

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)**

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

**VI02 – Singolo binario**

Relazione di calcolo Spalla A

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3U	40	D	09	CL	VI0204	002	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Da
A	1° AGGIORNAMENTO A CONSEGNA CS LLPP	G. Grimaldi	Mag. 2020	A.Ferri	Mag. 2020	A.Barreca	Mag. 2020	A. Vittozzi
								Mag. 2020

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti  
Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
Incarico degli ingegneri della Provincia di Roma  
N° A.20783

File: RS3U40D09CLVI0204002A.doc

n. Elab.: 09\_018\_1

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	7
3	MATERIALI .....	8
3.1	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....	9
3.2	VERIFICA S.L.E.....	10
3.2.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	10
3.2.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	11
4	ANALISI E VERIFICHE SPALLA A (MOBILE) .....	12
4.1	GENERALITÀ .....	12
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE .....	12
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	13
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	18
4.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA .....	19
4.6	CARATTERISTICHE DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA .....	20
4.7	INPUT_ANALISI DEI CARICHI .....	21
4.7.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	21
4.7.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	21
4.7.3	<i>Azione del Vento</i> .....	22
4.7.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	24
4.7.5	<i>Effetti dinamici</i> .....	26
4.7.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	27
4.7.7	<i>Sovraccarico sul terrapieno</i> .....	28

4.7.8	<i>Spinta del sovraccarico permanente condizioni statiche</i>	30
4.7.9	<i>Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche</i>	31
4.7.10	<i>Azione sismica</i>	32
4.7.11	<i>Incremento di spinta indotto dai sovraccarichi accidentale e permanente</i>	39
4.7.12	<i>Forze inerziali dovute al sisma</i>	39
4.7.13	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	41
4.7.14	<i>Riepilogo risultati</i>	42
4.8	SOLLECITAZIONI	44
4.8.1	<i>Plinto di fondazione</i>	44
4.9	PALI DI FONDAZIONE	45
4.10	VERIFICHE STRUTTURALI	46
4.10.1	<i>Palo di fondazione L= 27 m</i>	47
4.10.2	<i>Plinto di fondazione</i>	53
4.10.3	<i>Verifiche locali soletta e piedritti</i>	56
4.11	INCIDENZE	85

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto ferroviario VI02/51 della tratta ferroviaria Palomba-Catenanuova, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la spalla A\_mob che presenta gli appoggi "fissi" dell'impalcato.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto VI02/51, a singolo binario, si estende dal km 1+289.635 al km 1+387.537 per uno sviluppo complessivo di 97.90 m ed è costituito da 4 campate isostatiche con 2 cassoncini in cap di luce 25m

Le spalle sono realizzate in c.a. gettato in opera.

La fondazione della spalla singolo è costituita da un plinto fondato su 15 pali di diametro 1500 mm sono distanziati di un interasse di almeno 4.5 m. Si è assunta una distanza dal bordo degli stessi di 1.25 m.

Il plinto presenta uno spessore di 2.00 metri e una pianta rettangolare di 21.80 x 11.50 m.

Nella parte sommitale del muro frontale sono disposti gli apparecchi di appoggio dell'impalcato secondo lo schema di figura seguente:

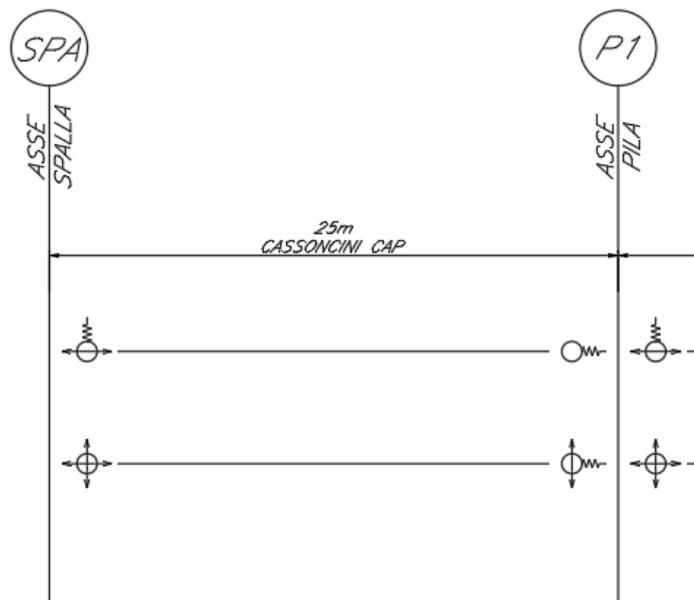


Figura 1-1-1: schema appoggi

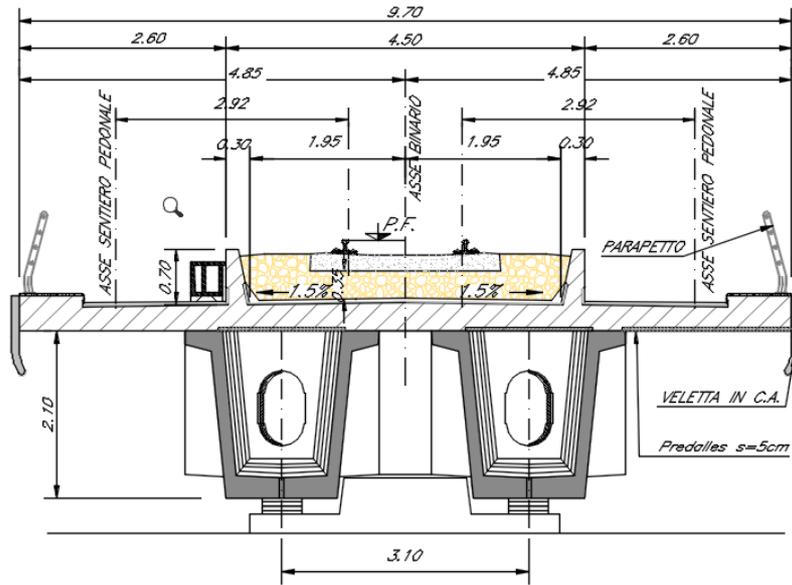


Figura 1-2: sezione trasversale impalcato tipo in cap 25m singolo binario

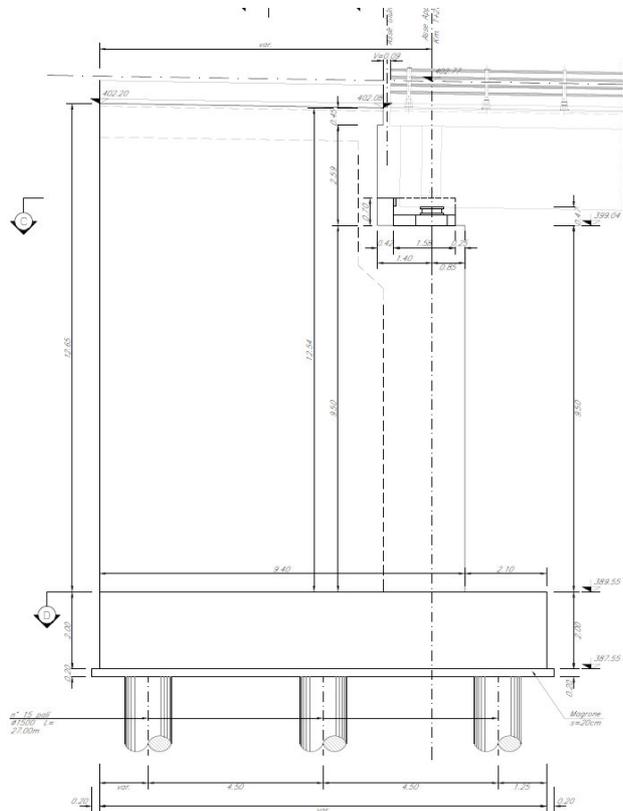


Figura 1-3 - Sezione longitudinale

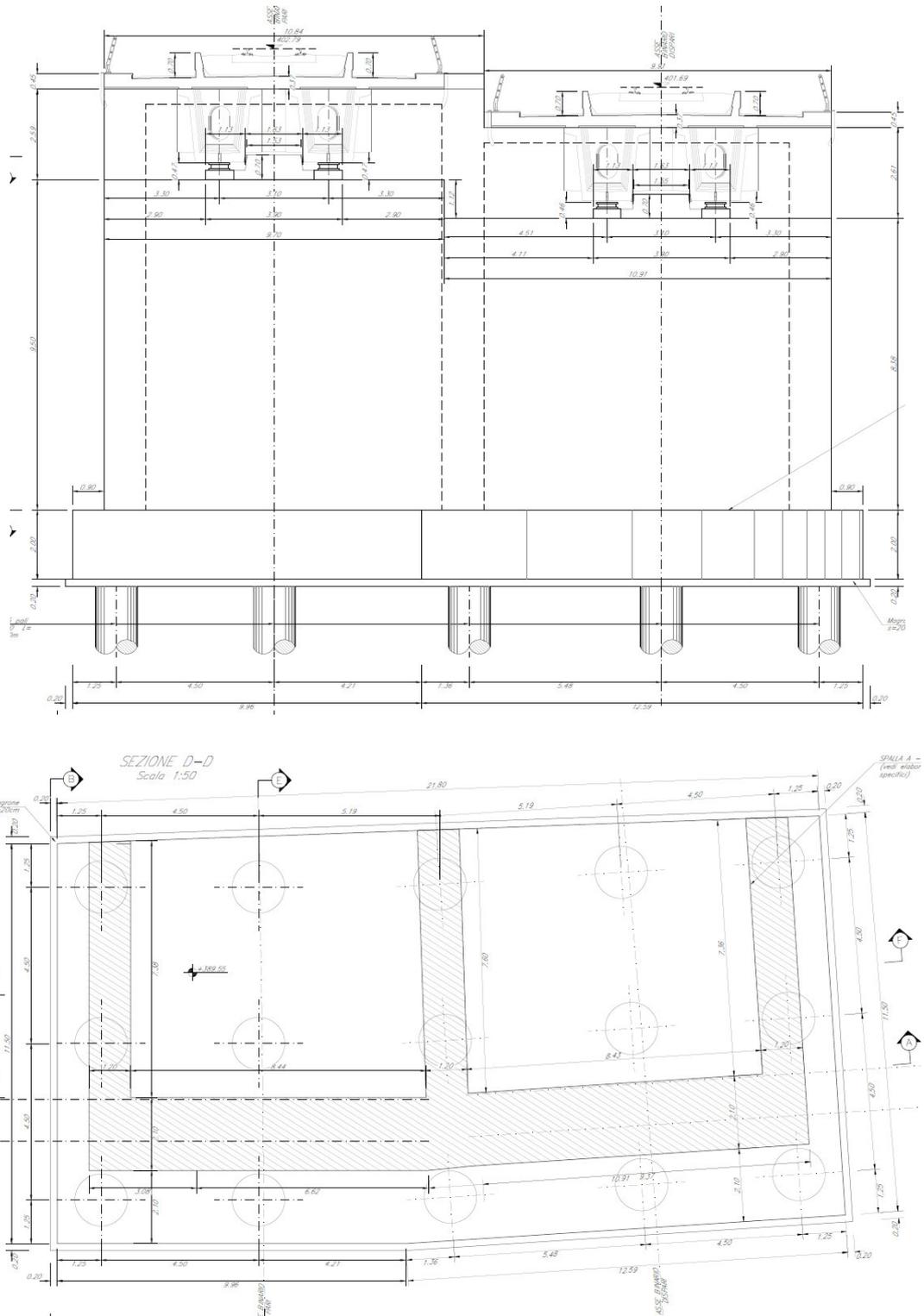


Figura 1-4: elaborati grafici spalla A (mobile)

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI02 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0204 002</b>	REV. <b>B</b>

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;*
- *Circolare 21 gennaio 2019, n 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” » di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture;*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale;*
- *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.*

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti (rif: 09\_002):

#### CALCESTRUZZO MAGRO E GETTO DI LIVELLAMENTO

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C12/15
- TIPO CEMENTO CEM I+V
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : X0

#### CALCESTRUZZO PALI DI FONDAZIONE, CORDOLI

##### OPERE PROVVISORIALI

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C25/30
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.60$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO MINIMO = 60 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 32 mm

#### CALCESTRUZZO FONDAZIONE PILE, SPALLE E SOLETTONI

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C28/35
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.60$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO = 40 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

#### CALCESTRUZZO ELEVAZIONE PILE (COMPRESI PULVINI, BAGGIOLI E RITEGNI), SPALLE E STRUTTURE SCATOLARI

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM III+V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.50$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4
- COPRIFERRO = 40 mm (\*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 25 mm

#### CALCESTRUZZO SOLETTE IMPALCATO

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM I+V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.50$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4
- COPRIFERRO = 40 mm (\*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 20 mm

#### ACCIAIO ORDINARIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

IN BARRE E RETI ELETTROSALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
  - Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
- $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

(\*) : I VALORI DI COPRIFERRO RIPORTATI SI RIFERISCONO AD OPERE CON VITA NOMINALE DI 75 ANNI. PER COSTRUZIONI CON VITA NOMINALE DI 100 ANNI TALI VALORI DOVRANNO ESSERE AUMENTATI DI 5 mm.

### 3.1 Stratigrafia e parametri geotecnici

STRATIGRAFIA		
Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m] da p.c.
a2	Limi e limi argillosi con subordinate sabbie limose	0.0÷2.0
TRV	Argille limose e argille marnose	>2.0
FALDA di calcolo: testa palo		

Nel seguito si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate:

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E_{op}$ [MPa]	$E_{m0}$ [MPa]	$E_{mr}$ [MPa]	$k_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]
a2	20	75	10	30	-	-	20	
TRV	20	200	37	17	-	-	80	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

### 3.2 Verifica S.L.E.

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

#### 3.2.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specificazione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario", ovvero:

##### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara):  $0,55 f_{ck}$ ;
- per combinazioni di carico quasi permanente:  $0,40 f_{ck}$ ;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare  $0,75 f_{yk}$ .

