

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 4x4

SCALA:

-
---

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3Z	00	D	26	CL	NV2003	004	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. INTEGRA	Gennaio 2020	M.SALLEOLINI 	Gennaio 2020	A. BARRECA 	Gennaio 2020	F. DE Maggiorani HI 2020 ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Dott. Ing. Francesco De 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: RS3Z00D26CLNV2003004B

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

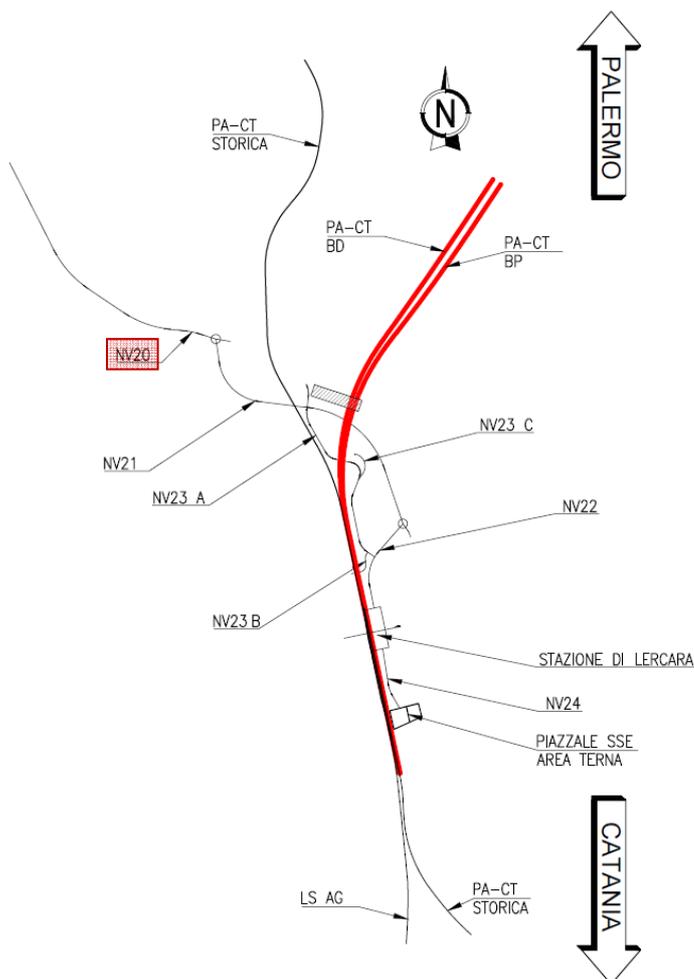
NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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.

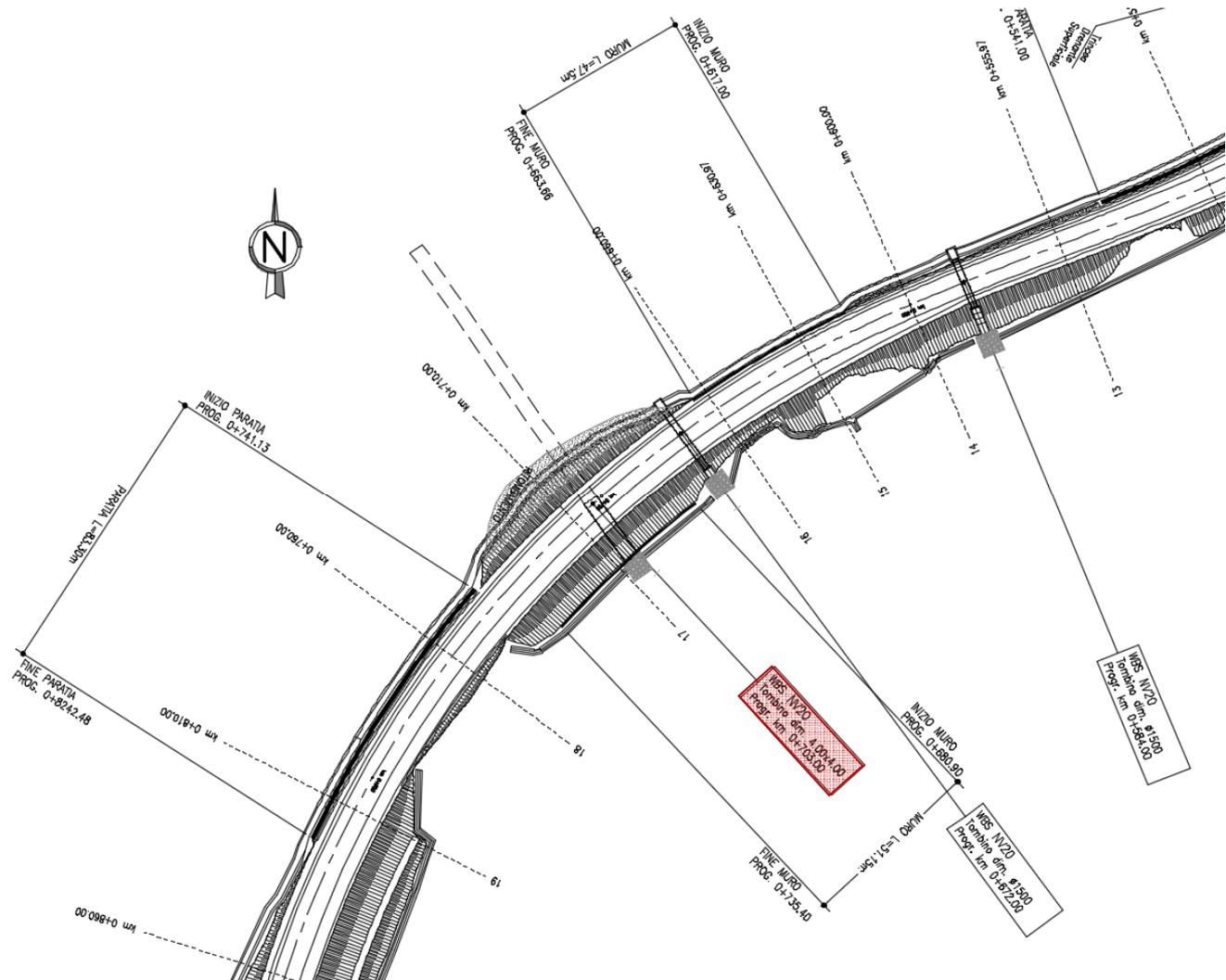
Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale del tombino di geometria  $4.0 \times 4.0 \times 0.5m$  situato al km 0+703 della nuova viabilità di collegamento Roccalupa-Lercara (NV20).



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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	5.00	m
Altezza totale	Htot	5.00	m
Spessore soletta superiore	ss	0.50	m
Spessore piedritti	sp	0.50	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.50	m
Luce libera	Lint	4.00	m
Altezza libera	Hint	4.00	m

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

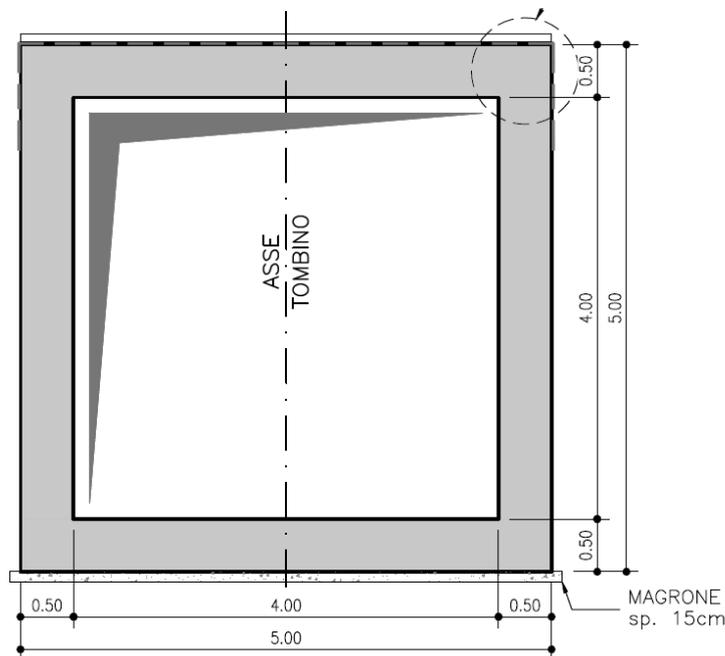


Figura 2.1– Sezione trasversale tombino idraulico

Il tombino presenta un ricoprimento di 7.65 m.

