

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

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

#### RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE LOTTO 1 + 2

#### VIABILITÀ

NV21 – Nuova viabilità di accesso di collegamento Lercara-Nuova Fermata Lercara  
Relazione di calcolo pozzetto

SCALA:

-

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

RS3Z    00    D    26    CL    NV2103    002    B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. INTEGRA	Gennaio 2020	M.SALLEOLINI	Gennaio 2020	A. BARRECA	Gennaio 2020	F. GREGORI Mag. 2020 ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Dott. Ing. Francesco Gregori Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 25372/Str.	
B	1° AGG. A CONSEGNA GSLPP	C. INTEGRA	Maggio 2020	M.SALLEOLINI	Maggio 2020	A. BARRECA	Maggio 2020		

File: RS3Z00D26CLNV2103002B

n. Elab.:

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
<b>5. PARAMETRI GEOTECNICI .....</b>	<b>8</b>
5.1 Profondità della falda .....	8
<b>6. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>9</b>
6.1 Pesi propri .....	9
6.2 Permanenti non strutturali .....	9
6.3 Carichi mobili (carico stradale).....	9
6.4 Azione di frenamento ( $Q_3$ ).....	9
6.5 Azione del sisma .....	9
6.6 Ritiro del calcestruzzo.....	12
6.7 Variazione termica .....	12
6.8 Spinta statica del terreno .....	13
6.9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale.....	13
6.10 Sovrappinta sismica.....	13
<b>7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....</b>	<b>14</b>
<b>8. VERIFICHE STRUTTURALI .....</b>	<b>16</b>
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione .....	16
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio .....	16
8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio .....	18
<b>9. ANALISI STRUTTURALE .....</b>	<b>19</b>
9.1 Analisi dei carichi .....	22



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

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

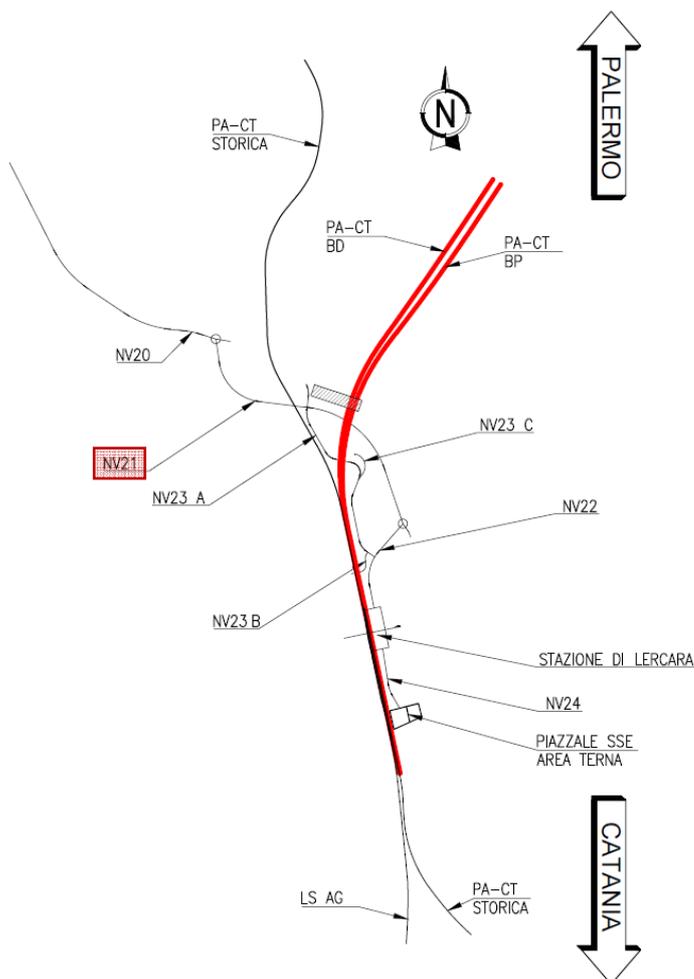
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	1 di 35

9.2	Combinazioni .....	24
9.3	Verifiche strutturali .....	25
9.3.1	Progetto armatura verticale - Mxvs.....	25
9.3.2	Progetto armatura orizzontale - Myvs.....	29
9.4	INCIDENZA POZZETTO.....	33

## 1. PREMESSA

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

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale tipologico dei pozzetti dei tombini di geometria circolare  $\phi 1500\text{ mm}$  della nuova viabilità di collegamento Lercara-Nuova Fermata Lercara (NV21).

