

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

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

RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE LOTTO 1 + 2

VIABILITÀ

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-Nuova Fermata Lercara
Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di imbocco

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3Z	00	D	26	CL	NV2108	002	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. INTEGRA	Gennaio 2020	M.SALLEOLINI	Gennaio 2020	A. BARRECA	Gennaio 2020	F. DE Maggiore 2020 ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Det. Ing. Francesco Guzzon Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 25172/Str.	
B	1° AGG. A CONSEGNA GSLPP	C. INTEGRA	Maggio 2020	M.SALLEOLINI	Maggio 2020	A. BARRECA	Maggio 2020		

File: RS3Z00D26CLNV2108002B

n. Elab.:

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	0 di 43

INDICE

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE.....	3
3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
5. PARAMETRI GEOTECNICI	7
5.1 Profondità della falda	7
6. ANALISI DEI CARICHI	8
6.1 Pesi propri	8
6.2 Permanenti non strutturali	8
6.3 Carichi mobili (carico stradale).....	8
6.4 Azione di frenamento (Q ₃)	9
6.5 Azione del sisma	9
6.6 Ritiro del calcestruzzo.....	12
6.7 Variazione termica	12
6.8 Spinta statica del terreno	12
6.9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale.....	12
7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	14
8. VERIFICHE STRUTTURALI	16
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione	16
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio	16
8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio	18
9. ANALISI STRUTTURALE	19
9.1 Modellazione strutturale : Muro a U	19
9.2 Analisi dei carichi	21

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	1 di 43

9.3	Combinazioni	23
9.4	Sollecitazioni.....	25
9.5	Verifiche strutturali	29
9.5.1	Verifica piedritti.....	29
9.5.2	Verifica soletta inferiore	33
10.	INCIDENZA MURO A U.....	39
11.	DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)	40
11.1	Tipo di analisi svolte	40
11.2	Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo	40
11.3	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	40

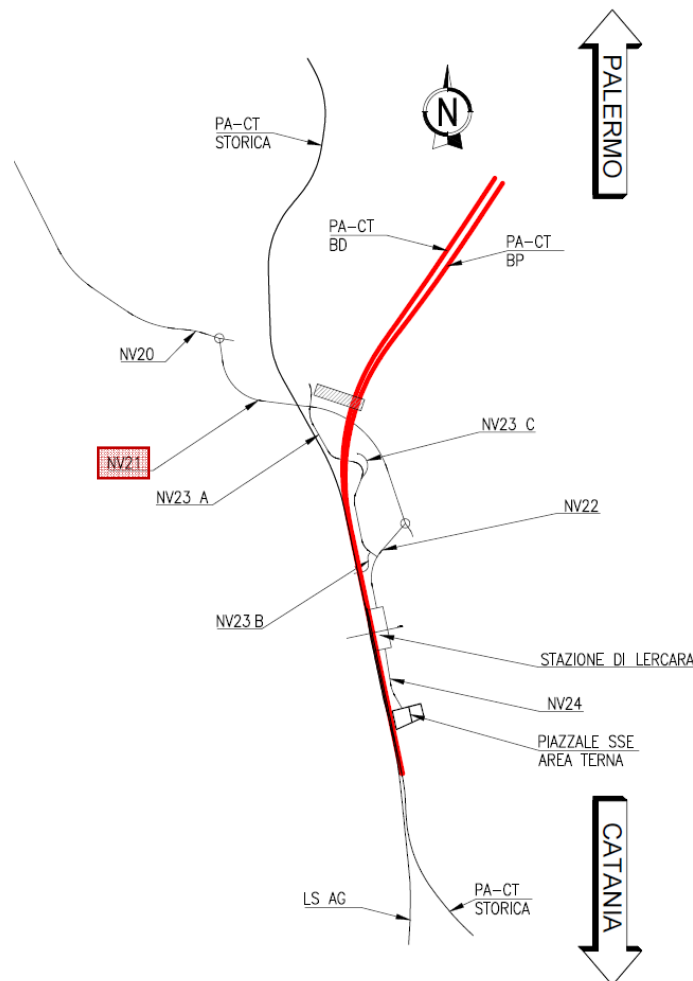
NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	2 di 43

1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del collegamento Palermo-Catania, raddoppio tratta Fiumetorto-Lercara Diramazione, appartenente alla Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo.

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dei muri di imbocco del sottopasso stradale al km 0+311 della nuova viabilità di collegamento Lercara-Nuova Fermata Lercara (NV21).



Il muro ha soletta di fondazione di spessore 1.0m e piedritti di spessore 0.7m. Si è considerata l'altezza massima del muro a U, pari a 5.50m (esclusa la fondazione).

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	3 di 43

2. DESCRIZIONE

Nella seguente relazione, in particolare, vengono descritte le verifiche agli Stati Limite del muro di imbocco a U utilizzabile per attraversamenti stradali avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Geometria del muro a U			
Larghezza totale	Ltot	10.40	m
Altezza totale	Htot	6.50	m
Spessore piedritti	sp	0.70	m
Spessore soletta inferiore	sf	1.00	m
Luce libera	Lint	9.00	m
Altezza libera	Hint	5.50	m

Si riporta, di seguito, la sezione trasversale della struttura.

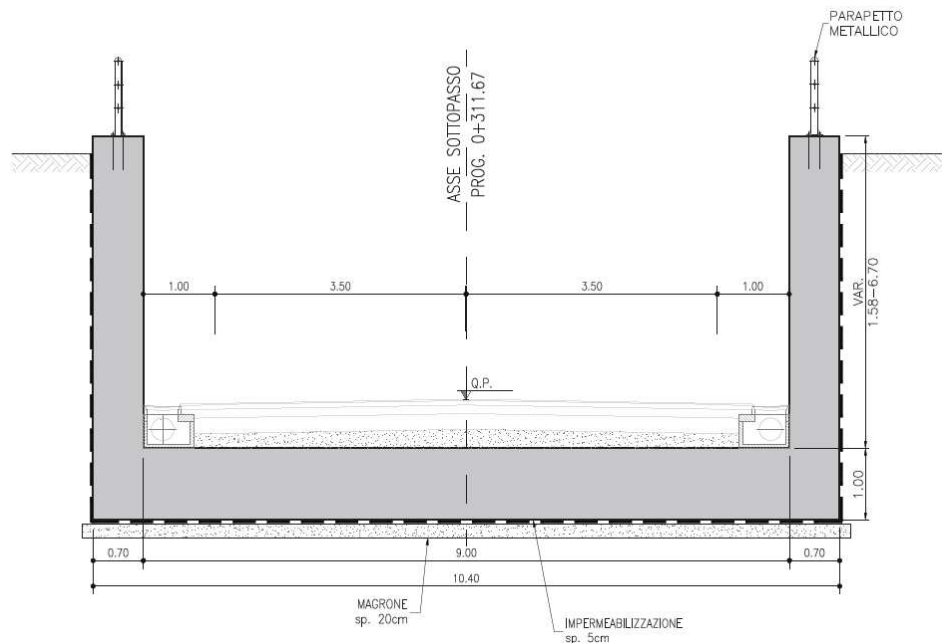


Figura 2.1– Sezione trasversale muro di imbocco

La struttura sarà realizzata in c.a. gettato in opera senza giunti intermedi.

Geometria del Ricoprimento Interno			
Pacchetto stradale	Hp	0.12	m
Ricoprimento	Hr	0.30	m



**PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2**

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	4 di 43

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture

Riferimenti STI:

– 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;

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	5 di 43

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

MAGRONE - C12/15				
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm ²	15
Contenuto minimo cemento			kg/m ³	150

CALCESTRUZZO CLASSE 30/37				
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm ²	37.0
Resistenza cilindrica a compressione	f_{ck}	$0.83 * R_{ck}$	N/mm ²	30.7
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm}	$f_{ck}+8$	N/mm ²	38.7
Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli	α_{cc} (t>28gg)		-	0.85
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo	γ_c		-	1.5
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	$(\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c$	N/mm ²	17.4
Resistenza cilindrica media a trazione	f_{ctm}	$0.3 * (f_{ck})^{2/3}$	N/mm ²	2.9
Resistenza cilindrica media a trazione	f_{ctk}	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm ²	2.1
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	f_{ctk} / γ_c	N/mm ²	1.4
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm}	$1.2 * f_{ctm}$	N/mm ²	3.5
Resistenza cilindrica caratteristica a trazione	f_{ctk}	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm ²	2.5
Modulo elastico	E_{cm}	$22000 * (f_{cm}/10)^{0.3}$	N/mm ²	33019
Peso proprio	γ_c		N/m ³	25000
Coefficiente di Poisson	ν		-	0.2
Coefficiente di aderenza	η		-	1.0
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	$2.25 * \eta * f_{ctk}$	N/mm ²	4.6
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	f_{bd}	f_{bk} / γ_c	N/mm ²	3.1

