsto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilità con cui si da evidenza che l'opera in esame è idonea a sostenere tale carico.

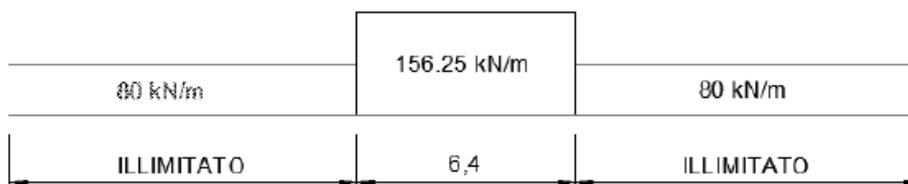
Il modello di carico LM71 citato dalle S.T.I. è definito nella norma EN 1991-2:2003/AC:2010.



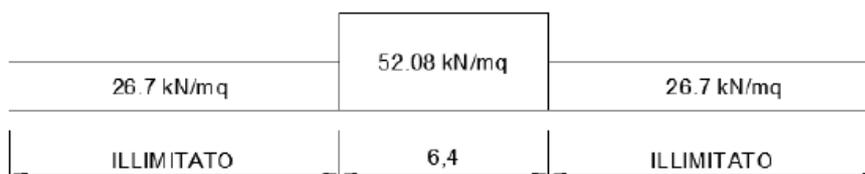
Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kPa}$$



Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3.0 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:



	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 - SOTTOVIA SL04	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

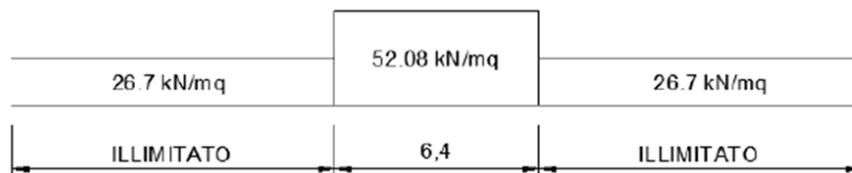
A tali carichi si deve applicare il coefficiente α relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

Tabella 11

Fattore alfa (α) per la progettazione di strutture nuove

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa (α)
P1, P2, P3, P4	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospeso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospeso
F1600	1,1

Nel caso in esame, il coefficiente α è pari ad 1.0 perché le categorie di traffico sono P4 per il traffico passeggeri ed F2 per il traffico merci per cui alle opere si applicano i seguenti carichi equivalenti:



Nell'opera in oggetto la ripartizione del carico a quota del piano di regolamento è stata effettuata considerando una distribuzione in senso trasversale secondo una pendenza di 1 a 4 all'interno del ballast per cui risulta:

$$L_d = 2.4 + 0.35/4 * 2 = 2.58 \text{ m}$$

Longitudinalmente invece i carichi assiali sono stati distribuiti uniformemente su 6.4 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 - SOTTOVIA SL04	COMMESSA RS3H	LOTTO 02	CODIFICA CL	DOCUMENTO SL0400 001	REV. A

Il carico equivalente agente alla quota della piattaforma ferroviaria è pertanto pari a :

$$q_1 = 4 \cdot 250 / 6.4 / 2.58 = 60.56 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2 = 80 / 2.58 = 31.00 \text{ kN/m}^2$$

A tali carichi è stato applicato un coefficiente α pari a 1.1 come indicato nel manuale di progettazione per cui in definitiva il carico considerato a quota della piattaforma ferroviaria è pari a:

$$q_1 = 1.1 \cdot 60.56 = 66.62 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2 = 1.1 \cdot 31.00 = 34.11 \text{ kN/m}^2$$

a vantaggio di sicurezza rispetto ai carichi calcolati con riferimento alle STI.

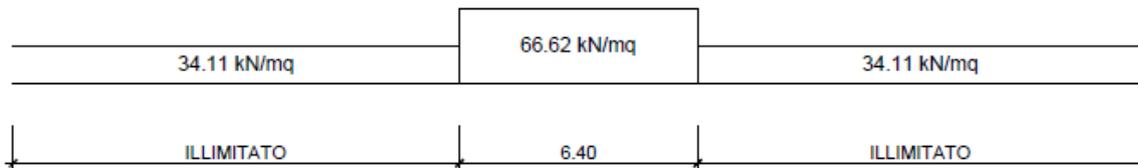


Figura 24 – Carichi considerati a quota piano di regolamento.

7.7 Sovraccarico accidentale sulla soletta inferiore

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



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	37 di 79

Frame Span Loads (accidentale_inferiore) (As Defined)

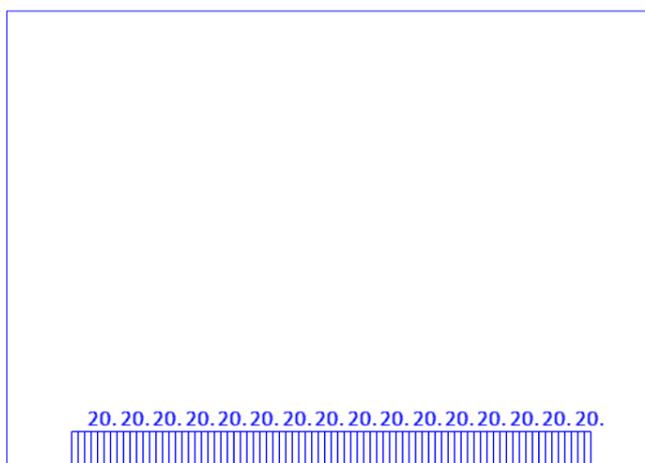


Figura 25 – Sovraccarico accidentale sulla soletta inferiore in posizione centrata.

Frame Span Loads (accidentale_inferiore_sx) (As Defined)

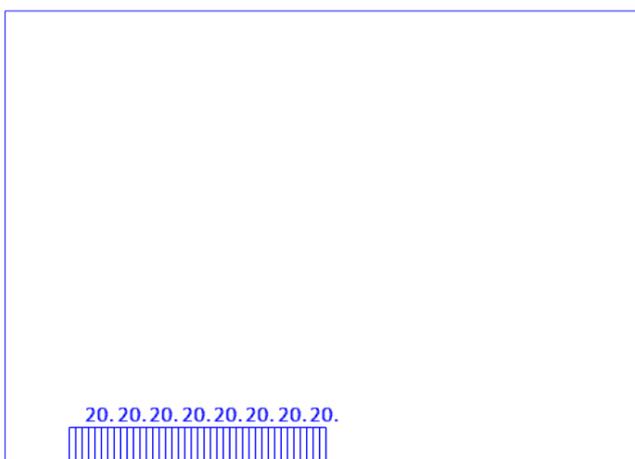


Figura 26 – Sovraccarico accidentale sulla soletta inferiore in posizione decentrata.

7.8 Azioni termiche

Alla soletta superiore è stata applicata una variazione termica uniforme $\Delta T = \pm 15^{\circ}\text{C}$ ed un gradiente di temperatura tra estradosso ed intradosso pari a $\pm 5^{\circ}\text{C}$, come indicato dalla normativa vigente.



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	38 di 79

7.9 Ritiro

Gli effetti del ritiro sono stati valutati a lungo termine attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale $\epsilon_{cs}(t, t_0)$ e di viscosità $\varphi(t, t_0)$. Tali effetti sono stati considerati agenti solo sulla soletta superiore ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente.

La deformazione totale da ritiro è formata da due componenti: la deformazione da ritiro per essiccamento e la deformazione da ritiro autogeno

Classe cls =	C30/37	
$f_{ck} =$	30 Mpa	
$f_{cm} =$	37 Mpa	
Tipo di cemento =	R	
$A_c =$	1 000 000 mm ²	area della sezione in cls
$u =$	1 000 mm	perimetro della sezione in cls a contatto con l'atmosfera
$h_0 = 2 A_c / u =$	2 000 mm	dimensione fittizia
RH =	75 %	umidità relativa ambientale
$t =$	25 550 giorni	età del cls nel momento considerato
$t_s =$	2 giorni	età del cls a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento

Deformazione per ritiro da essiccamento (ϵ_{cd})

La deformazione da ritiro per essiccamento si sviluppa lentamente, dal momento che è funzione della migrazione dell'acqua attraverso il cls in:

$$\epsilon_{cd,\infty} = k_h \epsilon_{cd,0}$$

Prospetto 3.3 - Valori di k_h

h_0 (mm)	k_h
100	1.0
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.70

Per valori intermedi del parametro h_0 si procede con interpolazione lineare.