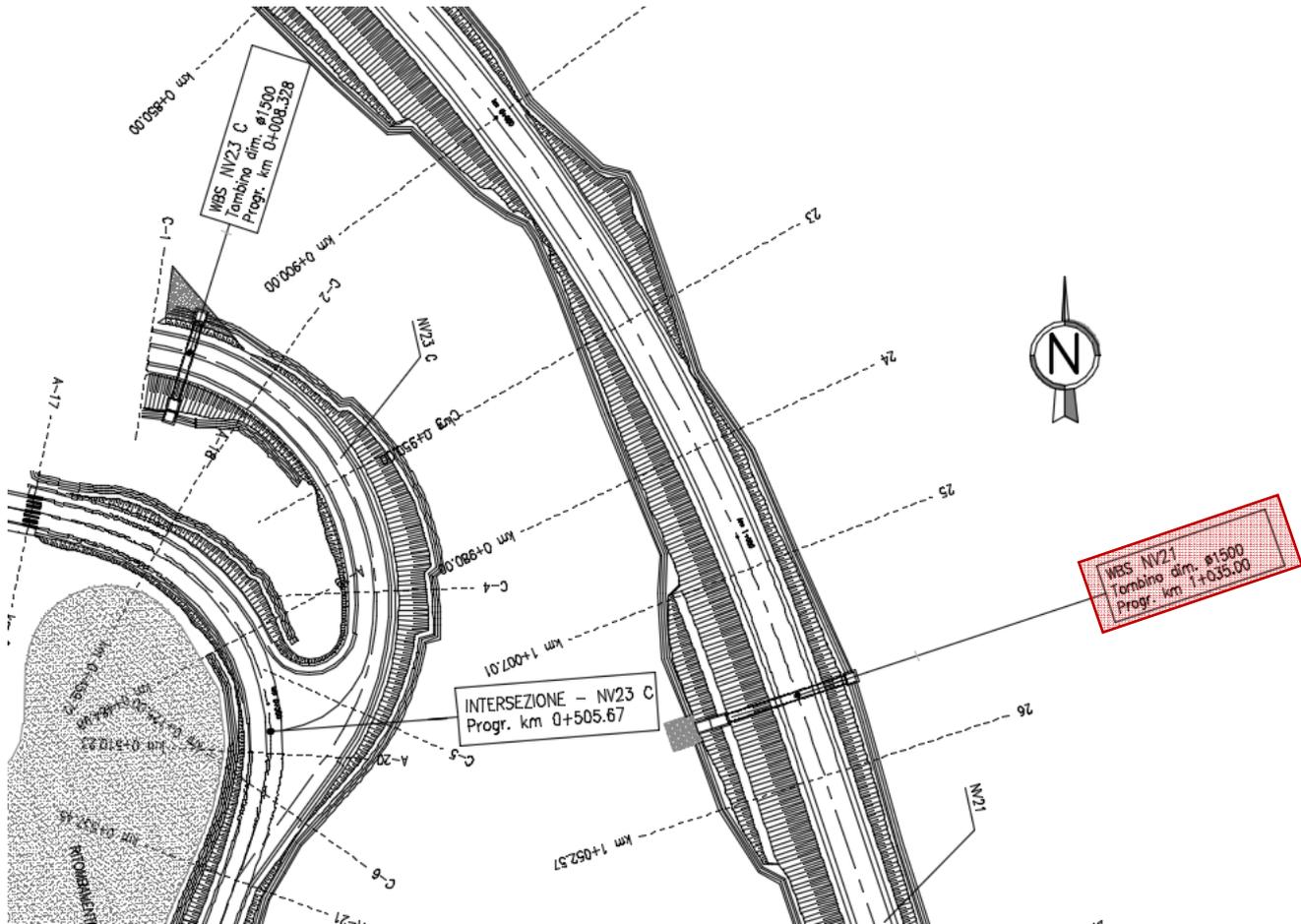


Si fa riferimento al pozzetto del tombino circolare  $\phi 1500$  (situato al km 1+0.35) avente spessore dei piedritti di  $0.3\text{ m}$  e di soletta di fondazione di  $0.3\text{ m}$  ed altezza utile interna  $4.15\text{ m}$ , poiché, data la geometria ed i carichi applicati, tale condizione è risultata essere la più gravosa per le successive verifiche.