Acciaio ad aderenza migliorata B450C				
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza caratteristica di rottura	$f_{t\ nom}$		N/mm ²	540
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{y\ nom}$		N/mm ²	450
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	γ_s		-	1.15
Resistenza di calcolo	f_{yd}	f_{yk} / γ_s	N/mm ²	391.3
Modulo elastico	E_s		N/mm ²	206000
Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.				
Tensione massima di esercizio per l'acciaio	σ_s	$0.75 * f_{yk}$	N/mm ²	337.5

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	6 di 43

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 21.01.2019, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
Cmin	Co	ambiente	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

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

Classe di esposizione: XA1

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

Il valore limite di apertura delle fessure calcolato secondo le combinazioni agli SLE (frequente e quasi permanente) è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	7 di 43

5. PARAMETRI GEOTECNICI

Gli elaborati di riferimento sono:

Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 1/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	P	Z	G	E	0	0	0	0	0	0	1
Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 2/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	P	Z	G	E	0	0	0	0	0	0	2
Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 3/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	P	Z	G	E	0	0	0	0	0	0	3
Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 4/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	P	Z	G	E	0	0	0	0	0	0	4
Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 5/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	P	Z	G	E	0	0	0	0	0	0	5
Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 6/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	P	Z	G	E	0	0	0	0	0	0	6
Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 7/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	P	Z	G	E	0	0	0	0	0	0	7
Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 1/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	F	9	G	E	0	0	0	0	0	0	1
Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 2/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	F	9	G	E	0	0	0	0	0	0	2
Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 3/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	F	9	G	E	0	0	0	0	0	0	3
Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 4/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	F	9	G	E	0	0	0	0	0	0	4
Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 5/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	F	9	G	E	0	0	0	0	0	0	5
Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 6/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	F	9	G	E	0	0	0	0	0	0	6
Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 7/7	R	S	3	Z	0	0	D	2	6	F	9	G	E	0	0	0	0	0	0	7

A titolo cautelativo si assumono i seguenti parametri geotecnici:

- Angolo di attrito (rinterro), ϕ' : 35°
- Modulo elastico terreno, E' : 25 MPa
- Coefficiente di Poisson, ν' : 0.3
- Categoria di sottosuolo: C
- Condizione topografica: T1

5.1 Profondità della falda

Ai fini dell'analisi dell'opera non si è considerata la presenza della falda idrica in quanto il livello di falda è al di sotto del piano di fondazione.

6. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio e in presenza dell'evento sismico. Tutti i carichi elementari si riferiscono a un concio longitudinale di larghezza unitaria, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

6.1 Pesì propri

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

- Soletta di fondazione;
- Piedritti;

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

Calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25.00 \text{ kN/m}^3$

Rilevato: $\gamma_{ril} = 19.00 \text{ kN/m}^3$

6.2 Permanenti non strutturali

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

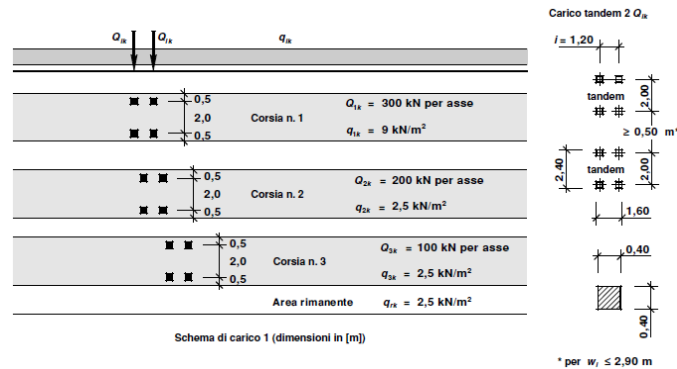
- Strato di usura;
- Binder;
- Strato di base;
- Strato di fondazione di inerti stabilizzati all'acqua e compattati.

6.3 Carichi mobili (carico stradale)

Utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Esso è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m) e da carichi uniformemente distribuiti secondo le seguenti colonne di carico:

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	9 di 43



In senso trasversale i carichi Q_{ik} e q_{ik} sono distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3,00 m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa.

6.4 Azione di frenamento (Q_3)

La forza di frenamento o accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 e per i ponti di 1^a categoria è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq Q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

Tale azione deve essere applicata all'impalcato a quota pavimentazione.

6.5 Azione del sisma

Per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori: $V_N=50$ anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.50$.

La vita di riferimento V_R è quindi pari a 75 anni.

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

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso $C_U = 1.5$
- Vita nominale $V_N = 50$ anni
- Categoria di suolo: C
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura $q = 1$

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

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale e verticale sono riportati :

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	10 di 43

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

LONGITUDINE: 13.6057 LATITUDINE: 37.748

REGIONE: Sicilia PROVINCIA: Palermo COMUNE: Lercara Friddi

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:
superficie rigata

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

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica. Con tale azione sismica agente, le forze risultanti trasmesse dall'impalcato al piano appoggi della spalla in corrispondenza della sommità del muro di testata sono riportate al paragrafo successivo, sotto le voci **Ex**, **Ey** ed **Ez**.

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) - T_R : 112.5 info


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

Stati limite di esercizio - SLE: SLO - $P_{VR} = 81\%$: 68
SLD - $P_{VR} = 63\%$: 113

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

Elaborazioni:
Grafici parametri azione
Grafici spettri di risposta
Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

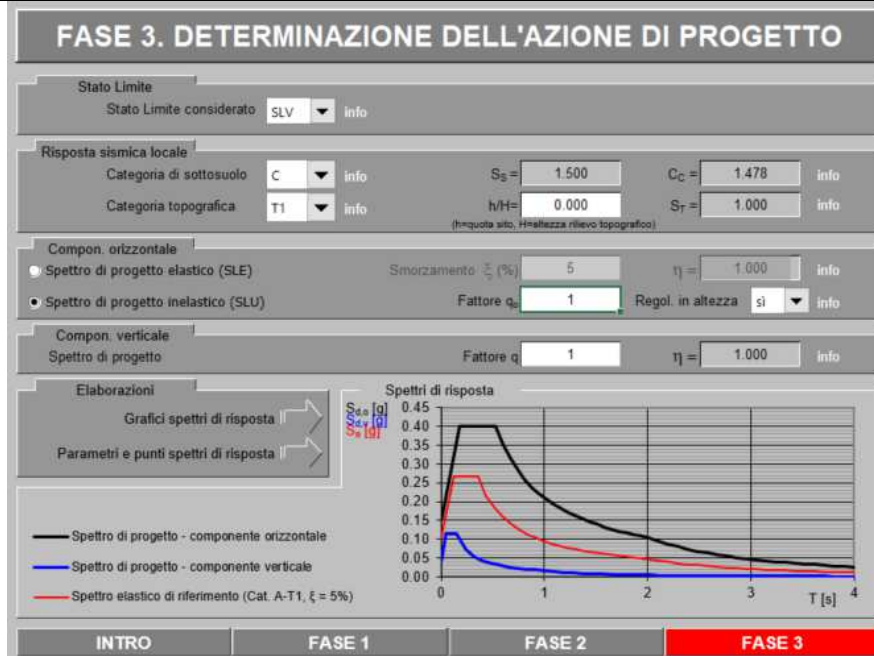


LEGENDA GRAFICO:
--- Strategie per costruzioni ordinarie
--- Strategie scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

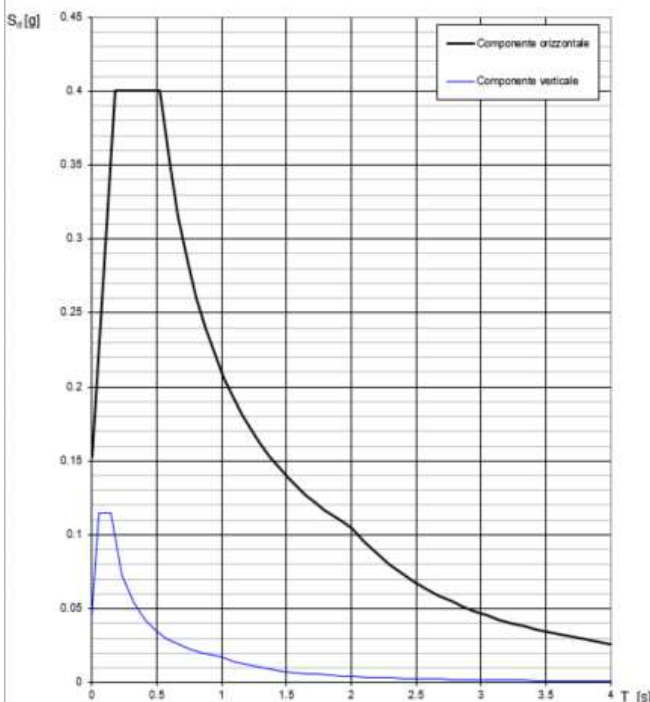
NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	11 di 43