Per il caso in esame risulta in particolare per l'elevazione:

#### CALCESTRUZZO

$$\sigma_{cmax\ QP} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{12.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{cmax\ R} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{16.89} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

#### ACCIAIO

$$\sigma_{s\ max} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica Rara})$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

### 3.2.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico rara e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

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

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

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 17.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

– Combinazione Caratteristica (Rara)  $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura del D.M. 9 gennaio 1996, in accordo a quanto previsto al punto " C4.1.2.2.4.5 Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare del 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.

## 4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA A (MOBILE)

### 4.1 Generalità

La spalla presenta una configurazione scatolare con paramento di spessore 2.10 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore pari a 1.80 m e soletta di copertura avente spessore di 0.8 m. L'altezza della spalla A (escluso paraghiaia) è pari a 9.50 m.

La spalla presenta in testa un paraghiaia di spessore 0.50 m ed altezza di circa 2.15 m dalla testa muro frontale.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1500 mm collegate in testa da una platea di spessore 2.00 m.

Per le verifiche dei singoli elementi della spalla (pali, platea di fondazione ed elevazioni) è stata effettuata un'analisi dei carichi agenti sul piano appoggi e allo spiccato della fondazione; l'analisi viene riportata nelle pagine seguenti.

### 4.2 Modelli a mensola per la verifica delle spalle

Le sollecitazioni di verifica della spalla sono state determinate mediante l'ausilio del programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000. Il modello ad elementi finiti è costituito da un modello a telaio equivalente, con elementi *beam* per i piedritti e per la soletta, rappresentativo dello schema trasversale della spalla.

Non sono state considerate le azioni determinate dalle spinte del terreno di riempimento, ma si è considerato il sovraccarico, accidentale e permanente, in condizioni sia statiche che sismiche e le azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Per il plinto di fondazione, si è utilizzato un modello tirante-puntone per l'analisi e la verifica dello zoccolo anteriore al muro frontale.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni sui pali di fondazione a partire dalle azioni risultanti nel baricentro del plinto alla quota di intradosso, sono stati calcolati, per ciascuna combinazione di carico, gli sforzi assiali e di taglio in testa ai pali di fondazione utilizzando il classico modello a piastra rigida.

Tali sollecitazioni sono state ottenute attraverso l'implementazione di un foglio di calcolo appositamente realizzato.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI02 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.14. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

#### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

	Azioni	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	(1)	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 <sup>(3)</sup>	-	-
	Centrifuga	(2) (3)	(2)	(2)
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>(3)</sup>	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti  $\Psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e, quindi, alle verifiche strutturali.

Le verifiche di sicurezza strutturali sono state condotte utilizzando, in ottemperanza alle NTC18, la combinazione:

A1	M1	R3
----	----	----

Nelle tabelle seguenti, si riportano i dati relativamente alle combinazioni SLU, SLV ed SLE.

			Elemento	2				A1+M1+R1 sovr centr				A1+M1+R1 sovr non centr			
				Att.	γ	ψ	Coeff.	Att.	γ	ψ	Coeff.				
				Peso proprio			muro frontale	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			paraghiala frontale	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			muro sinistro	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			bandiera muro sx	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			paraghiala sinistro	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			muro destro	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			bandiera muro dx	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			paraghiala destro	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			platea	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			terr riemp su platea	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
Spinte statiche M1 (k0)	M1	k0	spinta terre su MF	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
	M1	k0	spinta terre su MS	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
	M1	k0	spinta terre su MD	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
Spinte statiche M1 (ka)	M1	ka	spinta terre su MF	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00
	M1	ka	spinta terre su MS	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00
	M1	ka	spinta terre su MD	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00
Δ Spinte sismiche Mononobe-Okabe M1 (k0)	M2	ka	sovraspinta sismica su MF				0.00					0.00			0.00
	M2	ka	sovraspinta sismica su MS				0.00					0.00			0.00
	M2	ka	sovraspinta sismica su MD				0.00					0.00			0.00
Spinte statiche sovraccarico ballast M1	M1		spinta oriz sovrac su MF	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
	M1		spinta oriz sovrac su MS	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
	M1		spinta oriz sovrac su MD	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
	M1		peso sovraccarico su platea	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
Spinte sismiche sovraccarico ballast			spinta oriz sovrac su MF	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			spinta oriz sovrac su MS	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			spinta oriz sovrac su MD	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
inerzie X sovraccarico ballast			spinta oriz sovrac su MF	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			spinta oriz sovrac su MS	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			spinta oriz sovrac su MD	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
Spinte statiche sovraccarico M1	M1		spinta oriz sovrac su MF	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
	M1		spinta oriz sovrac su MS	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
	M1		spinta oriz sovrac su MD	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
	M1		peso sovraccarico su platea	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
Spinte sismiche sovraccarico accidentale			spinta oriz sovrac su MF	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			spinta oriz sovrac su MS	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			spinta oriz sovrac su MD	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
inerzie X sovracc accidentale			spinta oriz sovrac su MF	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			spinta oriz sovrac su MS	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			spinta oriz sovrac su MD	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
Inerzia X spalla			muro frontale	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			paraghiala frontale	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			muro sinistro	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			paraghiala sinistro	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			muro destro	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			paraghiala destro	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			platea	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
Inerzia X terre			Ter di riemp inf MF	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Ter di riemp sup TPF	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Ter di riemp inf MD	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Ter di riemp sup TPD	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Ter di riemp inf MS	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Ter di riemp sup TPS	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
Inerzia Y spalla			muro frontale	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			paraghiala frontale	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			muro sinistro	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			paraghiala sinistro	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			muro destro	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			paraghiala destro	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			platea	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
Inerzia Y terre			Ter di riemp inf MF	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Ter di riemp sup TPF	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Ter di riemp inf MD	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Ter di riemp sup TPD	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Ter di riemp inf MS	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Ter di riemp sup TPS	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
Azioni da impalcato:			permanenti strutturali	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			permanenti non strutturali	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
			altre azioni permanenti	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
			distorsioni e presollecitazioni	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
			Ritiro	0.00	1.2	1	0.00	0.00	1.2	1	0.00	0.00	1.2	1	0.00
			variazioni termiche	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90
			viscosità	0.00	1.2	0.5	0.00	0.00	1.2	0.5	0.00	0.00	1.2	0.5	0.00
			carichi mobili	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
			frenatura	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
			azione centrifuga	1.00	1.45	0.5	0.73	1.00	1.45	0.5	0.73	1.00	1.45	0.5	0.73
			serpeggio	1.00	1.45	0.5	0.73	1.00	1.45	0.5	0.73	1.00	1.45	0.5	0.73
			vento ponte scarico	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90
			vento ponte carico	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90
			sisma (direzione y) carichi permanenti	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
			sisma (direzione x) carichi permanenti	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
			sisma (direzione z) carichi permanenti	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
			resistenze parassite	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
			attrito carichi mobili	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
			azione laterale	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
			altre azioni variabili (acc. servizio)	0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.5	1	0.00
Inerz X perm/acc impalc			Inerzia X perm/acc impalc	0.00			1.00	0.00				1.00	0.00		0.00
			Inerzia X sovracc acc da impalc	0.00			1.00	0.00</							

Elemento	sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto			sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso			sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto			sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso			sisma Z verso basso + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Y			sisma Z verso alto + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Y									
	Att.	y	ψ	Coeff.	Att.	y	ψ	Coeff.	Att.	y	ψ	Coeff.	Att.	y	ψ	Coeff.	Att.	y	ψ	Coeff.					
Peso proprio																									
	muro frontale	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00			
	paragliaia frontale	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00			
	muro sinistro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00			
	bandiera muro sx	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00			
	paragliaia sinistro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00			
	muro destro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00			
	bandiera muro dx	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00			
	paragliaia destro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00			
	platea	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00			
Spinte statiche M1 (k0)	M1	k0																							
	M1	k0																							
Spinte statiche M1 (ka)	M1	ka																							
	M1	ka																							
Δ Spinte sismiche Mononobe-Okabe	M2	ka																							
	M2	ka																							
Spinte statiche sovraccarico ballast M1	M1																								
	M1																								
Spinte sismiche sovraccarico ballast	M1																								
	M1																								
Inerzia X sovraccarico ballast	M1																								
	M1																								
Spinte statiche sovraccarico M1	M1																								
	M1																								
Spinte sismiche sovraccarico accidentale	M1																								
	M1																								
Inerzia X sovraccarico accidentale	M1																								
	M1																								
Inerzia X spalla	muro frontale	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	paragliaia frontale	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	muro sinistro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	paragliaia sinistro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	muro destro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	paragliaia destro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	platea	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	Ter di riemp inf MF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	Ter di riemp sup TPF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	Ter di riemp inf MD	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
Inerzia Y spalla	Ter di riemp sup TPD	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	Ter di riemp inf MS	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	Ter di riemp sup TPS	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	muro frontale	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	paragliaia frontale	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	muro sinistro	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	paragliaia sinistro	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	muro destro	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	paragliaia destro	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	platea	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
Inerzia Y terre	Ter di riemp inf MF	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	Ter di riemp sup TPF	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	Ter di riemp inf MD	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	Ter di riemp sup TPD	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	Ter di riemp inf MS	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	Ter di riemp sup TPS	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	0.3	1	0.30	1.00	0.3	1	0.30		
	permanenti strutturali	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00		
	permanenti non strutturali	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00		
	altre azioni permanenti	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00		
	distorsioni e presollecitazioni	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00		
Ritiro	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00			
Azioni da impalcato:	variazioni termiche	1.00	1	0.5	0.50	1.00	1	0.5	0.50	1.00	1	0.5	0.50	1.00	1	0.5	0.50	1.00	1	0.5	0.50	1.00	1	0.5	0.50
	viscosità	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	
	carichi mobili	0.00	1	0.2																					

Elemento	SLE rara sovr centr			SLE rara sovr non centr			SLE freq sovr centr			SLE freq sovr non centr			SLE qp			
	Att.	ψ	Coeff.	Att.	ψ	Coeff.	Att.	ψ	Coeff.	Att.	ψ	Coeff.	Att.	ψ	Coeff.	
Peso proprio																
	muro frontale	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00
	paragliaia frontale	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00
	muro sinistro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00
	bandiera muro sx	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00
	paragliaia sinistro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00
	muro destro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00
	bandiera muro dx	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00
	paragliaia destro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00
	platea	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00
terr riemp su platea	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
Spinte statiche M1 (k0)	M1	k0	spinta terre su MF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00
	M1	k0	spinta terre su MS	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
	M1	k0	spinta terre su MD	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
Spinte statiche M1 (ka)	M1	ka	spinta terre su MF	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	
	M1	ka	spinta terre su MS	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	
	M1	ka	spinta terre su MD	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	
Δ Spinte sismiche Mononobe-Okabe M2 (ka)	M2	ka	sovraspinta sismica su MF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
	M2	ka	sovraspinta sismica su MS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
	M2	ka	sovraspinta sismica su MD	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
Spinte statiche sovraccarico ballast M1	M1		spinta oriz sovracc su MF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
	M1		spinta oriz sovracc su MS	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
	M1		spinta oriz sovracc su MD	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
Spinte sismiche sovraccarico ballast	M1		peso sovraccarico su platea	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
			spinta oriz sovracc su MF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			spinta oriz sovracc su MS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
Inerzie X sovraccarico ballast			spinta oriz sovracc su MD	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			spinta oriz sovracc su MF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			spinta oriz sovracc su MS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
Spinte statiche sovraccarico M1	M1		spinta oriz sovracc su MD	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
	M1		spinta oriz sovracc su MF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
	M1		spinta oriz sovracc su MS	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
Spinte sismiche sovraccarico accidentale	M1		peso sovraccarico su platea	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
			spinta oriz sovracc su MF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			spinta oriz sovracc su MS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
inerzie X sovracc accidentale			spinta oriz sovracc su MD	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			spinta oriz sovracc su MF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			spinta oriz sovracc su MS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
Inerzia X spalla			spinta oriz sovracc su MD	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			muro frontale	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			paragliaia frontale	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			muro sinistro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			paragliaia sinistro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			muro destro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			paragliaia destro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			platea	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp inf MF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp sup TPF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
Inerzia X terre			Ter di riemp inf MD	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp sup TPD	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp inf MS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp sup TPS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			muro frontale	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			paragliaia frontale	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			muro sinistro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			paragliaia sinistro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			muro destro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			paragliaia destro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
Inerzia Y spalla			platea	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp inf MF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp sup TPF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp inf MD	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp sup TPD	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp inf MS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp sup TPS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			muro frontale	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			paragliaia frontale	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			muro sinistro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
Inerzia Y terre			paragliaia sinistro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			muro destro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			paragliaia destro	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			platea	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp inf MF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp sup TPF	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp inf MD	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp sup TPD	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp inf MS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
			Ter di riemp sup TPS	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	
Azioni da impalcato:			permanenti strutturali	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
			permanenti non strutturali	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	
			altre azioni permanenti	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	
			distorsioni e presollecitazioni	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	
			Ritiro	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	
			variazioni termiche	1.00	1	0.60	1.00	1	0.60	1.00	1	0.60	1.00	1	0.60	
			viscosità	0.00	1	0.50	0.00	1	0.50	0.00	1	0.50	0.00	1	0.50	
			carichi mobili	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00							

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

Gli scarichi agli appoggi, riportati nei paragrafi seguenti, fanno riferimento alla seguente terna di assi:

- asse X coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

#### 4.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
  
- Lunghezze = m
- Forze = kN

## 4.5 Geometria della spalla

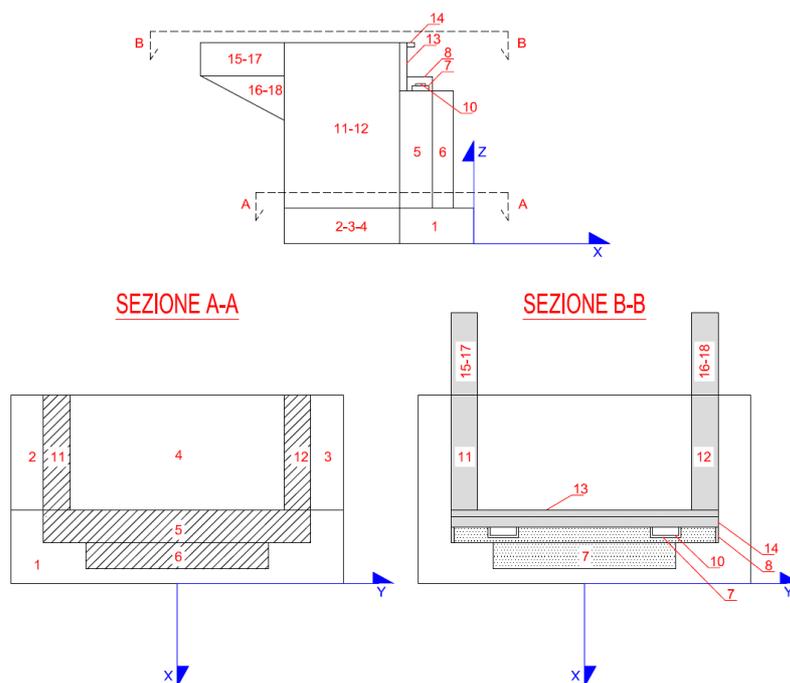


Figura 4-4: Schema qualitativo della geometria della spalla

PESO PROPRIO SPALLA - GEOMETRIA								
ELEMENTO	Descrizione	quantità	LX [m]	LY [m]	LZ [m]	Volume	$\gamma$ [kNm <sup>3</sup> ]	Peso [kN]
1	PORZIONE TRASVERSALE DELLA FONDAZIONE		4.20	21.80	2.00	183.12	25.00	-4578.00
2	PORZIONE LONGITUDINALE DELLA FONDAZIONE (y<0)		7.30	0.90	2.00	13.14	25.00	-328.50
3	PORZIONE LONGITUDINALE DELLA FONDAZIONE (y>0)		7.30	0.90	2.00	13.14	25.00	-328.50
4	COMPLETAMENTO DELLA FONDAZIONE		7.30	20.00	2.00	292.00	25.00	-7300.00
	PESO TOTALE FONDAZIONE							-12535.00
5	MURO FRONTALE		2.10	20.00	9.50	399.00	25.00	-9975.00
6	RINGROSSO MURO FRONTALE (per appoggi)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
7	BAGGIOLI	4	1.56	0.80	0.25	1.25	25.00	-31.20
8	RITEGNI SISMICI TRASVERSALI	2	1.56	1.64	0.62	3.17	25.00	-79.31
9	RITEGNI SISMICI LONGITUDINALI	2	0.44	4.10	0.70	2.53	25.00	-63.14
10	APPARECCHI DI APPOGGIO	4			0.20			
11	MURO ANDATORE (Y < 0)		7.30	1.80	11.78	154.79	25.00	-3869.73
12	MURO ANDATORE (Y > 0)		7.30	1.80	11.78	154.79	25.00	-3869.73
13	MURO PARAGHIAIA		0.50	20.00	2.15	21.50	25.00	-537.50
11A	MURO PARAGHIAIA ANDATORE (Y < 0)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
12B	MURO PARAGHIAIA ANDATORE (Y > 0)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
14	MARTELLO		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
15	MURO 1		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
16	SOLETTA		7.30	20.00	0.80	116.80	25.00	-2920.00
17	MURO 2		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
18	-		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
19	MARCIAPIEDE (y > 0)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
20	MARCIAPIEDE (y < 0)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
21	GUARD-RAIL + BARRIERA SICUREZZA + VELETTA (y > 0)							0.00
22	GUARD-RAIL + BARRIERA SICUREZZA + VELETTA (y < 0)							0.00
	<b>TOTALE =</b>							<b>-33880.61</b>

Figura 4-5: dati di input

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI02 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

#### 4.6 Caratteristiche del terreno a monte della spalla

Sono state considerate caratteristiche geotecniche uguali per il terreno a tergo della fondazione, e quello contenuto entro i muri andatori. Tali valori sono riportati di seguito in tabella.

TERRENO DI MONTE		
$\phi'$	angolo di attrito del terreno di monte	38 °
$\tan(\phi')$	tang. Dell'angolo di resistenza a taglio del terreno di monte	0.781
$\gamma\phi'$ M1	coeffic. Parziale di tanf' per la cond. M1	1
$\gamma\phi'$ M2	coeffic. Parziale di tanf' per la cond. M2	1.25
$\phi'$ M1	angolo di attrito per la cond. M1	38.00 °
$\phi'$ M2	angolo di attrito per la cond. M2	32.01 °
$\gamma$	peso per unità di volume del terreno	0 kN/m <sup>3</sup>
$\delta$ esercizio M1	angolo di attrito terra-muro per le cond. Di esercizio M1	0.00 °
$\delta$ sismica M1	angolo di attrito terra-muro per le cond. sismiche M1	0.00 °
$\delta$ esercizio M2	angolo di attrito terra-muro per le cond. Di esercizio M2	0.00 °
$\delta$ sismica M2	angolo di attrito terra-muro per le cond. sismiche M2	0.00 °
<b>H terreno</b>	altezza terreno da estradosso fondazione	11.65 m
$W_{terr}$	peso totale terreno di monte	0.00 kN
$\beta$	inclinazione rispetto alla verticale del paramento	0 °
$i$	inclinazione rispetto all'orizz della superf del terrapieno	0 °
$K_0$ M1	coefficiente di spinta in quiete cond M1 $k_0=(1-\text{sen}\phi)$	0.384
$K_0$ M2	coefficiente di spinta in quiete cond M2 $k_0=(1-\text{sen}\phi)$	0.470
$K_a$ M1	coeff di spinta attiva Muller-Breslau cond M1	0.238
$K_a$ M2	coeff di spinta attiva Muller-Breslau cond M2	0.307
<b>H tot</b>	altezza totale di spinta (H terr + H fond)	13.65 m
$c'_t$	coesione del terreno a monte	0 kPa

Figura 4-6: caratteristiche del terreno a monte della spalla

TERRENO A TERGO	
$\phi'$	38 °
$\tan(\phi')$	0.781
$\gamma\phi'$ M1	1
$\gamma\phi'$ M2	1.25
$\phi'$ M1	38.00 °
$\phi'$ M2	32.01 °
$\gamma$	0 kN/m <sup>3</sup>
$\delta$ eserc M1	0.00 °
$\delta$ sism M1	0.00 °
$\delta$ eserc M2	0.00 °
$\delta$ sism M2	0.00 °
<b>H terreno</b>	9.50 m
$W_{terr}$	0.00 kN
$\beta$	0 °
$i$	0 °
$K_0$ M1	0.384
$K_0$ M2	0.470
$K_a$ M1	0.238
$K_a$ M2	0.307
<b>H tot</b>	9.50 m
$c'_t$	0 kPa

Figura 4-7: caratteristiche del terreno a tergo della spalla

## 4.7 INPUT\_Analisi dei carichi

### 4.7.1 Peso proprio elementi strutturali

➤ *Peso proprio strutture*

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

N. binari		<b>1</b>	[-]
Lunghezza	<b>L</b>	<b>24.3</b>	[m]
Luce di calcolo	<b>Lc</b>	<b>22.8</b>	[m]
Peso proprio	<b>G1</b>	<b>166.66</b>	[kN/m]
Permanenti portati	<b>G2</b>	<b>127</b>	[kN/m]
Ballast	<b>G2b</b>	<b>57.6</b>	[kN/m]
num. Appoggi spalla	<b>n</b>	<b>2</b>	[-]
Reazione appoggio G1	<b>Ri</b>	<b>1012.45</b>	[kN]
Reazione appoggio G2	<b>Ri</b>	<b>770.92</b>	[kN]

### 4.7.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

Si riportano di seguito gli scarichi agli appoggi dedotti dall'analisi dell'impalcato.

2024.9

CARICHI DERIVANTI DALL'ANALISI DELL'IMPALCATO		Fx	Fy	Fz	x	y	z	Mx	My	Mz
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1	permanenti strutturali	0	0	4050	2.80	0.00	11.95	-	-	-
g2	permanenti non strutturali	0	0	3084	2.80	0.00	11.95	-	-	-
g3	altre azioni permanenti	0	0	0	2.80	0.00	11.95	-	-	-
e1	distorsioni e presollecitazioni	0	0	0	2.80	0.00	11.95	-	-	-
e2	Ritiro	0	0	0	2.80	0.00	11.95	-	-	-
e3	variazioni termiche	0	0	0	2.80	0.00	11.95	-	-	-
e4	viscosità	0	0	0	2.80	0.00	11.95	-	-	-
q1+q2 - carichi mobili	Treno per max lo sforzo normale	0	0	4111.3	2.80	0.00	11.95	411.13	4933.57	0.00
q3	frenatura/avviamento	0	0	0	2.80	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
q4	azione centrifuga	0	394	0	2.80	0.00	11.95	1111.96	0.00	0.00
	serpeggio	0	220	0	2.80	0.00	11.95	866.80	0.00	0.00
q5s	vento ponte scarico	0	250.42	0	2.80	0.00	11.95	1850.61	0.00	0.00
q5	vento ponte carico	0	255.52	0	2.80	0.00	11.95	1918.99	0.00	0.00
q6	sisma (direzione y) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	1387	0	2.80	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
q6	sisma (direzione x) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	0	0	2.80	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
q6	sisma (direzione Z) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	0	693	2.80	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
q7	resistenze parassite	232	0	0	2.80	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00
q7m	attrito carichi mobili	164	0	0	2.80	0.00	11.95	0.00	0.00	0.00

Figura 4-8: riepilogo dei carichi derivanti dall'analisi dell'impalcato

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

#### 4.7.3 Azione del Vento

Ricadendo nella classificazione ordinaria di ponti l'azione del vento è valutata come agente su una superficie continua, convenzionalmente alta 4m dal paino del ferro. Nel caso di ponte scarico si considera la superficie relativa alle barriere antirumore.

(NTC 18 §3.3 e EC 1-1-4:2005)				
		carico	scarico	
Condizione ponte				
Altitudine sul livello del mare	as	380	380	[m slm]
Zona	Z	4	4	[-]
Velocità di base di riferimento	Vb,0	28	28	[m/s]
Parametro di quota	a0	500	500	[m]
Parametro adimensionale	ks	0.36	0.36	[1/s]
Coefficiente di altitudine	ca	1	1	[-]
Tempo di ritorno	Tr	112.5	112.5	[anni]
Velocità di riferimento	Vb	28	28	[m/s]
Parametri	cR	1.05	1.05	[-]
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	[m/s]
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	[kg/m <sup>3</sup> ]
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	[kN/m <sup>2</sup> ]
Classe di rugosità del terreno		D	D	[-]
Distanza dalla costa		>10	>10	[km]
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	[m]

Figura 4-9: parametri azione del vento

<b>Vento su impalcato</b>				
Parametri	<b>kr</b>	<b>0.19</b>	<b>0.19</b>	[-]
Parametri	<b>z0</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	[-]
Parametri	<b>zmin</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	[-]
Altezza piano appoggi	<b>zapp</b>	<b>9.95</b>	<b>9.95</b>	[m]
Altezza di riferimento per l'impalcato	<b>z</b>	<b>13.705</b>	<b>13.645</b>	[m]
Coefficiente di topografia	<b>ct</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	[-]
Coefficiente di esposizione	<b>ce (z)</b>	<b>2.56</b>	<b>2.55</b>	[-]
Larghezza impalcato	<b>b</b>	<b>9.7</b>	<b>9.7</b>	[m]
Altezza impalcato	<b>hi</b>	<b>2.51</b>	<b>2.51</b>	[m]
Altezza armamento	<b>ha</b>	<b>0.88</b>	<b>0.88</b>	[m]
Altezza barriera	<b>hb</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	[m]
Altezza treno	<b>ht</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	[m]
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	<b>dtot</b>	<b>7.51</b>	<b>7.39</b>	[m]
Rapporto di forma	<b>b/dtot</b>	<b>1.29</b>	<b>1.31</b>	[-]
Coefficiente di forza (fig. 8.3 EC)	<b>cfx</b>	<b>2.045</b>	<b>2.039</b>	[-]
Pressione cinetica di riferimento	<b>qb</b>	<b>0.54</b>	<b>0.54</b>	[kN/m <sup>2</sup> ]
Coefficiente di esposizione	<b>ce</b>	<b>2.56</b>	<b>2.55</b>	[-]
Coefficiente di forza	<b>cfx</b>	<b>2.045</b>	<b>2.039</b>	[-]
Altezza di riferimento (EC 8.3.1 (4),(5))	<b>d</b>	<b>7.51</b>	<b>7.39</b>	[m]
Forza statica equivalente a m/l	<b>f</b>	<b>21.03</b>	<b>20.61</b>	[kN/m]
Pressione statica equivalente	<b>p</b>	<b>2.80</b>	<b>2.79</b>	[kN/m <sup>2</sup> ]
Pressione statica equivalente (minima considerata)	<b>pmin</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	[kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	<b>f</b>	<b>21.03</b>	<b>21.03</b>	[kN/m]
Luce impalcato	<b>L</b>	<b>24.30</b>	<b>24.30</b>	[m]
Forza trasversale al piano appoggi	<b>FT</b>	<b>255.52</b>	<b>255.52</b>	[kN]
Momento trasversale al piano appoggi	<b>Mx</b>	<b>1918.99</b>	<b>1918.99</b>	[kNm]
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>				
Forza statica equivalente	<b>f</b>	<b>20.61</b>	<b>20.61</b>	[kN/m]
Luce impalcato	<b>L</b>	<b>24.30</b>	<b>24.30</b>	[m]
Forza trasversale al piano appoggi	<b>FT</b>	<b>250.42</b>	<b>250.42</b>	[kN]
Momento trasversale al piano appoggi	<b>Mx</b>	<b>1850.61</b>	<b>1850.61</b>	[kNm]

Figura 4-10: azione del vento

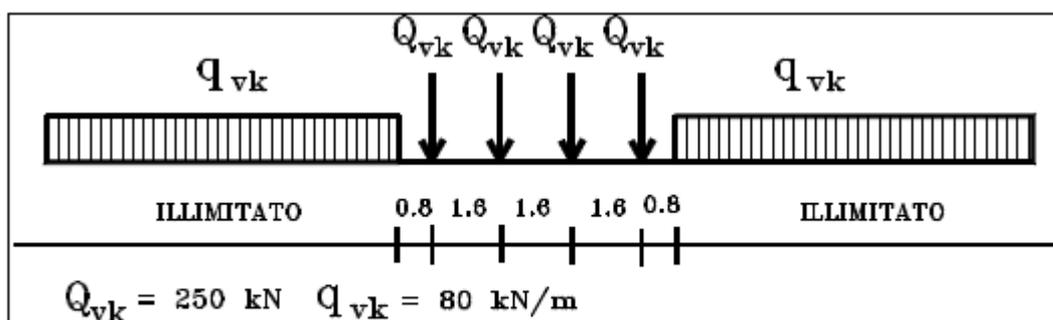
#### 4.7.4 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2.

Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

➤ *Modello di carico LM71*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



*Treno di carico LM 71*

Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

Si analizza la disposizione longitudinale del carico mobile che massimizza l'azione verticale sulla spalla:

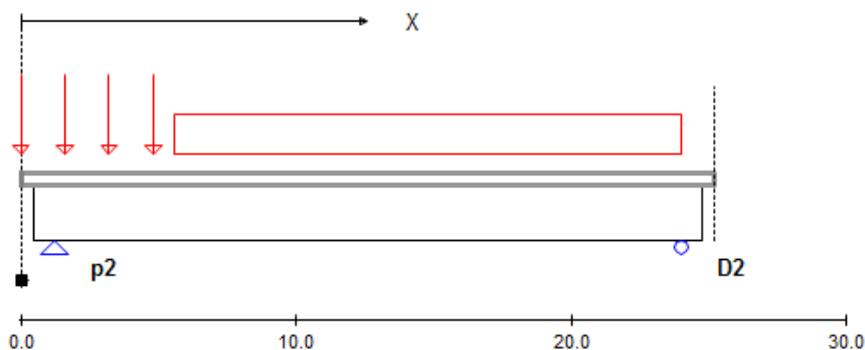
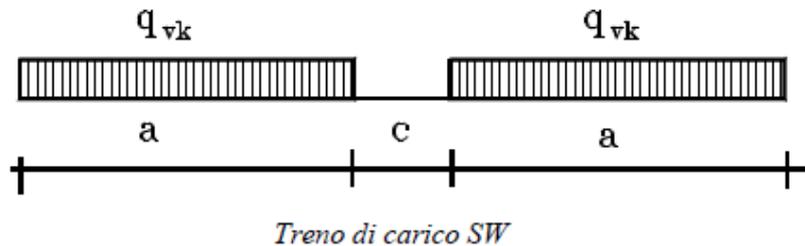


Figura 4-11 - Treno di carico LM 71: massimizzazione carico verticale sulla spalla

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

➤ *Modello di carico SW/2*

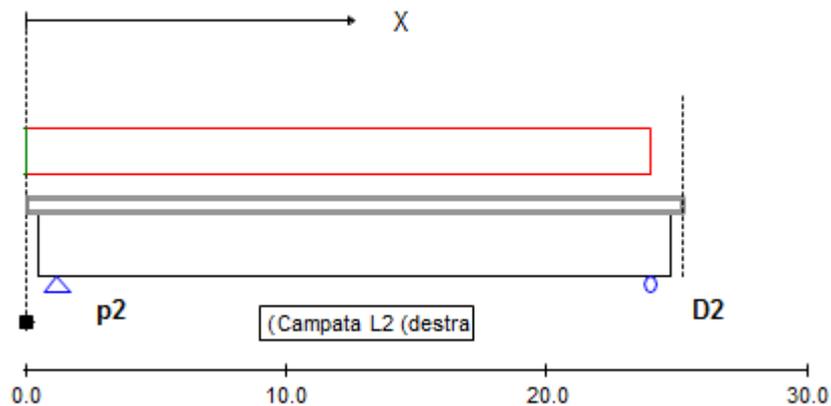
Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



Tipo di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario.

Si analizza la disposizione longitudinale del carico mobile che massimizza l'azione verticale sulla spalla:



**Figura 4-12 - Treno di carico SW2: massimizzazione carico verticale sulla spalla**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

	N	Mlong	Mtrasv	x
	kN	kN/m	kN/m	m
COMBO N	<b>2056</b>	<b>2467</b>	<b>206</b>	SW/2
COMBO ML	<b>2056</b>	<b>2467</b>	<b>206</b>	SW/2
COMBO MT	<b>2056</b>	<b>2467</b>	<b>206</b>	

Le azioni di entrambi i modelli sono state moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001 A).

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE “ $\alpha$ ”
LM71	1,10
SW/0	1,10
SW/2	1,00

#### 4.7.5 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 17.1.2018 che per l’opera in esame riporta:

[...] Pile con snellezza  $\lambda \leq 30$ , spalle, fondazioni, muri di sostegno e spinte del terreno possono essere calcolate assumendo coefficienti dinamici unitari.



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

#### 4.7.7 Sovraccarico sul terrapieno

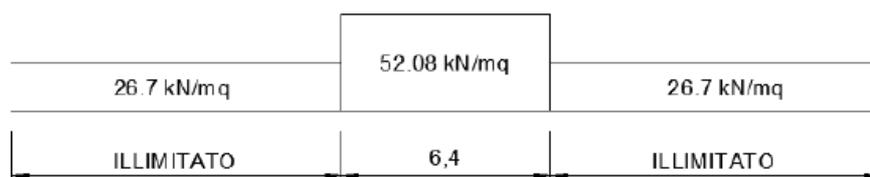
Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

$$q = 53.00 \text{ kN/ m}^2$$

$$S_q = 53.00 * 0.384 = 20.35 \text{ kN/m}^2$$

Il valore del sovraccarico è determinate come di seguito descritto:

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



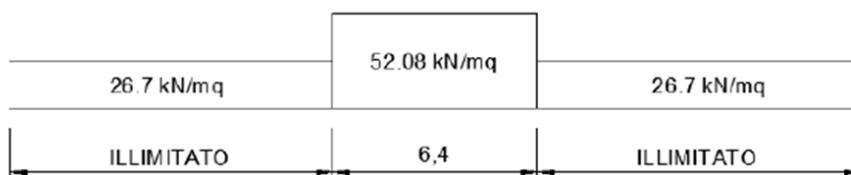
A tali carichi si deve applicare il coefficiente  $\alpha$  relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

Tabella 11

Fattore alfa ( $\alpha$ ) per la progettazione di strutture nuove

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

Nel caso in esame, il coefficiente  $\alpha$  sarebbe pari ad 1.0 perché le categorie di traffico sono P2-P4 per il traffico passeggeri ed F1 per il traffico merci per cui, alle opere si applicano i seguenti carichi equivalenti:



A favore di sicurezza si adottano i valori di  $\alpha$  di normativa.

#### 4.7.8 Spinta del sovraccarico permanente condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico permanente (ballast) pari a  $Q = 15.00 \text{ kN/m}^2$  gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa

La presenza del sovraccarico  $Q$  genera una spinta pari a:

$$S_q = k_0 \cdot q \cdot H$$

Tale spinta è applicata ad una altezza pari a  $H/2$ .

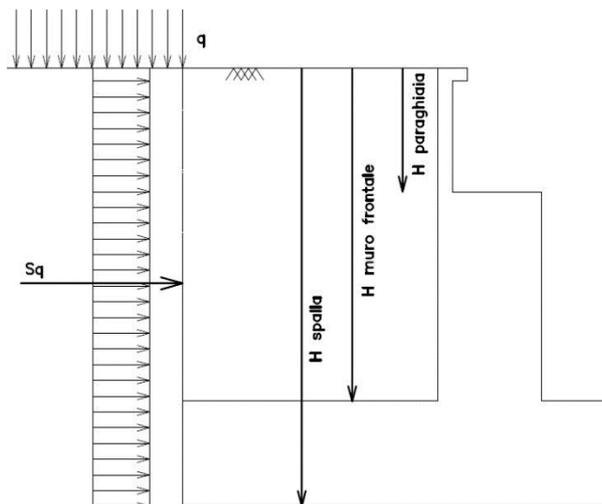


Figura 4-13: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

SPINTE SOVRACCARICHI PERMANENTI BALLAST		cond con $K_0$	cond con $K_a$
MURO FRONTALE (MF)	sovraccarico ballast	15.00 kNmq	15.00 kNmq
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	1095.36 kN	677.97 kN
	componente orizzontale	1095.36 kN	677.97 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	1339.45 kN	875.45 kN
	componente orizzontale	1339.45 kN	875.45 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	495.76 kN	306.85 kN
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	componente orizzontale	495.76 kN	306.85 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	606.24 kN	396.23 kN
	componente orizzontale	606.24 kN	396.23 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN

Figura 4-14 - Calcolo spinta indotta dal sovraccarico accidentale sui muri della spalla

#### 4.7.9 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a  $Q = 53.00 \text{ kN/m}^2$  gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa

La presenza del sovraccarico  $Q$  genera una spinta pari a:

$$S_q = k_0 \cdot q \cdot H$$

Tale spinta è applicata ad una altezza pari a  $H/2$ .

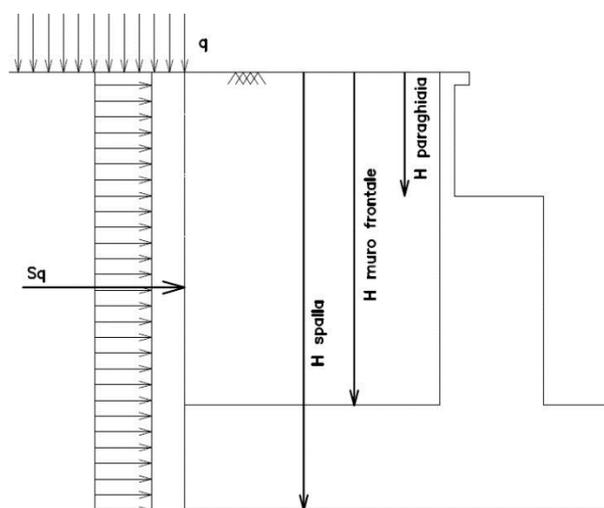


Figura 4-15: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

SPINTE SOVRACCARICHI ACCIDENTALI		cond con $K_0$	cond con $K_a$
MURO FRONTALE (MF)	sovraccarico accidentale $q$	53.00 kNm <sup>2</sup>	53.00 kNm <sup>2</sup>
	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	3870.29 kN	2395.48 kN
	componente orizzontale	<b>3870.29 kN</b>	<b>2395.48 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	4732.74 kN	3093.26 kN
	componente orizzontale	<b>4732.74 kN</b>	<b>3093.26 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	1751.69 kN	1084.20 kN
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	componente orizzontale	<b>1751.69 kN</b>	<b>1084.20 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	2142.04 kN	1400.01 kN
	componente orizzontale	<b>2142.04 kN</b>	<b>1400.01 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN

Figura 4-16: Calcolo spinta indotta dal sovraccarico accidentale sui muri della spalla

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

#### 4.7.10 Azione sismica

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

Longitudine: 14.067697

Latitudine: 37.53574

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$

Vita nominale  $V_N = 75$  anni

Categoria di suolo: C

Condizione topografica: T2

Fattore di struttura  $q = 1$

Per la definizione della categoria di suolo si è fatto riferimento alla specifica relazione.

##### ➤ Azioni sismiche sulla Spalla

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle spalle si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k_h$  (coefficiente sismico orizzontale) o  $k_v$  (coefficiente sismico verticale) secondo quanto di seguito indicato:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v W$

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente  $\beta_m$  assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario.

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.11. Il riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso delle spalle del viadotto in questione che in virtù della elevata rigidità sia del sistema di fondazione che della parte in elevazione, è interessata da spostamenti trascurabili durante l'evento sismico) un valore del coefficiente  $\beta_m$  pari ad 1.0.

Assumendo tale valore si considera che, cautelativamente, il terreno di riempimento è rigidamente connesso alla spalla e non subisce deformazioni o movimenti relativi rispetto ad essa.

SPINTE DEL TERRENO IN CONDIZIONE SISMICA - INERZIE		
	categoria del sottosuolo	C
$F_0$	fattore per l'amplif. spettrale mass su sito di rif rigido	2.657
$a_g$	accelerazione orizz mass attesa su sito di rif rigido	0.950 m/s <sup>2</sup>
$S_s$	coeff per l'effetto dell'amplif stratigrafica	1.500
$S_T$	coeff per l'effetto dell'amplif topografica	1.2
$S$	fattore della categoria del suolo	1.800
$\beta_m$	coeff di riduzione dell'acc max attesa al sito	1
$a_{max}$	acc orizz mass attesa al sito	1.709 m/s <sup>2</sup>
$2 \beta_m$	coeff maggiorativo della $\beta_m$	1.00
$k_h$	coeff sismico orizzontale	0.174
$k_v$	coeff sismico verticale	0.087
$\psi$	ang. Di incl. Rispetto all'orizz del param. Del muro	90 °
$\beta$	ang. Di incl. Rispetto all'orizz della superf del terrapieno	0 °
$\theta$	angolo sopra falda	10.81 °
$\phi - \theta$		21.19 °
$k_a (\beta \leq \phi - \theta)$	coeff. Di spinta attiva del terreno se $\beta \leq \phi - \theta$	0.348
$k_a (\beta > \phi - \theta)$	coeff. Di spinta attiva del terreno se $\beta > \phi - \theta$	0.820
$k_{AE}$	coeff. Di spinta attiva (soluzione di Mononobe-Okabe)	<b>0.348</b>
$E_d$	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro 2 M2	0.00 kN
$E_d$ orizz	componente orizzontale	<b>0.00 kN</b>
$E_d$ vert	componente verticale	0.00 kN
$\Delta SH$	sovraspinta sismica orizzontale	0.00 kN
$E_d$	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Sx MS	0.00 kN
$E_d$ orizz	componente orizzontale	<b>0.00 kN</b>
$E_d$ vert	componente verticale	0.00 kN
$\Delta SH$	sovraspinta sismica orizzontale	0.00 kN
$E_d$	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Dx MD	0.00 kN
$E_d$ orizz	componente orizzontale	<b>0.00 kN</b>
$E_d$ vert	componente verticale	0.00 kN
$\Delta SH$	sovraspinta sismica orizzontale	0.00 kN

Figura 4-17: Parametri di spinta del terreno in condizioni sismiche

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI02 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0204 002</b>	REV. <b>B</b>

➤ Valori di progetto

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

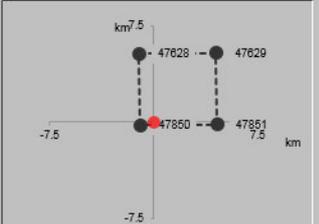
Controllo sul reticolo  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta



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, a "Ricerca per coordinate".