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	3 di 35

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 pozzetto avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Geometria del pozzetto			
Larghezza totale	Ltot	2.60	m
Altezza totale	Htot	4.45	m
Spessore piedritti	sp	0.30	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.30	m
Larghezza interna	Lint	2.00	m
Altezza libera	Hint	4.15	m

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

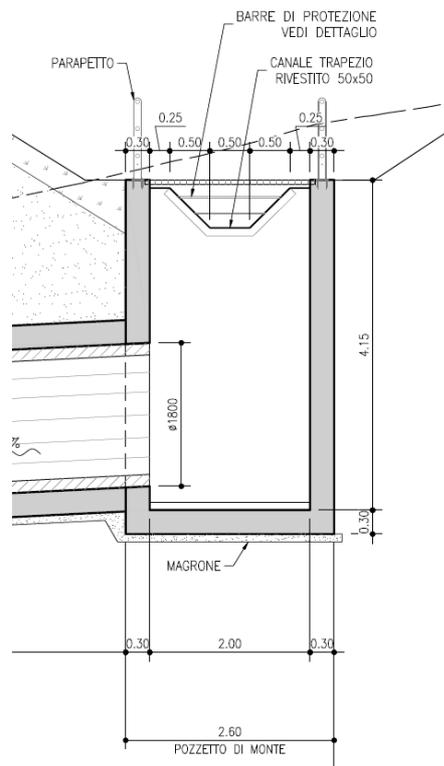


Figura 2.1– Sezione trasversale pozzetto

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;

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
 Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	6 di 35

#### 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

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 $\geq$ Co	Cmin $\leq$ C<Co	C $\geq$ Co	Cmin $\leq$ C<Co	C $\geq$ Co	Cmin $\leq$ C<Co	C $\geq$ Co	Cmin $\leq$ C<Co
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

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

Classe di esposizione: XA1

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

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

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

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

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

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w <sub>k</sub>	Stato limite	w <sub>k</sub>
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	≤ w <sub>2</sub>	apertura fessure	≤ w <sub>3</sub>
		quasi permanente	apertura fessure	≤ w <sub>1</sub>	apertura fessure	≤ w <sub>2</sub>
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	≤ w <sub>1</sub>	apertura fessure	≤ w <sub>2</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	≤ w <sub>1</sub>
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	≤ w <sub>1</sub>
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	≤ w <sub>1</sub>

## 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),  $\varphi'$ : 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 Pesì propri

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

- Soletta di fondazione;
- Piedritti;

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

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

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

### 6.2 Permanenti non strutturali

Non sono stati considerati i carichi permanenti sulla soletta di fondazione.

### 6.3 Carichi mobili (carico stradale)

Non sono stati considerati i carichi da traffico stradale.

### 6.4 Azione di frenamento ( $Q_3$ )

Non è stata considerata la forza di frenamento o accelerazione.

### 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**

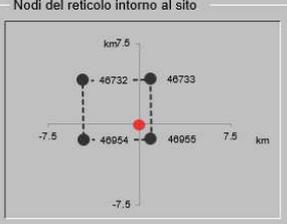
Grafici spettri di risposta

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 - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione  
Grafici spettri di risposta  
Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie  
--■-- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

**FASE 2**

FASE 3

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info

Categoria topografica  info

$S_S = 1.500$   $C_C = 1.478$  info

$h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q$   Regol. in altezza  info

Compon. verticale

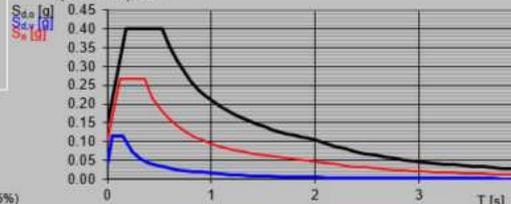
Spettro di progetto

Fattore  $q$    $\eta = 1.000$  info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta  
Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO

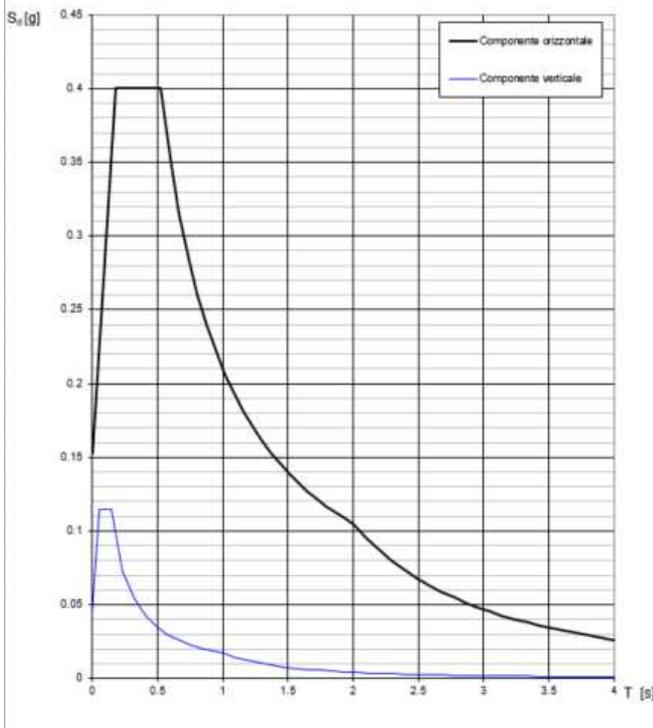
FASE 1

FASE 2

**FASE 3**

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

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



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

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.102 g
$F_a$	2.622
$T_c$	0.355 s
$S_a$	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

$$S = S_a, S_b \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{0.5 + \xi} \geq 0.55, \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6, § 3.2.3.5})$$

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

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

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S <sub>e</sub> [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	0.109
2.007	0.105
2.102	0.095
2.197	0.087
2.292	0.080
2.387	0.074
2.482	0.068
2.576	0.063
2.671	0.059
2.766	0.055
2.861	0.051
2.956	0.048
3.051	0.045
3.146	0.043
3.241	0.040
3.336	0.038
3.431	0.036
3.525	0.034
3.620	0.032
3.715	0.031
3.810	0.029
3.905	0.028
4.000	0.026

## 6.6 Ritiro del calcestruzzo

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

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

## 6.7 Variazione termica

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

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

Nel caso in esame viene trascurata.

## 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.

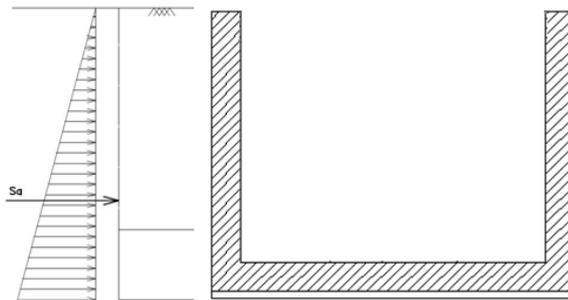


Figura 6.1 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

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

## 6.9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Non si considera la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo.

## 6.10 Sovrappinta sismica

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovrappinta 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  $H/2$ .

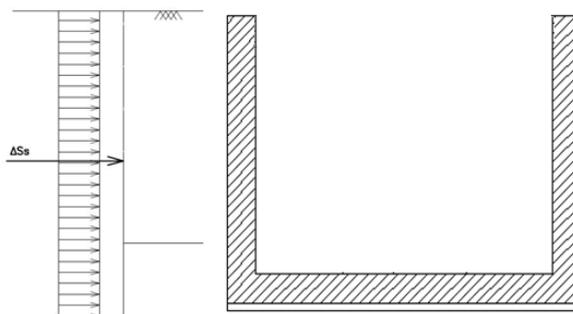


Figura 6.2– Schema per il calcolo degli effetti della sovrappinta sismica

## 7. COMBINAZIONE DEI CARICHI

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

combinazione fondamentale (SLU):

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

combinazione sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

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

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

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

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

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

Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico

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

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

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\Psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\Psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
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”:

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

- Resistenza di progetto a “taglio compressione”:

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

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	17 di 35

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 pareti del pozzetto sono state calcolate come piastre incastrate su tre lati. Le sollecitazioni sono state determinate facendo uso delle soluzioni note in letteratura per la teoria elastica della piastra. In particolare, sono state utilizzate le tabelle per l'analisi di piastre rettangolare dedotte da R. Bares in "Calcolo di lastre e piastre con la teoria elastica lineare" e mostrate nel seguito per comodità.