Di seguito si riporta a titolo di esempio lo **spettro di progetto** per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV relativamente alle componenti **orizzontali**, con coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

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



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

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV
a_g	0.102 g
F_a	2.622
T_C	0.355 s
S_S	1.500
C_C	1.478
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti	
S	1.500
η	1.000
T_B	0.175 s
T_C	0.524 s
T_D	2.007 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{1 + \xi^2} \geq 0.55, \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

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

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

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta	
T [s]	S_d [g]
0.000	0.153
0.175	0.400
0.524	0.400
0.595	0.353
0.666	0.315
0.736	0.285
0.807	0.260
0.877	0.239
0.948	0.221
1.019	0.206
1.089	0.193
1.160	0.181
1.230	0.171
1.301	0.161
1.372	0.153
1.442	0.146
1.513	0.139
1.583	0.133
1.654	0.127
1.725	0.122
1.795	0.117
1.866	0.112
1.936	0.108
2.007	0.105
2.102	0.095
2.197	0.087
2.292	0.080
2.387	0.074
2.482	0.068
2.576	0.063
2.671	0.059
2.766	0.055
2.861	0.051
2.956	0.048
3.051	0.045
3.146	0.043
3.241	0.040
3.336	0.038
3.431	0.036
3.525	0.034
3.620	0.032
3.715	0.031
3.810	0.029
3.905	0.028
4.000	0.026

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	12 di 43

6.6 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2018. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 10° , ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

Il fenomeno del ritiro è stato applicato solo alla soletta di copertura nel caso dello scatolare mentre viene trascurato nel muro.

6.7 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a $\Delta T = +15^\circ\text{C}$, con un variazione termica aggiuntiva a farfalla pari a $\Delta T = +5^\circ\text{C}$ applicata sulla soletta di copertura.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001$$

6.8 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a $S = 1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$, applicata ad 1/3 dal basso.

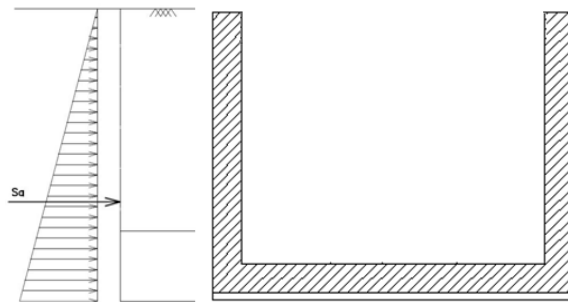


Figura 6.1 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo k_0 .

6.9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	13 di 43

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a $S=k_0 \cdot q \cdot H$, con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.

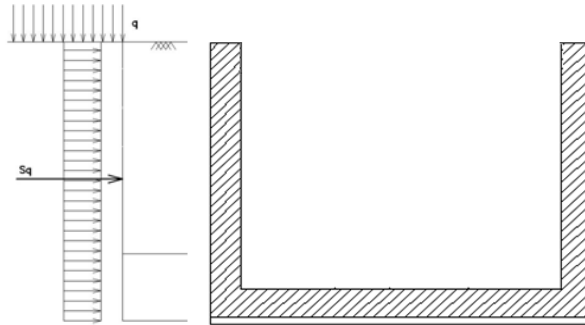


Figura 6.2– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad $H/2$.

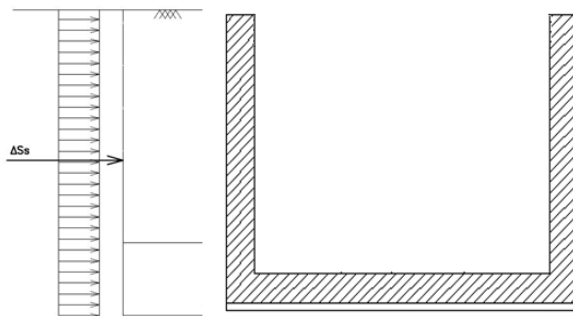


Figura 6.3– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	14 di 43

7. COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (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 sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si devono considerare, generalmente, le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV.

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5kN/m ²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	15 di 43

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{r1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	γ_{r2} γ_{r3} γ_{r4}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Tab. 2 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

8. VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione

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

8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

- Resistenza di progetto dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_t \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

- Resistenza di progetto a “taglio trazione”:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

- Resistenza di progetto a “taglio compressione”:

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	17 di 43

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v f_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta)$$

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

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

$$\rho_1 = \frac{A_{st}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

A_{st} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

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

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$1 \leq \cot \theta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

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

s è il passo delle staffe;

α è l'angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$v f_{cd}$ è la resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($v=0.5$);

$\alpha_c = 1$ coefficiente maggiorativo per membrature non compresse.



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	18 di 43

8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

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

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure nella combinazione caratteristica Frequente e Quasi Permanente. I valori nominali di riferimento sono:

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

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	19 di 43

9. ANALISI STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del SAP2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti all'intradosso della soletta di fondazione necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali.

Convenzione assi

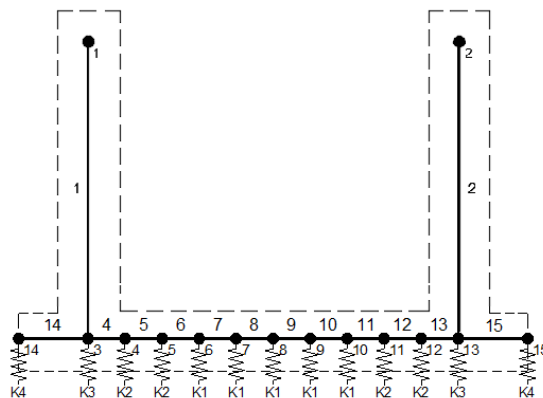
x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

9.1 Modellazione strutturale : Muro a U

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è quello di telaio chiuso. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite molle alla Winkler.



La soletta inferiore viene divisa in elementi per poter schematizzare, tramite molle applicate, l'interazione terreno- struttura.

Per la rigidità delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale K_w pari a 5000 kN/m³. Tale valore viene valutato tramite la teoria di Bowles, note le dimensioni della fondazione dell'opera e il modulo elastico del terreno di fondazione:

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

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	20 di 43

Dove:

E	modulo elastico del terreno
v	coefficiente di Poisson
B	larghezza della fondazione
L	lato maggiore della fondazione
Ct	fattore di forma (Bowles, 1960)
Kw	coefficiente di sottofondo alla Winkler

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

Interasse molle	i	$(0.70/2 + 9.00 + 0.70/2) / 10 =$	0.97	m
Molle centrali	K1	$5000 \cdot 0.97 =$	4 850	kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 5000 \cdot 0.97 =$	7 275	kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 5000 \cdot (0.97/2 + 0.70/2) =$	8 350	kN/m
Molle risolto	K4	-	0	kN/m

La rigidità delle molle in corrispondenza dei piedritti è stata aumentata, seguendo le indicazioni riportate nella letteratura tecnica, al fine di tenere in conto l'irrigidimento apportato dai piedritti al solettone di fondo.

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	21 di 43

9.2 Analisi dei carichi

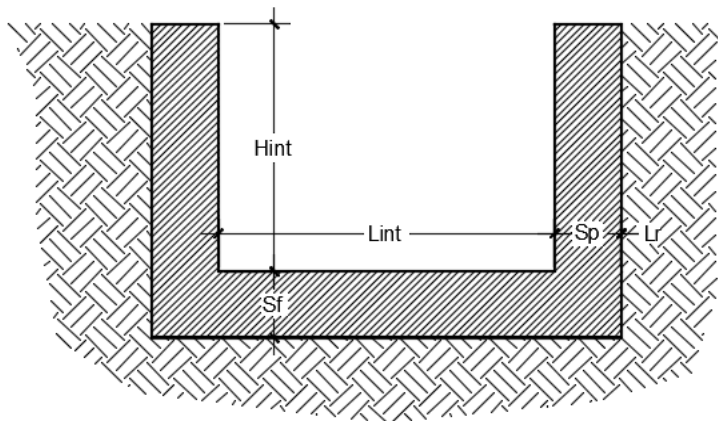
Geometria

Caratteristiche materiali e terreno

Calcestruzzo armato - Peso specifico	γ	25	kN/m ³
Calcestruzzo armato - Tipo		C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R_{ck}	37	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f_{ck}	30.7	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E	33000	N/mm ²
Pacchetto stradale - Peso specifico	γ	24	kN/m ³
Terreno del rilevato - Peso specifico	γ	19	kN/m ³
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ	35	°
Terreno di fondazione	K_w	5000	kN/m ³
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione		aggressive	