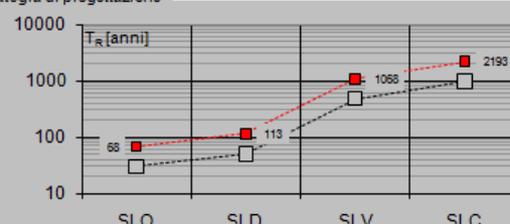
Interpolazione

Nodi del reticolo intorno al sito



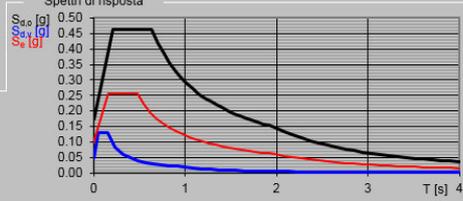
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

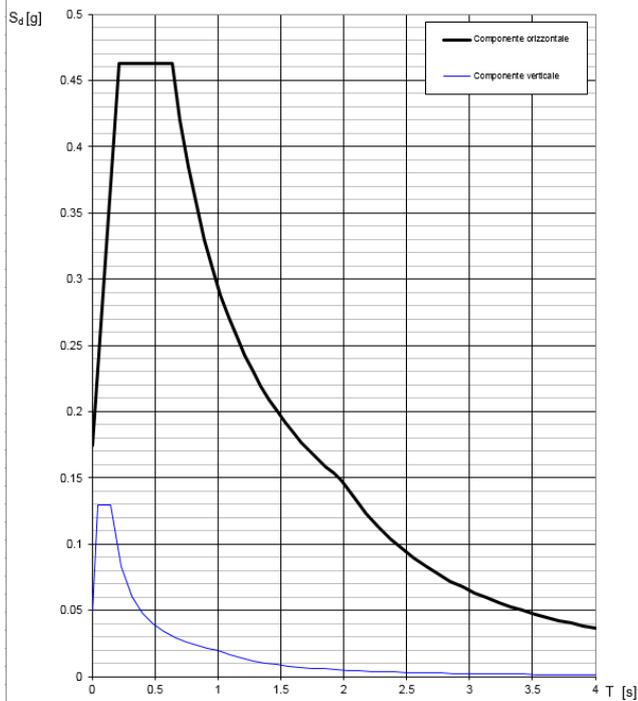
Vita nominale della costruzione (in anni) - $V_N$	<input type="text" value="75"/>	info
Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U$	<input type="text" value="1.5"/>	info
<b>Valori di progetto</b>		
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - $V_R$	<input type="text" value="112.5"/>	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - $T_R$		info
Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<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"/>
<b>Elaborazioni</b>		
Grafici parametri azione		
Grafici spettri di risposta		
Tabella parametrizzazione		
<b>LEGENDA GRAFICO</b>		
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie		
---■--- Strategia scelta		
<b>Strategia di progettazione</b>		
		

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*.

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.

<b>FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO</b>	
<b>Stato Limite</b>	
Stato Limite considerato	SLV info
<b>Risposta sismica locale</b>	
Categoria di sottosuolo	C info
Categoria topografica	T2 info
$S_S =$	1.500 info
$C_C =$	1.344 info
$h/H =$	1.000 info
$S_T =$	1.200 info
<small>(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)</small>	
<b>Compon. orizzontale</b>	
<input type="radio"/> Spettro di progetto elastico (SLE)	Smorzamento $\xi$ (%) <input type="text" value="5"/> $\eta =$ 1.000 info
<input checked="" type="radio"/> Spettro di progetto inelastico (SLU)	Fattore $q_0$ <input type="text" value="1"/> Regol. in altezza <input type="text" value="si"/> info
<b>Compon. verticale</b>	
Spettro di progetto	Fattore $q$ <input type="text" value="1"/> $\eta =$ 1.000 info
<b>Elaborazioni</b>	
Grafici spettri di risposta	
Parametri e punti spettri di risposta	
	
INTRO	FASE 1
FASE 2	<b>FASE 3</b>

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



### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato lim\$LV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.097 g
$F_o$	2.657
$T_c$	0.473 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.344
$S_T$	1.200
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.212 s
$T_C$	0.636 s
$T_D$	1.987 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

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

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / \xi + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.174
$T_B$	0.212	0.463
$T_C$	0.636	0.463
	0.700	0.420
	0.765	0.385
	0.829	0.355
	0.893	0.330
	0.958	0.307
	1.022	0.288
	1.086	0.271
	1.151	0.256
	1.215	0.242
	1.279	0.230
	1.344	0.219
	1.408	0.209
	1.472	0.200
	1.537	0.192
	1.601	0.184
	1.666	0.177
	1.730	0.170
	1.794	0.164
	1.859	0.158
	1.923	0.153
$T_D$	1.987	0.148
	2.083	0.135
	2.179	0.123
	2.275	0.113
	2.371	0.104
	2.466	0.096
	2.562	0.089
	2.658	0.083
	2.754	0.077
	2.850	0.072
	2.946	0.067
	3.042	0.063
	3.137	0.059
	3.233	0.056
	3.329	0.053
	3.425	0.050
	3.521	0.047
	3.617	0.045
	3.712	0.042
	3.808	0.040
	3.904	0.038
	4.000	0.037

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI02 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0204 002</b>	REV. <b>B</b>

#### 4.7.11 Incremento di spinta indotto dai sovraccarichi accidentale e permanente

Si considera la sovraspinta sismica indotta dai sovraccarichi accidentale e permanente, che calcolata con la teoria di Wood  $S_q = k_h \cdot q \cdot H$ , fornisce i seguenti risultati:

	spinta sismica del sovraccarico accidentale MF	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	spinta sismica del sovraccarico accidentale MS	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	spinta sismica del sovraccarico accidentale MD	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MF (Wood)	2522.33 kN
	sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MS (Wood)	794.53 kN
	sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MD (Wood)	794.53 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MF	1348.94 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MS	1348.94 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MD	1348.94 kN
	spinta sismica del sovraccarico ballast MF	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	spinta sismica del sovraccarico ballast MS	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	spinta sismica del sovraccarico ballast MD	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	sovraspinta sismica orizzontale ballast MF (Wood)	713.87 kN
	sovraspinta sismica orizzontale ballast MS (Wood)	224.87 kN
	sovraspinta sismica orizzontale ballast MD (Wood)	224.87 kN

Figura 4-18: calcolo incremento di spinta in condizioni sismiche

#### 4.7.12 Forze inerziali dovute al sisma

In fase sismica si devono considerare le azioni orizzontali e verticali agenti sulla spalla dovute all'inerzia delle parti in conglomerato armato e del rinterro compreso tra i muri andatori. Le risultanti orizzontali e verticali sono rispettivamente pari ad  $F_h = k_h \cdot W$  e  $F_v = k_v \cdot W$ , dove i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  sono calcolati come esposto al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC18 risultando pari a  $k_h = \beta_m \cdot a_{max} / g$ ,  $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$  con  $a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ . Il coefficiente  $\beta_m$  è stato considerato unitario, non essendo la spalla libera di traslare rispetto al terreno.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI02 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0204 002</b>	REV. <b>B</b>

$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro 2	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro 2	0.00 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro parag front	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro parag front	0.00 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro laterale sx	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro laterale sx	0.00 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro paragh laterale sx	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro paragh laterale sx	0.00 kN
$F_{h,mtest} = k_h * W_{mtest}$	forza d'inerzia orizz del muro frontale	1769.18 kN
$F_{v,mtest} = k_v * W_{mtest}$	forza d'inerzia vert del muro frontale	884.59 kN
$F_{h,prg} = k_h * W_{prg}$	forza d'inerzia orizz del paraghiaia	93.70 kN
$F_{v,prg} = k_v * W_{prg}$	forza d'inerzia vert del paraghiaia	46.85 kN
$F_{h,Ma} = k_h * W_{Ma}$	forza d'inerzia orizz del muro andatore (y<0)	674.60 kN
$F_{v,Ma} = k_v * W_{Ma}$	forza d'inerzia vert del muro andatore (y<0)	337.30 kN
$F_{h,Ma} = k_h * W_{Ma}$	forza d'inerzia orizz del muro andatore (y>0)	674.60 kN
$F_{v,Ma} = k_v * W_{Ma}$	forza d'inerzia vert del muro andatore (y>0)	337.30 kN
$F_{h,Map} = k_h * W_{map}$	forza d'inerzia orizz del muro 1	0.00 kN
$F_{v,Map} = k_v * W_{map}$	forza d'inerzia vert del muro 1	0.00 kN
$F_{h,Map} = k_h * W_{map}$	forza d'inerzia orizz del muro 2	0.00 kN
$F_{v,Map} = k_v * W_{map}$	forza d'inerzia vert del muro 2	0.00 kN
$F_{h,fond} = k_h * W_{sol}$	forza d'inerzia orizz della soletta	509.03 kN
$F_{v,fond} = k_v * W_{sol}$	forza d'inerzia vert della soletta	254.52 kN

**Figura 4-19: calcolo forze inerziali dovute all'azione sismica**

La spinta totale di progetto  $E_d$  esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è dunque data dalla somma della spinta a riposo, della spinta sismica e della spinta statica data dal sovraccarico accidentale combinata al 20% così come riportato nella Tabella 5.2.V delle NTC2018.

$$E_d = S_{stat} + 0.2 \cdot S_q + \Delta S_s$$

Infine, nel caso specifico non essendo presente la falda a tergo dell'opera, la spinta idrostatica è nulla.

#### 4.7.13 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

Le sollecitazioni agenti in testa palo vengono calcolate nell'ipotesi di platea di fondazione infinitamente rigida, attraverso la relazione

$$R(x, y) = \frac{N}{n} + \frac{M_l}{J_l} \cdot y + \frac{M_t}{J_t} \cdot x$$

dove

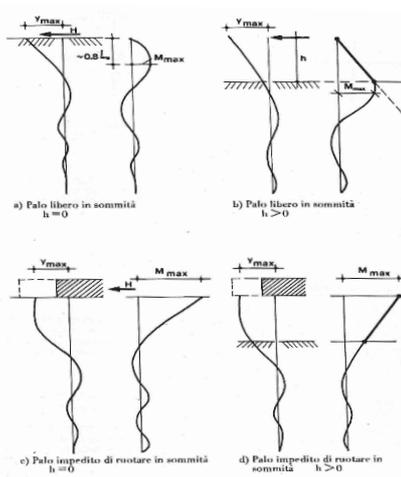
$N, M_l, M_t$  sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata,  $n$  è il numero di pali e  $J_l, J_t$  sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

$$J_l = \sum y_i^2 \qquad J_t = \sum x_i^2$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali in testa palo, si assume che le azioni di taglio di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando

$$T(x, y) = \frac{\sqrt{H_l^2 + H_t^2}}{n}$$

dove  $H_l, H_t$  sono le forze orizzontali longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata.



Nel caso di palo impedito di ruotare in sommità, attraverso il rapporto momento taglio in testa al palo  $\alpha$ , si può ricavare l'azione flettente  $M_0$  conseguente all'azione tagliante in testa al palo  $H_0$ , essendo:

$$\alpha = \frac{M_0}{H_0}$$

#### 4.7.14 Riepilogo risultati

Nella seguente tabella sono riportate le azioni elementari in direzione orizzontale e verticale agenti sulla spalla.

