

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

NV20 – Nuova viabilità di collegamento Roccapalumba-Lercara  
Relazione di calcolo tombino D=1500

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3Z	00	D	26	CL	NV2003	005	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. GREGORI Mag. 2020 ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Det. Ing. Francesco GREGORI Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 25372/Str.	
B	1° AGG. A CONSEGNA CSLLPP	C. INTEGRA	Maggio 2020	M.SALLEOLINI	Maggio 2020	A. BARRECA	Maggio 2020		

File: RS3Z00D26CLNV2003005B

n. Elab.:

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>7</b>
<b>5. PARAMETRI GEOTECNICI .....</b>	<b>9</b>
5.1 Profondità della falda .....	9
<b>6. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>10</b>
6.1 Pesi propri .....	10
6.2 Permanenti non strutturali .....	10
6.3 Carichi mobili (carico stradale).....	10
6.4 Azione di frenamento ( $Q_3$ ).....	11
6.5 Azione del sisma .....	11
6.6 Ritiro del calcestruzzo.....	14
6.7 Variazione termica .....	14
6.8 Spinta statica del terreno .....	14
6.9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale.....	14
<b>7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....</b>	<b>16</b>
<b>8. VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>18</b>
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione .....	18
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio .....	18
8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio .....	20
<b>9. ANALISI STRUTTURALE .....</b>	<b>21</b>
9.1 Modellazione strutturale : Scatolare.....	21
9.2 Analisi dei carichi .....	23

9.3	Combinazioni .....	26
9.4	Sollecitazioni.....	28
9.5	Verifiche strutturali .....	33
9.5.1	Verifica piedritti.....	33
9.5.2	Verifica soletta superiore .....	39
9.5.3	Verifica soletta inferiore .....	45
<b>10.</b>	<b>INCIDENZA SCATOLARE .....</b>	<b>51</b>
<b>11.</b>	<b>DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2) .....</b>	<b>52</b>
11.1	Tipo di analisi svolte .....	52
11.2	Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo .....	52
11.3	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati .....	52

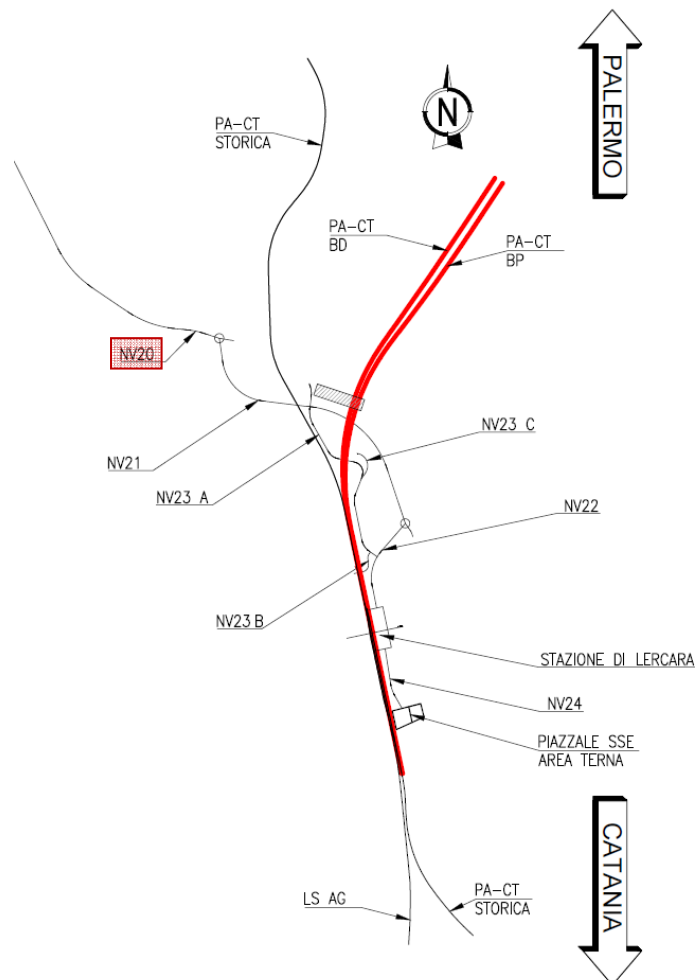
NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	2 di 56

## 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 tipologico dei tombini di geometria circolare  $\phi 1500$  mm della nuova viabilità di collegamento Roccalupa-Lercara (NV20).

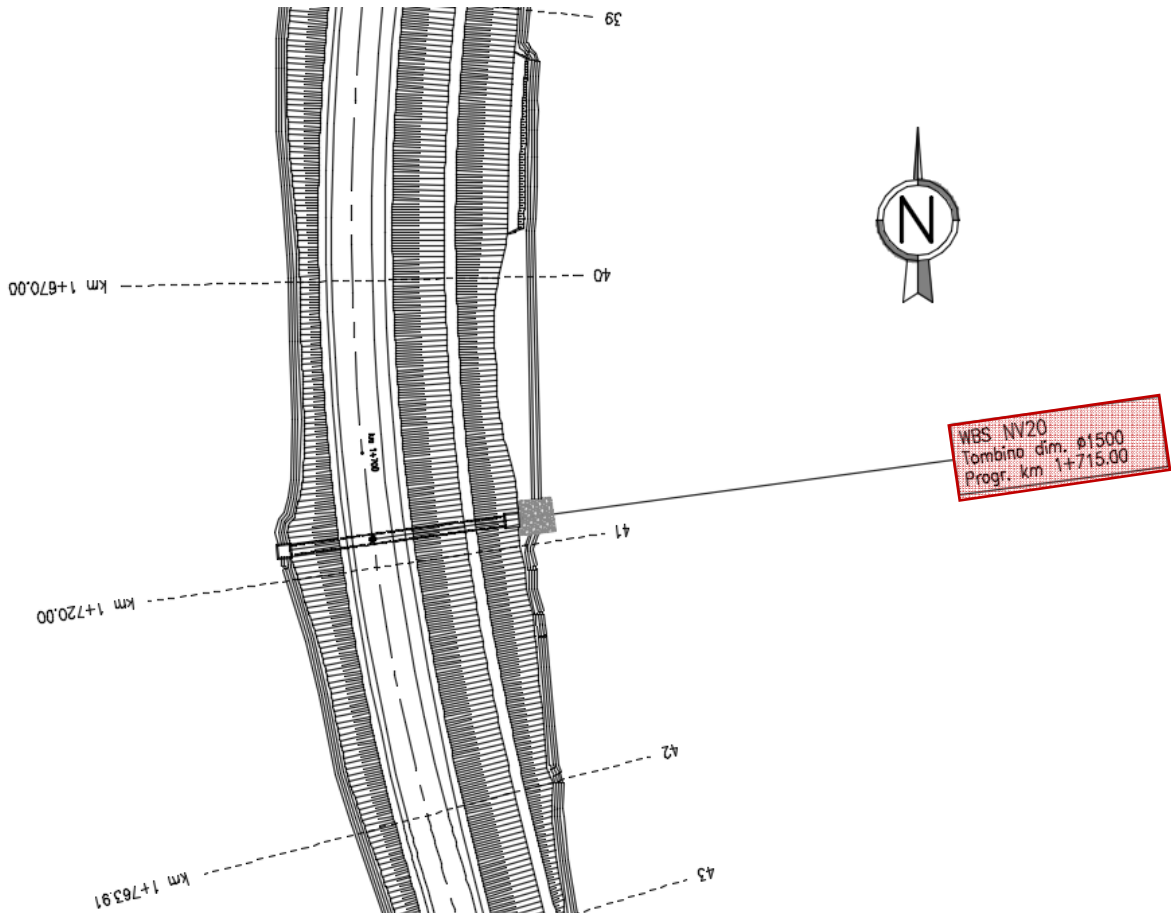


Si fa riferimento al tombino avente il ricoprimento massimo e pari a 8.10 m (situato al km 1+715) poiché, data la geometria ed i carichi applicati, tale condizione è risultata essere la più gravosa per le successive verifiche.

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	3 di 56

Segue uno stralcio della planimetria di progetto con ubicazione dell'opera.



## 2. DESCRIZIONE

Nella seguente relazione, in particolare, vengono descritte le verifiche agli Stati Limite del Tombino idraulico utilizzabile per attraversamenti stradali, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	2.40	m
Altezza totale	Htot	2.40	m
Spessore min./max. soletta superiore	ss	0.30/0.76	m
Spessore min./max. piedritti	sp	0.30/0.76	m
Spessore min./max. soletta inferiore	sf	0.30/0.76	m
Diametro interno	Dint	1.5	m

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

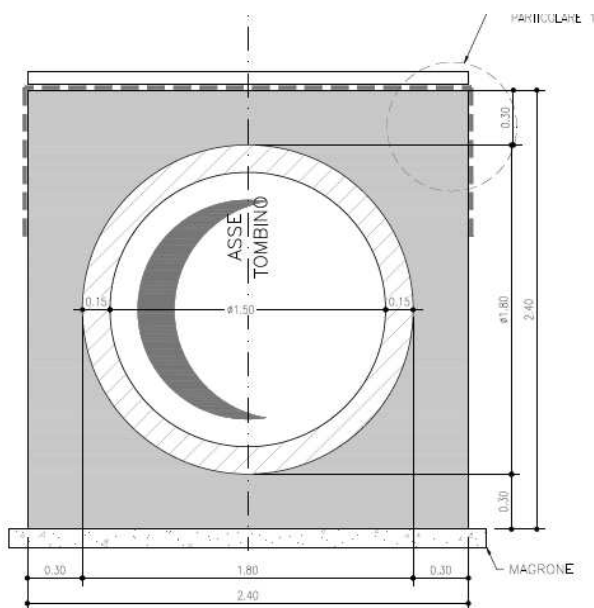


Figura 2.1– Sezione trasversale tombino idraulico

I tombini saranno calcolati nell'ipotesi di massimo ricoprimento (8.10 m), poiché, data la geometria ed i carichi applicati, tale situazione determina la condizione di carico più gravosa.