Geometria

Spessore soletta superiore	S_s	0.00	m
Spessore soletta di fondazione	S_f	1.00	m
Spessore piedritti	S_p	0.70	m
Altezza netta	H_{int}	5.50	m
Larghezza netta	L_{int}	9.00	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L_r	0.00	m



Tab. 4: Geometria del modello

Azioni elementari applicate

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	22 di 43

Spinta del terreno

K0		$1 - \sin(35^\circ) =$	0.426	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.426 \cdot 0.00 =$	0.00	kN/m ²
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (0.00 + 19 \cdot 0.00/2) =$	0.00	kN/m²
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [0.00 + 19 \cdot (0.00/2 + 5.50 + 1.00/2)] =$	48.61	kN/m²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [0.00 + 19 \cdot (0.00/2 + 5.50 + 1.00)] =$	52.66	kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(0.00 + 0.00)/2 \cdot 0.00/2$	0.00	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(48.61 + 52.66)/2 \cdot 1.00/2$	25.32	kN/m

Spinta del carico accidentale

Spinta dovuta al q1	p	$0.426 \cdot 20 =$	8.53	kN/m²
---------------------	---	--------------------	-------------	-------------------------

Sisma orizzontale

Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV	
Vita nominale	V _N		50	anni
Classe d'uso	C _u		III	
Coefficiente C _u	C _u		1.5	
Periodo di riferimento	V _R		75	anni
accelerazione orizzontale	a _g /g		0.102	
amplificazione spettrale	F _o		2.622	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	C	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	S _s		1.500	
Coeff. Amplificazione topografica	S _t		1	
Coefficiente S	S	= S _s · S _t	1.500	
accelerazione orizzontale max	a _{max} /g	= a _g /g · S	0.153	
Fattore di struttura	q		1.00	
Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	F _{Hs}	$0.153 \cdot (0.00 \cdot 25 + 0.00 + 0.2 \cdot 0.00) / 1.00 =$	0.00	kN/m²
Forza orizz. sui piedritti	F _{Hp}	$0.153 \cdot (0.70 \cdot 25) / 1.00 =$	2.68	kN/m²

Spinta del terreno in fase sismica

Coefficiente sismico orizzontale	k _h	= a _{max} /g	0.153	
Coefficiente sismico verticale	k _v	= ±0.5 · k _h	0.077	
Risultante della spinta sismica	ΔS _E	= (a _{max} /g) · γ · [(Hint+S _s +S _f +H _r) ²]	122.8	kN/m
Pressione risultante	Δp _E	= ΔS _E / [(Hint+S _s /2+S _f /2)]	20.5	kN/m²

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	23 di 43

9.3 Combinazioni

N	PERM	PERM-Q2	Q1-M	Q1-T	Q2	Q3	SPTSX	SPTDX	SPACCSX	SPACCDX	TERM	RITIRO	SISMAH	SPSDX	
01	01S1-11M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
02	02S1-11T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
03	03S1-12M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
04	04S1-12T	1.35	1.50	0.00	1.35	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
05	05S1-13M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
06	06S1-13T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
07	07S1-14-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
08	08S1-15-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
09	09S1-21M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
10	10S1-21T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
11	11S1-22M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
12	12S1-22T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
13	13S1-23M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
14	14S1-23T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
15	15S1-24-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.00	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
16	16S1-25-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.00	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
17	17S1T11M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
18	18S1T11T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
19	19S1T12M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
20	20S1T12T	1.35	1.50	0.00	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
21	21S1T13M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
22	22S1T13T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
23	23S1T14-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
24	24S1T15-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
25	25S1T21M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
26	26S1T21T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
27	27S1T22M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
28	28S1T22T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
29	29S1T23M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
30	30S1T23T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
31	31S1T24-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
32	32S1T25-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
33	33S2-11M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
34	34S2-11T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
35	35S2-12M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
36	36S2-12T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
37	37S2-13M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.35	0.0	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
38	38S2-13T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	0.0	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
39	39S2-21M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
40	40S2-21T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
41	41S2-22M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
42	42S2-22T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
43	43S2-23M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.35	0.0	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
44	44S2-23T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	0.0	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
45	45S2T11M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
46	46S2T11T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
47	47S2T12M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
48	48S2T12T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
49	49S2T13M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
50	50S2T13T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
51	51S2T21M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
52	52S2T21T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
53	53S2T22M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
54	54S2T22T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
55	55S2T23M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
56	56S2T23T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
57	57SED1-	1.00	1.00	0.20	0.00	0.20	0.0	0.70	1.00	0.0	0.2	0.5	0.0	1.0	1.0
58	58SED2-	1.00	1.00	0.20	0.00	0.20	0.0	0.70	1.00	0.0	0.2	-0.5	1.0	1.0	1.0

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	24 di 43

N	PERM	PERM-G2	Q1-M	Q1-T	Q2	Q3	SPTSX	SPTDX	SPACCSX	SPACCDX	TERM	RITIRO	SISMAH	SPSDX	
59	59Q1-11-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
60	60Q1-12-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
61	61Q1-13-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
62	62Q1-21-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
63	63Q1-22-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
64	64Q1-23-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
65	65F1-11M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
66	66F1-11T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
67	67F1-12M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
68	68F1-12T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
69	69F1-13M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
70	70F1-13T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
71	71F1-14-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
72	72F1-15-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
73	73F1-21M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
74	74F1-21T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
75	75F1-22M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
76	76F1-22T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
77	77F1-23M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
78	78F1-23T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
79	79F1-24-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
80	80F1-25-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
81	81C025-	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	1.00	0.00	1.00	0.6	1.0	0.0	0.0
82	82C025-	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	1.00	0.00	1.00	-0.6	1.0	0.0	0.0
83	83C025-	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	1.0	1.00	1.00	0.00	0.75	0.6	1.0	0.0	0.0
84	84C025-	1	1.00	0.75	0	0.4	1	1	1	0	0.75	-0.6	1	0	0

dove:

- PERM** : carichi permanenti strutturali
PERM-G2 : carichi permanenti non strutturali
Q1k-M : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il momento)
Q1K-T : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il taglio)
Q2-M : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il momento)
Q2-T : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il taglio)
Q3 : azione longitudinale di frenamento
SPTSx : spinta del terreno sulla parete sx
SPTDx : spinta del terreno sulla parete dx
SPACCSx : spinta del carico accidentale sulla parete sx
SPACCDx : spinta del carico accidentale sulla parete dx
TERM : termica
RITIRO : ritiro
SISMAH : azione sismica
SISDX : incremento sismico della spinta del terreno