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 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	5 di 56

Geometria del Ricoprimento			
Pacchetto stradale	Hp	0.12	m
Ricoprimento	Hr	7.65	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;

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	7 di 56

#### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

<b>MAGRONE - C12/15</b>				
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

<b>CALCESTRUZZO CLASSE 30/37</b>				
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

<b>Acciaio ad aderenza migliorata B450C</b>				
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 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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	$\leq w_1$

## 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 kN/m <sup>3</sup>
Rilevato:	$\gamma_{ril}$	= 19.00 kN/m <sup>3</sup>
Pacchetto stradale:	$\gamma_{pac}$	= 24.00 kN/m <sup>3</sup>

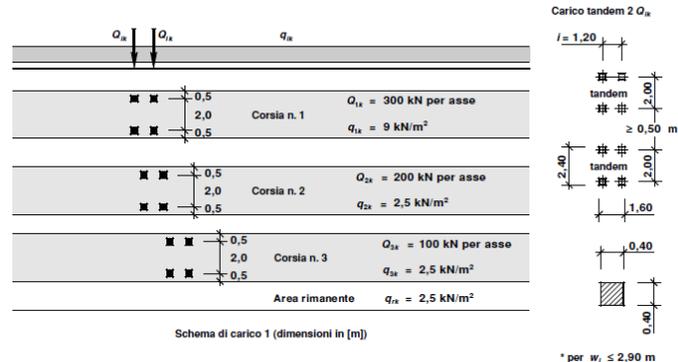
### 6.2 Permanenti non strutturali

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

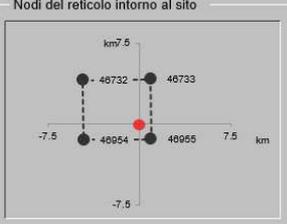
Ricerca per coordinate  
LONGITUDINE: 13.6057    LATITUDINE: 37.748

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) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE:
 

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

Stati limite ultimi - SLU:
 

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

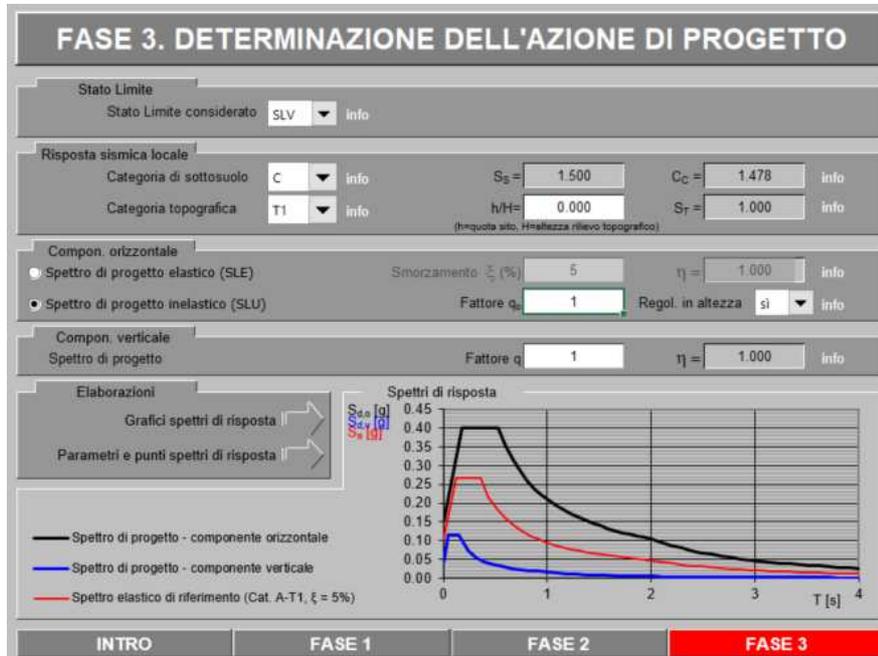
Elaborazioni:  
Grafici parametri azione  
Grafici spettri di risposta  
Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



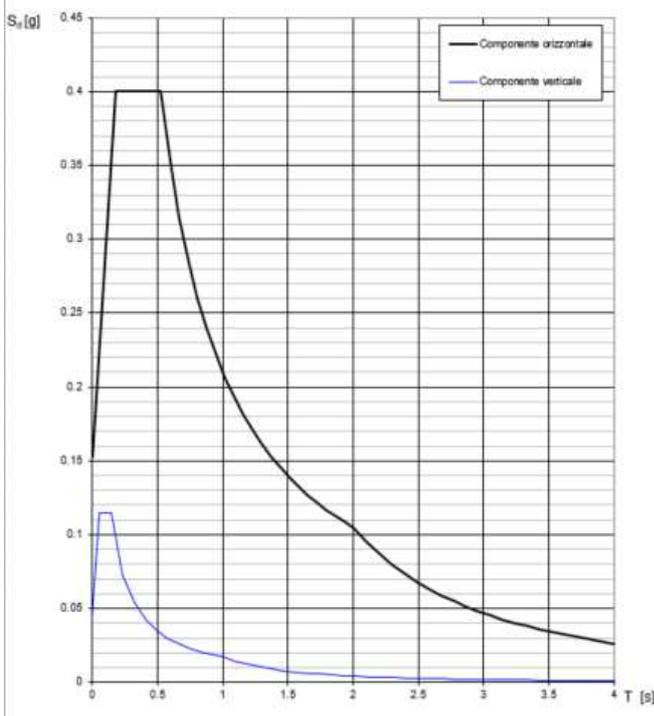
LEGENDA GRAFICO:  
 - - - - Strategia per costruzioni ordinarie  
 - - - - Strategia scelta

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 limiti SLV**



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

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

Parametri dipendenti	
$S$	1.500
$\eta$	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)  
 $\eta = \sqrt{1 + (\xi - 0.5)^2} \geq 0.55, \eta = 1/q$  (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  $T_C$ , 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°, 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.

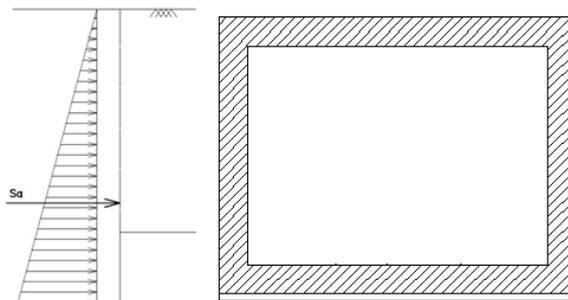
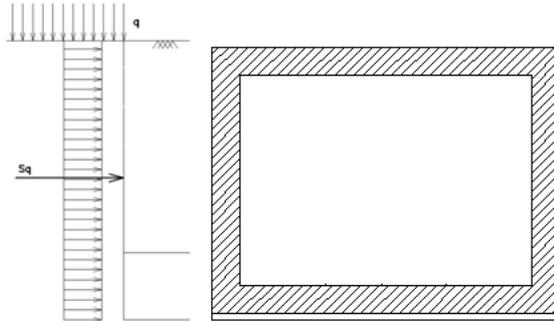


Figura 6.1 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

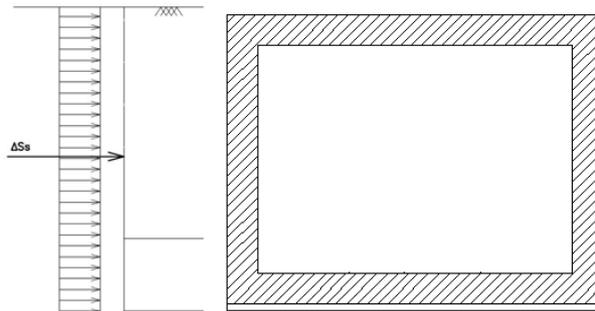
### 6.9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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	$\gamma_{e2}$ , $\gamma_{e3}$ , $\gamma_{e4}$	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":

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

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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

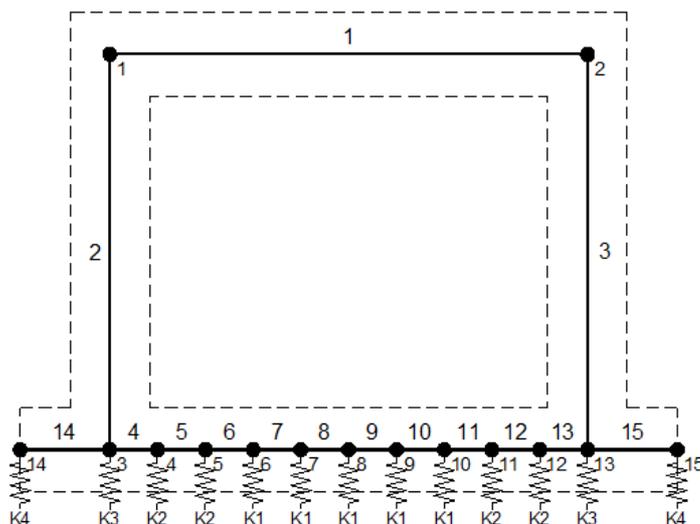
**x** = asse trasversale dello scatolare

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

Per la rigidità delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale  $K_w$  pari a 5000 kN/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:

$$k_{v_1} = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_1}$$

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)
$K_w$	coefficiente di sottofondo alla Winkler

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

Interasse molle	i	$(0.50/2 + 4.00 + 0.50/2) / 10 =$	0.45 m
Molle centrali	K1	$5000 \cdot 0.45 =$	2 250 kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 5000 \cdot 0.45 =$	3 375 kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 5000 \cdot (0.45/2 + 0.50/2) =$	4 750 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