### Simbologia adottata

$M_{x00}, M_{xs0}, M_{xb0}$	Momenti flettenti in direzione X per $x=0$ e $y=0$ , $b/2$ , $b$
$M_{x0s}, M_{xs}, M_{xbs}$	Momenti flettenti in direzione X per $x=a/2$ e $y=0$ , $b/2$ , $b$
$M_{x0a}, M_{xsa}, M_{xba}$	Momenti flettenti in direzione X per $x=a$ e $y=0$ , $b/2$ , $b$
$M_{xv0}, M_{xvs}, M_{xvb}$	Momenti flettenti di incastro in direzione X per $y=0$ , $b/2$ , $b$
$M_{y00}, M_{ys0}, M_{ya0}$	Momenti flettenti in direzione Y per $y=0$ e $x=0$ , $a/2$ , $a$
$M_{y0s}, M_{ys}, M_{yas}$	Momenti flettenti in direzione Y per $y=b/2$ e $x=0$ , $a/2$ , $a$
$M_{y0b}, M_{ys}, M_{yab}$	Momenti flettenti in direzione Y per $y=b$ e $x=0$ , $a/2$ , $a$
$M_{yv0}, M_{yvs}, M_{yva}$	Momenti flettenti di incastro in direzione Y per $x=0$ , $a/2$ , $a$
$T_x, T_y$	Forze di taglio in direzione z per unità di lunghezza della sezione trasversale della piastra perpendicolare all'asse X e all'asse Y rispettivamente

NV21 - Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3Z 00 D26 NV2103002 B 20 di 35

Carico uniforme

Tab. 1.35

$$\mu = 0,15$$

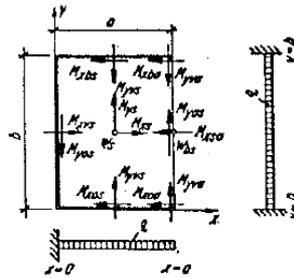
$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{x3a} = -\mu M_{yas}$$

$$M_{x0a} = M_{xbs} = \mu M_{yos}$$

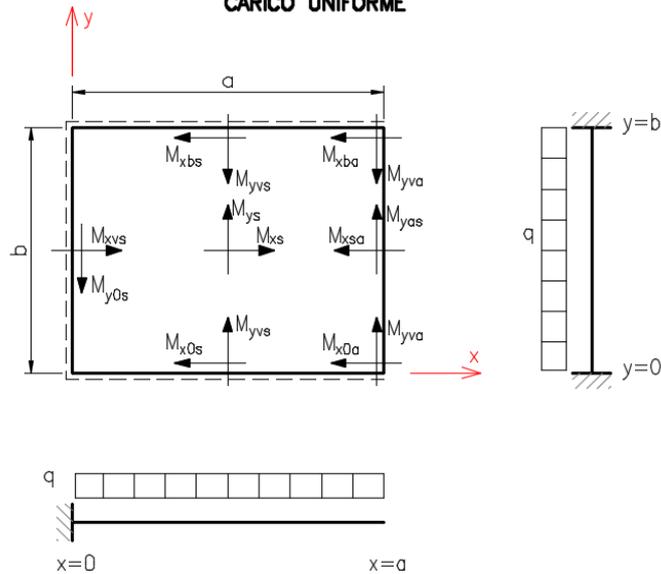
$$M_{x0a} = M_{xba} = \mu M_{yaa}$$

$$M_{y0s} = \mu M_{xvs}$$



$\gamma$	$w_s$	$w_{bs}$	$M_{xx}$	$M_{xvs}$	$M_{ys}$	$M_{yaa}$	$M_{yos}$	$M_{yva}$
0,3	0,3764	0,9700	-0,0489	-0,3833	0,0019	0,0078	-0,0131	-0,0333
0,4	0,2565	0,5909	-0,0025	-0,2783	0,0068	0,0173	-0,0242	-0,0545
0,5	0,1613	0,3433	0,0132	-0,2004	0,0120	0,0268	-0,0335	-0,0709
0,6	0,1031	0,1981	0,0192	-0,1476	0,0177	0,0333	-0,0416	-0,0798
0,7	0,0674	0,1211	0,0190	-0,1106	0,0217	0,0384	-0,0493	-0,0837
0,8	0,0452	0,0753	0,0173	-0,0865	0,0247	0,0413	-0,0561	-0,0848
0,9	0,0315	0,0484	0,0154	-0,0691	0,0270	0,0426	-0,0616	-0,0850
1,0	0,0226	0,0324	0,0125	-0,0559	0,0288	0,0435	-0,0664	-0,0851
1,2	0,0124	0,0159	0,0086	-0,0387	0,0327	0,0443	-0,0734	-0,0848
1,5	0,0055	0,0066	0,0047	-0,0248	0,0370	0,0449	-0,0793	-0,0846
2,0	0,0018	0,0021	0,0021	-0,0139	0,0406	0,0450	-0,0830	-0,0845
f. m.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$qa^2$	$qa^2$	$qb^2$	$qb^2$	$qb^2$	$qb^2$