$k_h =$	0.70	
$\epsilon_{cd,0} = -0,85 [(220 + 110 \alpha_{ds1}) \exp(-\alpha_{ds2} f_{cm} / f_{cm0})] 10^{-6} \beta_{RH}$		
$\alpha_{ds1} =$	6	
$\alpha_{ds2} =$	0.11	
$f_{cm0} =$	10 Mpa	
$\beta_{RH} = 1,55 [1 - (RH / RH_0)^3]$ con $RH_0 = 100\%$		
$\beta_{RH} =$	0.896	
$\epsilon_{cd,0} =$	-0.446 ‰	
$\epsilon_{cd,\infty} =$	-0.312 ‰	deformazione per ritiro da essiccamento a tempo infinito
$\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \epsilon_{cd,\infty}$		
$\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / [(t - t_s) + 0,04 h_0^{3/2}] =$	0.877	
$\epsilon_{cd}(t) =$	-0.274 ‰	deformazione per ritiro da essiccamento al tempo "t"



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	39 di 79

Deformazione per ritiro autogeno (ϵ_{ca})

La deformazione da ritiro autogeno si sviluppa durante l'indurimento del cls: la maggior parte si sviluppa quindi nei primi giorni successivi al get

$$\epsilon_{ca,\infty} = -2,5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = -0.050 \text{ ‰} \quad \text{deformazione per ritiro autogeno a tempo infinito}$$

$$\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca,\infty}$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2 t^{0,5}) = 1.000$$

$$\epsilon_{ca}(t) = -0.050 \text{ ‰} \quad \text{deformazione per ritiro autogeno al tempo "t"}$$

Deformazione totale da ritiro (ϵ_{cs})

$$\epsilon_{cs}(t) = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) = -0.324 \text{ ‰} \quad \text{deformazione totale da ritiro al tempo "t"}$$

$$\epsilon_{cs,\infty} = \epsilon_{cd,\infty} + \epsilon_{ca,\infty} = -0.362 \text{ ‰} \quad \text{deformazione totale da ritiro a tempo infinito}$$

VARIAZIONE TERMICA UNIFORME EQUIVALENTE AL RITIRO

$$\Delta T_{ritiro} = \epsilon_{cs}(t) / [(1 + \varphi(t, t_0)) \alpha]$$

$$\varphi(t, t_0) = 2.097$$

$$\alpha = 1.00E-05 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T_{ritiro} = -10.46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

7.10 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

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

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

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 delle strutture scatolari, pertanto, 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).

Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto, oltre che della massa associata al peso proprio, delle masse associate al carico permanente e ad un'aliquota del 20% del carico variabile da traffico considerando il treno di carico SW/2.

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



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	40 di 79

determinato attraverso la relazione $\Delta S_E = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot H_{tot} \cdot H_s$ (H_{tot} = 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	

INERZIA VERTICALE

Soletta superiore

$k_v \cdot W_P$	8.68	kN/m ²	peso proprio, perm. portati e ballast
$k_v \cdot Q$	2.27	kN/m ²	20% treno di carico SW/2
INERZIA ORIZZONTALE			
Soletta superiore			
$k_h \cdot W_P$	17.36	kN/m ²	peso proprio, perm. portati e ballast
$k_h \cdot Q$	4.53	kN/m ²	20% treno di carico SW/2
Piedritti			



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	41 di 79

$k_h \cdot W_P$	10.00	kN/m ²	peso proprio
SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	7.90	m	altezza scatolare + ricoprimento + ballast
Δp_d	63.19	kN/m ²	incremento di spinta
F_{pd}	31.60	kN/m	forza concentrata agente su metà spessore soletta sup.

Frame Span Loads: (sisma_orizzontale) (GLOBAL CSys)

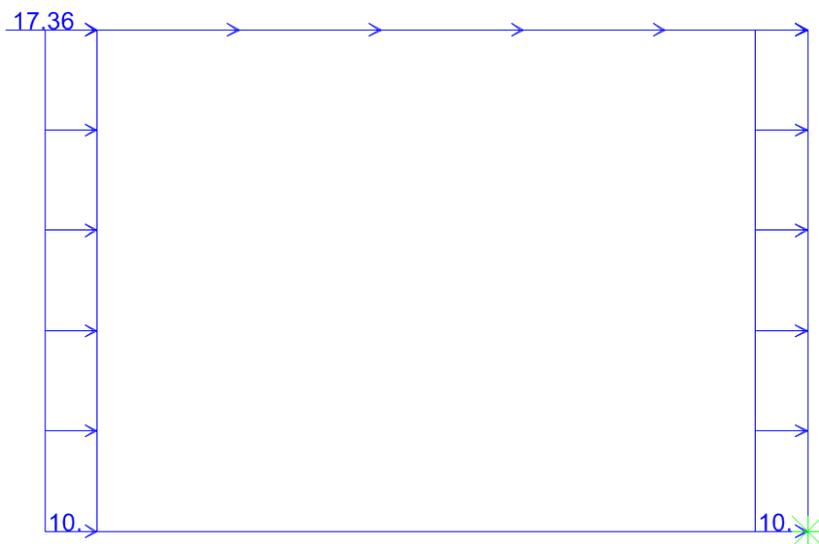


Figura 27 – Sisma orizzontale.



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	42 di 79

Frame Span Loads (inerzia_treno_orizzontale) (GLOBAL CSys)

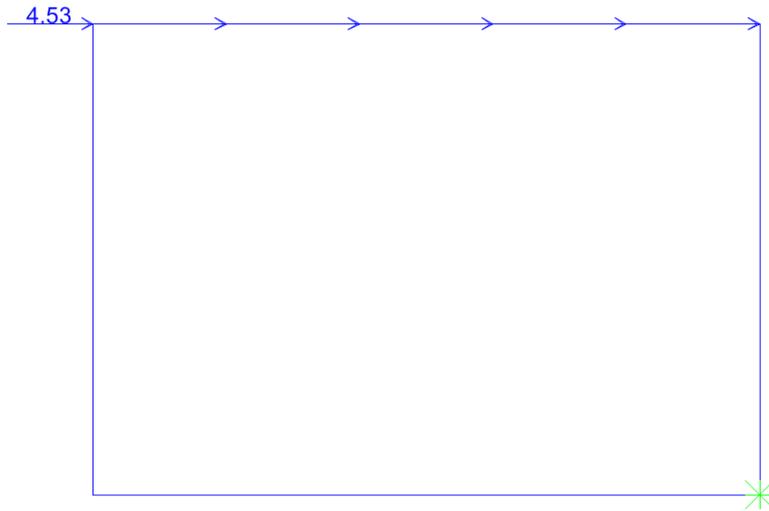


Figura 28 – Inerzia sismica orizzontale del treno di carico SW/2.

Frame Span Loads (sisma_verticale) (GLOBAL CSys)

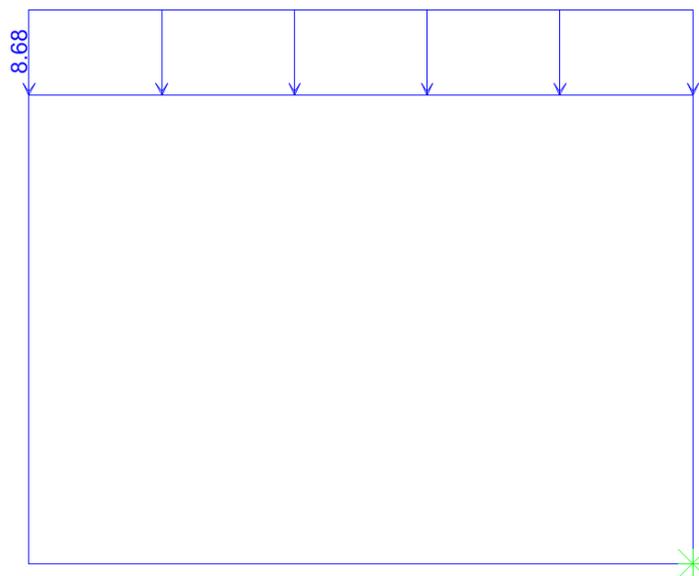


Figura 29 – Sisma verticale.