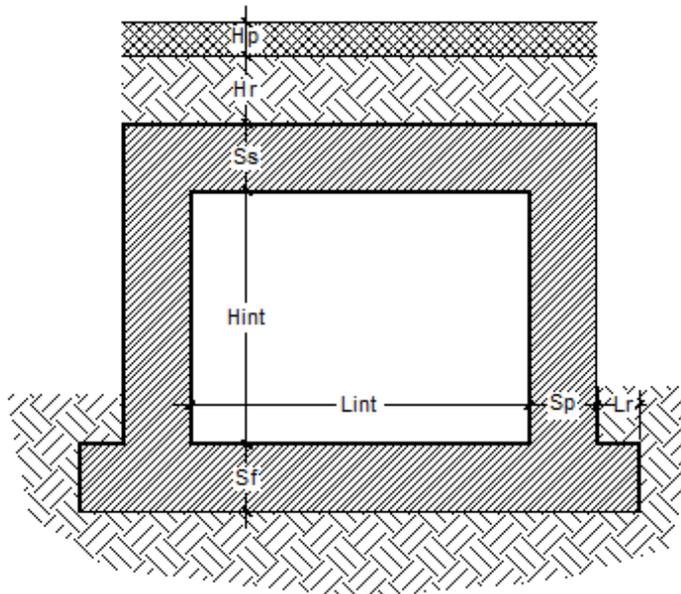
Calcestruzzo armato - Peso specifico	$\gamma$	25	kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato - Tipo		C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	$R_{ck}$	37	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	$f_{ck}$	30.7	N/mm <sup>2</sup>
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	$E$	33000	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	$H_r$	7.65	m

#### Geometria

Spessore soletta superiore	$S_s$	0.50	m
Spessore soletta di fondazione	$S_f$	0.50	m
Spessore piedritti	$S_p$	0.50	m
Altezza netta	$H_{int}$	4.00	m
Larghezza netta	$L_{int}$	4.00	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 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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	$7.65 \cdot 19 =$		145.35	kN/m <sup>2</sup>
Totale				<b>148.23</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	$1.60 + 2 \cdot (0.12 + (7.65) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 0.50/2) =$		12.98	m
Impronta di carico y	Ld2	$2.40 + 2 \cdot (0.12 + (7.65) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 0.50/2) =$		13.78	m
Impronta sull'impalcato		$12.98 \cdot 13.78 =$		178.90	m <sup>2</sup>
carico q1 (totale)					
carico q1 (ripartito)	Q <sub>1K</sub>	$600 / 178.90 =$		3.35	kN/m <sup>2</sup>
Carico distribuito					
	Ld3	$3.00 + 2 \cdot (0.12 + (7.65) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 0.50/2) =$		14.38	m
	q <sub>1K</sub>	$9.00 \cdot (3.00 / 14.38) =$		1.88	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

**Frenamento q3**

q3	q3	$180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900 \text{ kN}$	<b>25.97</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	$0.426 \cdot 148.23 =$	63.21	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (148.23 + 19 \cdot 0.50/2) =$	<b>65.23</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [148.23 + 19 \cdot (0.50/2 + 4.00 + 0.50/2)] =$	<b>101.69</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [148.23 + 19 \cdot (0.50/2 + 4.00 + 0.50)] =$	103.72	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(63.21 + 65.23)/2 \cdot 0.50/2$	<b>16.06</b>	<b>kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(101.69 + 103.72)/2 \cdot 0.50/2$	<b>25.68</b>	<b>kN/m</b>

**Spinta del carico accidentale**

Spinta dovuta al q1	p	$0.426 \cdot (3.35 + 1.88) =$	<b>2.23</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	$F_o$		2.622	

Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	C	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	$S_s$		1.500	
Coeff. Amplificazione topografica	$S_t$		1	
Coefficiente S	$S$	$= S_s \cdot S_t$	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	$0.153 \cdot (0.50 \cdot 25 + 148.23 + 0.2 \cdot 5.23) / 1.00 =$	<b>24.75</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.153 \cdot (0.50 \cdot 25) / 1.00 =$	<b>1.91</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	$\Delta S_E$	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot [(Hint + S_s + S_f + Hr)^2]$	465.2	kN/m
Pressione risultante	$\Delta p_E$	$= \Delta S_E / [(Hint + S_s + S_f)/2]$	<b>38.3</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	26 di 56

### 9.3 Combinazioni

N	PERM	PERM-G2	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 4x4

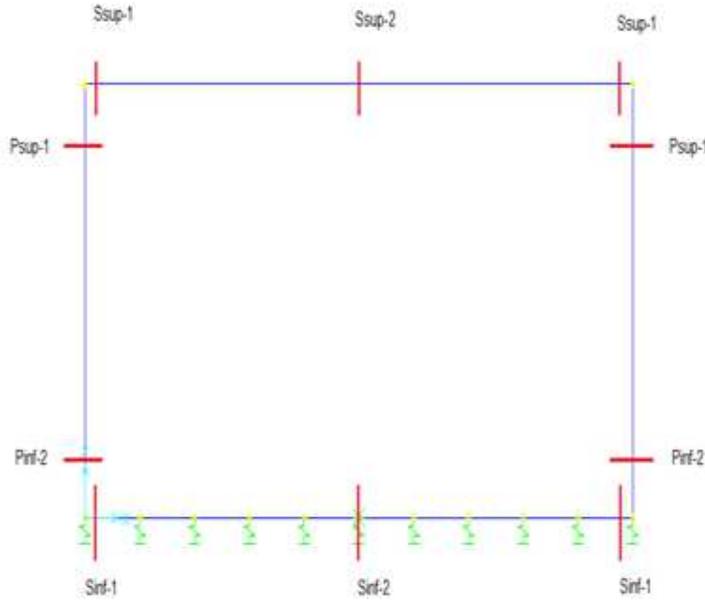
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	27 di 56

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

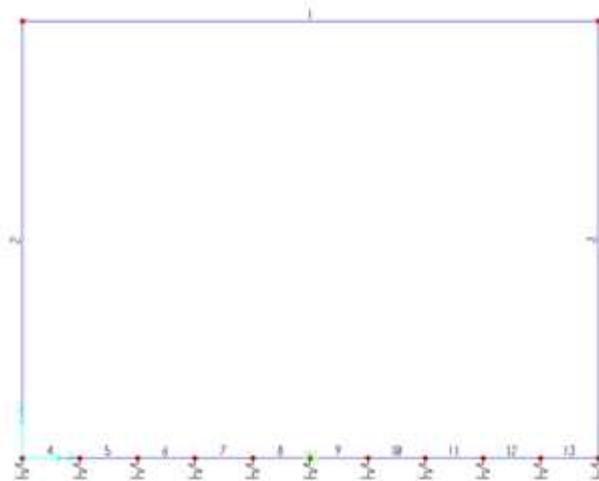
dove:

- 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 9.1 - Sezioni di verifica*