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	25 di 43

9.4 Sollecitazioni

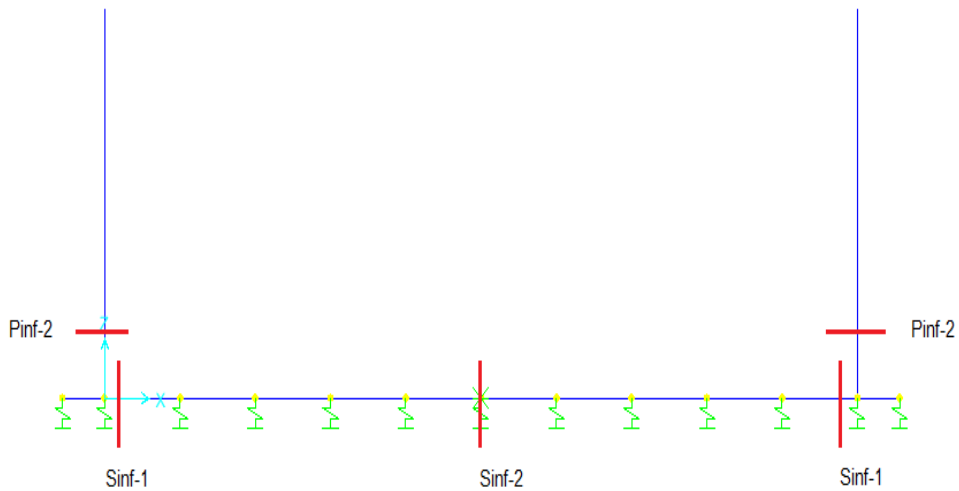


Figura 9.1 - Sezioni di verifica

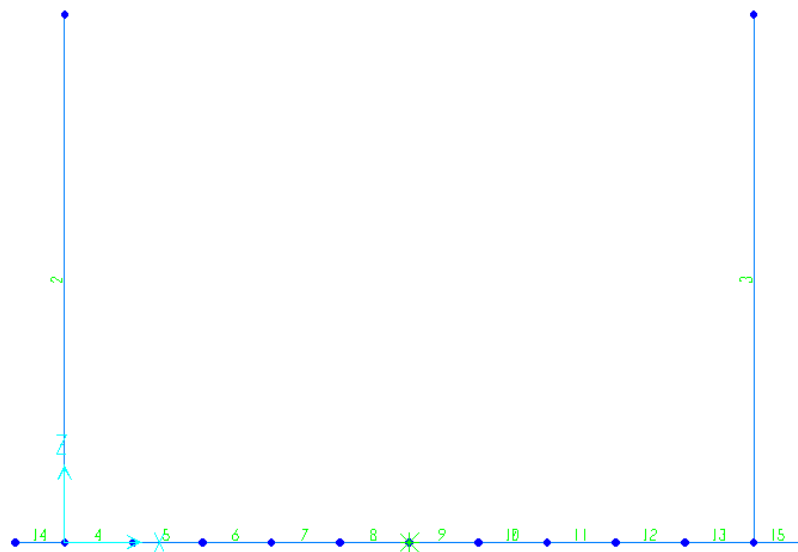


Figura 9.2 - Nomenclatura frame

NV21 - Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
Sottopasso 0+311 - Relazione di calcolo muri di
imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	26 di 43