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	43 di 79

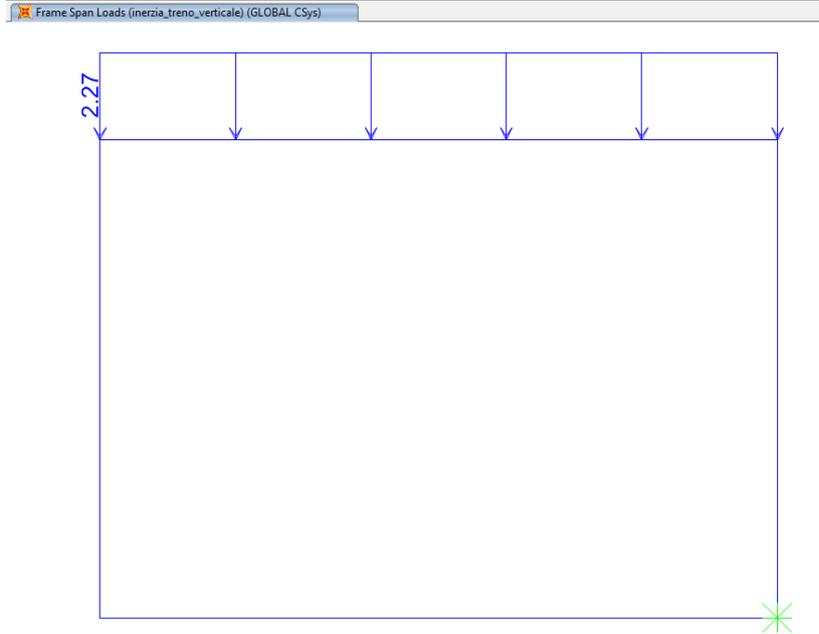


Figura 30 – Inerzia sismica verticale del treno di carico SW/2.

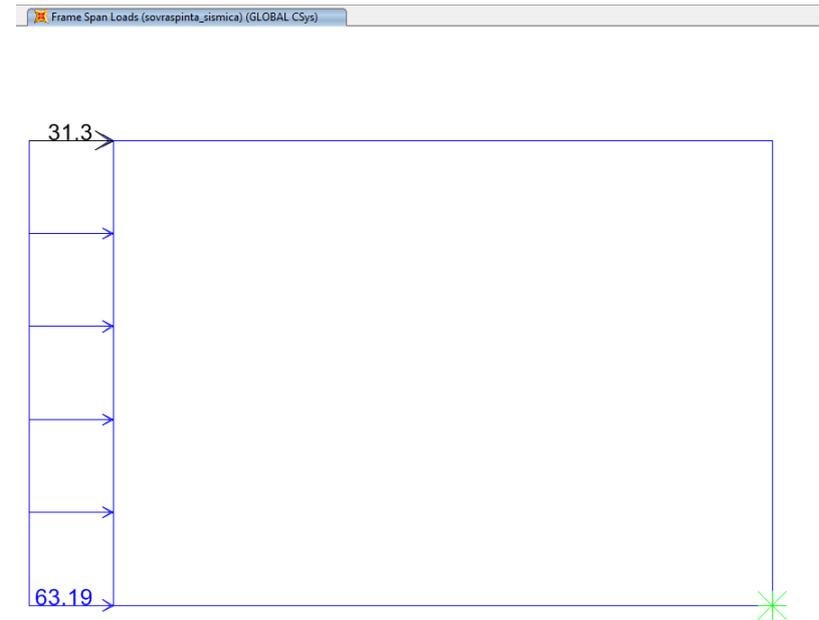


Figura 31 – Incremento di spinta dovuto al sisma.



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	44 di 79

8 COMBINAZIONI DI CARICO

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 superiore (escluso il ballast)	perm_sol_sup
carichi permanenti sulla soletta inferiore	perm_sol_inf
ballast	ballast
spinta a riposo del terreno sulla spalla sinistra	spinta_sx_k0
spinta a riposo del terreno sulla spalla destra	spinta_dx_k0
azione verticale sulla soletta superiore dovuta al treno di carico LM7 in posizione centrata	LM71_centrato

azione verticale sulla soletta superiore dovuta al treno di carico LM71 in corrispondenza del piedritto sinistro.	LM71_piedritto_sx
azione verticale sulla soletta superiore dovuta al treno di carico SW/2	SW/2
incremento di spinta dovuta al treno di carico LM71 sul piedritto sinistro	spinta_LM71_sx
incremento di spinta dovuta al treno di carico SW/2 sul piedritto sinistro	spinta_SW/2_sx
azione orizzontale di avviamento del treno di carico LM71 sulla soletta superiore	avviamento_LM71
azione orizzontale di frenatura del treno di carico SW/2 sulla soletta superiore	frenatura_SW/2
variazione termica uniforme	termica_uniforme
variazione termica a farfalla sulla soletta superiore	termica_farfalla
ritiro della soletta superiore	ritiro
azione verticale dovuta al sovraccarico stradale agente sulla parte sinistra della soletta inferiore	acc_sol_inf_sx
azione verticale dovuta al sovraccarico stradale agente su tutta la soletta inferiore	acc_sol_inf
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	sisma_H
azione sismica orizzontale dovuta al treno di carico SW2	inerzia_treno_H
incremento di spinta sul piedritto sinistro dovuto al sisma	sovraspinta_sismica
azione sismica orizzontale dovuta al peso proprio e ai carichi permanenti	sisma_V
azione sismica orizzontale dovuta al treno di carico SW2	inerzia_treno_V

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	slu5	slu6	slu7	slu8	slu9	slu10
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
perm_sol_sup	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
perm_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1.35	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LM71_centrate	1.45	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0
LM71_piedritto_sx	0	1.45	0	0	0	0	0	0	1.45	0

SW/2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	1.45
spinta_LM71_sx	1.45	1.45	0	0	0	0	0	1.45	1.45	0
spinta_SW/2_sx	0	0	1.45	0	0	0	0	0	0	1.45
avviamento_LM71	1.45	1.45	0	1.45	0	1.45	0	1.45	1.45	0
frenatura_SW/2	0	0	1.45	0	1.45	0	1.45	0	0	1.45
termica_uniforme	0	0	0	-0.9	-0.9	0	0	0	0	0
termica_farfalla	0	0	0	0.9	0.9	0	0	0	0	0
ritiro	0	0	0	1.2	1.2	0	0	0	0	0
acc_sol_inf_sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
acc_sol_inf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 8 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche (parte 1/3).

combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche										
	slu11	slu12	slu13	slu14	slu15	slu16	slu17	slu18	slu19	slu20
DEAD	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1
perm_sol_sup	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1
perm_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1
spinta_sx_k0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
spinta_dx_k0	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
LM71_centrato	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0	0	0
LM71_piedritto_sx	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0	0
SW/2	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0
spinta_LM71_sx	1.45	1.45	0	1.45	1.45	1.45	0	1.45	1.45	1.45
spinta_SW/2_sx	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0
avviamento_LM71	1.45	1.45	0	0	1.45	1.45	0	0	0	0
frenatura_SW/2	0	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0	0
termica_uniforme	0	0	0	0	-0.9	-0.9	-0.9	0	-0.9	0.9
termica_farfalla	0	0	0	0	0.9	0.9	0.9	0	0.9	-0.9
ritiro	0	0	0	0	1.2	1.2	1.2	0	1.2	0
acc_sol_inf_sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
acc_sol_inf	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0

Tabella 9 – Combinazioni di carico agli SLU in condizioni statiche (parte 2/3).