*Figura 9.2 - Nomenclatura frame*

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	29 di 56

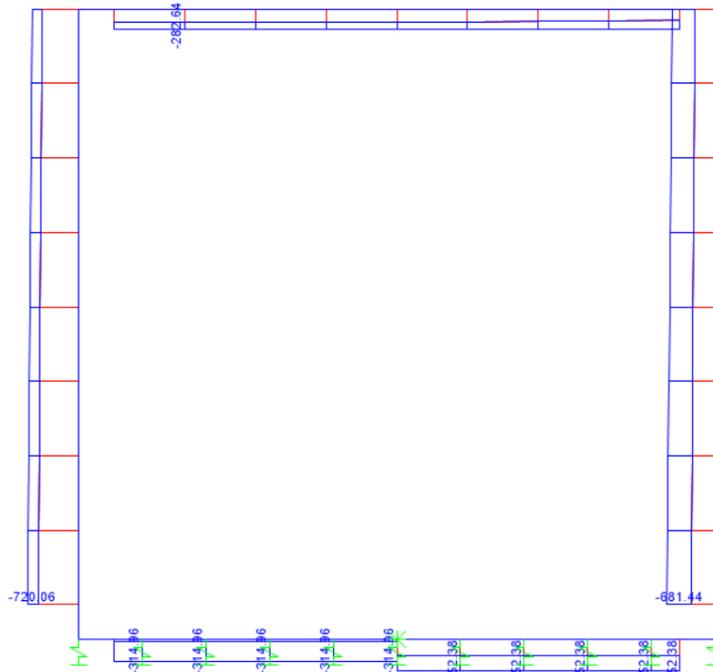


Figura 9.3 - Sforzo Normale – Involuppo SLU

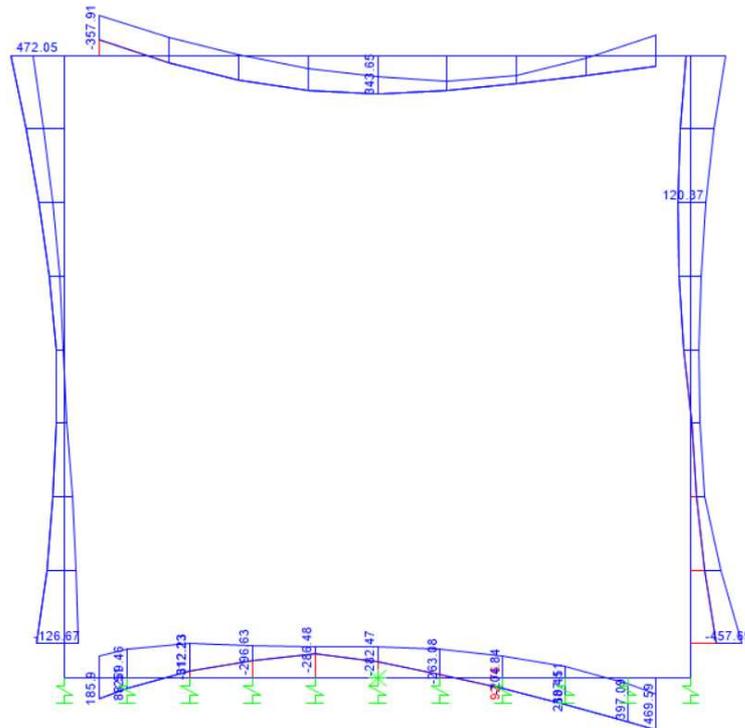


Figura 9.4 - Momento flettente – Involuppo SLU

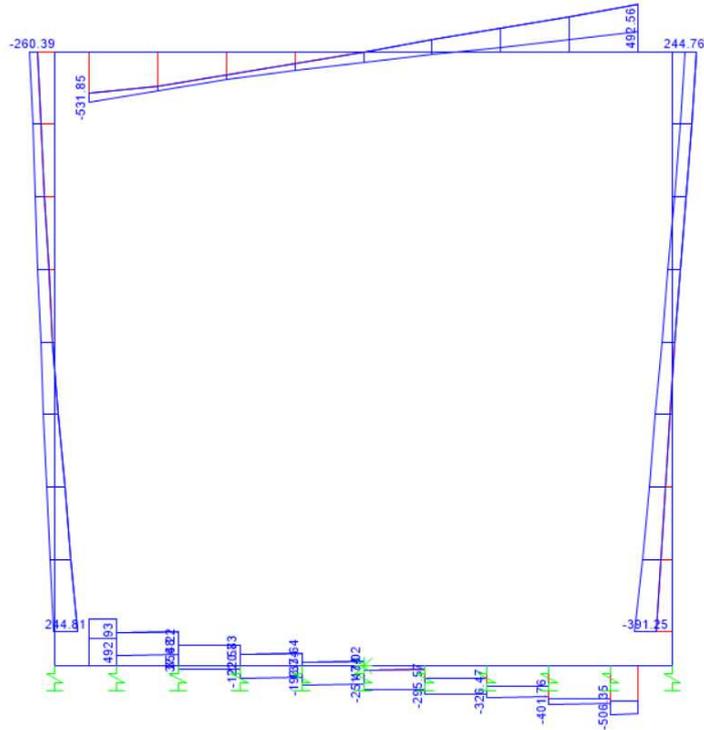


Figura 9.5 - Taglio – Inviluppo SLU

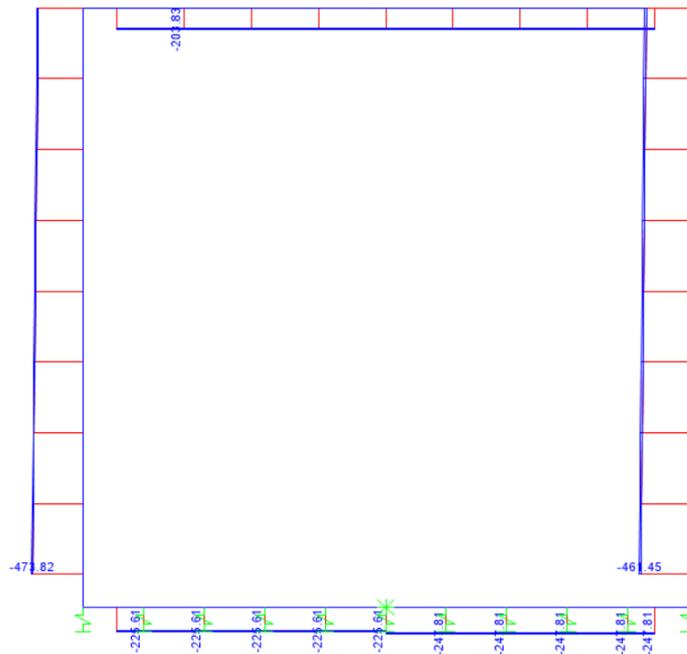


Figura 9.6 - Sforzo Normale – Inviluppo SLE-Rara

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	31 di 56

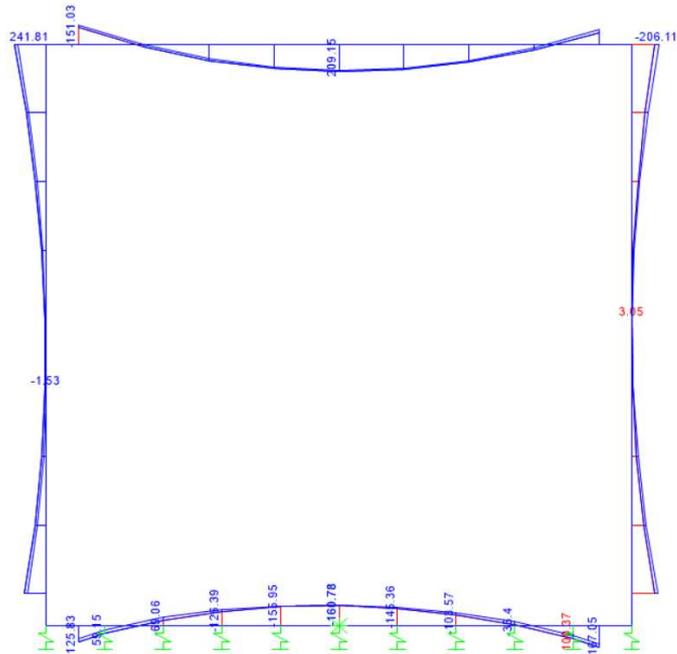


Figura 9.7 - Momento flettente – Inviluppo SLE-Rara

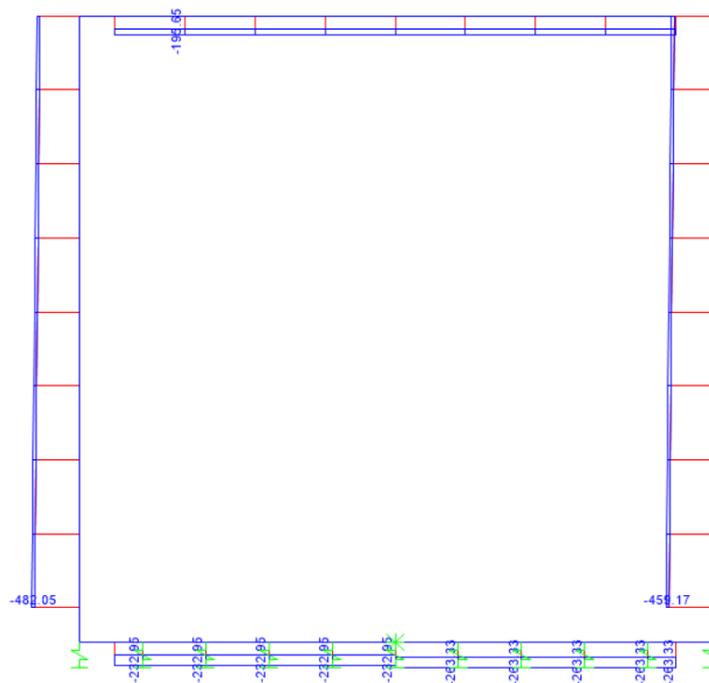
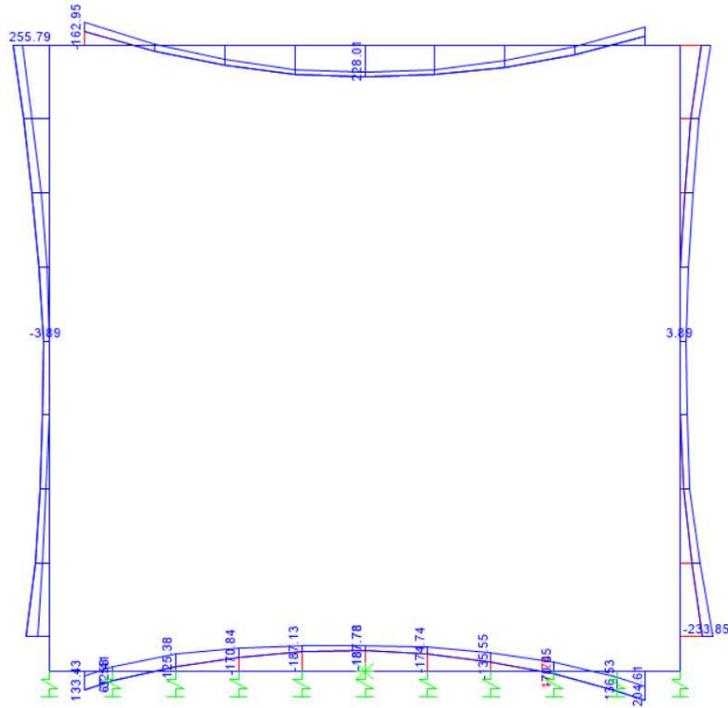