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



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

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	5 di 56

Geometria del Ricoprimento			
Pacchetto stradale	Hp	0.12	m
Ricoprimento	Hr	8.10	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

Si trascura, a favore di sicurezza, l'eventuale presenza del riempimento interno.

### 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;



#### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### MAGRONE - C12/15

Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza cubica a compressione	$R_{ck}$		N/mm <sup>2</sup>	15
Contenuto minimo cemento			kg/m <sup>3</sup>	150

##### CALCESTRUZZO CLASSE 30/37

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

##### Acciaio ad aderenza migliorata B450C

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

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	8 di 56

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:

$w_1 = 0.2$  mm

$w_2 = 0.3$  mm

$w_3 = 0.4$  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	$\leq w_1$

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	9 di 56

## 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),  $\phi'$ : 35°
- Modulo elastico terreno,  $E'$ : 25 MPa
- Coefficiente di Poisson,  $\nu'$ : 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 Pesi propri

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

- Soletta di fondazione;
- Piedritti;
- Soletta di copertura.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

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

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

Pacchetto stradale:  $\gamma_{pac} = 24.00 \text{ kN/m}^3$

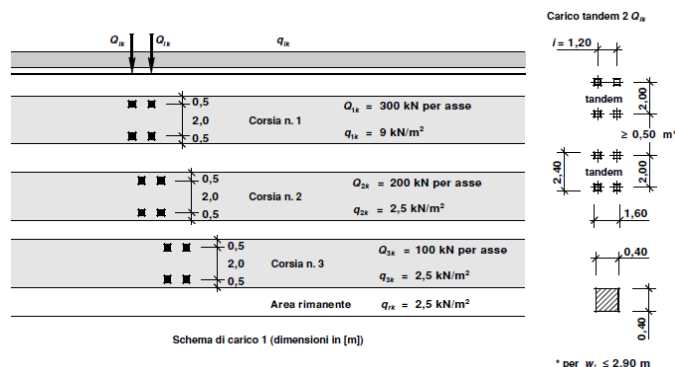
### 6.2 Permanenti non strutturali

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:



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<sup>a</sup> 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 :

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

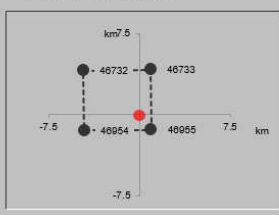
Ricerca per coordinate  
 LONGITUDINE: 13.6057    LATITUDINE: 37.748

Ricerca per comune  
 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



Reticolo di riferimento

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) -  $V_R$     112.5    info

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

Stati limite di esercizio - SLE:
 


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

Stati limite ultimi - SLU:
 

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

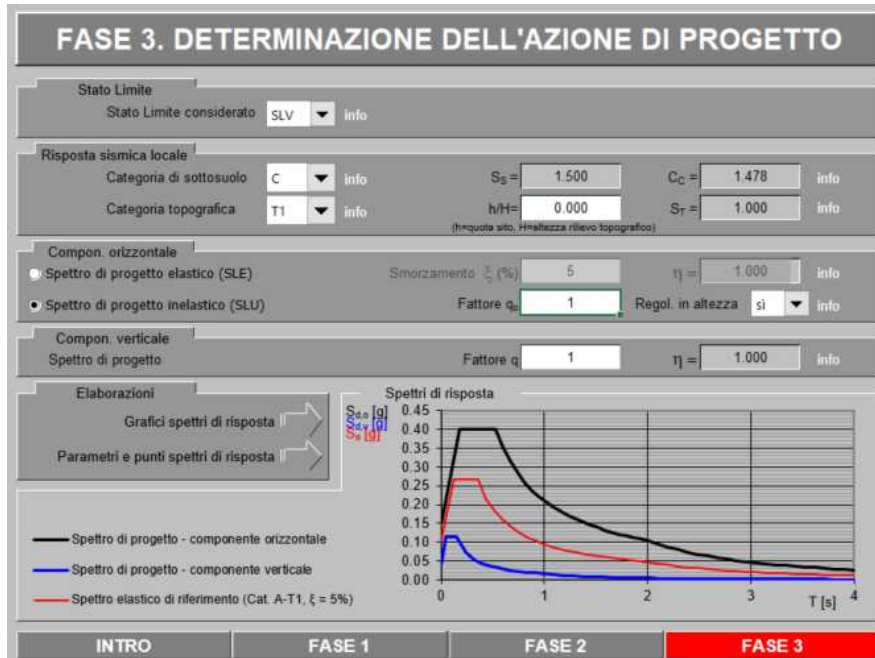
Elaborazioni:  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



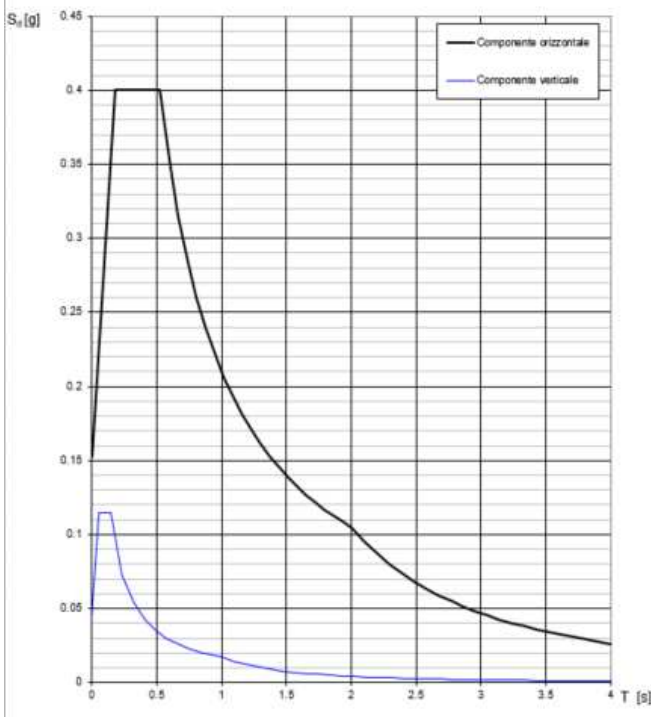
LEGENDA GRAFICO:  
 - - - - Strategia per costruzioni ordinarie  
 - - - - Strategia scelta

INTRO    FASE 1    **FASE 2**    FASE 3



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 limite 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
$\eta$	1.000
$T_B$	0.175 s
$T_C$	0.524 s
$T_D$	2.007 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$S = S_s \cdot S_T$  (NTC-08 Eq. 3.2.5)  
 $\eta = \sqrt{1 + (\xi - 0.05)^2} \geq 0.55, \eta = 1/q$  (NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5)  
 $T_B = T_C / 3$  (NTC-07 Eq. 3.2.8)  
 $T_C = C_C \cdot T_C^*$  (NTC-07 Eq. 3.2.7)  
 $T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6$  (NTC-07 Eq. 3.2.9)

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

$0 \leq T < T_B$   $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot E_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$   
 $T_B \leq T < T_C$   $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$   
 $T_C \leq T < T_D$   $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$   
 $T_D \leq T$   $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

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  $\eta$  con  $1/q$ , 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

## 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  $10^\circ$ , 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 a 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.