spinta_SW/2_sx	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0
avviamento_LM71	0	0	0	0	0	0	0	0	0
frenatura_SW/2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
termica_uniforme	0	0	0	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.5
termica_farfalla	0	0	0	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.5	0.5
ritiro	0	0	0	0	1	0	1	0	1
acc_sol_inf_sx	0	0	0	0	0	0	0	0	0
acc_sol_inf	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0
sisma_H	1	0.3	0.3	1	1	1	1	0.3	0.3
inerzia_treno_H	1	0.3	0.3	1	1	1	1	0.3	0.3
sovraspinta_sismica	1	0.3	0.3	1	1	1	1	0.3	0.3
sisma_V	-0.3	1	-1	0.3	0.3	-0.3	-0.3	1	1
inerzia_treno_V	-0.3	1	-1	0.3	0.3	-0.3	-0.3	1	1

Tabella 12 – Combinazioni di carico agli SLV (parte 2/2).

combinazioni di carico agli SLE RARA FESSURAZIONE													
	fes1	fes2	fes3	fes4	fes5	fes6	fes7	fes8	fes9	fes10	fes11	fes12	fes13
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
perm_sol_sup	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
perm_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0.8
LM71_centtrato	0	0	0	0	0.8	0	0.8	0.8	0.8	0	0	0.8	0.8
LM71_piedritto_sx	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0
SW/2	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0	0
spinta_LM71_sx	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0.8	0.8
spinta_SW/2_sx	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0	0
avviamento_LM71	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0.8	0.8
frenatura_SW/2	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0	0
termica_uniforme	0	-0.6	0.6	0	0	-0.6	0	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.6

termica_farfalla	0	0.6	-0.6	0	0	0.6	0	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.6
ritiro	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
acc_sol_inf_sx	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0.8	0	0.8	0	0.8
acc_sol_inf	0	0	0	0.8	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0

Tabella 13 – Combinazioni di carico agli SLE RARA FESSURAZIONE.

combinazioni di carico agli SLE RARA TENSIONI													
	rar1	rar2	rar3	rar4	rar5	rar6	rar7	rar8	rar9	rar10	rar11	rar12	rar13
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
perm_sol_sup	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
perm_sol_inf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0.8
LM71_centrato	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1
LM71_piedritto_sx	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SW/2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
spinta_LM71_sx	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
spinta_SW/2_sx	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
avviamento_LM71	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
frenatura_SW/2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
termica_uniforme	0	-0.6	0.6	0	0	-0.6	0	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.6
termica_farfalla	0	0.6	-0.6	0	0	0.6	0	0.6	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.6
ritiro	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
acc_sol_inf_sx	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0.8	0	0.8	0	0.8
acc_sol_inf	0	0	0	0.8	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0

Tabella 14 – Combinazioni di carico agli SLE RARA TENSIONI.

combinazioni di carico agli SLE QUASI PEGANENTE						
	qpe1	qpe2	qpe3	qpe4	qpe5	qpe6
DEAD	1	1	1	1	1	1
perm_sol_sup	1	1	1	1	1	1

perm_sol_inf	1	1	1	1	1	1
ballast	1	1	1	1	1	1
spinta_sx_k0	1	1	1	1	1	1
spinta_dx_k0	1	1	1	0.8	0.8	0.8
LM71_centrato	0	0	0	0	0	0
LM71_piedritto_sx	0	0	0	0	0	0
SW/2	0	0	0	0	0	0
spinta_LM71_sx	0	0	0	0	0	0
spinta_SW/2_sx	0	0	0	0	0	0
avviamento_LM71	0	0	0	0	0	0
frenatura_SW/2	0	0	0	0	0	0
termica_uniforme	0	-0.5	0.5	0	-0.5	0.5
termica_farfalla	0	0.5	-0.5	0	0.5	-0.5
ritiro	0	1	0	0	1	0
acc_sol_inf_sx	0	0	0	0	0	0
acc_sol_inf	0	0	0	0	0	0

Tabella 15 – Combinazioni di carico agli SLE QUASI PERMANENTE.

9 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.

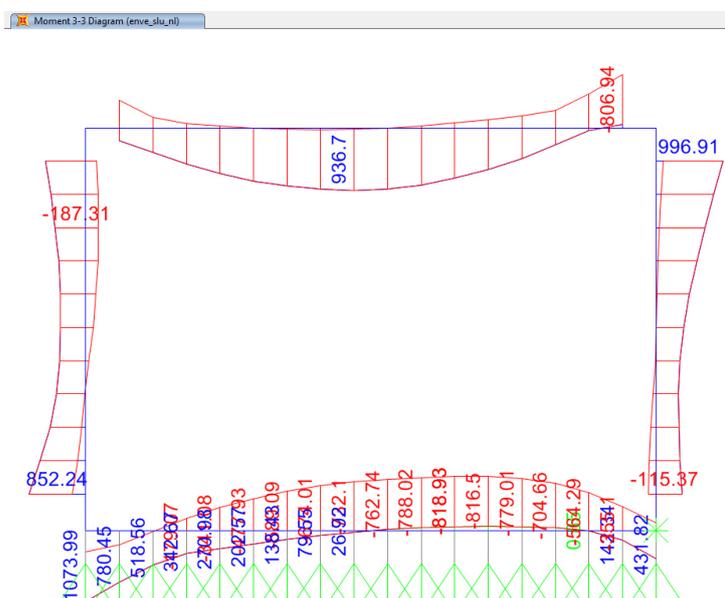


Figura 32 – Momento flettente enve-SLU.

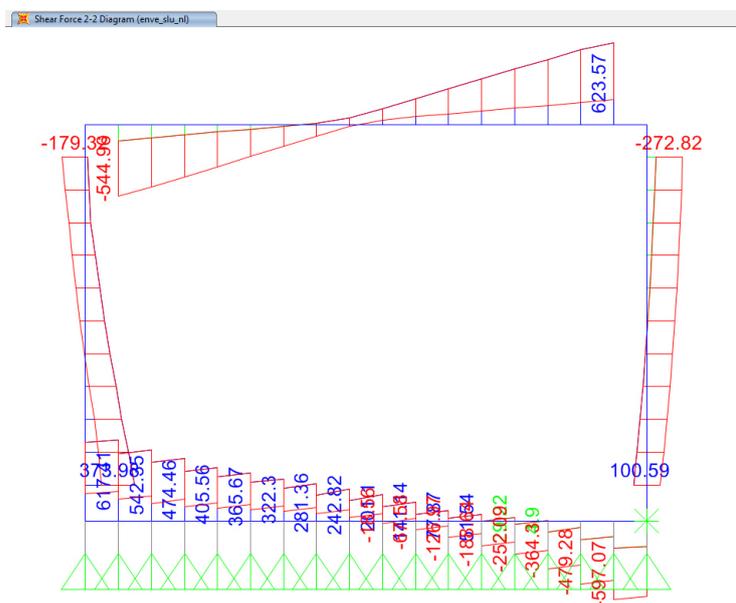


Figura 33 – Taglio enve-SLU.

Moment 3-3 Diagram (enve_slusis_nl)

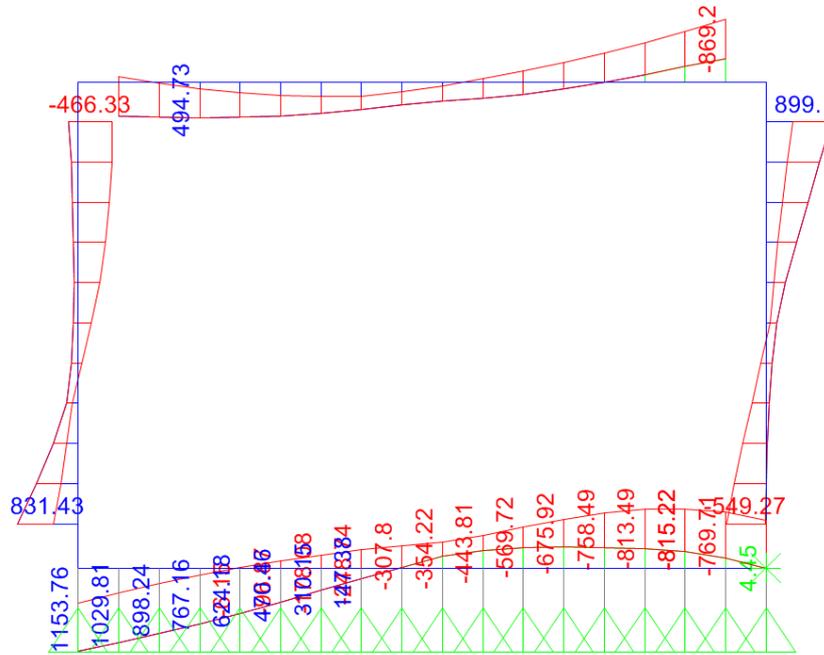


Figura 34 – Momento flettente enve-SLV.