Carico	Elemento						
		Fy (KN)	-Fx (KN)	Fz (KN)	x (m)	y (m)	z (m)
Peso proprio	muro frontale	0	0	-10149	2.60	0.00	6.75
	paraghiaia frontale	0	0	-538	1.80	0.00	12.58
	muro sinistro	0	0	-3870	-2.10	-9.10	7.89
	muro 1	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	-	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	muro destro	0	0	-3870	-2.10	9.10	7.89
	muro 2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	soletta	0	0	-2920	-2.10	0.00	12.18
	platea	0	0	-12535	0.00	0.00	1.00
	terr riemp su platea	0	0	0	-5.75	0.00	7.89
Spinte statiche M1 (k0)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	4.55
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-8.20	5.93
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	8.20	5.93
Spinte statiche M1 (ka)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	4.55
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-8.20	5.93
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	8.20	5.93
Spinte statiche M2 (k0)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	4.55
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-8.20	5.93
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	8.20	5.93
Spinte statiche M2 (ka)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	4.55
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-8.20	5.93
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	8.20	5.93
Δ Spinte sismiche Mononobe-Okabe D Spinte sismiche Wood	sovraspinta sismica su MF	0	0	0	-5.75	0.00	6.83
	sovraspinta sismica su MS	0.0	0	0	-2.10	-8.20	7.89
	sovraspinta sismica su MD	0.0	0	0	-2.10	8.20	7.89
Spinte statiche sovraccarico ballast M1	spinta oriz sovrac su MF	0	-1095	0	-5.75	0.00	6.83
	spinta oriz sovrac su MS	496	0	0	-2.10	0.00	7.83
	spinta oriz sovrac su MD	-496	0	0	-2.10	0.00	7.83
	peso sovraccarico su platea	0	0	-2190	0.00	0.00	13.65
Spinte statiche sovraccarico ballast M2	spinta oriz sovrac su MF	0	-1339	0	-5.75	0.00	6.83
	spinta oriz sovrac su MS	606	0	0	-2.10	0.00	7.83
	spinta oriz sovrac su MD	-606	0	0	-2.10	0.00	7.83
	spinta sovraccarico su platea	0	0	-2190	0.00	0.00	13.65
Spinte sismiche sovraccarico ballast Mononobe-Okabe / Wood	spinta oriz sovrac su MF	0	-714	0	-5.75	0.00	6.83
	spinta oriz sovrac su MS	225	0	0	-5.75	0.00	7.89
	spinta oriz sovrac su MD	-225	0	0	-5.75	0.00	7.89
Inerzie X sovraccarico ballast	spinta oriz sovrac su MF	0	-382	0	-5.75	0.00	7.89
	spinta oriz sovrac su MS	382	0	0	-5.75	-8.20	7.89
	spinta oriz sovrac su MD	-382	0	0	-2.10	8.20	7.89
Spinte statiche sovraccarico M1	spinta oriz sovrac su MF	0	-3870	0	-5.75	0.00	6.83
	spinta oriz sovrac su MS	1752	0	0	-2.10	-8.20	7.83
	spinta oriz sovrac su MD	-1752	0	0	-2.10	8.20	7.83
	peso sovraccarico su platea	0	0	-7738	-5.75	0.00	13.65
Spinte statiche sovraccarico M2	spinta oriz sovrac su MF	0	-4733	0	-5.75	0.00	6.83
	spinta oriz sovrac su MS	2142	0	0	-2.10	-8.20	7.83
	spinta oriz sovrac su MD	-2142	0	0	-2.10	8.20	7.83
	spinta sovraccarico su platea	0	0	-7738	-5.75	0.00	13.65
Spinte sismiche sovraccarico accidentale Mononobe-Okabe / Wood	spinta oriz sovrac su MF	0	-2522	0	-5.75	0.00	6.83
	spinta oriz sovrac su MS	795	0	0	-2.10	-8.20	7.83
	spinta oriz sovrac su MD	-795	0	0	-2.10	8.20	7.83

Figura 4-20: riepilogo azioni agenti sulla spalla 1/2

Inerzie X sovraccarico accidentale	spinta oriz sovrac su MF	0	-1349	0	-5.75	0.00	7.89
	spinta oriz sovrac su MS	1349	0	0	-5.75	-8.20	7.89
	spinta oriz sovrac su MD	-1349	0	0	-5.75	8.20	7.89
Inerzia X spalla	muro frontale	0	-1769	-885	2.60	0.00	6.75
	paraghiaia frontale	0	-94	-47	1.80	0.00	12.58
	muro sinistro	0	-675	-337	-2.10	0.00	7.89
	muro 1	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	muro destro	0	-675	-337	-2.10	0.00	7.89
	muro 2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	soletta	0	-509	-255	-2.10	0.00	12.18
Inerzia X terre	platea	0	-2185	-1093	0.00	0.00	1.00
	Ter di riemp inf MF	0	0	0	-5.75	0.00	6.75
	Ter di riemp sup TPF	0	0	0	-5.75	0.00	12.58
	Ter di riemp inf MD	0	0	0	-5.75	0.00	7.89
	Ter di riemp sup TPD	0	0	0	-5.75	0.00	12.18
	Ter di riemp inf MS	0	0	0	-5.75	0.00	7.89
Inerzia Y spalla	Ter di riemp sup TPS	0	0	0	-5.75	0.00	0.00
	muro frontale	1769	0	-885	2.60	0.00	6.75
	paraghiaia frontale	94	0	-47	1.80	0.00	12.58
	muro sinistro	675	0	-337	-2.10	0.00	7.89
	muro 1	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	muro destro	675	0	-337	-2.10	0.00	7.89
	muro 2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
Inerzia Y terre	soletta	509	0	-255	-2.10	0.00	12.18
	platea	2185	0	-1093	0.00	0.00	1.00
	Ter di riemp inf MF	0	0	0	-5.75	0.00	6.75
	Ter di riemp sup TPF	0	0	0	-5.75	0.00	12.58
	Ter di riemp inf MD	0	0	0	-5.75	0.00	7.89
	Ter di riemp sup TPD	0	0	0	-5.75	0.00	12.18
Azioni da impalcato	Ter di riemp inf MS	0	0	0	-5.75	0.00	7.89
	Ter di riemp sup TPS	0	0	0	-5.75	0.00	0.00
	permanenti strutturali	0.00	0.00	-4049.80	2.80	0.00	11.95
	permanenti non strutturali	0.00	0.00	-3083.67	2.80	0.00	11.95
	altre azioni permanenti	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
	distorsioni e presollecitazioni	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
	Ritiro	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
	variazioni termiche	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
	viscosità	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
	carichi mobili	0.00	0.00	-4111.31	2.80	0.00	11.95
	frenatura	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
	azione centrifuga	394.31	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
	serpeggio	220.00	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
	vento ponte scarico	250.42	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
	vento ponte carico	255.52	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
	Inerzia X permanente/accidentale impalcato	sisma (direzione y) carichi permanenti	1386.90	0.00	0.00	2.80	0.00
sisma (direzione x) carichi permanenti		0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
sisma (direzione Z) carichi permanenti		0.00	0.00	-693.45	2.80	0.00	11.95
resistenze parassite		0.00	-232.34	0.00	2.80	0.00	11.95
atrito carichi mobili		0.00	-164.45	0.00	2.80	0.00	11.95
azione laterale		0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
altre azioni variabili (acc. servizio)		0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	11.95
Inerzia X permanente impalcato		0.00	-1411.98	-352.99	2.80	0.00	11.95
Inerzia X sovraccarico accidentale da impalcato		0.00	-1433.42	-358.36	2.80	0.00	11.95

Figura 4-21: riepilogo azioni agenti sulla spalla 2/2.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

## 4.8 Sollecitazioni

### 4.8.1 Plinto di fondazione

In questo paragrafo si riporta la determinazione delle sollecitazioni in quota testa pali che si ottengono sommando, alle azioni provenienti dall'impalcato, la risultante e il momento risultante dei pesi della struttura, del terreno interno alla spalla e delle spinte dovute al rilevato rispetto al baricentro del plinto. In condizioni sismiche si è tenuto conto dell'incremento di spinta delle inerzie.

Nella tabella che segue sono indicati la risultante e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

REAZIONI INTRADOSSO BARICENTRO PLATEA DI FONDAZIONE SPALLA					
Combinazioni	Ty [kN]	Tx [kN]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1_A1+M1+R3	675	7807	-76298	-11828	50411
2_A1+M1+R3	675	7807	-65078	-11828	114926
1_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
2_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	3179	12756	-40145	-24686	116938
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	3179	12756	-44542	-24245	119848
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	10330	4280	-40145	-78489	54389
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	10330	4280	-44542	-78489	57299
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	3179	4280	-52029	-24194	53738
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	3179	4280	-39112	-24194	50810
1_SLE rara	460	5362	-55053	-8055	35527
2_SLE rara	460	5362	-47315	-8055	80020
1_SLE frequente	246	5362	-54231	-4057	32238
2_SLE frequente	246	5362	-46493	-4057	76731
SLE quasi permanente	0	1492	-43204	0	37160

Figura 4-22: Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

## 4.9 Pali di fondazione

### Sforzi sui Pali di Fondazione per ciascuna combinazione di carico

Sforzo normale su singolo palo =

$$N_i = N/n^{\circ}\text{pali} - M \text{ long} / \Sigma x^2 \cdot x_i - M \text{ trasv} / \Sigma y^2 \cdot y_i$$

Sforzo di Taglio orizzontale su singolo palo =

$$H_i = (V \text{ long}^2 + V \text{ trasv}^2)^{0.5} / n^{\circ}\text{pali}$$

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

Combinazioni	N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	VI [kN]	Vt [kN]	n [-]	V	M
							[kN]	[kNm]
1_A1+M1+R3	76298	50411	-11828	7807	675	15	522	1228
2_A1+M1+R3	65078	114926	-11828	7807	675	15	522	1228
1_A2+M2+R2	59598	49966	-10217	8095	583	15	541	1272
2_A2+M2+R2	49925	105583	-10217	8095	583	15	541	1272
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	40145	116938	-24686	12756	3179	15	876	2060
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	44542	119848	-24245	12756	3179	15	876	2060
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	40145	54389	-78489	4280	10330	15	745	1752
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	44542	57299	-78489	4280	10330	15	745	1752
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	52029	53738	-24194	4280	3179	15	355	835
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	39112	50810	-24194	4280	3179	15	355	835
1_SLE rara	55053	35527	-8055	5362	460	15	359	843
2_SLE rara	47315	80020	-8055	5362	460	15	359	843
1_SLE frequente	54231	32238	-4057	5362	246	15	358	841
2_SLE frequente	46493	76731	-4057	5362	246	15	358	841
SLE quasi permanente	43204	37160	0	1492	0	15	99	234

palo1	palo2	palo3	palo4	palo5	palo6	palo7	palo8	palo9
Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
[kN]								
6365	6291	6207	6122	6049	5245	5171	5087	5002
7051	6977	6892	6808	6734	4497	4423	4339	4254
5220	5157	5084	5010	4947	4110	4046	3973	3900
5811	5748	5675	5602	5538	3465	3401	3328	3255
5605	5452	5275	5098	4945	3006	2853	2676	2500
5957	5806	5633	5459	5309	3294	3143	2969	2796
4934	4447	3885	3323	2836	3725	3238	2676	2114
5292	4805	4243	3681	3194	4019	3531	2969	2408
4986	4836	4663	4490	4339	3792	3642	3469	3295
4060	3910	3737	3563	3413	2931	2781	2607	2434
4567	4517	4460	4402	4352	3778	3728	3670	3613
5040	4990	4933	4875	4825	3262	3212	3154	3097
4386	4361	4332	4303	4278	3670	3644	3615	3586
4859	4834	4805	4776	4750	3154	3129	3100	3071
3706	3706	3706	3706	3706	2880	2880	2880	2880

Figura 4-23: sollecitazioni agenti sui pali di fondazione

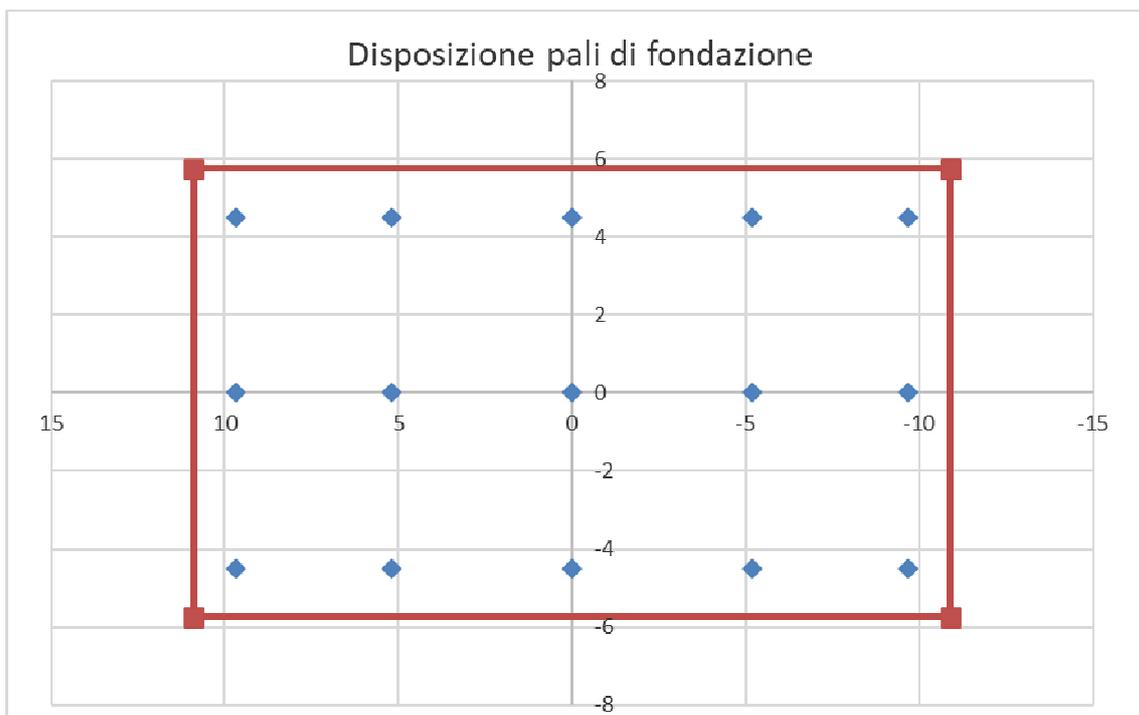


Figura 4-24- disposizione dei pali di fondazione

#### 4.10 Verifiche strutturali

Per gli elementi strutturali della spalla, vengono svolte le seguenti verifiche:

- verifiche a rottura (pressoflessione e taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).
- verifiche tensionali per le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti (SLE)
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

#### 4.10.1 Palo di fondazione L= 27 m

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione.