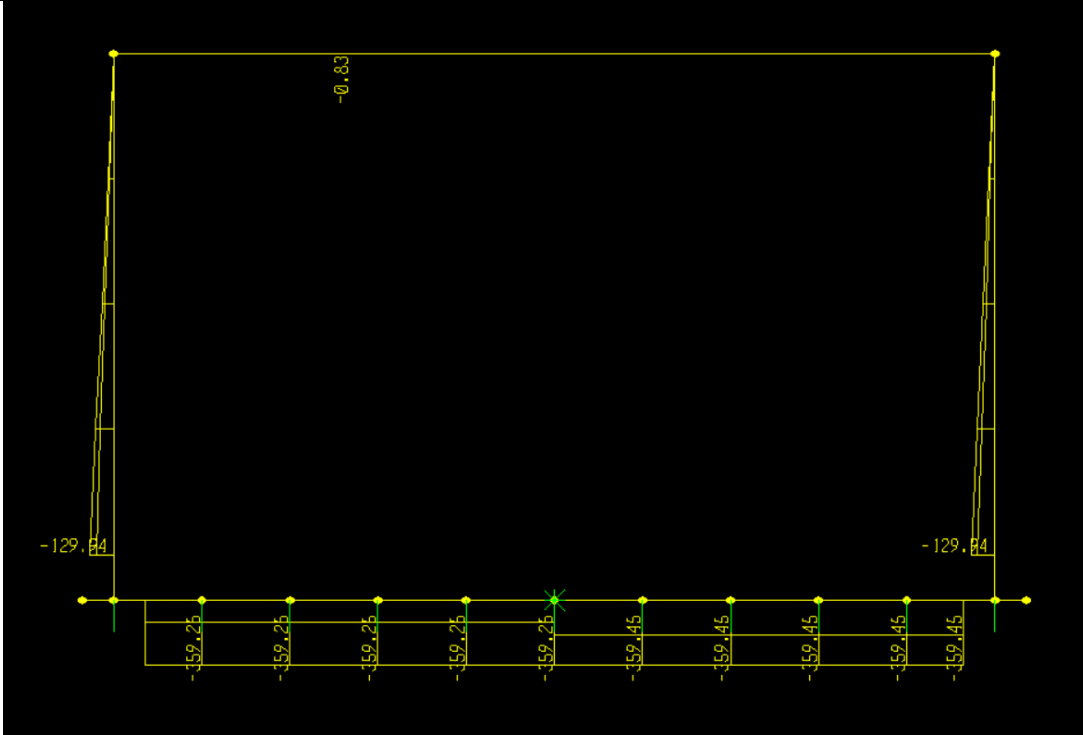


Figura 9.3 - Sforzo Normale - Involuppo SLU

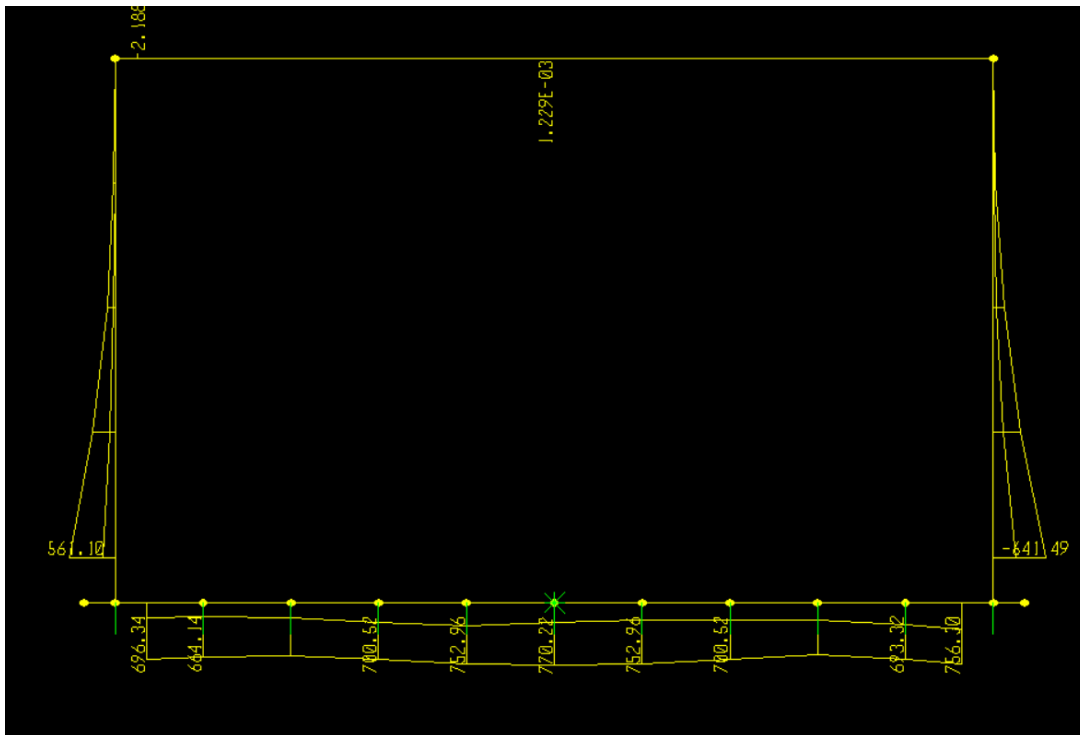


Figura 9.4 - Momento flettente - Involuppo SLU

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	27 di 43

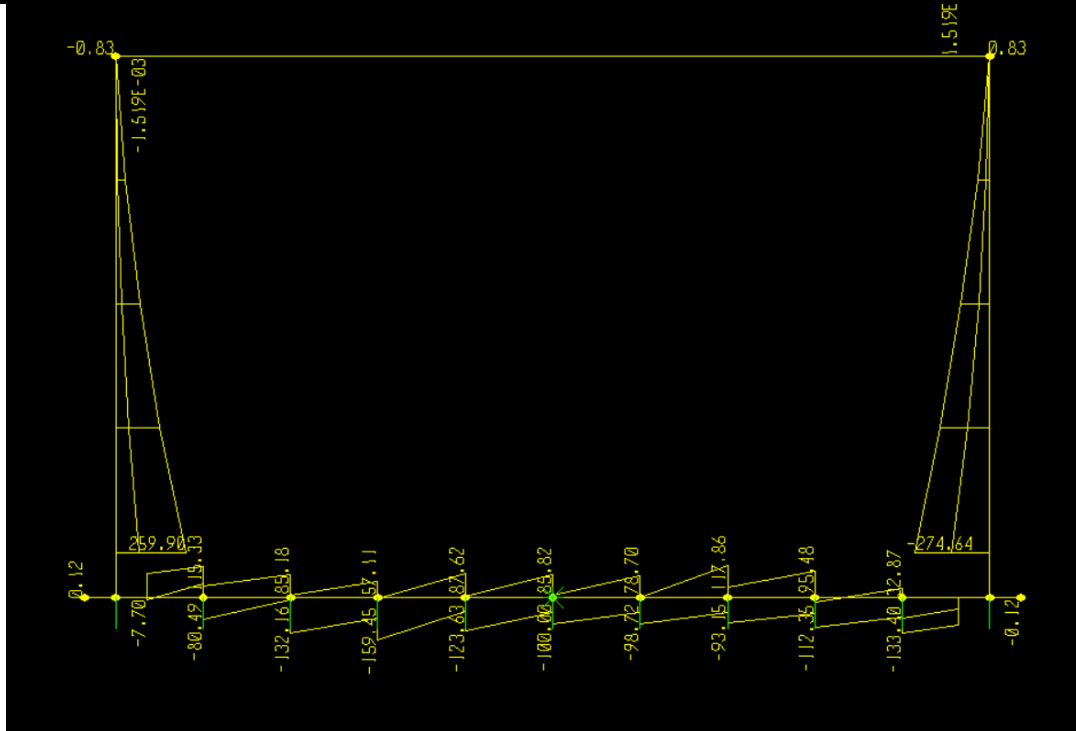


Figura 9.5 - Taglio – Inviluppo SLU

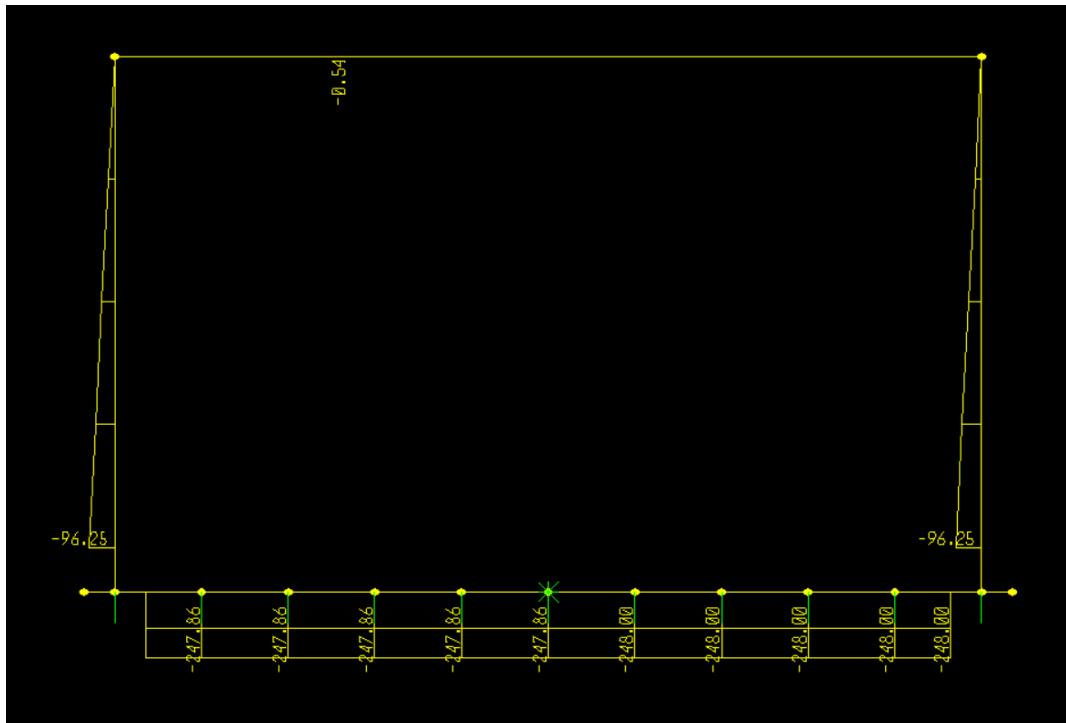


Figura 9.6 - Sforzo Normale – Inviluppo SLE-Frequente

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	28 di 43

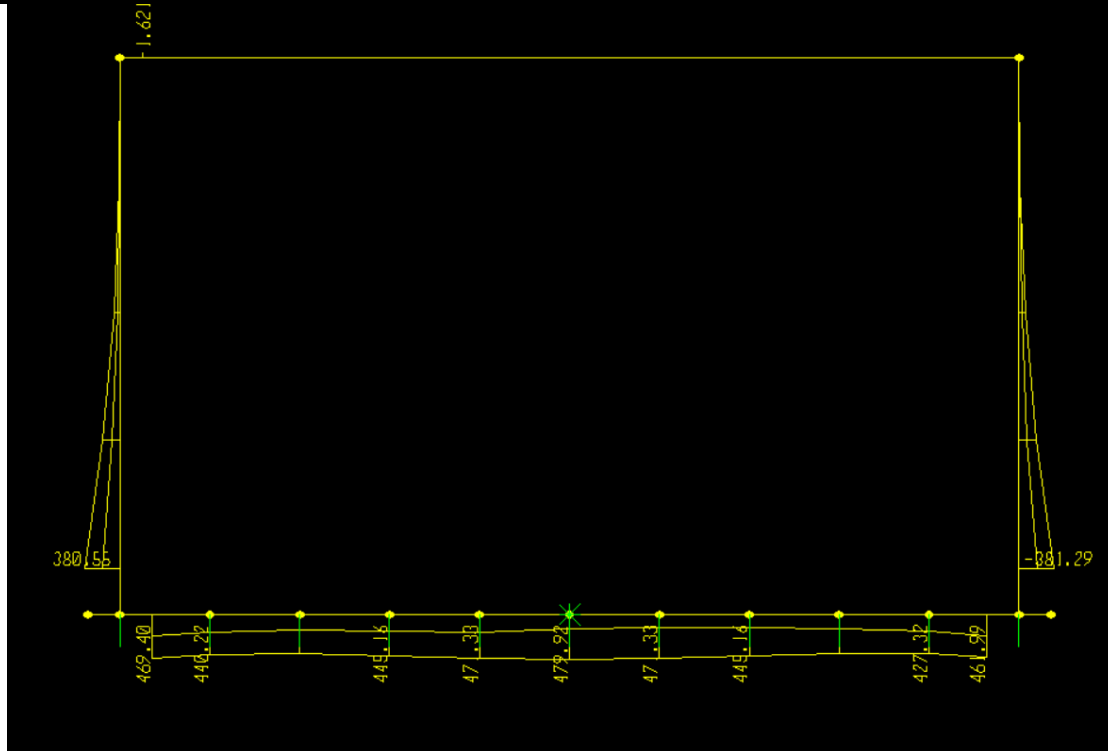


Figura 9.7 - Momento flettente – Involuppo SLE-Frequente



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA
DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2

NV21 - Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 - Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	29 di 43

9.5 Verifiche strutturali

9.5.1 Verifica piedritti

Sezione: 70 x 100 cm

Armatura a flessione:

- Spiccato (Pied-Spicc)

Armatura tesa

ϕ 26/20 + ϕ 26/40 cm

Armatura compressa

ϕ 26/20 + ϕ 26/40 cm

Armatura a taglio:

Spille ϕ 12/40x40 cm.

NV21 - Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 - Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	30 di 43

• Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

Acciaio

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 200000$	N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$	

Calcestruzzo

Tipo	C30/37	
R_{ck}	37	N/mm ²
f_{ck}	30.71	N/mm ²
γ_c	1.5	
f_{ctd}	20.5	N/mm ²
f_{ctc}	17.4	N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec	12	mm

Geometria della sezione

Altezza geometrica della sezione	$h = 70$	cm
Base della sezione	$b = 100$	cm
Copriferro	$d' = 8.7$	cm
Altezza utile della sezione	$d = 61.3$	cm

Armatura tesa

N° ferri	Diametro	Area
5	26	26.55 cm ²
2.5	26	13.27 cm ²
		39.82 cm²

Armatura compressa

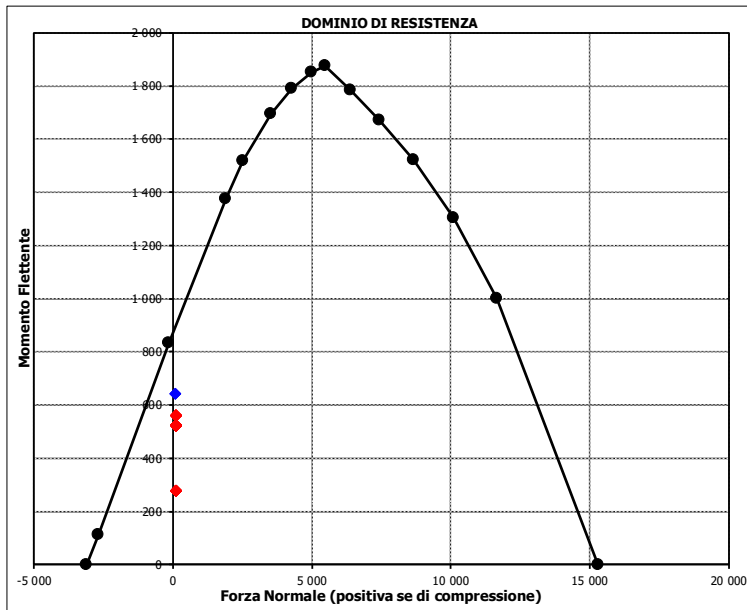
N° ferri	Diametro	Area
5	26	26.55 cm ²
2.5	26	13.27 cm ²
		39.82 cm²