**CARICO UNIFORME**



NV21 - Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3Z 00 D26 NV2103002 B 21 di 35

Carico triangolare

Tab. 1.92

$$\mu = 0,15$$

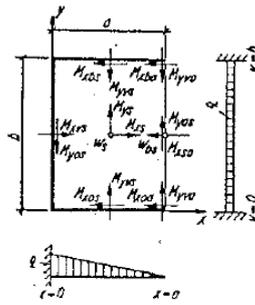
$$\gamma = \frac{a}{b}$$

$$M_{x0s} = M_{xbs} = \mu M_{yvs}$$

$$M_{x0a} = M_{xba} = \mu M_{yva}$$

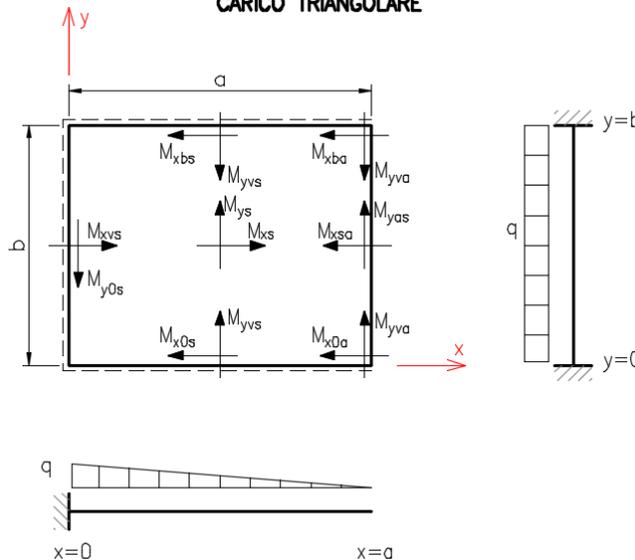
$$M_{y0s} = \mu M_{xvs}$$

$$M_{xsa} = -\mu M_{yvs}$$



$\gamma$	$w_s$	$w_{bs}$	$M_{xx}$	$M_{xxx}$	$M_{yy}$	$M_{yys}$	$M_{yvs}$	$M_{yva}$
0,3	0,1158	0,2461	-0,0089	-0,1369	0,0007	0,0024	-0,0048	-0,0083
0,4	0,0733	0,1374	0,0025	-0,1147	0,0021	0,0048	-0,0079	-0,0131
0,5	0,0469	0,0825	0,0080	-0,0916	0,0038	0,0068	-0,0117	-0,0158
0,6	0,0353	0,0516	0,0114	-0,0728	0,0059	0,0083	-0,0160	-0,0166
0,7	0,0264	0,0293	0,0122	-0,0565	0,0081	0,0092	-0,0202	-0,0164
0,8	0,0192	0,0169	0,0122	-0,0453	0,0104	0,0099	-0,0241	-0,0156
0,9	0,0132	0,0102	0,0110	-0,0390	0,0119	0,0099	-0,0272	-0,0138
1,0	0,0095	0,0062	0,0091	-0,0345	0,0129	0,0095	-0,0301	-0,0119
1,2	0,0058	0,0026	0,0060	-0,0260	0,0148	0,0082	-0,0347	-0,0100
1,5	0,0027	0,0008	0,0030	-0,0182	0,0169	0,0063	-0,0382	-0,0074
2,0	0,0009	0,0002	0,0012	-0,0112	0,0191	0,0041	-0,0412	-0,0046
f. m.	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$qa^2$	$qa^2$	$qb^2$	$qb^2$	$qb^2$	$qb^2$