Il momento flettente agente in testa palo viene derivato dal taglio in testa palo nell'ipotesi di elasticità lineare sia per il palo che per il terreno. Risulta:

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 2.35 \text{ (vedi relazione geotecnica generale)}$$

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\varnothing 1500 \text{ mm}$

$$A_s = 40+20 \phi 30 \quad \text{staffe } \phi 14/10$$

La lunghezza del palo è pari a L = 25 m

#### 4.10.1.1 Verifica a pressoflessione del palo di fondazione

##### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Palo\_27m\_VI02\_SPA

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

##### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	48 di 85

Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 75.0 cm  
X centro circ.: 0.0 cm  
Y centro circ.: 0.0 cm

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate  
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
 $\emptyset$  Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	$\emptyset$
1	0.0	0.0	65.0	40	30
2	0.0	0.0	60.0	20	30

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	7051.00	1228.00	0.00	0.00	0.00
2	1627.00	1228.00	0.00	0.00	0.00
3	5957.00	2060.00	0.00	0.00	0.00
4	-252.00	2060.00	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	49 di 85

N°Comb.	N	Mx	My
1	5040.00	843.00	0.00
2	1268.00	843.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	4662.00	841.00 (2705.49)	0.00 (0.00)
2	1361.00	841.00 (1939.56)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	3706.00	234.00 (2345.59)	0.00 (0.00)
2	2054.00	234.00 (2069.74)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata		
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)		
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia		
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia		
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)		
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia		
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia		
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000		
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]		

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	7051.00	1228.00	0.00	7051.19	9698.31	0.00	7.90	424.1(53.0)
2	S	1627.00	1228.00	0.00	1627.16	8761.59	0.00	7.13	424.1(53.0)
3	S	5957.00	2060.00	0.00	5956.82	9576.90	0.00	4.65	424.1(53.0)
4	S	-252.00	2060.00	0.00	-251.88	8247.43	0.00	4.00	424.1(53.0)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	50 di 85

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00298	0.0	65.0	-0.00372	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00283	0.0	65.0	-0.00595	0.0	-65.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00296	0.0	65.0	-0.00409	0.0	-65.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00275	0.0	65.0	-0.00705	0.0	-65.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000051582	-0.000368641	----	----
2	0.000000000	0.000067489	-0.001561675	----	----
3	0.000000000	0.000054184	-0.000563812	----	----
4	0.000000000	0.000075375	-0.002153139	----	----

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.78	0.0	-75.0	9.6	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.55	0.0	-75.0	-26.0	0.0	-65.0	1601	70.7

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.62	0.0	-75.0	7.3	0.0	-65.0	----	----
2	S	2.56	0.0	-75.0	-24.1	0.0	-65.0	1552	70.7

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	51 di 85

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k2	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00013	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	2705.49	0.00
2	S	-0.00014	0	0.500	30.0	85	0.00007 (0.00007)	401	0.029 (0.20)	1939.56	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.01	0.0	-75.0	17.1	0.0	-65.0	---	---
2	S	1.32	0.0	0.0	6.8	0.0	-65.0	---	---

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00016	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	2345.59	0.00
2	S	-0.00020	0	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	2069.74	0.00

#### 4.10.1.2 Verifica a taglio del palo di fondazione

##### Caratteristiche materiali

Cl<sub>s</sub> R<sub>c,k</sub>

Cl<sub>s</sub>  condizioni calcestruzzo

Acciaio 1  acciaio barre longitudinali

Acciaio 2  acciaio armature trasversali

γ<sub>c</sub>  coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ<sub>s</sub>  coefficiente parziale relativo all'acciaio

##### Geometrie sezione

b<sub>w</sub>  mm larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)

d  mm altezza utile della sezione

A<sub>c</sub>  mm<sup>2</sup> area della sezione di calcestruzzo

##### Caratteristiche armature

n<sub>bl</sub>  numero di barre longitudinali

Ø<sub>bl</sub>  mm diametro delle barre longitudinali

n<sub>bw</sub>  numero di bracci delle staffe

Ø<sub>st</sub>  mm diametro delle staffe

s<sub>st</sub>  mm passo delle staffe

α  ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

##### Caratteristiche sollecitazioni

N<sub>Ed</sub>  KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V<sub>Ed</sub>  KN taglio di calcolo

N<sub>Rd</sub> 21307.7 KN sforzo normale di compressione massimo

##### Dati traliccio resistente

θ  ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2.48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì

No

τ N/mm<sup>2</sup> tensione tangenziale corda baricentrica

σ<sub>1</sub> N/mm<sup>2</sup> tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

ctgθ<sub>l</sub> valore limite dell'inclinazione delle bielle

##### Valore di verifica del taglio resistente

V<sub>Rd</sub>  KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V<sub>Rd</sub>  KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

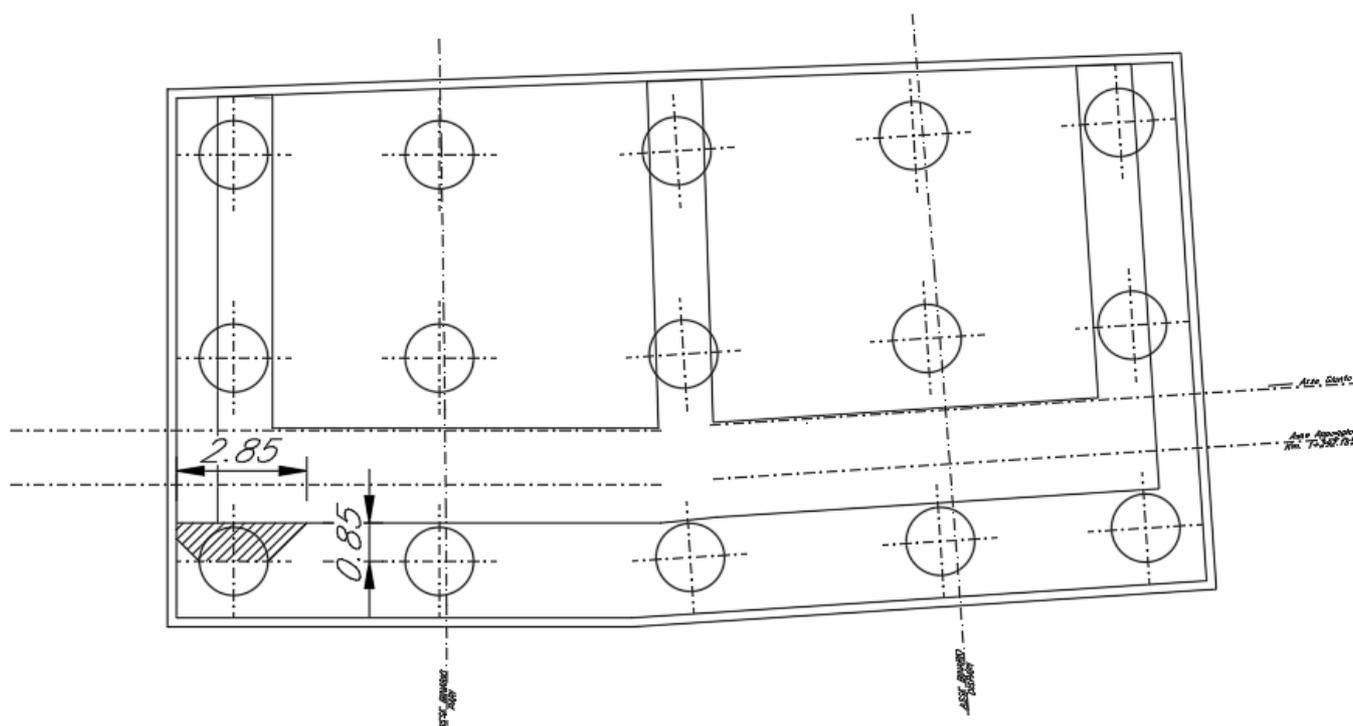
V<sub>Rd</sub>  KN > V<sub>Ed</sub>  KN

LA VERIFICA E' SODDISFATTA. NON E' NECESSARIA ARMATURA SPECIFICA A TAGLIO

#### 4.10.2 Plinto di fondazione

La verifica strutturale del plinto viene di seguito condotta mediante l'ausilio di un modello tirante-puntone.

La larghezza collaborante è stata valutata tramite una diffusione a 45° rispetto al diametro del palo più sollecitato.



#### Dati di progetto

b	2.85	[m]	dimensione trasversale della sezione di verifica
h	2	[m]	dimensione verticale della sezione di verifica
c	40	[mm]	copriferro al netto delle armature
P <sub>Ed</sub>	7051	[kN]	carico risultante VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub>	876	[kN]	carico risultante ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b

### Caratteristiche Materiali

Calcestruzzo      28      35      classe di resistenza calcestruzzo

$R_{ck}$       35      [MPa]

$f_{ck}$       29.05      [MPa]

$\gamma_c$       1.5      [-]

$\alpha_{cc}$       0.85      [-]

$f_{cd}$       16.46      [MPa]

$f'_{cd}$       8.23      [MPa]

Acciaio      B 450 C      classe di resistenza barre

$f_{yk}$       450      [MPa]

$\gamma_s$       1.15      [-]

$f_{yd}$       391.30      [MPa]

### Armatura di estradosso

#### *1° strato di armatura*

$\phi$ long	30	[mm]	diametro barre longitudinali
$\phi$ trasv	30	[mm]	diametro barre trasversali
ib	200	[mm]	interasse barre longitudinali
c'	85	[mm]	copriferro baricentrico armature longitudinali

#### *2° strato di armatura*

$\phi$ long	0	[mm]	diametro barre longitudinali
$\phi$ trasv	0	[mm]	diametro barre trasversali
ib	100	[mm]	interasse barre longitudinali
c'	145	[mm]	copriferro baricentrico armature longitudinali

### Armatura di intradosso

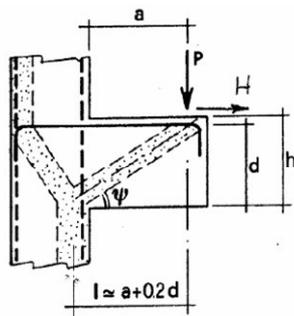
#### *1° strato di armatura*

$\phi$ long	30	[mm]	diametro barre longitudinali
$\phi$ trasv	30	[mm]	diametro barre trasversali
ib	200	[mm]	interasse barre longitudinali
c'	85	[mm]	copriferro baricentrico armature longitudinali

#### *2° strato di armatura*

$\phi$ long	30	[mm]	diametro barre longitudinali
$\phi$ trasv	30	[mm]	diametro barre trasversali
ib	200	[mm]	interasse barre longitudinali
c'	145	[mm]	copriferro baricentrico armature longitudinali

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



**P,H : Carichi Esterni di Progetto ( $P_{Ed}, H_{Ed}$ )**

**$P_R$  : Portanza mensola in termini di resistenza dell'armatura metallica**

$$P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda} \quad \lambda = \cotg \psi \approx l / (0,9d).$$

**$P_{Rc}$  : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

$$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rs}$$

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

- 1  $P_R \geq P_{Ed}$
- 2  $P_{Rc} \geq P_{Rs}$

**Verifiche di resistenza - meccanismo con tirante orizzontale**

a	850	[mm]	distanza P da incastro
$h_c$	2000	[mm]	spessore mensola
d	1915	[mm]	altezza utile
z	1723.5	[mm]	braccio forze interne
b	3000	[mm]	dimensione trasversale di verifica
$a_c$	1233	[mm]	$a + 0.2d$
e	7	[mm]	
$a'_c$	1240	[mm]	$(a + 0.2d) + e$
$\psi$	54.27	[°]	0.947 [rad]
$\lambda$	0.72	[-]	$\cotg \psi$
$A_s$	20145.46	[mm <sup>2</sup> ]	area armatura longitudinale tesa

**Tipo di mensola (valutazione coefficiente c)**

Sbalzi di piastre non provviste di staffatura

c	1	[-]
---	---	-----

$P_{Rs}$	9739.175	[kN]	$P_{Rs} > P_{Ed}$	La verifica è soddisfatta
$P_{Rc}$	23679.97	[kN]	$P_{Rc} > P_{Rs}$	La verifica è soddisfatta
$P_R$	9739.175	[kN]	$\min(P_{Rc}; P_{Rs})$	

LA VERIFICA DELL'ARMATURA A FLESSIONE DELLA PLATEA DI FONDAZIONE E' SODDISFATTA

#### 4.10.3 Verifiche locali soletta e piedritti

Si eseguono, attraverso l'analisi di un modello a telaio equivalente, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta della spalla di seguito evidenziati. L'analisi viene condotta in maniera semplificata su una struttura piana che descrive una striscia larga 1.00 m.

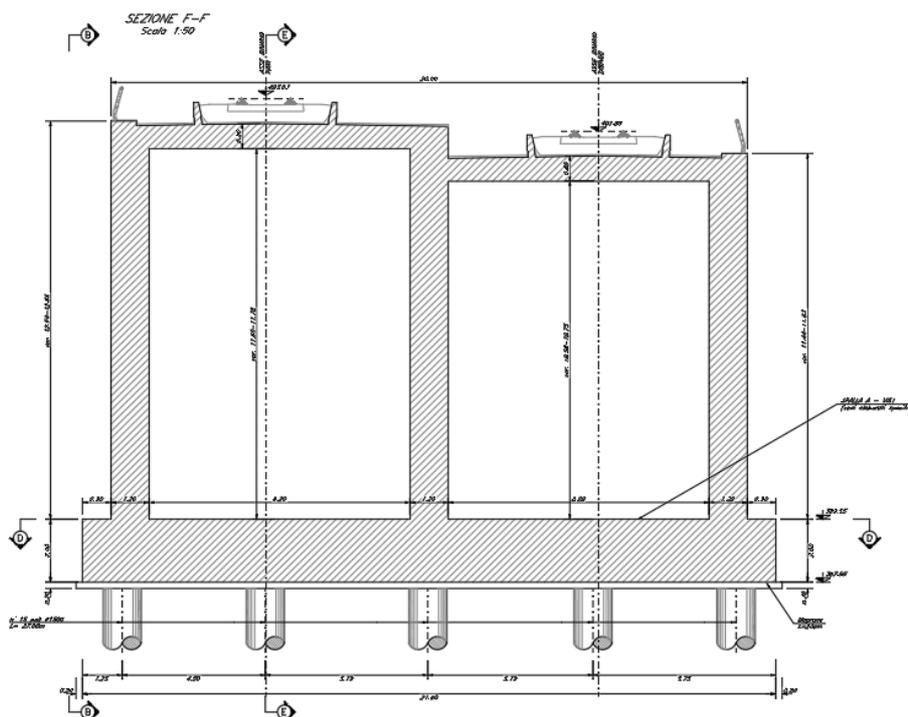


Figura 4-25 - Dettaglio sezione trasversale spalla A

##### 4.10.3.1 Caratteristiche geometriche del telaio

Profondità della striscia di telaio	b	1.00	m	
Altezza piedritto sinistro PS	hps	13.50	m	Valutata secondo la linea d'asse
Altezza piedritto centrale PC	hpc	13.50	m	Valutata secondo la linea d'asse
Altezza piedritto destro PD	hpd	12.35	m	Valutata secondo la linea d'asse
Spessore piedritti	sp	1.20	m	
Spessore soletta	ss	0.80	m	
Interasse piedritti	ip	9.4	m	Valutata secondo la linea d'asse

#### 4.10.3.2 Modello di calcolo

Come modello di calcolo (si vedano le figure successive) si è assunto lo schema statico di telaio analizzato attraverso un'analisi elastico-lineare attraverso il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000 (Computers and Structures®).