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd
(Nmax) 01S1-11M	130	278
(Nmin) 57SED1-	96	641
(Mmax) 57SED1-	96	641
(Mmin) 01S1-11M	130	278

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	130	278
02S1-11T	130	278
03S1-12M	130	561
04S1-12T	130	561
05S1-13M	130	562
06S1-13T	130	562
07S1-14	130	561
08S1-15	130	562
09S1-21M	130	278
10S1-21T	130	278
11S1-22M	130	561
12S1-22T	130	561
13S1-23M	130	562
14S1-23T	130	562
15S1-24	130	561
16S1-25	130	562
17S1T11M	130	278
18S1T11T	130	278
19S1T12M	130	524
20S1T12T	130	524
21S1T13M	130	525
22S1T13T	130	525
23S1T14	130	524
24S1T15	130	525
25S1T21M	130	278
26S1T21T	130	278
27S1T22M	130	524
28S1T22T	130	524
29S1T23M	130	525
30S1T23T	130	525
31S1T24	130	524
32S1T25	130	525
33S2-11M	130	278
34S2-11T	130	278
35S2-12M	130	524
36S2-12T	130	524
37S2-13M	130	525
38S2-13T	130	525
39S2-21M	130	278
40S2-21T	130	278
41S2-22M	130	524
42S2-22T	130	524
43S2-23M	130	525
44S2-23T	130	525
45S2T11M	130	278
46S2T11T	130	278
47S2T12M	130	524
48S2T12T	130	524
49S2T13M	130	525
50S2T13T	130	525
51S2T21M	130	278
52S2T21T	130	278
53S2T22M	130	524
54S2T22T	130	524
55S2T23M	130	525
56S2T23T	130	525
57SED1-	96	641
58SED2-	96	641



NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	31 di 43

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd2}$ la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo		Sollecitazioni		Piedritto dx	
Tipo	C30/37	V_{Ed}	kN		275
R_{ck}	37 N/mm ²	N_{Ed}	kN		0
f_{ck}	30.7 N/mm ²	Armatura a taglio			
γ_c	1.5	Diametro	mm		12
α_{cc}	0.85	Numero barre			2.5
f_{cd}	17.4 N/mm ²	A_{sw}	cm ²		2.83
Acciaio		Passo s	cm		40
f_{tk}	540 N/mm ²	Angolo α	°		90
f_{yk}	450 N/mm ²	Armatura longitudinale			
γ_s	1.15	n_1			5
f_{yd}	391 N/mm ²	\varnothing_1	mm		26
		n_2			
		\varnothing_2	mm		
		Asl	cm ²		26.55
		Sezione			
		b_w	cm		100
		H	cm		70
		c	cm		8.7
		d	cm		61.3
		k	N/mm ²		1.57
		v_{min}	N/mm ²		0.38
		ρ			0.0043
		σ_{cp}	N/mm ²		0.00
		α_c			1.00
		Resistenza senza armatura a taglio			
		V_{Rd}	kN		274
		Resistenza con armatura a taglio			
		Inclinazione puntone θ	°		21.8
		V_{RSd}	kN		382
		V_{RCd}	kN		1655
		V_{Rd}	kN		382

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	32 di 43

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	381.00	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	96.00	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	30.71	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33019.43	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	18.43	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.36	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.35	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.80	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	200000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	70.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	26.55	cm ²	5 Ø 26	$c_{s1} = \mathbf{8.7}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	13.27	cm ²	2.5 Ø 26	$c_{s2} = \mathbf{11.3}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	26.55	cm ²	5 Ø 26	$c_{t1} = \mathbf{8.7}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	13.27	cm ²	2.5 Ø 26	$c_{t2} = \mathbf{11.3}$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sfrozo normale	e (M)	233.64	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	198.64	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	21.20	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	8114.95	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3632854.12	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	1319681.43	cm ⁴		

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	0.64	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	18.04	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sfrozo normale	e (M)	396.88	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	361.88	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	20.42	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	8114.95	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3632854.12	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	1312286.53	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	302.61	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	33 di 43

9.5.2 Verifica soletta inferiore

Sezione: 100 x 100 cm

Armatura a flessione:

- Appoggio (Solinf-App)

Armatura tesa

φ 26/20 cm

Armatura compressa

φ 26/20 cm

- Campata (Solinf-Camp)

Armatura tesa

φ 26/20 cm

Armatura compressa

φ 26/20 cm

Armatura a taglio:

Spille φ 12/40x40 cm.

NV21 - Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 - Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	34 di 43

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

Acciaio		
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$	N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

Calcestruzzo		
Tipo	C30/37	
R_{ck}	37	N/mm ²
f_{ck}	30.71	N/mm ²
γ_c	1.5	
f_{cd}	20.5	N/mm ²
f_{cc}	17.4	N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec.	12	mm

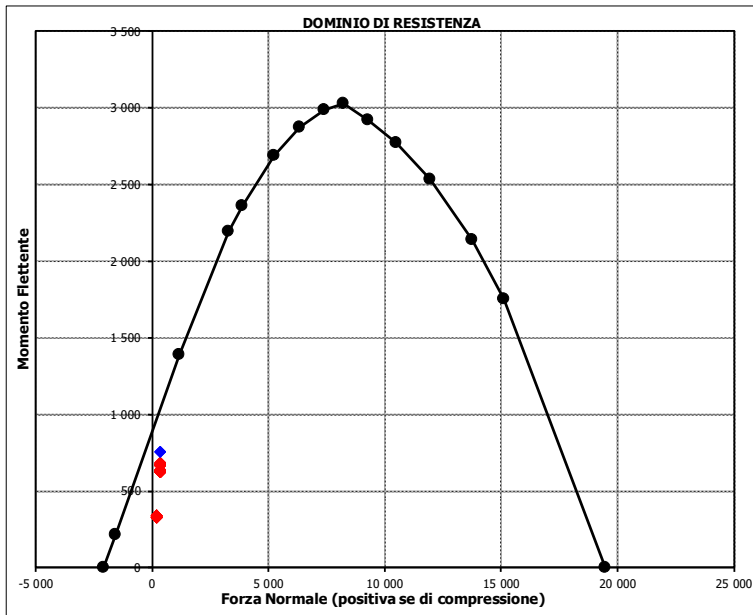
Geometria della sezione		
Altezza geometrica della sezione	$h = 100$	cm
Base della sezione	$b = 100$	cm
Copriferro	$d' = 8.7$	cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.3$	cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
			26.55 cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
			26.55 cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	08S1-15-	359	666
(Nmin)	01S1-11M	195	340
(Mmax)	57SED1-	339	756
(Mmin)	18S1T11T	195	328

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	195	340
02S1-11T	195	329
03S1-12M	359	683
04S1-12T	359	672
05S1-13M	359	679
06S1-13T	359	667
07S1-14-	359	670
08S1-15-	359	666
09S1-21M	195	340
10S1-21T	195	329
11S1-22M	359	683
12S1-22T	359	672
13S1-23M	359	679
14S1-23T	359	667
15S1-24-	359	670
16S1-25-	359	666
17S1T11M	195	337
18S1T11T	195	328
19S1T12M	340	636
20S1T12T	340	628
21S1T13M	340	633
22S1T13T	340	624
23S1T14-	340	627
24S1T15-	340	623
25S1T21M	195	337
26S1T21T	195	328
27S1T22M	340	636
28S1T22T	340	628
29S1T23M	340	633
30S1T23T	340	624
31S1T24-	340	627
32S1T25-	340	623
33S2-11M	195	337
34S2-11T	195	328
35S2-12M	340	636
36S2-12T	340	628
37S2-13M	340	633
38S2-13T	340	624
39S2-21M	195	337
40S2-21T	195	328
41S2-22M	340	636
42S2-22T	340	628
43S2-23M	340	633
44S2-23T	340	624
45S2T11M	195	337
46S2T11T	195	328
47S2T12M	340	636
48S2T12T	340	628
49S2T13M	340	633
50S2T13T	340	624
51S2T21M	195	337
52S2T21T	195	328
53S2T22M	340	636
54S2T22T	340	628
55S2T23M	340	633
56S2T23T	340	624
57SED1-	339	756
58SED2-	339	756



NV21 - Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 - Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	35 di 43

• Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

Acciaio

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$	N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

Calcestruzzo

Tipo	C30/37	
R_{ck}	37	N/mm ²
f_{ck}	30.71	N/mm ²
γ_c	1.5	
f_{cd}	20.5	N/mm ²
f_{ctc}	17.4	N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec	12	mm