Figura 9.8 - Sforzo Normale – Inviluppo SLE-Frequente

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	32 di 56



*Figura 9.9 - Momento flettente – Involuppo SLE-Frequente*

## 9.5 Verifiche strutturali

### 9.5.1 Verifica piedritti

**Sezione: 50 x 100 cm**

Armatura a flessione:

- Sommità (Pied-Sommità)

Armatura tesa

$\phi$  26/20 +  $\phi$  26/40 cm

Armatura compressa

$\phi$  26/20 +  $\phi$  26/40 cm

- Spiccato (Pied-Spicc)

Armatura tesa

$\phi$  26/20 +  $\phi$  26/40 cm

Armatura compressa

$\phi$  26/20 +  $\phi$  26/40 cm

Armatura a taglio:

Spille  $\phi$  12/20x40 cm.

NV20 - Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	34 di 56

• Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

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	<b>C30/37</b>
$R_{ck}$	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>
$f_{ct}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>

copriferro	50	mm
staffe	12	mm
armat. sec	12	mm

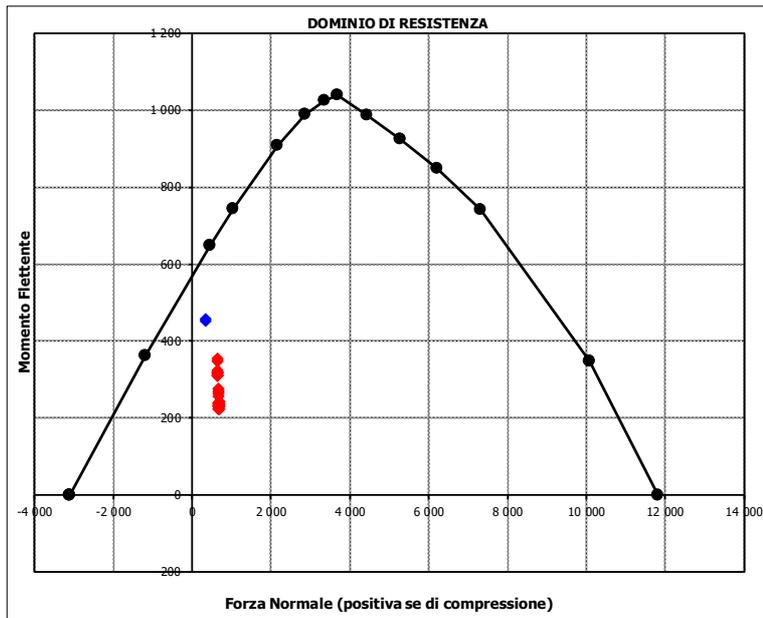
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 41.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
2.5	26	13.27	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>39.82 cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
2.5	26	13.27	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>39.82 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	11M_0.25	681	225
(Nmin)	1-_0.25	341	452
(Mmax)	2-_0.25	341	458
(Mmin)	11M_0.25	675	223

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	681	225	
02S1-11T	681	225	
03S1-12M	681	236	
04S1-12T	681	236	
05S1-13M	654	317	
06S1-13T	654	317	
07S1-14	666	232	
08S1-15-	638	312	
09S1-21M	681	231	
10S1-21T	681	231	
11S1-22M	681	243	
12S1-22T	681	243	
13S1-23M	654	323	
14S1-23T	654	323	
15S1-24-	666	239	
16S1-25-	638	319	
17S1T11M	675	223	
18S1T11T	675	223	
19S1T12M	675	234	
20S1T12T	675	234	
21S1T13M	648	313	
22S1T13T	648	313	
23S1T14-	666	232	
24S1T15-	639	310	
25S1T21M	675	230	
26S1T21T	675	230	
27S1T22M	675	241	
28S1T22T	675	241	
29S1T23M	648	319	
30S1T23T	648	319	
31S1T24-	666	238	
32S1T25-	639	316	
33S2-11M	658	258	
34S2-11T	658	258	
35S2-12M	658	269	
36S2-12T	658	269	
37S2-13M	631	348	
38S2-13T	631	348	
39S2-21M	658	265	
40S2-21T	658	265	
41S2-22M	658	276	
42S2-22T	658	276	
43S2-23M	631	354	
44S2-23T	631	354	
45S2T11M	675	223	
46S2T11T	675	223	
47S2T12M	675	234	
48S2T12T	675	234	
49S2T13M	648	313	
50S2T13T	648	313	
51S2T21M	675	230	
52S2T21T	675	230	
53S2T22M	675	241	
54S2T22T	675	241	
55S2T23M	648	319	
56S2T23T	648	319	
57SED1-	341	452	
58SED2-	341	458	



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	35 di 56

• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

**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>ctd</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	=	50	cm
Base della sezione	b	=	100	cm
Copriferro	d'	=	8.7	cm
Altezza utile della sezione	d	=	41.3	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
2.5	26	13.27	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>39.82</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

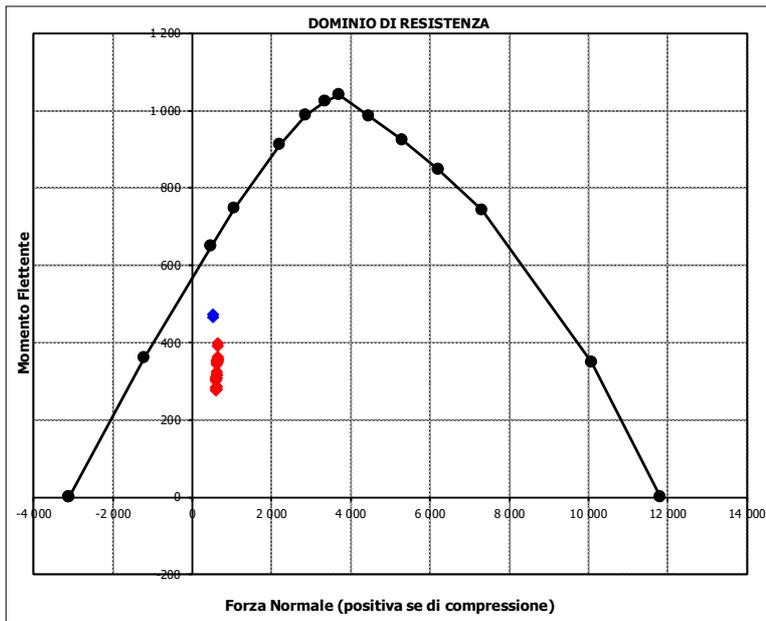
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
2.5	26	13.27	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>39.82</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	13M_4.5	648	398
(Nmin)	1_4.5	514	472
(Mmax)	1_4.5	514	472
(Mmin)	21M_4.5	604	277

**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	610	287	
02S1-11T	610	287	
03S1-12M	610	314	
04S1-12T	610	314	
05S1-13M	637	363	
06S1-13T	637	363	
07S1-14-	594	308	
08S1-15-	622	356	
09S1-21M	610	280	
10S1-21T	610	280	
11S1-22M	610	307	
12S1-22T	610	307	
13S1-23M	637	356	
14S1-23T	637	356	
15S1-24-	594	300	
16S1-25-	622	349	
17S1T11M	604	284	
18S1T11T	604	284	
19S1T12M	604	311	
20S1T12T	604	311	
21S1T13M	631	358	
22S1T13T	631	358	
23S1T14-	594	307	
24S1T15-	621	354	
25S1T21M	604	277	
26S1T21T	604	277	
27S1T22M	604	304	
28S1T22T	604	304	
29S1T23M	631	351	
30S1T23T	631	351	
31S1T24-	594	300	
32S1T25-	621	347	
33S2-11M	621	324	
34S2-11T	621	324	
35S2-12M	621	351	
36S2-12T	621	351	
37S2-13M	648	398	
38S2-13T	648	398	
39S2-21M	621	317	
40S2-21T	621	317	
41S2-22M	621	343	
42S2-22T	621	343	
43S2-23M	648	391	
44S2-23T	648	391	
45S2T11M	604	284	
46S2T11T	604	284	
47S2T12M	604	311	
48S2T12T	604	311	
49S2T13M	631	358	
50S2T13T	631	358	
51S2T21M	604	277	
52S2T21T	604	277	
53S2T22M	604	304	
54S2T22T	604	304	
55S2T23M	631	351	
56S2T23T	631	351	
57SED1-	514	472	
58SED2-	514	466	