Shear Force 2-2 Diagram (enve_slusis_nl)

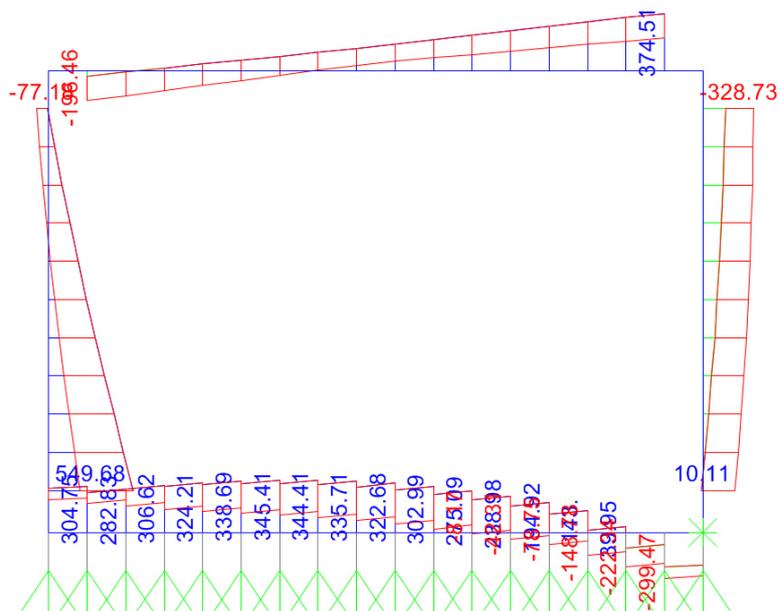


Figura 35 – Taglio enve-SLV.

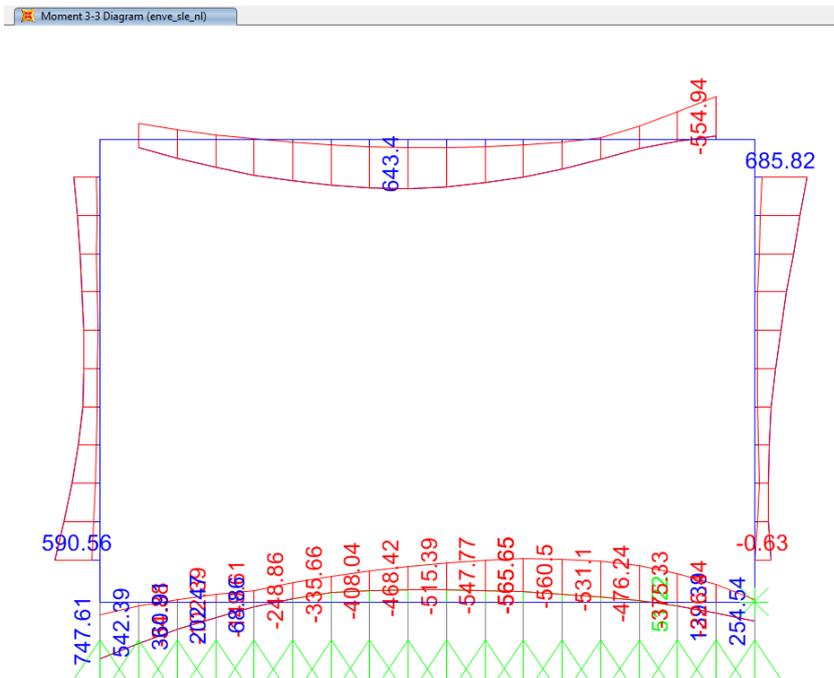


Figura 36 – Momento flettente enve-SLE.

9.1 Verifica soletta superiore

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	-110.60	-2.53	542.54	3	1.50	sis14_nl
M3	min	-322.54	374.51	-869.20	3	8.00	sis13_nl
V2	max	-302.62	374.51	-791.76	3	8.00	sis5_nl
V2	min	-92.77	-196.46	7.33	3	0.50	sis3_nl
P	max	-55.85	-196.46	132.60	3	0.50	sis18_nl
P	min	-322.73	349.96	-858.13	3	8.00	sis15_nl

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-57.29	2.14	936.70	3	4.00	slu4_nl
M3	min	-276.64	620.34	-806.94	3	8.00	slu27_nl
V2	max	-215.02	623.57	-622.31	3	8.00	slu8_nl
V2	min	-114.82	-544.96	-61.15	3	0.50	slu29_nl
P	max	-0.56	-493.26	41.35	3	0.50	slu5_nl
P	min	-276.64	620.34	-806.94	3	8.00	slu27_nl

SLE - RARA TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-78.57	18.44	643.40	3	4.00	rar12_nl
M3	min	-196.28	431.88	-554.94	3	8.00	rar11_nl
V2	max	-182.67	434.50	-528.77	3	8.00	rar13_nl
V2	min	-52.43	-357.72	43.82	3	0.50	rar6_nl
P	max	-46.26	-343.17	49.43	3	0.50	rar12_nl
P	min	-204.39	427.66	-543.11	3	8.00	rar3_nl

SLE - RARA FESSURAZIONE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-69.95	13.42	580.46	3	4.00	fes12_nl
M3	min	-177.55	378.95	-489.71	3	8.00	fes11_nl
V2	max	-166.67	381.05	-468.78	3	8.00	fes13_nl
V2	min	-50.66	-318.72	39.03	3	0.50	fes6_nl
P	max	-44.11	-306.24	47.49	3	0.50	fes12_nl
P	min	-185.66	374.73	-477.88	3	8.00	fes3_nl

SLE - Q.P. TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-39.47	-6.63	313.19	3	4.00	qpe5_nl
M3	min	-96.35	166.94	-210.19	3	8.00	qpe6_nl
V2	max	-76.39	166.94	-132.70	3	8.00	qpe4_nl
V2	min	-84.50	-162.72	-120.87	3	0.50	qpe1_nl
P	max	-39.47	-158.51	24.19	3	0.50	qpe5_nl
P	min	-104.46	-162.72	-198.36	3	0.50	qpe3_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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	57 di 79

9.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_sup

(Percorso File: \\oceanolC16\Lavoro\fogli_di_calcolo\scatolari\inv07c_rc_sec\sol_sup.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
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
	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:	100.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	58 di 79

Coprif.Sup.(dal baric. barre): 8.3 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	5729	93670	214	0
2	27664	-80694	62034	0
3	21502	-62231	62357	0
4	11482	-6115	-54496	0
5	56	4135	-49326	0
6	27664	-80694	62034	0

COMB. RARE (S.L.E.) TENSIONE - 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	7857	64340
2	19628	-55494
3	18267	-52877
4	5243	4382
5	4626	4943
6	20439	-54311

COMB. RARE (S.L.E.) FESSURAZIONE - 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	6995	58046 (65919)
2	17755	-48971 (-69204)
3	16667	-46878 (-69104)
4	5066	3903 (85707)
5	4411	4749 (78335)
6	18566	-47788 (-69575)

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	3947	31319 (65991)
2	9635	-21019 (-70596)
3	7639	-13270 (-72379)