Geometria della sezione

Altezza geometrica della sezione	$h = 100$	cm
Base della sezione	$b = 100$	cm
Copriferro	$d' = 8.7$	cm
Altezza utile della sezione	$d = 91.3$	cm

Armatura tesa

N° ferri	Diametro	Area
5	26	26.55 cm ²
		0.00 cm ²
		0.00 cm ²
		26.55 cm²

Armatura compressa

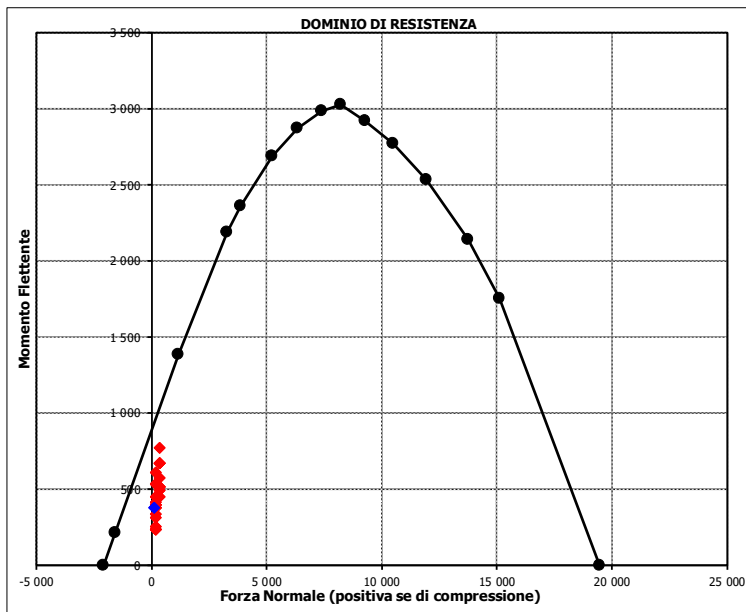
N° ferri	Diametro	Area
5	26	26.55 cm ²
		0.00 cm ²
		0.00 cm ²
		26.55 cm²

Caratteristiche di sollecitazione

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	07S1-14-	359	495
(Nmin)	57SED1-	120	381
(Mmax)	03S1-12M	359	770
(Mmin)	18S1T11T	195	239

Caratteristiche di sollecitazione

	Comb.	Nsd	Msd
	01S1-11M	195	451
	02S1-11T	195	255
	03S1-12M	359	770
	04S1-12T	359	575
	05S1-13M	194	610
	06S1-13T	194	415
	07S1-14-	359	495
	08S1-15-	194	336
	09S1-21M	195	451
	10S1-21T	195	255
	11S1-22M	359	770
	12S1-22T	359	575
	13S1-23M	194	610
	14S1-23T	194	415
	15S1-24-	359	495
	16S1-25-	194	336
	17S1T11M	195	396
	18S1T11T	195	239
	19S1T12M	340	674
	20S1T12T	340	518
	21S1T13M	194	535
	22S1T13T	194	379
	23S1T14-	340	454
	24S1T15-	194	315
	25S1T21M	195	396
	26S1T21T	195	239
	27S1T22M	340	674
	28S1T22T	340	518
	29S1T23M	194	535
	30S1T23T	194	379
	31S1T24-	340	454
	32S1T25-	194	315
	33S2-11M	195	396
	34S2-11T	195	239
	35S2-12M	340	674
	36S2-12T	340	518
	37S2-13M	194	535
	38S2-13T	194	379
	39S2-21M	195	396
	40S2-21T	195	239
	41S2-22M	340	674
	42S2-22T	340	518
	43S2-23M	194	535
	44S2-23T	194	379
	45S2T11M	195	396
	46S2T11T	195	239
	47S2T12M	340	674
	48S2T12T	340	518
	49S2T13M	194	535
	50S2T13T	194	379
	51S2T21M	195	396
	52S2T21T	195	239
	53S2T22M	340	674
	54S2T22T	340	518
	55S2T23M	194	535
	56S2T23T	194	379
	57SED1-	120	381
	58SED2-	120	381



NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	36 di 43

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd2}$ la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo

Tipo	C30/37	
R_{ck}	37	N/mm ²
f_{ck}	30.7	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	17.4	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	159
N_{Ed}	kN	0

Soletta inf
Armatura a taglio

Diametro	mm	12
Numero barre		2.5
A_{sw}	cm ²	2.83
Passo s	cm	40
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale

n_1		5
\varnothing_1	mm	26
n_2		
\varnothing_2	mm	
Asl	cm ²	26.55

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	100
c	cm	8.7
d	cm	91.3
k	N/mm ²	1.47
v_{min}	N/mm ²	0.34
ρ		0.0029
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	334
----------	----	------------

Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone θ	°	21.8
V_{RSd}	kN	568
V_{RCD}	kN	2465
V_{Rd}	kN	568

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	37 di 43

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	459.00	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	248.00	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	30.71	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33019.43	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	18.43	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.36	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.35	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.80	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	100.00	cm			
Larghezza sezione	B	100.00	cm			
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	26.55	cm ²	5	\emptyset 26	$c_{s1} =$ 8.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0	\emptyset 0	$c_{s2} =$ ## cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	26.55	cm ²	5	\emptyset 26	$c_{t1} =$ 8.7 cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0	\emptyset 0	$c_{t2} =$ ## cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	88.05	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	38.05	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	32.52	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	10743.30	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	9691734.17	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	2747754.74	cm ⁴		

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	0.43	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	11.79	N/mm ²	<	σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	185.08	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	135.08	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	26.07	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	10743.30	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	9691734.17	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	2405061.01	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	586.93	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
 Nuova Fermata Lercara
 Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
 imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	38 di 43

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	471.00	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	248.00	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	37	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	30.71	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33019.43	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	18.43	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.36	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.35	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.80	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	100.00	cm			
Larghezza sezione	B	100.00	cm			
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	26.55	cm ²	5	\emptyset 26	$C_{s1} =$ 8.7 cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0.00	cm ²	0	\emptyset 0	$C_{s2} =$ 10.0 cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	26.55	cm ²	5	\emptyset 26	$C_{t1} =$ 8.7 cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	0.00	cm ²	0	\emptyset 0	$C_{t2} =$ 10.0 cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sfrozo normale	e (M)	95.09	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	45.09	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	31.51	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	10743.30	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	9691734.17	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	2673206.49	cm ⁴		

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	0.26	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	7.48	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sfrozo normale	e (M)	189.92	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	139.92	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	25.94	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	10743.30	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	9691734.17	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	2401192.97	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	586.93	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------



**PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA
DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2**

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	39 di 43

10. INCIDENZA MURO A U

I valori delle incidenze di armatura lenta sono indicati nella seguente tabella:

Piedritti	110 kg/mc
Soletta inferiore	70 kg/mc

Come previsto dall' Eurocodice (UNI EN 1992-1-1) per le piastre a portanza unidirezionale si raccomanda di prevedere un'armatura secondaria in quantità non minore del 20% dell'armatura principale.

Pertanto nel calcolo è stata considerata un' armatura longitudinale diffusa $\phi 16/20$ ed un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature e spille.



**PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2**

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	40 di 43

11. DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)

11.1 Tipo di analisi svolte

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

11.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo

Titolo: SAP2000 Ultimate
Versione: 21.0.2
Produttore: CSI Computers and Structures, Inc.

11.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a valutazione che ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali.

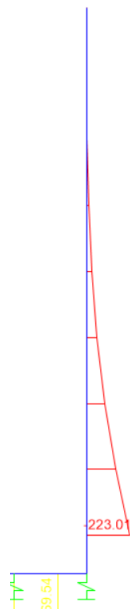
In particolare, è stato confrontato il valore del momento flettente allo spiccatto del piedritto con i rispettivi valori ottenuti per uno schema statico a mensola verticale.

Come carico di confronto è stato utilizzato la spinta triangolare del terreno a riposo $SPTDX=47.8$ kN/m.

La figura seguente mostra il momento flettente ottenuto dal modello agli elementi finiti utilizzato per le verifiche:

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-
Nuova Fermata Lercara
*Sottopasso 0+311 – Relazione di calcolo muri di
imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2108002	B	41 di 43



Calcolo analitico			
Carico triangolare distribuito	G_2	47.8	kN/m
Luce di calcolo	L	5.5	m
Momento all'incastro	M_{max}	240.99	kNm/m
SAP2000			
Momento all'incastro	$M_{1/2}$	223.01	kNm/m
Errore	e	8.1%	

Dal confronto numerico delle deformate e dello stato sollecitativo, si ritengono i risultati del calcolo congrui con le azioni applicate e la geometria del problema.

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto, i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.