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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**

		Piedritto sx	Piedritto dx
$V_{Ed}$	kN	260	391
$N_{Ed}$	kN	0	0

**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	20	20
Angolo $\alpha$	°	90	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5	5
$\varnothing_1$	mm	26	26
$n_2$			
$\varnothing_2$	mm		
Asl	cm <sup>2</sup>	26.55	26.55

**Sezione**

$b_w$	cm	100	100
H	cm	50	50
c	cm	8.7	8.7
d	cm	41.3	41.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.70	1.70
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.43	0.43
$\rho$		0.0064	0.0064
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00	0.00
$\alpha_c$		1.00	1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	227	227
----------	----	-----	-----

**Resistenza con armatura a taglio**

Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8	21.8
$V_{RSd}$	kN	514	514
$V_{RCd}$	kN	1115	1115
$V_{Rd}$	kN	514	514

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	37 di 56

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>206.11</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>408.32</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>233.85</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	$N_F$	<b>436.29</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>50.00</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$C_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	13.27	cm <sup>2</sup>	2.5 Ø 26	$C_{s2} = 11.3$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$C_{t1} = 8.7$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	13.27	cm <sup>2</sup>	2.5 Ø 26	$C_{t2} = 11.3$ cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	50.48	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	25.48	cm		
Posizione asse neutro	$y$ (M)	19.58	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	6114.95	cm <sup>2</sup>		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1327998.09	cm <sup>4</sup>		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	571578.43	cm <sup>4</sup>		

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.30</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>104.87</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

**Proprietà sezione in combinazione frequente**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	53.60	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	28.60	cm		
Posizione asse neutro	$y$ (M)	19.29	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	6114.95	cm <sup>2</sup>		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1327998.09	cm <sup>4</sup>		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	564579.93	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	186.49	kNm	La sezione è fessurata
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	42.74	cm	
Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$	$u$ ( $M_{fess}$ )	17.74	cm	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	20.50	cm	
Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cf}$	5.72	N/mm <sup>2</sup>	
Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sf}$	87.12	N/mm <sup>2</sup>	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.40</b>	-	
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	9.83	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.21	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	39.82	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	983.43	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0405	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.0002	-	
Copri ferro netto	$c'$	5.00	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	279.16	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	164.21	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.04	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.06</b>	mm	

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	38 di 56

- Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>241.81</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>420.70</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>255.79</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	$N_F$	<b>428.92</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>50.00</b>	cm	
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm	
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26 $C_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	13.27	cm <sup>2</sup>	2.5 Ø 26 $C_{s2} = 11.3$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26 $C_{t1} = 8.7$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	13.27	cm <sup>2</sup>	2.5 Ø 26 $C_{t2} = 11.3$ cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	57.48	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	32.48	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	18.98	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	6114.95	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1327998.09	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	557640.70	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>7.37</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>129.96</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

**Proprietà sezione in combinazione frequente**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	59.64	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	34.64	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	18.83	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	6114.95	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1327998.09	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	554435.54	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	185.85	kNm	La sezione è fessurata
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	43.33	cm	
Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$	$u$ ( $M_{fess}$ )	18.33	cm	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	20.41	cm	
Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cf}$	5.70	N/mm <sup>2</sup>	
Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sf}$	87.49	N/mm <sup>2</sup>	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.40</b>	-	
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	9.86	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.21	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	39.82	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	986.19	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0404	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.0002	-	
Copriferro netto	$c'$	5.00	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diámetro equivalente delle barr ed armatura	$\phi_{eq}$	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	279.47	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	164.39	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.04	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.06</b>	mm	

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	39 di 56

### 9.5.2 Verifica soletta superiore

**Sezione: 50 x 100 cm**

#### Armatura a flessione:

- Appoggio (Solsup-App)

Armatura tesa

φ 26/20 cm

Armatura compressa

φ 26/20 cm

- Campata (Solsup-Camp)

Armatura tesa

φ 26/20 cm

Armatura compressa

φ 26/20 cm

#### Armatura a taglio:

Spille φ 12/20x20 cm.

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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>
$f_{cc}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>

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

**Geometria della sezione**

Altezza geometrica della sezione	$h$	=	50	cm
Base della sezione	$b$	=	100	cm
Copriferro	$d'$	=	8.7	cm
Altezza utile della sezione	$d$	=	41.3	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>26.55</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

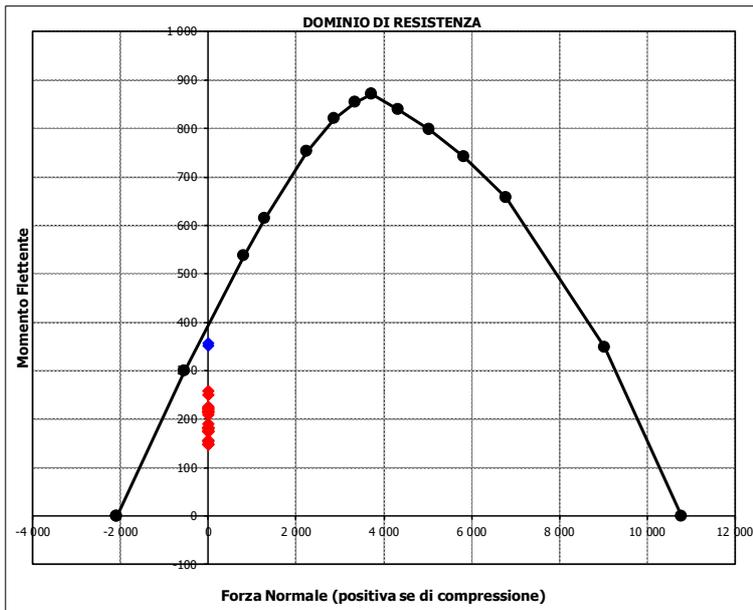
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>26.55</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	11M_0.25	0	156
(Nmin)	11M_0.25	0	156
(Mmax)	1-_0.25	0	358
(Mmin)	21M_0.25	0	148

**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	156	
02S1-11T	0	156	
03S1-12M	0	183	
04S1-12T	0	183	
05S1-13M	0	225	
06S1-13T	0	225	
07S1-14-	0	181	
08S1-15-	0	222	
09S1-21M	0	149	
10S1-21T	0	149	
11S1-22M	0	176	
12S1-22T	0	176	
13S1-23M	0	218	
14S1-23T	0	218	
15S1-24-	0	173	
16S1-25-	0	215	
17S1T11M	0	155	
18S1T11T	0	155	
19S1T12M	0	182	
20S1T12T	0	182	
21S1T13M	0	222	
22S1T13T	0	222	
23S1T14-	0	180	
24S1T15-	0	221	
25S1T21M	0	148	
26S1T21T	0	148	
27S1T22M	0	174	
28S1T22T	0	174	
29S1T23M	0	215	
30S1T23T	0	215	
31S1T24-	0	173	
32S1T25-	0	213	
33S2-11M	0	190	
34S2-11T	0	190	
35S2-12M	0	217	
36S2-12T	0	217	
37S2-13M	0	257	
38S2-13T	0	257	
39S2-21M	0	183	
40S2-21T	0	183	
41S2-22M	0	210	
42S2-22T	0	210	
43S2-23M	0	250	
44S2-23T	0	250	
45S2T11M	0	155	
46S2T11T	0	155	
47S2T12M	0	182	
48S2T12T	0	182	
49S2T13M	0	222	
50S2T13T	0	222	
51S2T21M	0	148	
52S2T21T	0	148	
53S2T22M	0	174	
54S2T22T	0	174	
55S2T23M	0	215	
56S2T23T	0	215	
57SED1-	0	358	
58SED2-	0	352	



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	41 di 56

• Verifica a pressoflessione campata (Solsup-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
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	30.7 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	$h$	=	50	cm
Base della sezione	$b$	=	100	cm
Copriferro	$d'$	=	8.7	cm
Altezza utile della sezione	$d$	=	41.3	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area
5	26	26.55 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>26.55 cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

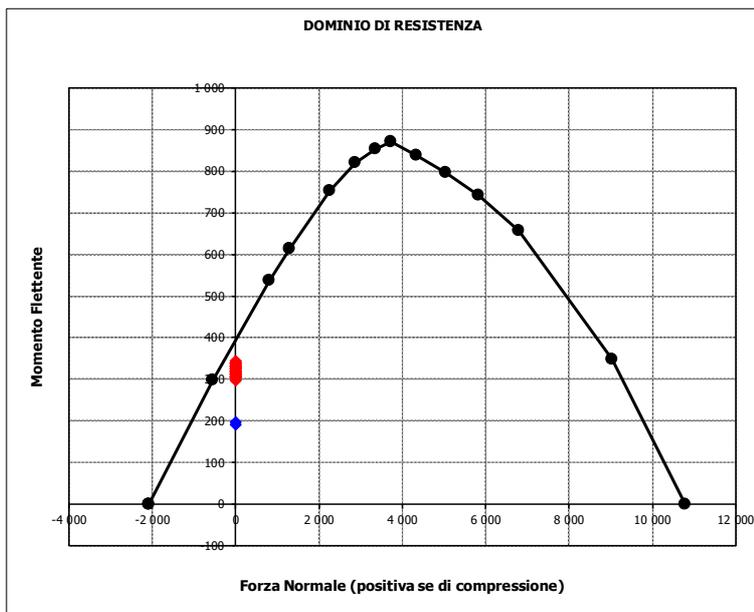
N° ferri	Diametro	Area
5	26	26.55 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>26.55 cm<sup>2</sup></b>