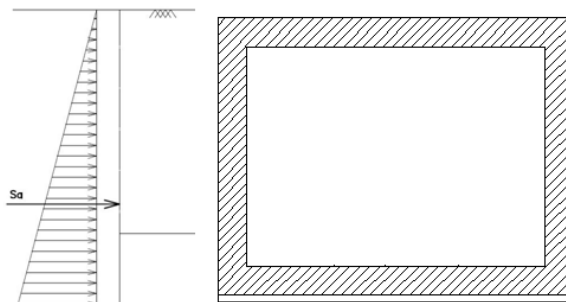


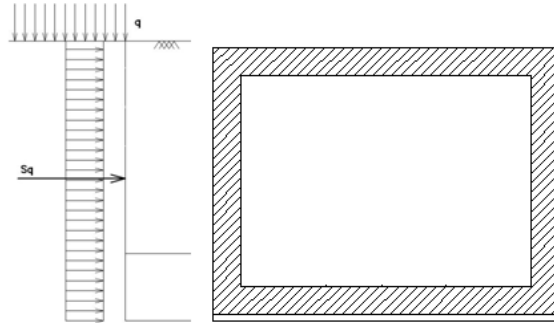
Figura 6.1 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

## 6.9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

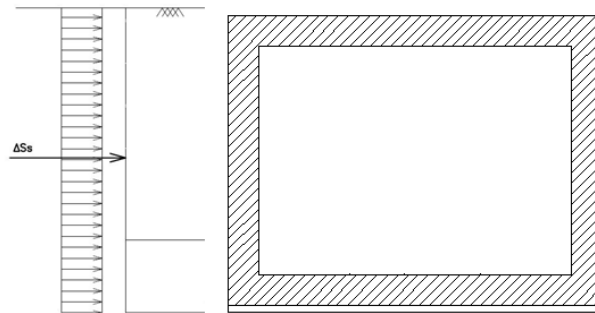
Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a  $S = k_0 \cdot q \cdot H$ , con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.





*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*

## 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 <sup>2</sup>
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m <sup>2</sup>
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

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{r1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{r2}$ , $\gamma_{r3}$ , $\gamma_{r4}$	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 $\Psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\Psi_2$ (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  $\psi$  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:

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

- 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":

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

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	19 di 56

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;

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

$l \leq \cot \vartheta \leq 2.5$  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;

$\alpha$  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.

### 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:

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

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

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

## 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 : Scatolare

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 geometria e la disposizione degli elementi utilizzati sono indicate nella seguente figura.

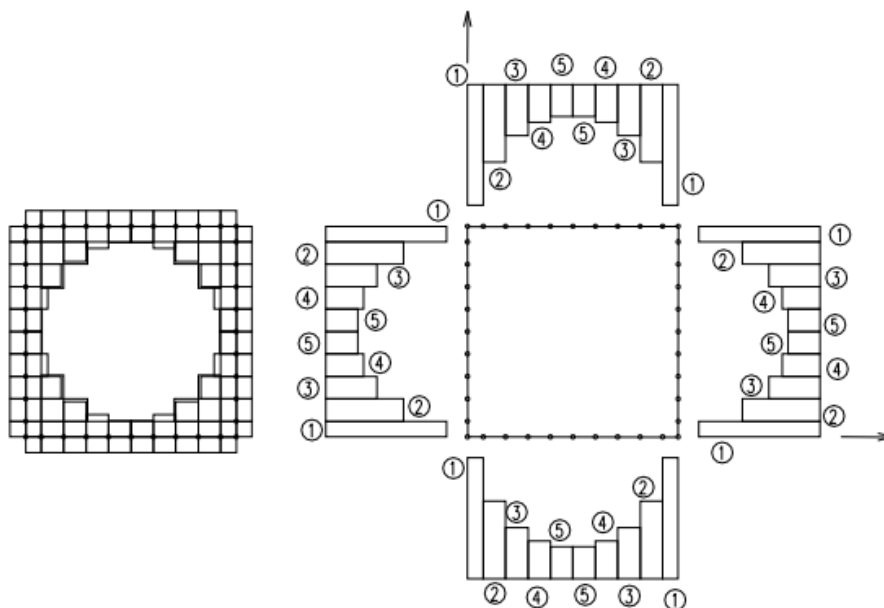


Figura 9-1 – Modello di calcolo

La soletta superiore, inferiore e i piedritti vengono divisi in elementi di diversa altezza per poter schematizzare le effettive dimensioni.

<i>elemento</i>	<i>base (cm)</i>	<i>altezza (cm)</i>	<i>Area (cm<sup>2</sup>)</i>
1	100	120	12000
2	100	76.4	7640
3	100	49.7	4970
4	100	36.6	3660
5	100	30.7	3070

Per la rigidità delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale Kw pari a 5000 kN/m<sup>3</sup>. Tale valore viene valutato tramite la teoria di Bowles, note le dimensioni della fondazione dell'opera e il modulo elastico del terreno di fondazione:

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

Dove:

E	modulo elastico del terreno
$\nu$	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	$(0.30/2 + 1.80 + 0.30/2) / 10 =$	0.21 m
Molle centrali	K1	$5000 \cdot 0.21 =$	1 050 kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 5000 \cdot 0.21 =$	1 575 kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 5000 \cdot (0.21/2 + 0.30/2) =$	2 550 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.



## 9.2 Analisi dei carichi

### Geometria

#### Caratteristiche materiali e terreno

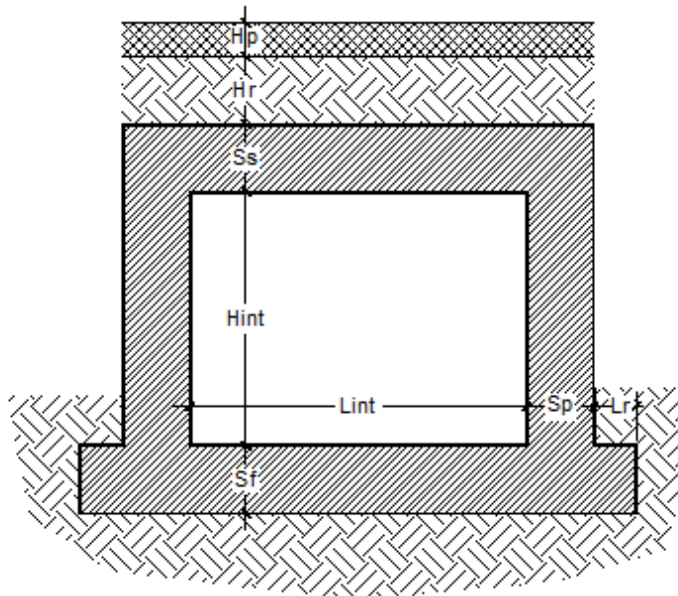
Calcestruzzo armato - Peso specifico	$\gamma$	25	kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato - Tipo		C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	$R_{ck}$	37	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	$f_{ck}$	30.7	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	$E$	33000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

#### Ricoprimento

Spessore pacchetto stradale	$H_p$	0.12	m
Spessore del rinterro	$H_r$	8.10	m

#### Geometria

Spessore soletta superiore	$S_s$	0.30	m
Spessore soletta di fondazione	$S_f$	0.30	m
Spessore piedritti	$S_p$	0.30	m
Altezza netta	$H_{int}$	1.80	m
Larghezza netta	$L_{int}$	1.80	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	$L_r$	0.00	m



Tab. 4: Geometria del modello

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino  $D=1500$ 

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	24 di 56

### Azioni elementari applicate

#### Carichi permanenti

Soletta superiore					
Peso pacchetto stradale	Ps	$0.12 \cdot 24 =$		2.88	kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	$8.10 \cdot 19 =$		153.90	kN/m <sup>2</sup>
Totale				<b>156.78</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Risvolti soletta inferiore					
Peso pacchetto stradale	Ps	-		0.00	kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	-		0.00	kN/m <sup>2</sup>
Totale				<b>0.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

#### Carichi accidentali sulla copertura

Tandem					
Ldiffusione x				1.60	m
Ldiffusione y				2.40	m
Impronta di carico x	Ld1	$1.60 + 2 \cdot (0.12 + (8.10) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 0.30/2) =$		13.41	m
Impronta di carico y	Ld2	$2.40 + 2 \cdot (0.12 + (8.10) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 0.30/2) =$		14.21	m
Impronta sull'impalcato		$13.41 \cdot 14.21 =$		190.60	m <sup>2</sup>
carico q1 (totale)					
carico q1 (ripartito)	Q <sub>1K</sub>	$600 / 190.60 =$		3.15	kN/m <sup>2</sup>
Carico distribuito					
	Ld3	$3.00 + 2 \cdot (0.12 + (8.10) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 0.30/2) =$		14.81	m
	q <sub>1K</sub>	$9.00 \cdot (3.00 / 14.81) =$		1.82	kN/m <sup>2</sup>

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento a:

Caso 5.3 pag. 41 di 481 Manuale Parte II - Sezione II - Ponti

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	25 di 56

**Frenamento q3**

q3	$q3$	$180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900 \text{ kN}$	<b>24.74</b>	<b>kN/m</b>
----	------	--	--------------	-------------

**Azione termica**

Variazione termica uniforme	$\Delta T_U$		0	°
Variazione termica a farfalla	$\Delta T_F$		0	°
Variazione termica uniforme di calcolo	$\Delta T_{U*}$	0 / 2 =	0	°
Variazione termica a farfalla di calcolo	$\Delta T_{F*}$	0 / 2 =	0.00	°

**Ritiro (applicato alla soletta superiore)**

$\Delta T_R$			-10	°
--------------	--	--	-----	---

**Spinta del terreno**

K0		$1 - \text{sen}(35^\circ) =$	0.426	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.426 \cdot 156.78 =$	66.85	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (156.78 + 19 \cdot 0.30/2) =$	<b>68.07</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [156.78 + 19 \cdot (0.30/2 + 1.80 + 0.30/2)] =$	<b>85.08</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [156.78 + 19 \cdot (0.30/2 + 1.80 + 0.30)] =$	86.30	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(66.85 + 68.07)/2 \cdot 0.30/2$	<b>10.12</b>	<b>kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(85.08 + 86.30)/2 \cdot 0.30/2$	<b>12.85</b>	<b>kN/m</b>