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	59 di 79

4	8450	-12087 (-74354)
5	3947	2419 (93675)
6	10446	-19836 (-71622)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.5	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)[§ 4.1.2.1.2.1 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	5729	93670	5700	181334	1.936	89.7	0.11	0.70	53.1 (20.0)
2	S	27664	-80694	27639	-190447	2.360	10.8	0.12	0.70	53.1 (20.0)
3	S	21502	-62231	21505	-187903	3.019	10.7	0.12	0.70	53.1 (20.0)
4	S	11482	-6115	11455	-183726	30.045	10.4	0.11	0.70	53.1 (20.0)
5	S	56	4135	37	178976	43.283	89.8	0.11	0.70	53.1 (20.0)
6	S	27664	-80694	27639	-190447	2.360	10.8	0.12	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	0.00068	91.7	-0.02769	8.3
2	0.00350	0.0	0.00081	8.3	-0.02617	91.7
3	0.00350	0.0	0.00078	8.3	-0.02659	91.7
4	0.00350	0.0	0.00071	8.3	-0.02729	91.7
5	0.00350	100.0	0.00064	91.7	-0.02809	8.3
6	0.00350	0.0	0.00081	8.3	-0.02617	91.7

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]



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	60 di 79

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	214	42595	351936	73047	100.0 91.7	1.000	1.003	0.1
2	S	62034	45612	356461	73047	100.0 91.7	1.000	1.016	19.2
3	S	62357	44764	355190	73047	100.0 91.7	1.000	1.013	19.3
4	S	-54496	43386	353123	73047	100.0 91.7	1.000	1.007	16.9
5	S	-49326	41807	350765	73047	100.0 91.7	1.000	1.000	15.3
6	S	62034	45612	356461	73047	100.0 91.7	1.000	1.016	19.2

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	41.4	100.0	0.0	71.7	-1394	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	36.7	0.0	0.0	30.7	-1093	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
3	S	34.9	0.0	0.0	30.6	-1045	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	3.1	100.0	0.0	58.9	-57	91.7	19.7	1967	53.1	9.3
5	S	3.4	100.0	0.0	62.3	-74	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
6	S	36.0	0.0	0.0	31.0	-1059	8.3	20.8	2075	53.1	9.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00071	0.00028	0.50	0.60	0.000378 (0.000378)	411	0.155 (0.20)	65919
2	S	-0.00055	0.00024	0.50	0.60	0.000288 (0.000288)	411	0.118 (0.20)	-69204
3	S	-0.00052	0.00023	0.50	0.60	0.000277 (0.000277)	411	0.114 (0.20)	-69104
4	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.60	0.000014 (0.000014)	398	0.006 (0.20)	85707
5	S	-0.00004	0.00002	0.50	0.60	0.000021 (0.000021)	411	0.009 (0.20)	78335
6	S	-0.00053	0.00024	0.50	0.60	0.000278 (0.000278)	411	0.114 (0.20)	-69575

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	61 di 79

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	20.2	100.0	0.0	71.7	-677	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	14.1	0.0	0.0	32.0	-396	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
3	S	9.0	0.0	0.0	33.3	-237	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	8.3	0.0	0.0	34.8	-204	8.3	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	1.7	100.0	0.0	52.6	-24	91.7	17.6	1756	53.1	9.3
6	S	13.4	0.0	0.0	32.8	-362	8.3	20.8	2075	53.1	9.3

9.1.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_sup_sisma2

(Percorso File: \\oceano\C16\Lavoro\fogli_di_calcolo\scatolari\inv07c_rc_sec\sol_sup_sisma2.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettilineare

A Sforzo Norm. costante

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/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):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - 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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	62 di 79

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	11060	54254	-253	0
2	32254	-86920	37451	0
3	30262	-79176	37451	0
4	9277	733	-19646	0
5	5585	13260	-19646	0
6	32273	-85813	34996	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 2.5 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)[§ 4.1.2.1.2.1 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 re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	11060	54254	11058	176300	3.250	73.2	0.29	0.81	53.1 (20.0)
2	S	32254	-86920	32264	-184201	2.119	28.0	0.31	0.82	53.1 (20.0)
3	S	30262	-79176	30243	-183453	2.317	27.9	0.30	0.82	53.1 (20.0)
4	S	9277	733	9305	175642	239.621	73.3	0.29	0.80	53.1 (20.0)
5	S	5585	13260	5584	174240	13.140	73.5	0.29	0.80	53.1 (20.0)
6	S	32273	-85813	32264	-184201	2.147	28.0	0.31	0.82	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	0.00081	100.0	0.00056	91.7	-0.00196	8.3



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	63 di 79

2	0.00086	0.0	0.00061	8.3	-0.00196	91.7
3	0.00086	0.0	0.00060	8.3	-0.00196	91.7
4	0.00080	100.0	0.00055	91.7	-0.00196	8.3
5	0.00080	100.0	0.00055	91.7	-0.00196	8.3
6	0.00086	0.0	0.00061	8.3	-0.00196	91.7

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	-253	43328	353035	73047	100.0 91.7	1.000	1.007	0.1
2	S	37451	46243	357408	73047	100.0 91.7	1.000	1.019	11.6
3	S	37451	45969	356997	73047	100.0 91.7	1.000	1.018	11.6
4	S	-19646	43083	352668	73047	100.0 91.7	1.000	1.005	6.1
5	S	-19646	42575	351906	73047	100.0 91.7	1.000	1.003	6.1
6	S	34996	46246	357412	73047	100.0 91.7	1.000	1.019	10.8

9.2 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	-416.01	-328.55	899.00	2	5.55	sis13_nl
M3	min	-513.14	-208.85	-549.27	2	0.55	sis15_nl
V2	max	-227.00	566.69	877.18	1	0.55	sis14_nl
V2	min	-388.17	-328.73	874.74	2	5.55	sis15_nl
P	max	-74.01	8.06	-505.63	1	5.55	sis16_nl
P	min	-540.98	-188.73	-491.94	2	0.55	sis5_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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	64 di 79

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-708.77	-272.82	996.91	2	5.55	slu27_nl
M3	min	-182.20	1.04	-187.31	1	4.55	slu22_nl
V2	max	-710.67	373.98	852.24	1	0.55	slu17_nl
V2	min	-708.77	-272.82	996.91	2	5.55	slu27_nl
P	max	-156.89	-146.98	129.58	1	5.55	slu23_nl
P	min	-877.47	-102.93	-22.53	2	0.55	slu27_nl

SLE - RARA TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-494.39	-192.44	685.82	2	5.55	rar11_nl
M3	min	-619.35	-56.53	-0.63	2	0.55	rar11_nl
V2	max	-506.16	264.37	590.56	1	0.55	rar10_nl
V2	min	-490.17	-198.36	668.58	2	5.55	rar3_nl
P	max	-380.88	-84.65	254.17	1	5.55	rar11_nl
P	min	-619.35	-56.53	-0.63	2	0.55	rar11_nl

SLE - RARA FESSURAZIONE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-435.80	-172.73	602.56	2	5.55	fes11_nl
M3	min	-560.76	-36.82	14.63	2	0.55	fes11_nl
V2	max	-468.46	240.56	523.03	1	0.55	fes10_nl
V2	min	-431.58	-178.66	585.32	2	5.55	fes3_nl
P	max	-343.18	-86.07	249.70	1	5.55	fes11_nl
P	min	-560.76	-36.82	14.63	2	0.55	fes11_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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	65 di 79

SLE - Q.P. TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-201.13	-87.62	253.93	2	5.55	qpe6_nl
M3	min	-230.19	2.25	22.64	1	4.05	qpe5_nl
V2	max	-317.66	141.34	246.46	1	0.55	qpe5_nl
V2	min	-196.92	-93.54	236.69	1	5.55	qpe3_nl
P	max	-192.70	-65.47	151.34	1	5.55	qpe4_nl
P	min	-326.09	68.26	123.89	2	0.55	qpe4_nl

9.2.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pied

(Percorso File: \\oceanolC16\Lavoro\fogli_di_calcolo\scatolar\inv07c_rc_sec\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

Modulo Elastico Ef:

2000000 daN/cm²

Diagramma tensioni-deformaz.:

Bilineare finito

Coeff. Aderenza istant. β1*β2:

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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	66 di 79

Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Comb.Rare - Sf Limite: 3375.0 daN/cm²