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	11M_2.25	0	336
(Nmin)	11M_2.25	0	336
(Mmax)	21M_2.25	0	344
(Mmin)	1-_2.25	0	191

**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	336
02S1-11T	0	336
03S1-12M	0	309
04S1-12T	0	309
05S1-13M	0	323
06S1-13T	0	323
07S1-14-	0	298
08S1-15-	0	312
09S1-21M	0	344
10S1-21T	0	344
11S1-22M	0	316
12S1-22T	0	316
13S1-23M	0	330
14S1-23T	0	330
15S1-24-	0	305
16S1-25-	0	319
17S1T11M	0	332
18S1T11T	0	332
19S1T12M	0	306
20S1T12T	0	306
21S1T13M	0	319
22S1T13T	0	319
23S1T14-	0	299
24S1T15-	0	312
25S1T21M	0	339
26S1T21T	0	339
27S1T22M	0	313
28S1T22T	0	313
29S1T23M	0	326
30S1T23T	0	326
31S1T24-	0	306
32S1T25-	0	319
33S2-11M	0	332
34S2-11T	0	332
35S2-12M	0	306
36S2-12T	0	306
37S2-13M	0	319
38S2-13T	0	319
39S2-21M	0	339
40S2-21T	0	339
41S2-22M	0	313
42S2-22T	0	313
43S2-23M	0	326
44S2-23T	0	326
45S2T11M	0	332
46S2T11T	0	332
47S2T12M	0	306
48S2T12T	0	306
49S2T13M	0	319
50S2T13T	0	319
51S2T21M	0	339
52S2T21T	0	339
53S2T22M	0	313
54S2T22T	0	313
55S2T23M	0	326
56S2T23T	0	326
57SED1-	0	191
58SED2-	0	197



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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>532</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

#### Soletta sup

#### Armatura a taglio

Diametro	mm	12
Numero barre		5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	5.65
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

#### Armatura longitudinale

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		
$\varnothing_2$	mm	
Asl	cm <sup>2</sup>	26.55

#### Sezione

$b_w$	cm	100
H	cm	50
c	cm	8.7
d	cm	41.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.70
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.43
$\rho$		0.0064
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

#### Resistenza senza armatura a taglio

$V_{Rd}$	kN	<b>227</b>
----------	----	------------

#### Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone $\theta$	°	<b>21.8</b>
$V_{RSd}$	kN	1028
$V_{RCd}$	kN	1115
$V_{Rd}$	kN	<b>1028</b>

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOLGIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	43 di 56

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>151.03</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>0.00</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>162.95</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>50.00</b>	cm	
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm	
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26 $C_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0 $C_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26 $C_{t1} = 8.7$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0 $C_{t2} = 10.0$ 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)	13.52	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	5743.30	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1253260.52	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	398928.44	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.12</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>157.75</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)	15.12	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	5743.30	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1253260.52	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	404572.90	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	140.22	kNm	La sezione è fessurata
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$	$u$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	15.25	cm	
Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cf}$	5.29	N/mm <sup>2</sup>	
Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sf}$	135.44	N/mm <sup>2</sup>	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.40</b>	-	
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	11.58	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.21	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	26.55	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	1158.38	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0229	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.0003	-	
Copriferro netto	$c'$	5.00	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diámetro equivalente delle barr ed armatura	$\Phi_{eq}$	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	362.87	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	213.45	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.12</b>	mm	

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	44 di 56

- Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>209.15</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>0.00</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>228.01</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>50.00</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$c_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{t1} = 8.7$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	0 Ø 0	$c_{t2} = 10.0$ 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)	13.52	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	5743.30	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1253260.52	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	398928.44	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>7.09</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>218.46</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)	14.65	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	5743.30	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1253260.52	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	401689.24	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	140.22	kNm	La sezione è fessurata
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$	$u$ ( $M_{fess}$ )	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y$ ( $M_{fess}$ )	15.25	cm	
Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cf}$	5.32	N/mm <sup>2</sup>	
Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sf}$	136.41	N/mm <sup>2</sup>	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	$k_t$	<b>0.40</b>	-	
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	11.58	cm	
Rapporto tra moduli elastici	$\alpha_e$	6.21	-	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	26.55	cm <sup>2</sup>	
Area efficace	$AC_{eff}$	1158.38	cm <sup>2</sup>	
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_{eff}$	0.0229	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	$\epsilon_{sm}$	0.0003	-	
Copriferro netto	$c'$	5.00	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	$K_1$	<b>0.80</b>	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	$K_2$	<b>0.50</b>	-	
Coefficiente adimensionale	$K_3$	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	$K_4$	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr edi armatura	$\phi_{eq}$	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	$\Delta s_{max}$	362.87	mm	
Distanza media tra le fessure	$\Delta s_m$	213.45	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	$w_m$	0.07	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	$w_d$	<b>0.12</b>	mm	



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 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	45 di 56

### 9.5.3 Verifica soletta inferiore

**Sezione: 50 x 100 cm**

#### Armatura a flessione:

- Appoggio (Solinf-App)

Armatura tesa

$\phi$  26/20 +  $\phi$  26/40 cm

Armatura compressa

$\phi$  26/20 +  $\phi$  26/40 cm

- Campata (Solinf-Camp)

Armatura tesa

$\phi$  26/20 +  $\phi$  26/40 cm

Armatura compressa

$\phi$  26/20 +  $\phi$  26/40 cm

#### Armatura a taglio:

Spille  $\phi$  12/20x20 cm.

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
*Relazione di calcolo tombino 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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	C30/37
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>ctd</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	$h = 50$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 41.3$ cm

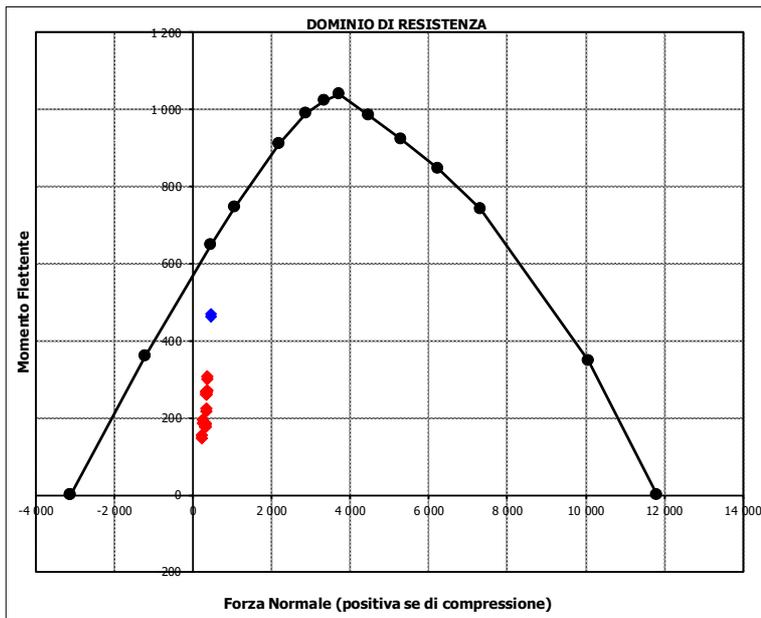
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
2.5	26	13.27	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>39.82 cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
2.5	26	13.27	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>39.82 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	2_-0.2	452	470
(Nmin)	11M_0.2	224	149
(Mmax)	2_-0.2	452	470
(Mmin)	11M_0.2	224	148

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	224	149
02S1-11T	224	149
03S1-12M	311	178
04S1-12T	311	178
05S1-13M	348	265
06S1-13T	348	265
07S1-14-	312	177
08S1-15-	348	263
09S1-21M	227	156
10S1-21T	227	156
11S1-22M	314	186
12S1-22T	314	186
13S1-23M	351	272
14S1-23T	351	272
15S1-24-	315	184
16S1-25-	352	271
17S1T11M	224	148
18S1T11T	224	148
19S1T12M	310	177
20S1T12T	310	177
21S1T13M	345	261
22S1T13T	345	261
23S1T14-	310	176
24S1T15-	346	260
25S1T21M	227	156
26S1T21T	227	156
27S1T22M	313	185
28S1T22T	313	185
29S1T23M	349	269
30S1T23T	349	269
31S1T24-	313	184
32S1T25-	349	268
33S2-11M	241	187
34S2-11T	241	187
35S2-12M	327	216
36S2-12T	327	216
37S2-13M	363	300
38S2-13T	363	300
39S2-21M	245	195
40S2-21T	245	195
41S2-22M	330	224
42S2-22T	330	224
43S2-23M	366	307
44S2-23T	366	307
45S2T11M	224	148
46S2T11T	224	148
47S2T12M	310	177
48S2T12T	310	177
49S2T13M	345	261
50S2T13T	345	261
51S2T21M	227	156
52S2T21T	227	156
53S2T22M	313	185
54S2T22T	313	185
55S2T23M	349	269
56S2T23T	349	269
57SED1-	450	463
58SED2-	452	470