**Spinta del carico accidentale**

Spinta dovuta al q1	p	$0.426 \cdot (3.15 + 1.82) =$	<b>2.12</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
---------------------	---	-------------------------------	-------------	-------------------------

**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	Fo		2.622	

Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	C	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	Ss		1.500	
Coeff. Amplificazione topografica	St		1	
Coefficiente S	S	$= Ss \cdot St$	1.500	
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g$	$= a_g/g \cdot S$	0.153	
Fattore di struttura	q		1.00	

Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	FHs	$0.153 \cdot (0.30 \cdot 25 + 156.78 + 0.2 \cdot 4.97) / 1.00 =$	<b>25.29</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.153 \cdot (0.30 \cdot 25) / 1.00 =$	<b>1.15</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

**Spinta del terreno in fase sismica**

Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	$= a_{max}/g$	0.153	
Coefficiente sismico verticale	$k_v$	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.077	

Risultante della spinta sismica	$\Delta S_E$	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot [(Hint + Ss + Sf + Hr)^2]$	320.5	kN/m
Pressione risultante	$\Delta p_E$	$= \Delta S_E / [(Hint + Ss + Sf/2)]$	<b>31.4</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	26 di 56

### 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

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino D=1500

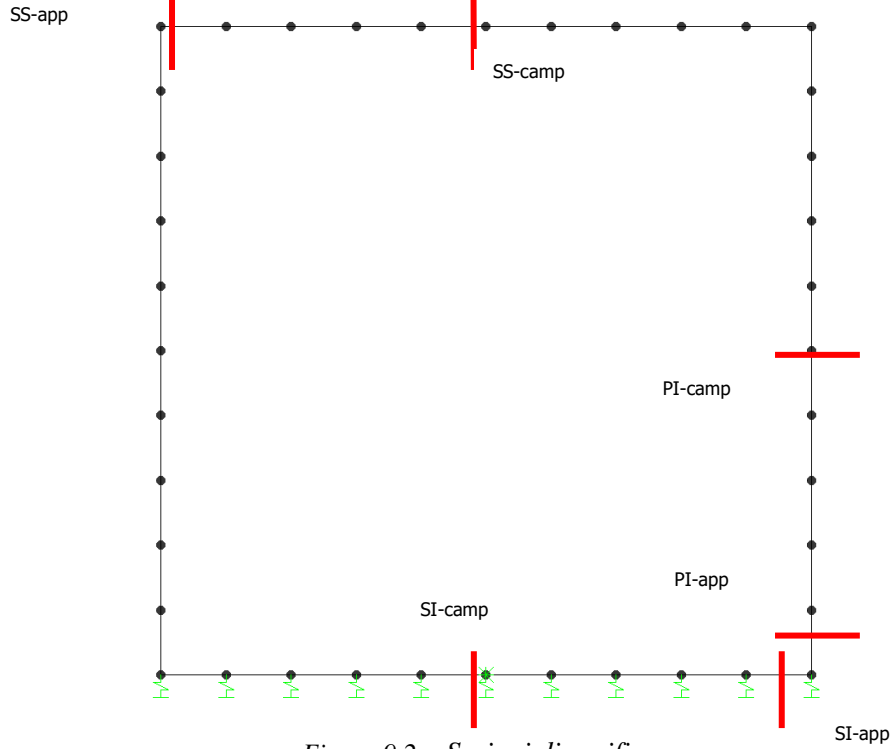
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	27 di 56

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

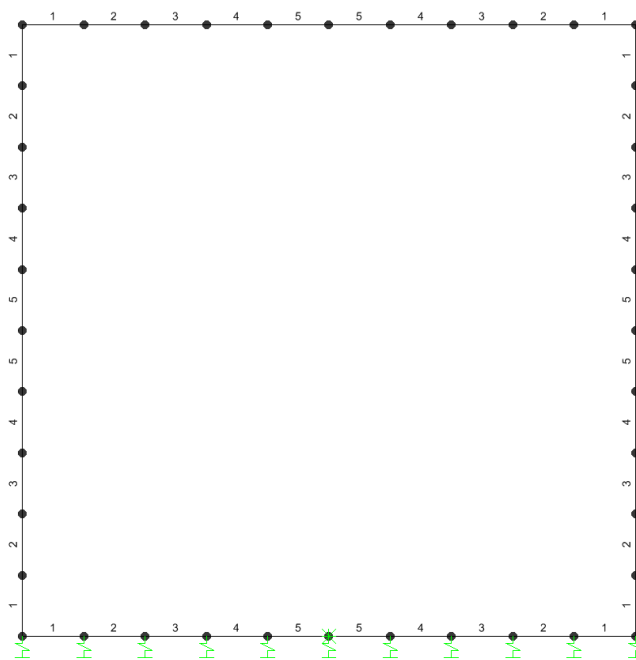
dove:

- 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

## 9.4 Sollecitazioni



*Figura 9.2 - Sezioni di verifica*



*Figura 9.3 - Nomenclatura frame*

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	29 di 56

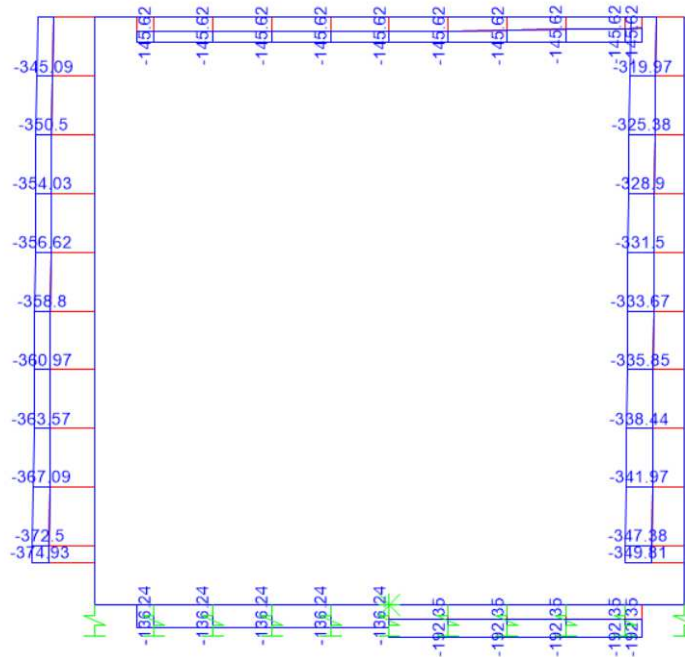


Figura 9.4 - Sforzo Normale – Involuppo SLU

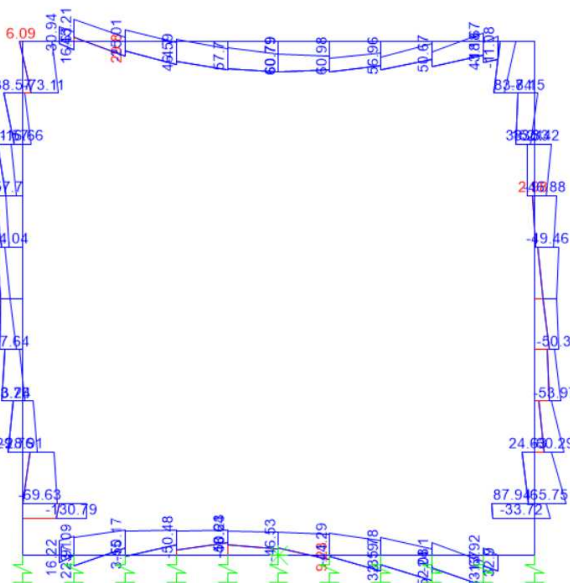


Figura 9.5 - Momento flettente – Involuppo SLU

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	30 di 56

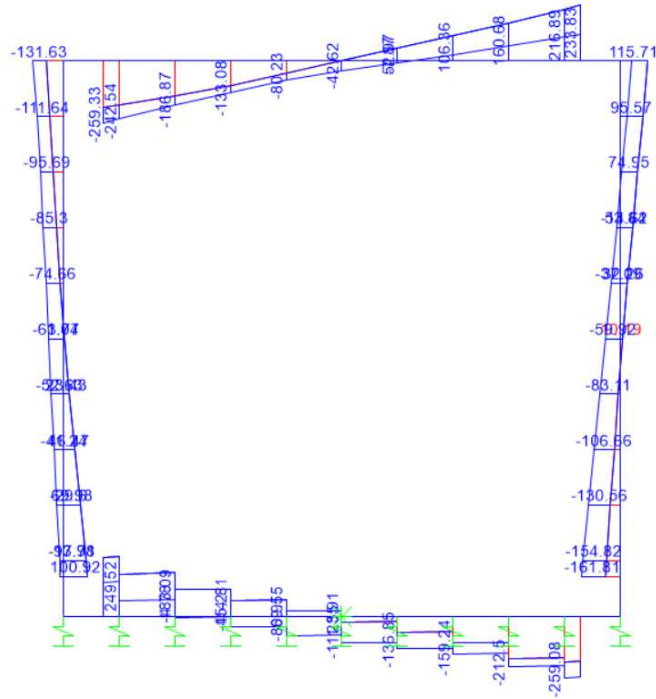


Figura 9.6 - Taglio – Involuppo SLU

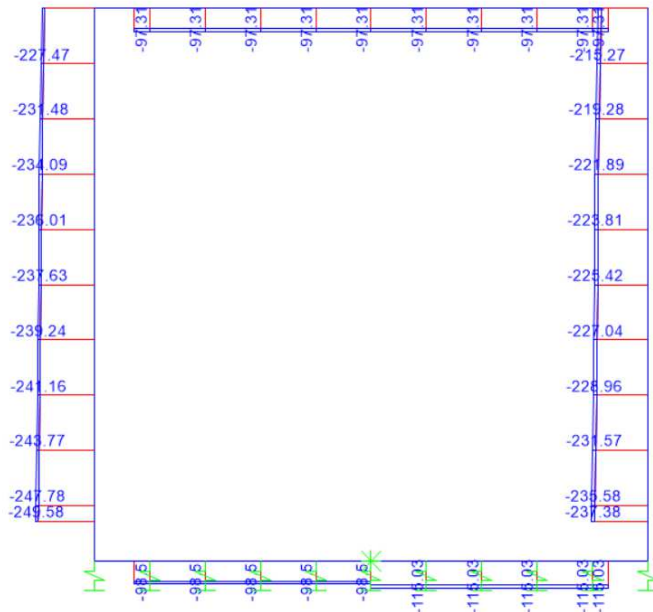


Figura 9.7 - Sforzo Normale – Involuppo SLE-Rara



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	31 di 56

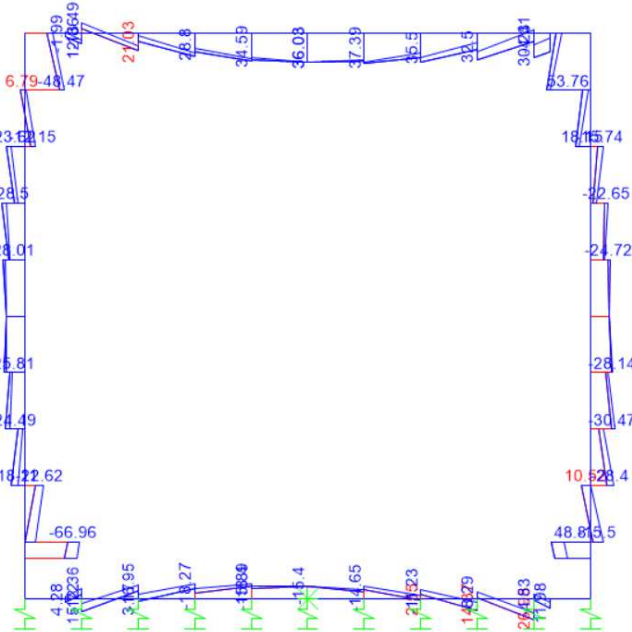


Figura 9.8 - Momento flettente – Inviluppo SLE-Rara

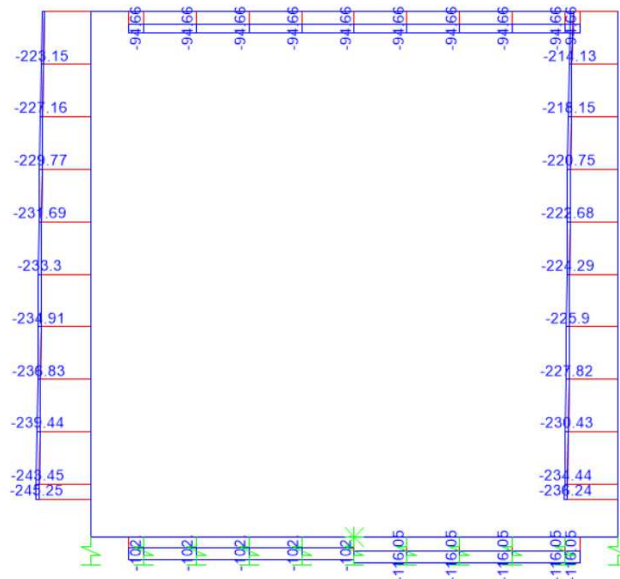


Figura 9.9 - Sforzo Normale – Inviluppo SLE-Frequente

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	32 di 56

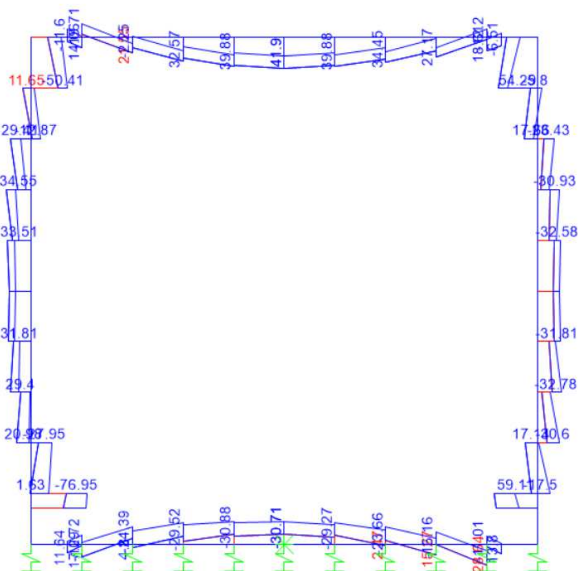


Figura 9.10 - Momento flettente – Inviluppo SLE-Frequente

## 9.5 Verifiche strutturali

### 9.5.1 Verifica piedritti

#### Armatura a flessione:

- Sommità (Pied-Sommità)

**Sezione: 76.4 x 100 cm**

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

- Spiccato (Pied-Spicc)

**Sezione: 30.7 x 100 cm**

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

#### Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo. Si inseriscono comunque Spille φ 12/40x40 cm.

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	34 di 56

• Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-App)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	20.5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec	12	mm

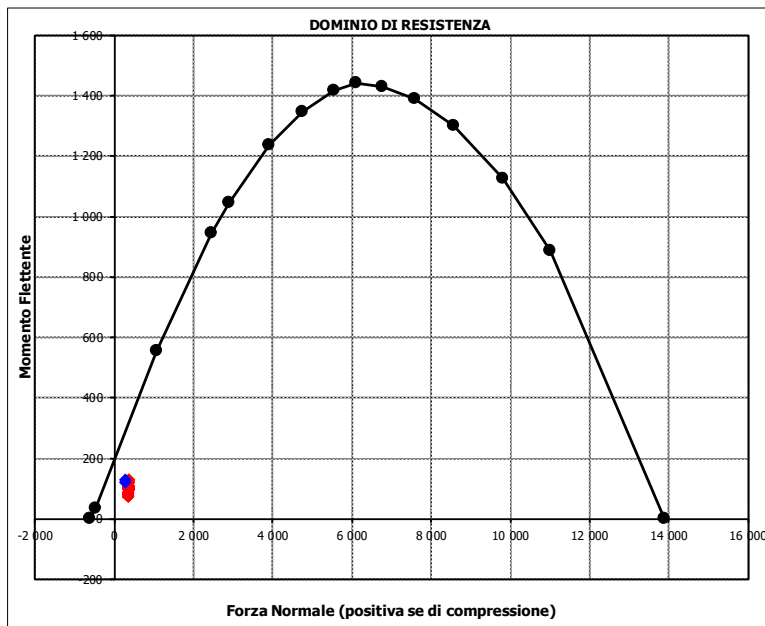
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	76.4 cm
Base della sezione b	100 cm
Copriferro d'	8.1 cm
Altezza utile della sezione d	68.3 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>7.70</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>7.70</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	-13M_0.2	373	129
(Nmin)	D1_-0.21	275	130
(Mmax)	D1_-0.21	275	130
(Mmin)	-24_-0.2	340	75

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	347	88	
02S1-11T	347	88	
03S1-12M	347	86	
04S1-12T	347	86	
05S1-13M	358	110	
06S1-13T	358	110	
07S1-14-	340	84	
08S1-15-	351	108	
09S1-21M	347	79	
10S1-21T	347	79	
11S1-22M	347	77	
12S1-22T	347	77	
13S1-23M	358	101	
14S1-23T	358	101	
15S1-24-	340	75	
16S1-25-	351	99	
17S1T11M	345	87	
18S1T11T	345	87	
19S1T12M	345	85	
20S1T12T	345	85	
21S1T13M	355	108	
22S1T13T	355	108	
23S1T14-	340	84	
24S1T15-	351	107	
25S1T21M	345	78	
26S1T21T	345	78	
27S1T22M	345	76	
28S1T22T	345	76	
29S1T23M	355	99	
30S1T23T	355	99	
31S1T24-	340	75	
32S1T25-	351	98	
33S2-11M	362	108	
34S2-11T	362	108	
35S2-12M	362	106	
36S2-12T	362	106	
37S2-13M	373	129	
38S2-13T	373	129	
39S2-21M	362	99	
40S2-21T	362	99	
41S2-22M	362	97	
42S2-22T	362	97	
43S2-23M	373	121	
44S2-23T	373	121	
45S2T11M	345	87	
46S2T11T	345	87	
47S2T12M	345	85	
48S2T12T	345	85	
49S2T13M	355	108	
50S2T13T	355	108	
51S2T21M	345	78	
52S2T21T	345	78	
53S2T22M	345	76	
54S2T22T	345	76	
55S2T23M	355	99	
56S2T23T	355	99	
57SED1-	275	130	
58SED2-	275	122	