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):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	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	70877	99691	-27282	0
2	18220	-18731	104	0
3	71067	85224	37398	0
4	70877	99691	-27282	0
5	15689	12958	-14698	0
6	87747	-2253	-10293	0

COMB. RARE (S.L.E.) TENSIONI - 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	49439	68582
2	61935	-63
3	50616	59056
4	49017	66858
5	38088	25417
6	61935	-63

COMB. RARE (S.L.E.) FESSURAZIONE - 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	43580	60256 (74754)
2	56076	1463 (0)
3	46846	52303 (77734)
4	43158	58532 (74989)
5	34318	24970 (87409)
6	56076	1463 (0)

COMB. QUASI PERMANENTI (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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	67 di 79

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	20113	25393 (75915)
2	23019	2264 (0)
3	31766	24646 (85508)
4	19692	23669 (76606)
5	19270	15134 (85171)
6	32609	12389 (129880)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 2.5 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) [§ 4.1.2.1.2.1 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	70877	99691	70884	208292	2.089	88.0	0.13	0.70	53.1 (20.0)
2	S	18220	-18731	18214	-186535	9.959	10.6	0.12	0.70	53.1 (20.0)
3	S	71067	85224	71080	208372	2.445	88.0	0.13	0.70	53.1 (20.0)
4	S	70877	99691	70884	208292	2.089	88.0	0.13	0.70	53.1 (20.0)
5	S	15689	12958	15674	185479	14.314	89.5	0.11	0.70	53.1 (20.0)
6	S	87747	-2253	87764	-215205	95.519	12.5	0.14	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	0.00107	91.7	-0.02332	8.3
2	0.00350	0.0	0.00076	8.3	-0.02682	91.7
3	0.00350	100.0	0.00107	91.7	-0.02331	8.3



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	68 di 79

4	0.00350	100.0	0.00107	91.7	-0.02332	8.3
5	0.00350	100.0	0.00074	91.7	-0.02700	8.3
6	0.00350	0.0	0.00117	8.3	-0.02226	91.7

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	-27282	51556	365377	73047	100.0 91.7	1.000	1.042	8.4
2	S	104	44313	354513	73047	100.0 91.7	1.000	1.011	0.0
3	S	37398	51582	365416	73047	100.0 91.7	1.000	1.042	11.6
4	S	-27282	51556	365377	73047	100.0 91.7	1.000	1.042	8.4
5	S	-14698	43965	353991	73047	100.0 91.7	1.000	1.009	4.6
6	S	-10293	53876	368858	73047	100.0 91.7	1.000	1.052	3.2

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	46.9	100.0	0.0	65.1	-1145	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	5.4	0.0	5.3	100.0	80	8.3	0.0	2075	0.0	0.0
3	S	40.8	100.0	0.0	63.4	-922	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	45.7	100.0	0.0	65.0	-1109	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	18.1	100.0	0.0	54.6	-278	91.7	18.2	1823	53.1	9.3
6	S	5.4	0.0	5.3	100.0	80	8.3	0.0	2075	0.0	0.0

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
--------	-----	----	----	----	----	------	-----	----	---------



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	69 di 79

1	S	-0.00058	0.00031	0.50	0.60	0.000301 (0.000301)	411	0.124 (0.20)	74754
2	S	0.00003	0.00004	---	---	---	---	---	0
3	S	-0.00046	0.00027	0.50	0.60	0.000240 (0.000240)	411	0.099 (0.20)	77734
4	S	-0.00056	0.00030	0.50	0.60	0.000291 (0.000291)	411	0.119 (0.20)	74989
5	S	-0.00017	0.00013	0.50	0.60	0.000088 (0.000088)	395	0.035 (0.20)	87409
6	S	0.00003	0.00004	---	---	---	---	---	0

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	17.5	100.0	0.0	64.1	-410	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	3.0	100.0	1.0	0.0	17	91.7	0.0	2075	0.0	0.0
3	S	17.4	100.0	0.0	57.6	-306	91.7	19.2	1924	53.1	9.3
4	S	16.3	100.0	0.0	63.6	-374	91.7	20.8	2075	53.1	9.3
5	S	10.7	100.0	0.0	57.8	-189	91.7	19.3	1931	53.1	9.3
6	S	9.2	100.0	0.0	35.9	-59	91.7	12.0	1198	53.1	9.3

9.2.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: pie_d_sisma2

(Percorso File: \\oceano\C16\Lavoro\fogli_di_calcolo\scatolari\inv07c_rc_sec\pie_d_sisma2.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:	200000 daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	70 di 79

Altezza:	100.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.0	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	41601	89900	-32855	0
2	51314	-54927	-20885	0
3	22699	83143	56669	0
4	38817	87474	-32873	0
5	7402	-46633	806	0
6	54098	-49194	-18873	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.5	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)[§ 4.1.2.1.2.1 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 [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	41601	89900	41596	187893	2.090	71.5	0.31	0.83	53.1 (20.0)
2	S	51314	-54927	51340	-191801	3.491	29.1	0.32	0.84	53.1 (20.0)
3	S	22699	83143	22672	180872	2.176	72.6	0.30	0.81	53.1 (20.0)
4	S	38817	87474	38816	186869	2.136	71.7	0.31	0.83	53.1 (20.0)
5	S	7402	-46633	7386	-175516	3.764	26.7	0.29	0.80	53.1 (20.0)
6	S	54098	-49194	54122	-192817	3.919	29.3	0.32	0.84	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 corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	71 di 79

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	0.00088	100.0	0.00063	92.0	-0.00196	8.3
2	0.00091	0.0	0.00065	8.3	-0.00196	92.0
3	0.00084	100.0	0.00059	92.0	-0.00196	8.3
4	0.00087	100.0	0.00063	92.0	-0.00196	8.3
5	0.00080	0.0	0.00055	8.3	-0.00196	92.0
6	0.00091	0.0	0.00065	8.3	-0.00196	92.0

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]
 Vvd 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	Vvd	bw d	Ctg	Acw	AST
1	S	-32855	47529	359337	73047	100.0 91.7	1.000	1.024	10.2
2	S	-20885	48958	362523	73286	100.0 92.0	1.000	1.030	6.4
3	S	56669	44929	355437	73047	100.0 91.7	1.000	1.013	17.5
4	S	-32873	47146	358762	73047	100.0 91.7	1.000	1.023	10.2
5	S	806	42898	353433	73286	100.0 92.0	1.000	1.004	0.2
6	S	-18873	49342	363099	73286	100.0 92.0	1.000	1.032	5.8

9.3 Verifica soletta inferiore

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



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	72 di 79

SLV		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-675.03	255.57	1084.70	5	0.00	sis14_nl
M3	min	-618.10	15.34	-815.22	18	0.50	sis13_nl
V2	max	-675.03	345.78	318.08	9	0.50	sis14_nl
V2	min	-334.61	-222.97	-149.53	19	0.00	sis18_nl
P	max	-277.73	251.93	341.29	5	0.00	sis17_nl
P	min	-675.03	255.57	1084.70	5	0.00	sis14_nl

SLU		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-494.95	509.48	780.45	5	0.00	slu17_nl
M3	min	-396.77	77.87	-818.93	14	0.50	slu27_nl
V2	max	-415.69	542.35	403.88	5	0.50	slu16_nl
V2	min	-240.21	-479.28	-108.76	19	0.00	slu4_nl
P	max	-183.93	478.71	324.16	5	0.00	slu6_nl
P	min	-494.95	509.48	780.45	5	0.00	slu17_nl

SLE - RARA TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-352.15	351.06	542.39	5	0.00	rar10_nl
M3	min	-284.97	47.66	-565.65	14	0.50	rar11_nl
V2	max	-352.15	374.85	360.91	5	0.50	rar10_nl
V2	min	-287.44	-325.80	-121.80	19	0.00	rar8_nl
P	max	-220.26	323.18	272.77	5	0.00	rar9_nl
P	min	-352.15	351.06	542.39	5	0.00	rar10_nl