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
Roccapalumba-Lercara  
Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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>
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

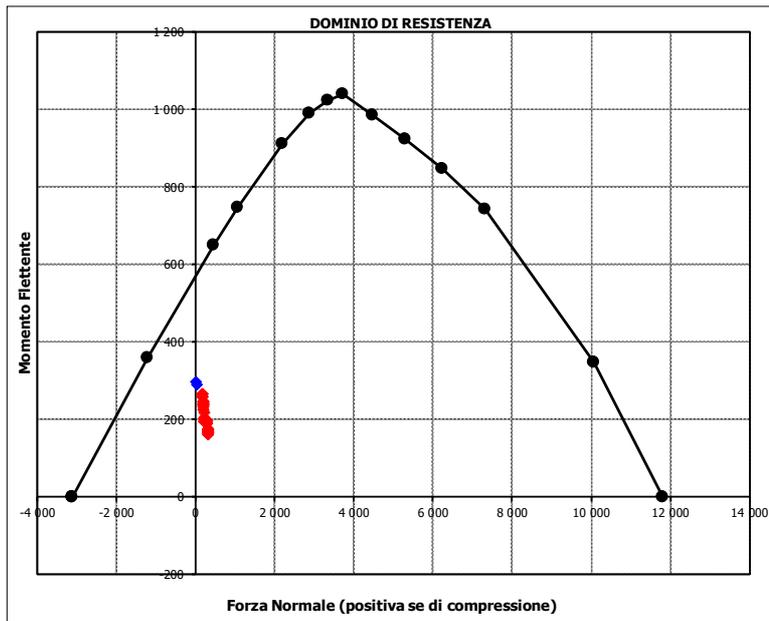
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 41.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
2.5	26	13.27	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>39.82 cm<sup>2</sup></b>

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm <sup>2</sup>
2.5	26	13.27	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
			<b>39.82 cm<sup>2</sup></b>

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	24_-0.45	315	162
(Nmin)	1_-0.45	21	297
(Mmax)	1_-0.45	21	297
(Mmin)	24_-0.45	315	162

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	224	205
02S1-11T	224	205
03S1-12M	311	176
04S1-12T	311	176
05S1-13M	187	248
06S1-13T	187	248
07S1-14-	312	169
08S1-15-	187	241
09S1-21M	227	198
10S1-21T	227	198
11S1-22M	314	169
12S1-22T	314	169
13S1-23M	190	240
14S1-23T	190	240
15S1-24-	315	162
16S1-25-	191	233
17S1T11M	224	202
18S1T11T	224	202
19S1T12M	310	174
20S1T12T	310	174
21S1T13M	188	244
22S1T13T	188	244
23S1T14-	310	170
24S1T15-	188	240
25S1T21M	227	195
26S1T21T	227	195
27S1T22M	313	167
28S1T22T	313	167
29S1T23M	191	237
30S1T23T	191	237
31S1T24-	313	162
32S1T25-	192	232
33S2-11M	206	225
34S2-11T	206	225
35S2-12M	292	197
36S2-12T	292	197
37S2-13M	170	267
38S2-13T	170	267
39S2-21M	210	218
40S2-21T	210	218
41S2-22M	295	190
42S2-22T	295	190
43S2-23M	174	260
44S2-23T	174	260
45S2T11M	224	202
46S2T11T	224	202
47S2T12M	310	174
48S2T12T	310	174
49S2T13M	188	244
50S2T13T	188	244
51S2T21M	227	195
52S2T21T	227	195
53S2T22M	313	167
54S2T22T	313	167
55S2T23M	191	237
56S2T23T	191	237
57SED1-	21	297
58SED2-	24	291



NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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>506</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Soletta inf**
**Armatura a taglio**

Diametro	mm	12
Numero barre		5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	5.65
Passo s	cm	20
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	26
$n_2$		
$\varnothing_2$	mm	
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	26.55

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	50
c	cm	8.7
d	cm	41.3
k	N/mm <sup>2</sup>	1.70
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.43
$\rho$		0.0064
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>227</b>
----------	----	------------

**Resistenza con armatura a taglio**

Inclinazione puntone $\theta$	°	<b>21.8</b>
$V_{RSd}$	kN	1028
$V_{RCd}$	kN	1115
$V_{Rd}$	kN	<b>1028</b>

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	49 di 56

- Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>167.05</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>247.81</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>204.61</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	$N_F$	<b>263.10</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>50.00</b>	cm	
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm	
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b> $c_{s1} = \mathbf{8.7}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	13.27	cm <sup>2</sup>	<b>2.5</b> Ø <b>26</b> $c_{s2} = \mathbf{11.3}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b> $c_{t1} = \mathbf{8.7}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b> Ø <b>26</b> $c_{t2} = \mathbf{11.3}$ cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	67.41	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	42.41	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	16.23	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	5929.13	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1290629.30	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	420178.88	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.61</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>130.06</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

**Proprietà sezione in combinazione frequente**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	77.77	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	52.77	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	15.80	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	5929.13	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1290629.30	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	414480.90	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	167.31	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

NV20 – Nuova viabilità di collegamento  
 Roccapalumba-Lercara  
 Relazione di calcolo tombino 4x4

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	50 di 56

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>160.78</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>225.61</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>140.97</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	$N_F$	<b>157.22</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>50.00</b>	cm	
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm	
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b> $c_{s1} =$ <b>8.7</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	13.27	cm <sup>2</sup>	<b>2.5</b> Ø <b>26</b> $c_{s2} =$ <b>11.3</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>26</b> $c_{t1} =$ <b>8.7</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	13.27	cm <sup>2</sup>	<b>2.5</b> Ø <b>26</b> $c_{t2} =$ <b>11.3</b> cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	71.27	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	46.27	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	18.19	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	6114.95	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1327998.09	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	542386.89	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.88</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>92.93</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

**Proprietà sezione in combinazione frequente**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	89.67	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	64.67	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	17.54	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	6114.95	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1327998.09	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	532725.65	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	162.24	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	--------	-----	----------------------------

## 10. INCIDENZA SCATOLARE

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

Piedritti	<b>180 kg/mc</b>
Soletta superiore	<b>125 kg/mc</b>
Soletta inferiore	<b>180 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:

- $\phi 16/20$  per i Piedritti
- $\phi 14/20$  per la Soletta superiore
- $\phi 16/20$  per la Soletta inferiore

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 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	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.

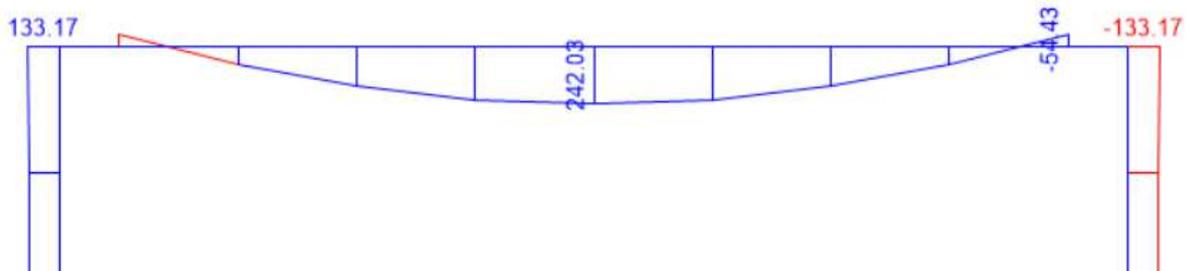
### **11.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

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  $G_2=148.23$  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	$G_2$	148.23	kN/m
Luce di calcolo	L	4.5	m
Momento in campata	$M_{l/2}$	375.21	kNm/m
<b>Calcolo analitico_trave incastrata</b>			
Carico uniformemente distribuito	$G_2$	148.23	kN/m
Luce di calcolo	L	4.5	m
Momento in campata	$M_{l/2}$	125.07	kNm/m
<b>SAP2000</b>			
Momento in campata	$M_{l/2}$	240.03	kNm/m
<b>Momento in campata_trave incastrata</b>			
	Lim.Inf.	125.07	kNm/m
<b>Momento in campata_SAP2000</b>			
		240.03	kNm/m
<b>Momento in campata_trave appoggiata</b>			
	Lim.Sup.	375.21	kNm/m
<b>Momento in campata_trave semi-incastrata</b>			
	$M_{l/2}$	250.14	kNm/m
Errore	e	<b>4.0%</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.

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.



**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 4x4*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2003004	B	54 di 56

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.