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	35 di 56

• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Camp)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
R <sub>ck</sub>	37 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ck</sub>	30.71 N/mm <sup>2</sup>
γ <sub>c</sub>	1.5
f <sub>cd</sub>	20.5 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>cc</sub>	17.4 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec	12	mm

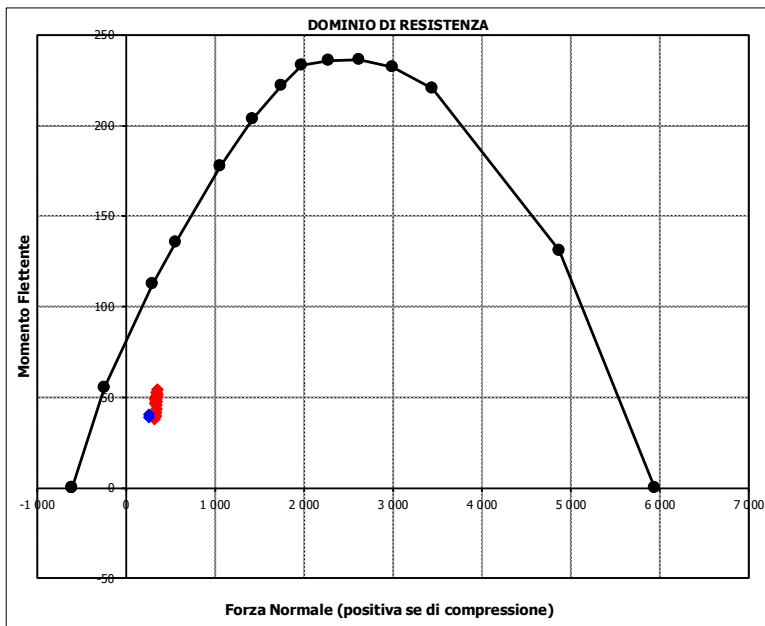
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 30.7$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.1$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 22.6$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>7.70</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>7.70</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	-13M_0,2	357	54
(Nmin)	D1_0,21	263	41
(Mmax)	-13M_0,2	357	54
(Mmin)	-24_0,2	324	38

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	331	49
02S1-11T	331	49
03S1-12M	331	42
04S1-12T	331	42
05S1-13M	342	51
06S1-13T	342	51
07S1-14-	324	40
08S1-15-	335	49
09S1-21M	331	47
10S1-21T	331	47
11S1-22M	331	40
12S1-22T	331	40
13S1-23M	342	48
14S1-23T	342	48
15S1-24-	324	38
16S1-25-	335	47
17S1T11M	329	49
18S1T11T	329	49
19S1T12M	329	41
20S1T12T	329	41
21S1T13M	339	50
22S1T13T	339	50
23S1T14-	324	40
24S1T15-	335	49
25S1T21M	329	47
26S1T21T	329	47
27S1T22M	329	39
28S1T22T	329	39
29S1T23M	339	48
30S1T23T	339	48
31S1T24-	324	38
32S1T25-	335	47
33S2-11M	346	53
34S2-11T	346	53
35S2-12M	346	46
36S2-12T	346	46
37S2-13M	357	54
38S2-13T	357	54
39S2-21M	346	51
40S2-21T	346	51
41S2-22M	346	43
42S2-22T	346	43
43S2-23M	357	52
44S2-23T	357	52
45S2T11M	329	49
46S2T11T	329	49
47S2T12M	329	41
48S2T12T	329	41
49S2T13M	339	50
50S2T13T	339	50
51S2T21M	329	47
52S2T21T	329	47
53S2T22M	329	39
54S2T22T	329	39
55S2T23M	339	48
56S2T23T	339	48
57SED1-	263	41
58SED2-	263	39



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino  $D=1500$ 

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	36 di 56

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura a 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 <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.7	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

		<b>Piedritto dx</b>	<b>Piedritto sx</b>
$V_{Ed}$	kN	<b>162</b>	<b>132</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>	<b>0</b>

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	12	12
Numero barre		2.5	2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	2.83	2.83
Passo s	cm	40	40
Angolo $\alpha$	°	90	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5	5
$\varnothing_1$	mm	14	14
$n_2$			
$\varnothing_2$	mm		
Asl	cm <sup>2</sup>	7.70	7.70

**Sezione**

$b_w$	cm	100	100
H	cm	76.4	76.4
c	cm	8.1	8.1
d	cm	68.3	68.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.54	1.54
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.37	0.37
$\rho$		0.0011	0.0011
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00	0.00
$\alpha_c$		1.00	1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>253</b>	<b>253</b>
----------	----	------------	------------

**Resistenza con armatura a taglio**

Inclinazione puntone $\theta$	°	<b>21.8</b>	<b>21.8</b>
$V_{RSd}$	kN	425	425
$V_{RCd}$	kN	1844	1844
$V_{Rd}$	kN	<b>425</b>	<b>425</b>

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	37 di 56

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>66.96</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>247.78</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>76.95</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	$N_F$	<b>243.45</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>76.40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{8.8}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{t1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \mathbf{8.8}$ cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	27.03	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	-11.17	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	40.60	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	7855.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	3925401.97	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	2440661.92	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>1.21</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>12.41</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

**Proprietà sezione in combinazione frequente**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	31.61	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	-6.59	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	33.18	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	7855.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	3925401.97	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	1432299.28	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	319.28	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	38 di 56

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>28.01</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>236.02</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>33.51</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	$N_F$	<b>231.69</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>30.70</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{8.8}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{t1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \mathbf{8.8}$ cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	11.87	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	-3.48	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	14.53	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	3285.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	253257.41	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	114612.90	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.31</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>27.53</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

**Proprietà sezione in combinazione frequente**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	14.46	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	-0.89	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	12.10	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3285.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	253257.41	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	73581.56	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	57.78	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	-------	-----	----------------------------



### 9.5.2 Verifica soletta superiore

#### Armatura a flessione:

- Appoggio (Solsup-App)

**Sezione: 76.4 x 100 cm**

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

- Campata (Solsup-Camp)

**Sezione: 30.7 x 100 cm**

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

#### Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo. Si inseriscono comunque Spille φ 12/40x40 cm.

NV20 - Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	40 di 56

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

**Acciaio**

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

**Calcestruzzo**

Tipo	C30/37
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.71 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	20.5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctc}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>

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

**Geometria della sezione**

Altezza geometrica della sezione	$h$	=	76.4	cm
Base della sezione	$b$	=	100	cm
Copriferro	$d'$	=	8.1	cm
Altezza utile della sezione	$d$	=	68.3	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area
5	14	7.70 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>7.70 cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

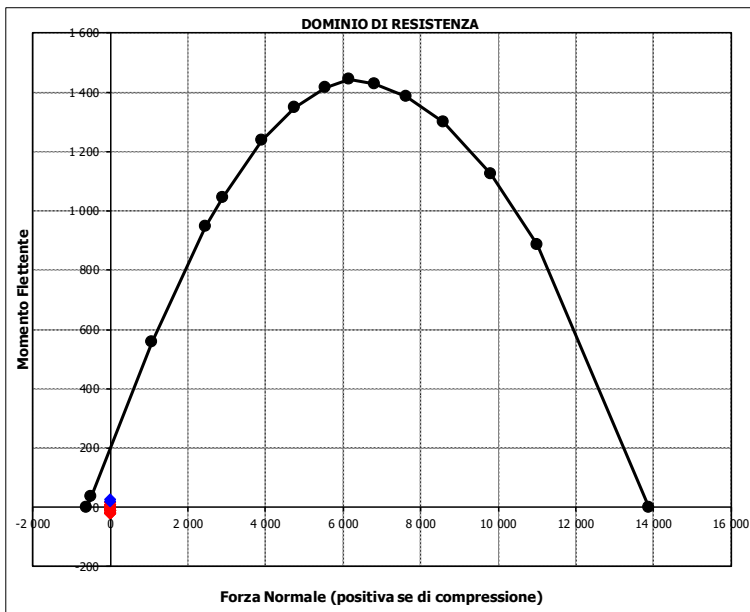
N° ferri	Diametro	Area
5	14	7.70 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>7.70 cm<sup>2</sup></b>

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	-11M_0.2	0
(Nmin)	-11M_0.2	0
(Mmax)	D2-_0.21	0
(Mmin)	-12M_0.2	0