SLE - RARA FESSURAZIONE		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-323.42	314.61	479.75	5	0.00	fes10_nl
M3	min	-256.24	37.29	-500.29	14	0.50	fes11_nl
V2	max	-323.42	338.41	316.49	5	0.50	fes10_nl
V2	min	-270.03	-298.37	-74.58	19	0.00	fes8_nl
P	max	-202.85	287.97	225.54	5	0.00	fes9_nl
P	min	-323.42	314.61	479.75	5	0.00	fes10_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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	73 di 79

SLE - Q.P. TENSIONI		P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
		KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	-204.50	168.77	220.55	5	0.00	qpe5_nl
M3	min	-147.62	22.99	-252.39	12	0.50	qpe6_nl
V2	max	-204.50	192.57	130.21	5	0.50	qpe5_nl
V2	min	-196.39	-188.60	105.71	19	0.00	qpe2_nl
P	max	-139.51	163.89	53.02	5	0.00	qpe3_nl
P	min	-204.50	168.77	220.55	5	0.00	qpe5_nl

9.3.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_inf

(Percorso File: \\oceano\C16\Lavoro\fogli_di_calcolo\scatolari\inv07c_rc_sec\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:	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
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



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	74 di 79

Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Comb.Rare - Sf Limite: 3375.0 daN/cm²

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):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.0	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	49495	78045	50948	0
2	39677	-81893	7787	0
3	41569	40388	54235	0
4	24021	-10876	-47928	0
5	18393	32416	47871	0
6	49495	78045	50948	0

COMB. RARE (S.L.E.) TENSIONI - 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	35215	54239
2	28497	-56565
3	35215	36091
4	28744	-12180
5	22026	27277
6	35215	54239

COMB. RARE (S.L.E.) FESSURAZIONE- 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	32342	47975 (89623)
2	25624	-50029 (-86242)
3	32342	31649 (97994)
4	27003	-7458 (-323524)
5	20285	22554 (94873)
6	32342	47975 (89623)

COMB. QUASI PERMANENTI (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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	75 di 79

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	20450	22055 (95564)
2	14762	-25239 (-87747)
3	20450	13021 (114929)
4	19639	10571 (126364)
5	13951	5302 (172599)
6	20450	22055 (95564)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 2.7 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) [§ 4.1.2.1.2.1 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	49495	78045	49517	223099	2.859	98.9	0.11	0.70	53.1 (22.0)
2	S	39677	-81893	39680	-218816	2.672	11.1	0.11	0.70	53.1 (22.0)
3	S	41569	40388	41552	219389	5.433	99.1	0.11	0.70	53.1 (22.0)
4	S	24021	-10876	24025	-211550	19.440	10.7	0.11	0.70	53.1 (22.0)
5	S	18393	32416	18364	208558	6.435	99.7	0.10	0.70	53.1 (22.0)
6	S	49495	78045	49517	223099	2.859	98.9	0.11	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
1	0.00350	110.0	0.00098	102.0	-0.02851	8.3
2	0.00350	0.0	0.00089	8.3	-0.02859	102.0
3	0.00350	110.0	0.00093	102.0	-0.02913	8.3



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	76 di 79

4	0.00350	0.0	0.00079	8.3	-0.02977	102.0
5	0.00350	110.0	0.00079	102.0	-0.03095	8.3
6	0.00350	110.0	0.00098	102.0	-0.02851	8.3

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 = 20.9 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	50948	50938	399300	56259 100.0	101.7	1.000	1.026	14.2
2	S	7787	49660	398429	56425 100.0	102.0	1.000	1.021	2.2
3	S	54235	49839	397651	56259 100.0	101.7	1.000	1.022	15.1
4	S	-47928	47482	395163	56425 100.0	102.0	1.000	1.013	13.3
5	S	47871	46625	392830	56259 100.0	101.7	1.000	1.010	13.4
6	S	50948	50938	399300	56259 100.0	101.7	1.000	1.026	14.2

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	31.4	110.0	0.0	72.6	-810	102.0	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	32.4	0.0	0.0	35.6	-910	8.3	20.0	2000	53.1	9.3
3	S	21.4	110.0	0.0	67.6	-448	102.0	20.8	2075	53.1	9.3
4	S	7.5	0.0	0.0	71.2	-53	8.3	13.5	1352	53.1	9.3
5	S	16.0	110.0	0.0	70.3	-374	102.0	20.8	2075	53.1	9.3
6	S	31.4	110.0	0.0	72.6	-810	102.0	20.8	2075	53.1	9.3

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

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
--------	-----	----	----	----	----	------	-----	----	---------



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	77 di 79

1	S	-0.00040	0.00021	0.50	0.60	0.000212 (0.000212)	411	0.087 (0.20)	89623
2	S	-0.00045	0.00021	0.50	0.60	0.000240 (0.000240)	394	0.095 (0.20)	-86242
3	S	-0.00022	0.00014	0.50	0.60	0.000115 (0.000115)	411	0.047 (0.20)	97994
4	S	-0.00001	0.00004	0.50	0.60	0.000002 (0.000002)	272	0.001 (0.20)	-323524
5	S	-0.00017	0.00010	0.50	0.60	0.000088 (0.000088)	411	0.036 (0.20)	94873
6	S	-0.00040	0.00021	0.50	0.60	0.000212 (0.000212)	411	0.087 (0.20)	89623

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	13.0	110.0	0.0	68.2	-282	102.0	20.8	2075	53.1	9.3
2	S	14.6	0.0	0.0	36.8	-389	8.3	20.0	2000	53.1	9.3
3	S	7.9	110.0	0.0	56.9	-109	102.0	19.0	1902	53.1	9.3
4	S	6.5	110.0	0.0	51.2	-71	102.0	17.1	1710	53.1	9.3
5	S	3.3	110.0	0.0	33.6	-18	102.0	11.6	1161	53.1	9.3
6	S	13.0	110.0	0.0	68.2	-282	102.0	20.8	2075	53.1	9.3

9.3.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: sol_inf_sisma2

(Percorso File: \\oceano\C16\Lavoro\fogli_di_calcolo\scatolari\inv07c_rc_sec\sol_inf_sisma2.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Percorso sollecitazione:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

N.T.C.

Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica

Rettangolare

A Sforzo Norm. costante

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/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



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	78 di 79

Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.3	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	67503	108470	25557	0
2	61810	-81522	1534	0
3	67503	31808	34578	0
4	33461	-14953	-22297	0
5	27773	34129	25193	0
6	67503	108470	25557	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.7	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)[§ 4.1.2.1.2.1 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 [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	67503	108470	67493	219869	2.027	78.2	0.31	0.83	53.1 (22.0)
2	S	61810	-81522	61800	-217568	2.669	31.5	0.31	0.83	53.1 (22.0)
3	S	67503	31808	67493	219869	6.912	78.2	0.31	0.83	53.1 (22.0)
4	S	33461	-14953	33448	-205990	13.776	29.9	0.29	0.81	53.1 (22.0)
5	S	27773	34129	27754	203639	5.967	80.5	0.29	0.80	53.1 (22.0)
6	S	67503	108470	67493	219869	2.027	78.2	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)



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 - SOTTOVIA SL04

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	02	CL	SL0400 001	A	79 di 79

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	0.00089	110.0	0.00066	101.7	-0.00196	8.3
2	0.00088	0.0	0.00065	8.3	-0.00196	101.7
3	0.00089	110.0	0.00066	101.7	-0.00196	8.3
4	0.00081	0.0	0.00059	8.3	-0.00196	101.7
5	0.00080	110.0	0.00058	101.7	-0.00196	8.3
6	0.00089	110.0	0.00066	101.7	-0.00196	8.3

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 = 20.9 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	25557	53436	403046	56259	100.0 101.7	1.000	1.036	7.1
2	S	1534	52646	401861	56259	100.0 101.7	1.000	1.033	0.4
3	S	34578	53436	403046	56259	100.0 101.7	1.000	1.036	9.7
4	S	-22297	48715	395964	56259	100.0 101.7	1.000	1.018	6.2
5	S	25193	47926	394781	56259	100.0 101.7	1.000	1.015	7.0
6	S	25557	53436	403046	56259	100.0 101.7	1.000	1.036	7.1