**CARICO TRIANGOLARE**



## 9.1 Analisi dei carichi

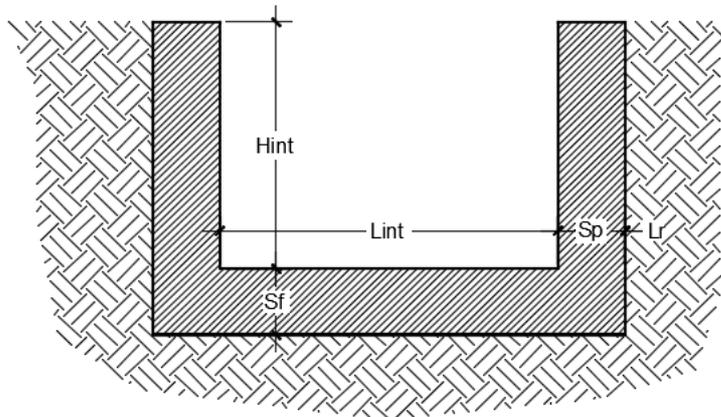
### Geometria

#### 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	$\varphi$	35	°
Terreno di fondazione	$K_w$	5000	kN/m <sup>3</sup>
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione		aggressive	

#### Geometria

Spessore soletta superiore	$S_s$	0.00	m
Spessore soletta di fondazione	$S_f$	0.30	m
Spessore piedritti	$S_p$	0.30	m
Altezza netta	$H_{int}$	4.15	m
Larghezza netta	$L_{int}$	2.00	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	$L_r$	0.00	m



Tab. 4: Geometria del modello

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
 Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	23 di 35

### Azioni elementari applicate

#### Spinta del terreno

K0		$1 - \tan(35^\circ) =$	0.426	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.426 \cdot 0.00 =$	0.00	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (0.00 + 19 \cdot 0.00/2) =$	<b>0.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [0.00 + 19 \cdot (0.00/2 + 4.15 + 0.30/2)] =$	<b>34.84</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [0.00 + 19 \cdot (0.00/2 + 4.15 + 0.30)] =$	36.05	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(0.00 + 0.00)/2 \cdot 0.00/2$	<b>0.00</b>	<b>kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(34.84 + 36.05)/2 \cdot 0.30/2$	<b>5.32</b>	<b>kN/m</b>

#### Sisma orizzontale

Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV	
Vita nominale	V <sub>N</sub>		50	anni
Classe d'uso	C <sub>u</sub>		III	
Coefficiente C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>		1.5	
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>		75	anni
accelerazione orizzontale	a <sub>g</sub> /g		0.102	
amplificazione spettrale	F <sub>o</sub>		2.622	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	C	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>		1.500	
Coeff. Amplificazione topografica	S <sub>t</sub>		1	
Coefficiente S	S	= S <sub>s</sub> · S <sub>t</sub>	1.500	
accelerazione orizzontale max	a <sub>max</sub> /g	= a <sub>g</sub> /g · S	0.153	
Fattore di struttura	q		1.00	
Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	FH <sub>s</sub>	$0.153 \cdot (0.00 \cdot 25 + 0.00 + 0.2 \cdot 0.00) / 1.00 =$	<b>0.00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Forza orizz. sui piedritti	FH <sub>p</sub>	$0.153 \cdot (0.30 \cdot 25) / 1.00 =$	<b>1.15</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

#### Spinta del terreno in fase sismica

Coefficiente sismico orizzontale	k <sub>h</sub>	= a <sub>max</sub> /g · β <sub>m</sub>	0.058	
Coefficiente sismico verticale	k <sub>v</sub>	= ±0.5 · k <sub>h</sub>	0.029	
Risultante della spinta sismica	ΔS <sub>E</sub>		57.6	kN/m
Pressione risultante	Δp <sub>E</sub>	= ΔS <sub>E</sub> / [(Hint+S <sub>s</sub> /2+S <sub>f</sub> /2)]	<b>13.4</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>



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

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	24 di 35

## 9.2 Combinazioni

COMBINAZIONI	SPT	SISMAH	SPS
SLU	1.35	0	0
SISM	1	1	1
SLE	1	0	0

dove:

**SPT** : spinta del terreno sulla parete

**SISMAH** : azione sismica

**SPS** : incremento sismico della spinta del terreno



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

NV21 - Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	25 di 35

### 9.3 Verifiche strutturali

#### 9.3.1 Progetto armatura verticale - $M_{xvs}$

**Sezione: 30 x 100 cm**

##### Armatura a flessione:

Armatura tesa

$\phi$  14/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  14/20 cm

##### Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo, si dispongono comunque Spille  $\phi$  10/40x40 cm.



NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
 Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	27 di 35

- 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**

		<b>Txs</b>
$V_{Ed}$	kN	<b>28</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	<b>10</b>
Numero barre		<b>2.5</b>
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	1.96
Passo s	cm	<b>40</b>
Angolo $\alpha$	°	<b>90</b>

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	14
$n_2$		
$\varnothing_2$	mm	
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	7.70

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	30
c	cm	8.1
d	cm	21.9
k	N/mm <sup>2</sup>	1.96
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.53
$\rho$		0.0035
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	<b>116</b>
----------	----	------------

**Resistenza con armatura a taglio**

Inclinazione puntone $\theta$	°	<b>21.8</b>
$V_{Rsd}$	kN	95
$V_{RCd}$	kN	591
$V_{Rd}$	kN	<b>95</b>

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
 Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	28 di 35

- Verifica a fessurazione

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>8.39</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>0.00</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>8.39</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	$E_s$	200000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>360.00</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	$n$	<b>15.00</b>	-

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>30.00</b>	cm			
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm			
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b>	$\emptyset$ <b>14</b>	$C_{s1} = \downarrow$ <b>8.1</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b>	$\emptyset$ <b>0</b>	$C_{s2} = \uparrow$ <b>8.8</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b>	$\emptyset$ <b>14</b>	$C_{t1} = \downarrow$ <b>8.1</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b>	$\emptyset$ <b>0</b>	$C_{t2} = \uparrow$ <b>8.8</b> cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	6.33	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	3215.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	235993.49	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	36805.05	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>1.44</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>53.25</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)	6.33	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3215.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	235993.49	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	36805.05	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	44.01	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	-------	-----	----------------------------



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

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	29 di 35

### 9.3.2 Progetto armatura orizzontale - Myvs

**Sezione: 30 x 100 cm**

#### Armatura a flessione:

Armatura tesa

$\phi$  14/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  14/20 cm

#### Armatura a taglio:

Non necessarie ai fini del calcolo, si dispongono comunque Spille  $\phi$  10/40x40 cm.



- 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>35</b>
$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>

#### Tys

#### Armatura a taglio

Diametro	mm	<b>10</b>
Numero barre		<b>2.5</b>
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	1.96
Passo s	cm	<b>40</b>
Angolo $\alpha$	°	<b>90</b>

#### Armatura longitudinale

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	14
$n_2$		
$\varnothing_2$	mm	
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	7.70

#### Sezione

$b_w$	cm	100
H	cm	30
c	cm	8.1
d	cm	21.9
k	N/mm <sup>2</sup>	1.96
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.53
$\rho$		0.0035
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

#### Resistenza senza armatura a taglio

$V_{Rd}$	kN	<b>116</b>
----------	----	------------

#### Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone $\theta$	°	<b>21.8</b>
$V_{RSd}$	kN	95
$V_{RCd}$	kN	591
$V_{Rd}$	kN	<b>95</b>

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
 Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	32 di 35

- Verifica a fessurazione

**Sollecitazioni**

Momento flettente - Combinazione rara	$M_R$	<b>7.45</b>	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	$N_R$	<b>0.00</b>	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	$M_F$	<b>7.45</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	$E_s$	200000.00	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>360.00</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	$n$	<b>15.00</b>	-

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>30.00</b>	cm			
Larghezza sezione	B	<b>100.00</b>	cm			
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b>	$\emptyset$ <b>14</b>	$C_{s1} = \downarrow$ <b>8.1</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b>	$\emptyset$ <b>0</b>	$C_{s2} = \uparrow$ <b>8.8</b> cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	7.70	cm <sup>2</sup>	<b>5</b>	$\emptyset$ <b>14</b>	$C_{t1} = \downarrow$ <b>8.1</b> cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	<b>0</b>	$\emptyset$ <b>0</b>	$C_{t2} = \uparrow$ <b>8.8</b> cm

**Proprietà sezione in combinazione rara**

Eccentricità dello sforzo normale	$e$ (M)	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	$u$ (M)	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	$y$ (M)	6.33	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	$A_{id}$	3215.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	235993.49	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	36805.05	cm <sup>4</sup>	

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>1.28</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>47.27</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)	6.33	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3215.51	cm <sup>2</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	235993.49	cm <sup>4</sup>	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	36805.05	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $\sigma_{tamm}$ )	$M_{fess}$	44.01	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	-------	-----	----------------------------



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

NV21 – Nuova viabilità di collegamento Lercara-  
Nuova Fermata Lercara  
*Relazione di calcolo pozzetto*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D26	NV2103002	B	33 di 35

#### 9.4 INCIDENZA POZZETTO

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

Pozzetto                    **90 kg/mc**

Nel calcolo è stata considerato un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature e spille.