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	-19
02S1-11T	0	-19
03S1-12M	0	-19
04S1-12T	0	-19
05S1-13M	0	-9
06S1-13T	0	-9
07S1-14-	0	-18
08S1-15-	0	-9
09S1-21M	0	-10
10S1-21T	0	-10
11S1-22M	0	-10
12S1-22T	0	-10
13S1-23M	0	-1
14S1-23T	0	-1
15S1-24-	0	-9
16S1-25-	0	0
17S1T11M	0	-18
18S1T11T	0	-18
19S1T12M	0	-18
20S1T12T	0	-18
21S1T13M	0	-9
22S1T13T	0	-9
23S1T14-	0	-18
24S1T15-	0	-9
25S1T21M	0	-10
26S1T21T	0	-10
27S1T22M	0	-10
28S1T22T	0	-10
29S1T23M	0	-1
30S1T23T	0	-1
31S1T24-	0	-9
32S1T25-	0	0
33S2-11M	0	0
34S2-11T	0	0
35S2-12M	0	0
36S2-12T	0	0
37S2-13M	0	9
38S2-13T	0	9
39S2-21M	0	8
40S2-21T	0	8
41S2-22M	0	8
42S2-22T	0	8
43S2-23M	0	17
44S2-23T	0	17
45S2T11M	0	-18
46S2T11T	0	-18
47S2T12M	0	-18
48S2T12T	0	-18
49S2T13M	0	-9
50S2T13T	0	-9
51S2T21M	0	-10
52S2T21T	0	-10
53S2T22M	0	-10
54S2T22T	0	-10
55S2T23M	0	-1
56S2T23T	0	-1
57SED1-	0	20
58SED2-	0	28



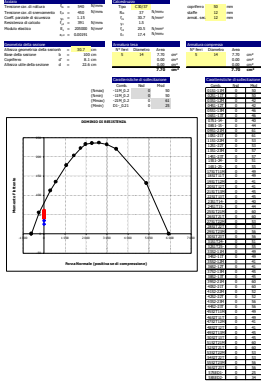


**PROGETTO DEFINITIVO**  
**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
**RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA**  
**DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2**

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	41 di 56

- Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino  $D=1500$ 

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	42 di 56

- 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 <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.7	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

$V_{Ed}$	kN	<b>259</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Soletta sup**
**Armatura a taglio**

Diametro	mm	<b>12</b>
Numero barre		<b>2.5</b>
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	<b>2.83</b>
Passo s	cm	<b>40</b>
Angolo $\alpha$	°	<b>90</b>

**Armatura longitudinale**

$n_1$		<b>5</b>
$\varnothing_1$	mm	<b>14</b>
$n_2$		
$\varnothing_2$	mm	
Asl	cm <sup>2</sup>	<b>7.70</b>

**Sezione**

$b_w$	cm	<b>100</b>
H	cm	<b>76.4</b>
c	cm	<b>8.1</b>
d	cm	<b>68.3</b>
k	N/mm <sup>2</sup>	<b>1.54</b>
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	<b>0.37</b>
$\rho$		<b>0.0011</b>
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	<b>0.00</b>
$\alpha_c$		<b>1.00</b>

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>253</b>
----------	----	------------

**Resistenza con armatura a taglio**

Inclinazione puntone $\theta$	°	<b>21.8</b>
$V_{RSd}$	kN	<b>425</b>
$V_{RCd}$	kN	<b>1844</b>
$V_{Rd}$	kN	<b>425</b>

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino  $D=1500$ 

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	43 di 56

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>32.50</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>0.00</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>27.17</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	$N_F$	<b>0.00</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>76.40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{8.8}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{t1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \mathbf{8.8}$ cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	11.17	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	7855.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	3925401.97	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	424365.24	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>0.86</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>65.63</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

**Proprietà sezione in combinazione frequente**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	26.80	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	7855.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	3925401.97	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	880785.06	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	287.43	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino  $D=1500$ 

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	44 di 56

- Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>36.03</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>0.00</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>41.90</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	$N_F$	<b>0.00</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>30.70</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{8.8}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{t1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \mathbf{8.8}$ cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	6.42	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	3285.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	253257.41	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	39371.02	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.88</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>222.06</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

**Proprietà sezione in combinazione frequente**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	7.10	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3285.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	253257.41	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	39786.88	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	46.15	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	-------	-----	----------------------------

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	45 di 56

### 9.5.3 Verifica soletta inferiore

#### Armatura a flessione:

- Appoggio (Solinf-App)

**Sezione: 76.4 x 100 cm**

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

- Campata (Solinf-Camp)

**Sezione: 30.7 x 100 cm**

Armatura tesa

φ 14/20 cm

Armatura compressa

φ 14/20 cm

#### Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo. Si inseriscono comunque Spille φ 12/40x40 cm.

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	46 di 56

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

**Acciaio**

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

**Calcestruzzo**

Tipo	<b>C30/37</b>	
R <sub>ck</sub>	37	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ck</sub>	30.71	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
f <sub>cd</sub>	20.5	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>cc</sub>	17.4	N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec	12	mm

**Geometria della sezione**

Altezza geometrica della sezione	h	=	76.4	cm
Base della sezione	b	=	100	cm
Copriferro	d'	=	8.1	cm
Altezza utile della sezione	d	=	68.3	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>7.70</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

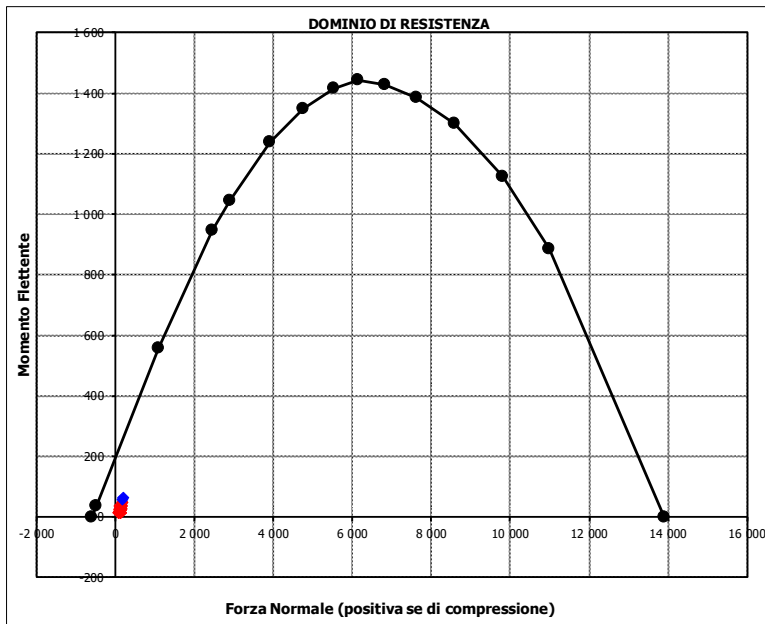
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>7.70</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	2-_0.21	192	64
(Nmin)	11M_0.21	88	14
(Mmax)	2-_0.21	192	64
(Mmin)	14-_0.21	126	14

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	88	14
02S1-11T	88	14
03S1-12M	125	14
04S1-12T	125	14
05S1-13M	142	28
06S1-13T	142	28
07S1-14-	126	14
08S1-15-	143	28
09S1-21M	99	23
10S1-21T	99	23
11S1-22M	136	22
12S1-22T	136	22
13S1-23M	153	37
14S1-23T	153	37
15S1-24-	136	22
16S1-25-	153	37
17S1T11M	88	14
18S1T11T	88	14
19S1T12M	124	14
20S1T12T	124	14
21S1T13M	141	28
22S1T13T	141	28
23S1T14-	125	14
24S1T15-	141	28
25S1T21M	99	23
26S1T21T	99	23
27S1T22M	135	22
28S1T22T	135	22
29S1T23M	152	36
30S1T23T	152	36
31S1T24-	135	22
32S1T25-	152	36
33S2-11M	105	27
34S2-11T	105	27
35S2-12M	141	26
36S2-12T	141	26
37S2-13M	158	40
38S2-13T	158	40
39S2-21M	115	36
40S2-21T	115	36
41S2-22M	152	35
42S2-22T	152	35
43S2-23M	168	49
44S2-23T	168	49
45S2T11M	88	14
46S2T11T	88	14
47S2T12M	124	14
48S2T12T	124	14
49S2T13M	141	28
50S2T13T	141	28
51S2T21M	99	23
52S2T21T	99	23
53S2T22M	135	22
54S2T22T	135	22
55S2T23M	152	36
56S2T23T	152	36
57SED1-	183	56
58SED2-	192	64





NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	47 di 56

• Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

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

Calcestruzzo	
Tipo	C30/37
R <sub>ck</sub>	37 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>ck</sub>	30.71 N/mm <sup>2</sup>
γ <sub>c</sub>	1.5
f <sub>cd</sub>	20.5 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>cc</sub>	17.4 N/mm <sup>2</sup>

coprifero	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec	12	mm

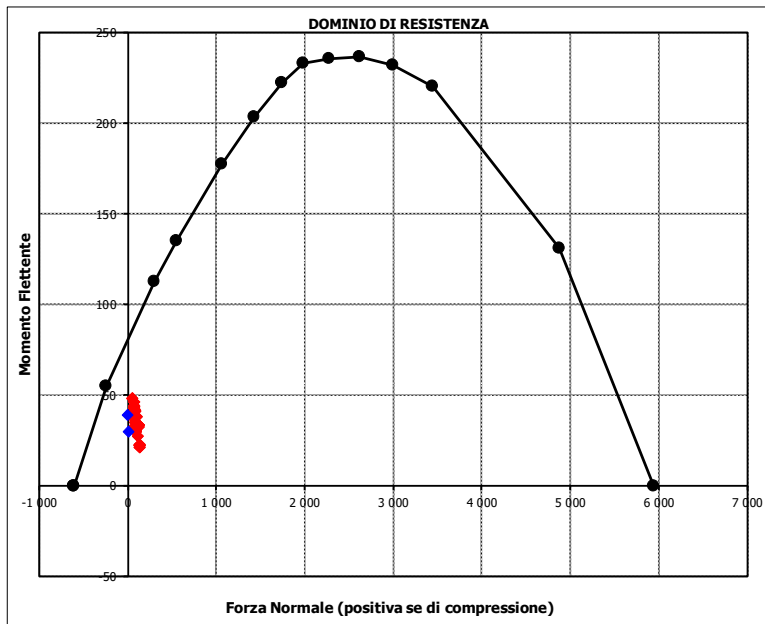
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 30.7$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Coprifero	$d' = 8.1$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 22.6$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>7.70</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	14	7.70	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>7.70</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax) 24_0	136	21	
(Nmin) 1_0	3	39	
(Mmax) 13M_0	55	49	
(Mmin) 24_0	136	21	

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	88	42	
02S1-11T	88	42	
03S1-12M	125	34	
04S1-12T	125	34	
05S1-13M	71	44	
06S1-13T	71	44	
07S1-14-	126	32	
08S1-15-	71	43	
09S1-21M	99	31	
10S1-21T	99	31	
11S1-22M	136	23	
12S1-22T	136	23	
13S1-23M	82	33	
14S1-23T	82	33	
15S1-24-	136	21	
16S1-25-	82	32	
17S1T11M	88	41	
18S1T11T	88	41	
19S1T12M	124	33	
20S1T12T	124	33	
21S1T13M	72	44	
22S1T13T	72	44	
23S1T14-	125	33	
24S1T15-	72	43	
25S1T21M	99	30	
26S1T21T	99	30	
27S1T22M	135	22	
28S1T22T	135	22	
29S1T23M	82	32	
30S1T23T	82	32	
31S1T24-	135	21	
32S1T25-	82	32	
33S2-11M	71	46	
34S2-11T	71	46	
35S2-12M	108	38	
36S2-12T	108	38	
37S2-13M	55	49	
38S2-13T	55	49	
39S2-21M	82	35	
40S2-21T	82	35	
41S2-22M	118	27	
42S2-22T	118	27	
43S2-23M	65	38	
44S2-23T	65	38	
45S2T11M	88	41	
46S2T11T	88	41	
47S2T12M	124	33	
48S2T12T	124	33	
49S2T13M	72	44	
50S2T13T	72	44	
51S2T21M	99	30	
52S2T21T	99	30	
53S2T22M	135	22	
54S2T22T	135	22	
55S2T23M	82	32	
56S2T23T	82	32	
57SED1-	3	39	
58SED2-	12	30	



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	48 di 56

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura a 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 <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.7	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	17.4	N/mm <sup>2</sup>

#### Acciaio

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

#### Sollecitazioni

$V_{Ed}$	kN	<b>259</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

#### Soletta inf

#### Armatura a taglio

Diametro	mm	<b>12</b>
Numero barre		<b>2.5</b>
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	2.83
Passo s	cm	<b>40</b>
Angolo $\alpha$	°	<b>90</b>

#### Armatura longitudinale

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	14
$n_2$		
$\varnothing_2$	mm	
Asl	cm <sup>2</sup>	7.70

#### Sezione

$b_w$	cm	100
H	cm	76.4
c	cm	8.1
d	cm	68.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.54
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.37
$\rho$		0.0011
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

#### Resistenza senza armatura a taglio

$V_{Rd}$	kN	<b>253</b>
----------	----	------------

#### Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone $\theta$	°	<b>21.8</b>
$V_{RSd}$	kN	425
$V_{RCd}$	kN	1844
$V_{Rd}$	kN	<b>425</b>

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	49 di 56

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>26.95</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>115.03</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>28.64</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	$N_F$	<b>115.85</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>76.40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{8.8}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{t1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \mathbf{8.8}$ cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	23.43	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	-14.77	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	48.29	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	7855.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	3925401.97	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	3986443.44	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>0.47</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>2.90</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

**Proprietà sezione in combinazione frequente**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	24.72	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	-13.48	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	45.35	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	7855.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	3925401.97	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	3330805.79	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	302.59	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino D=1500

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	50 di 56

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>15.89</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>-86.47</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>30.71</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	$N_F$	<b>-62.08</b>	kN

**Materiali**

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

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>30.70</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{s1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{s2} = \mathbf{8.8}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>14</b>	$C_{t1} = \mathbf{8.1}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>0</b>	$C_{t2} = \mathbf{8.8}$ cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	18.38	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	3.03	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	10.24	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	3285.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	253257.41	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	53998.32	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>-2.18</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>-39.38</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

**Proprietà sezione in combinazione frequente**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	49.47	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	34.12	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	7.47	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3285.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	253257.41	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	40369.70	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	43.03	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**

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	51 di 56

## 10. INCIDENZA SCATOLARE

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

Piedritti	<b>50 kg/mc</b>
Soletta superiore	<b>50 kg/mc</b>
Soletta inferiore	<b>50 kg/mc</b>

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  $\phi 12/20$  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**

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	52 di 56

## 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.

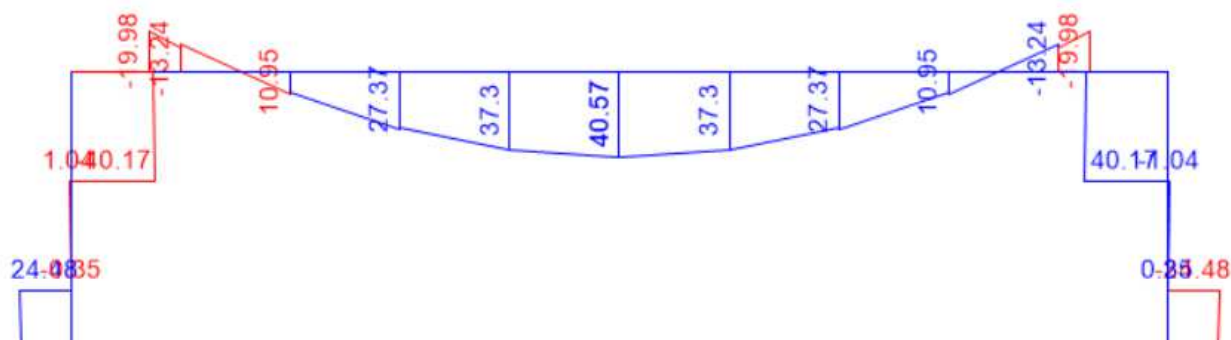
### 11.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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 in campata del solettone superiore con i rispettivi valori ottenuti per uno schema statico a trave appoggiata (limite superiore) e per uno schema a trave doppiamente incastrata (limite inferiore).

Come carico di confronto è stato utilizzato il carico permanente non strutturale  $G_2=156.78$  kN/m.

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



<b>Calcolo analitico_trave appoggiata</b>			
Carico uniformemente distribuito	$G_2$	156.78	kN/m
Luce di calcolo	L	1.8	m
Momento in campata	$M_{l/2}$	63.50	kNm/m
<b>Calcolo analitico_trave incastrata</b>			
Carico uniformemente distribuito	$G_2$	156.78	kN/m
Luce di calcolo	L	1.8	m
Momento in campata	$M_{l/2}$	21.17	kNm/m
<b>SAP2000</b>			
Momento in campata	$M_{l/2}$	40.57	kNm/m
<b>Momento in campata_trave incastrata</b>			
	Lim.Inf.	21.17	kNm/m
<b>Momento in campata_SAP2000</b>			
		40.57	kNm/m
<b>Momento in campata_trave appoggiata</b>			
	Lim.Sup.	63.50	kNm/m
<b>Momento in campata_trave semi-incastrata</b>			
	$M_{l/2}$	42.33	kNm/m
Errore	e	<b>4.2%</b>	

Come si nota, il valore del momento restituito dal programma di calcolo cade all'interno dei valori limite ottenuti dai due schemi statici adottati. Il vincolo effettivo è quindi assimilabile ad un semi-incastro. Nella tabella precedente è riportato anche l'errore percentuale, in valore assoluto, tra il modello agli elementi finiti adottato e lo schema statico di trave con semi-incastri alle estremità.



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

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino D=1500*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003005	B	54 di 56

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.