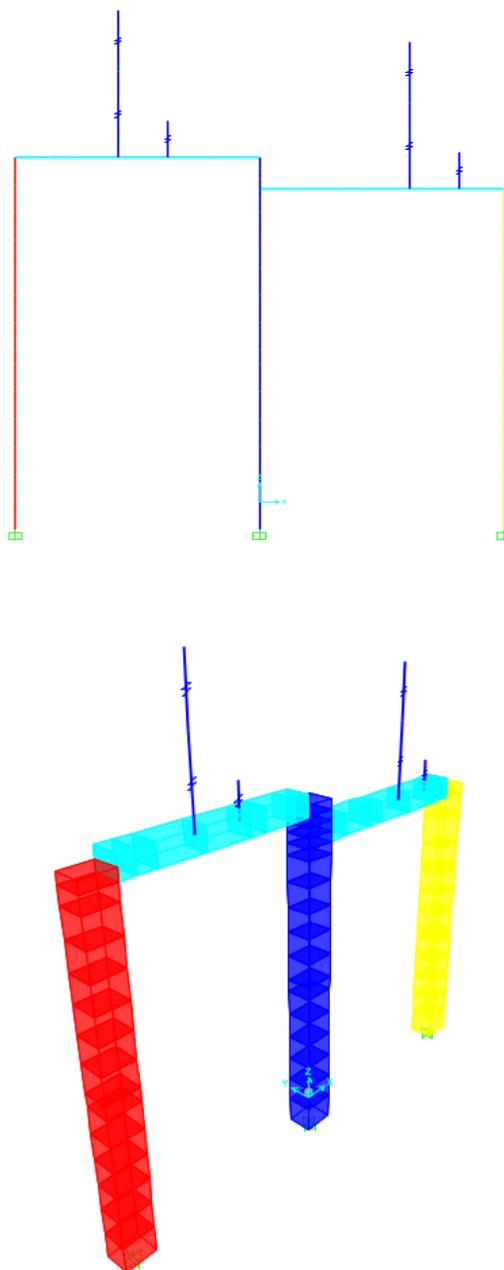


Figura 4-26 - Schema modello di calcolo

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

#### 4.10.3.3 Analisi dei carichi

##### 4.10.3.3.1 *Peso proprio*

Il peso proprio è stato valutato direttamente dal modello di calcolo, attraverso il carico *DEAD*, ponendo il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a  $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ .

##### 4.10.3.3.2 *Sovraccarico permanente (ballast)*

Sulla soletta si considera uno spessore di ballast, compresa la traversina, pari a  $\gamma_{\text{bal}} = 0.8 \text{ m}$  con peso unità di volume  $\gamma_{\text{bal}} = 18.00 \text{ kN/m}^3$ .

Ai lati del telaio si ha un carico orizzontale uniformemente distribuito sui piedritti dovuto alla spinta del ballast di intensità  $p_b = k_0 q_{\text{ballast}} = 5.76 \text{ kN/m}$ .

##### 4.10.3.3.3 *Carichi variabili*

##### Coefficiente di incremento dinamico

In accordo con il Manuale di Progettazione RFI (§2.5.1.4.2),

Caso	Elemento strutturale	Lunghezza $L_{\phi}$
<b>TRAVI PRINCIPALI</b>		
5	5.1 Travi e solette semplicemente appoggiate (compresi i solettoni a travi incorporate)  5.2 Travi e solette continue su n luci, indicando con: $L_m = 1/n \cdot (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$  5.3 Portali: - a luce singola  - a luci multiple	Luce nella direzione delle travi principali  $L_{\phi} = k \cdot L_m$ dove: $n = 2 - 3 - 4 - \geq 5$ $k = 1,2 - 1,3 - 1,4 - 1,5$  da considerare come trave continua a tre luci (usando la 5.2 considerando le altezze dei piedritti e la lunghezza del traverso)  da considerare come trave continua a più luci (usando la 5.2 considerando le altezze dei piedritti terminali e la lunghezza di tutti i traversi)

Figura 4-27 - Estratto Manuale di Progettazione

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

Si considera il caso di portale a luci multiple, per il quale vale la seguente espressione:

$$L_m = 1/n \cdot (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$$

in cui n=4.

Considerando le linee d'asse, risulta:

L <sub>1</sub>	13.50	m	Altezza piedritto di sinistra
L <sub>2</sub>	9.40	m	Lunghezza soletta in sinistra
L <sub>3</sub>	9.40	m	Lunghezza soletta in destra
L <sub>4</sub>	12.35	m	Altezza piedritto di destra

Da cui:

L <sub>m</sub>	11.16	m
k	1.4	m
L <sub>φ</sub>	15.63	m

Il coefficiente di incremento dinamico risulta pari a (linea con ridotto standard manutentivo):

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,20} + 0,73 = 1.30$$

#### Larghezza di diffusione trasversale

La diffusione del ballast è stata effettuata, a partire dall'intradosso della traversa, nell'ipotesi di ripartizione nel ballast e nella soletta di copertura nei rapporti 4:1 e 1:1 rispettivamente.

L <sub>traversa</sub>	2.40	m	Lunghezza traversa
S <sub>ballast</sub>	0.80	m	Spessore del ballast
S <sub>soletta</sub>	0.80	m	Spessore della soletta
L <sub>vasca</sub>	4.20	m	Lunghezza vasca porta ballast

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

$$L_{tr,treno} = L_{traversa} + 2 \cdot \frac{S_{ballast}}{4} + 2 \cdot \frac{S_{soletta}}{2} = 3.60 \text{ m}$$

$$L_{tr,ballast} = L_{vasca} + 2 \cdot \frac{S_{soletta}}{2} = 5.00 \text{ m}$$

### Sovraccarico accidentale mobile

Si considera il modello di carico LM71 costituito dalla presenza del locomotore con gli assi da 250 kN disposti ad interasse longitudinale pari ad 1.60 m e da un carico distribuito di 80 kN/m. Il coefficiente di adattamento è pari ad 1.1.

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.1$$

Il carico complessivo Q agente su una striscia di lunghezza unitaria vale pertanto, incrementato del coefficiente dinamico e diviso sulla larghezza di diffusione trasversale:

$$Q_{vk} = 62 \text{ kN/m}^2$$

Tale carico viene introdotto nel modello con la dicitura Q\_acc.

Ai lati del telaio si ha un carico uniformemente distribuito sui piedritti dovuto alla spinta del sovraccarico accidentale, calcolato come  $k_0q$ , pari a 23.81 kN/m.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

#### 4.10.3.3.4 Azioni climatiche

##### Azioni termiche uniformi

Si considera una variazione termica uniforme  $\Delta T = 15.00^{\circ}\text{C}$  sulla soletta superiore, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ .

##### Azioni termiche differenziali

Si considera una variazione termica differenziale  $\Delta T = 5.00^{\circ}\text{C}$  sulla soletta superiore, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ .

##### Ritiro

Si considera una variazione termica uniforme equivalente  $\Delta T = -11.18^{\circ}\text{C}$  sulla soletta superiore. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni nell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e D.M.17-01-2018.

##### Cls a $t=0$

$f_{ck} =$	32 Mpa
$f_{cm} =$	40 MPa
$\alpha =$	0.00001
$E_{cm} =$	33345764 kN/m <sup>2</sup>
cls tipo =	R
k =	1 coef. di correzione di $E_{cm}$

$E_{cm} =$  **33345764** kN/m<sup>2</sup>

##### Tempo e ambiente

$t_s =$	2 gg	età del calcestruzzo in giorni, all'inizio del ritiro per essiccamento
$t_o =$	2 gg	età del calcestruzzo in giorni al momento del carico
$t =$	25550 gg	età del calcestruzzo in giorni
$h_o = 2A_c/u =$	800 mm	dimensione fittizia dell'elemento di cls (spessore fittizio)
$A_c =$	800000 mm <sup>2</sup>	sezione dell'elemento (area per calcolo spessore fittizio, considerando larghezza e spessori reali della sezione)
$u =$	2000 mm	perimetro a contatto con l'atmosfera (perimetro di calcolo)
RH =	75 %	umidità relativa percentuale

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	62 di 85

Coefficiente di viscosità  $\varphi(t, t_0)$  e modulo elastico  $E_{ct}$  a tempo "t"

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \beta_c(t, t_0) = 2.103$$

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta_{\chi}(f_{cm}) \beta_{\chi}(t_0) = 2.137 \text{ coefficiente nominale di viscosità}$$

$$\varphi_{RH} = 1 + \left[ \frac{1 - RH/100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \alpha_1 \right] \alpha_2 = 1.239 \text{ coefficiente che tiene conto dell'umidità}$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.7} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.911 \text{ coeff. per la resistenza del cls}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.2} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.974 \text{ coeff. per la resistenza del cls}$$

$$\beta_c(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.656313 \text{ coefficiente che tiene conto della resistenza del cls}$$

$$\beta_s(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})} = 0.649 \text{ coefficiente per l'evoluzione della viscosità nel tempo}$$

$$t_0 = t_0 \left( \frac{9}{2 + t_0^{1.2}} + 1 \right)^{\alpha} \geq 0.5 = 6.19 \text{ tempo } t_0 \text{ corretto in funzione della tipologia di cemento}$$

$$\alpha = 1 \text{ coefficiente per il tipo di cemento (-1 per Classe S, 0 per Classe N, 1 per Classe R)}$$

S	-1
N	0
R	1

$$\beta_c(t, t_0) = \left[ \frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{-0.3} = 0.984 \text{ coeff. per la variabilità della viscosità nel tempo}$$

$$\beta_H = 1.5 \left[ 1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right] h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 1403.1 \text{ coefficiente che tiene conto dell'umidità relativa}$$

$$\alpha_3 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.5} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.935 \text{ coeff. per la resistenza del calcestruzzo}$$

Il modulo elastico al tempo "t" è pari a:

$$E_{cm}(t, t_0) = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(t, t_0)} = 10746315 \text{ kN/m}^2$$

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	63 di 85

Deformazione di Ritiro

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{ca}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000347 \text{ deformazione di ritiro } \varepsilon(t, t_0)$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{ds}(t, t_i) K_b \varepsilon_{ca,0} = 0.000292 \text{ deformazione dovuta al ritiro per essiccamento}$$

$$\beta_{ds}(t, t_i) = \left[ \frac{(t - t_i)}{(t - t_i) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} \right] = 0.965785$$

Kh = 0.7 parametro che dipende da ho secondo il prospetto seguente

Valori di  $K_h$

$h_0$	$K_h$
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥500	0,70

Valori di Kh intermedi a quelli del prospetto vengono calcolati tramite interpolazione lineare.

$$\varepsilon_{ca,0} = 0.85 \left[ (220 + 110 \alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}) \right] 10^{-6} \beta_{RH} = 0.000432 \text{ deformazione di base}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH0} \right)^3 \right] = 0.896094$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa}$$

$$RH0 = 100 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 6 \text{ coefficiente per il tipo di cemento (3 per Classe S, 4 per Classe N, 6 per Classe R)}$$

$$\alpha_{ds2} = 0.11 \text{ coefficiente per il tipo di cemento (0.13 per Classe S, 0.12 per Classe N, 0.11 per Classe R)}$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{az}(t) \varepsilon_{ca00} = 0.000055 \text{ deformazione dovuta al ritiro autogeno}$$

$$\beta_{az}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = 1$$

$$\varepsilon_{ca00} = 2.5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = 0.000055$$

Variatione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{ritiro} = - \frac{\varepsilon_s(t, t_0) \cdot E_{cm}}{(1 + \varphi(t, t_0)) \cdot E_{cm} \cdot \alpha} = -11.18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B	FOGLIO 64 di 85

#### 4.10.3.3.5 Azioni sismiche

Si rimanda al § 4.7.10 per la definizione degli spettri che verranno implementati nel modello di calcolo

#### 4.10.3.4 Carichi elementari e loro combinazioni

##### Condizioni di carico elementari

TABLE:

Case	Type	InitialCond	ModalCase	BaseCase	MassSource	IncludeSSI	DesTypeOpt	DesignType
DEAD	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
MODAL	LinModal	Zero					Prog Det	Other
G1 imp	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
G2 imp	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
Q1_Nmax	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
F_ATT	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
Q_ballast	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
Q_acc	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
SLV_X	LinRespSpec		MODAL				Prog Det	Quake
SLV_Z	LinRespSpec		MODAL				Prog Det	Quake
S_acc	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
S_ballast	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
F_CENT	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
VENTO	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
F_SERP	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
TU	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
TF	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
Ritiro	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
Q_acc_sx	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
F_SERP_sx	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
S_acc_sx	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
F_CENT_sx	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
SLD_X	LinRespSpec		MODAL				Prog Det	Quake
SLD_Z	LinRespSpec		MODAL				Prog Det	Quake

### Combinazioni di carico per le sezioni di verifica

Dall'analisi agli elementi finiti del modello di calcolo, in ogni sezione di verifica, sono ricavate le sollecitazioni delle condizioni di carico come da combinazioni di seguito riportate:

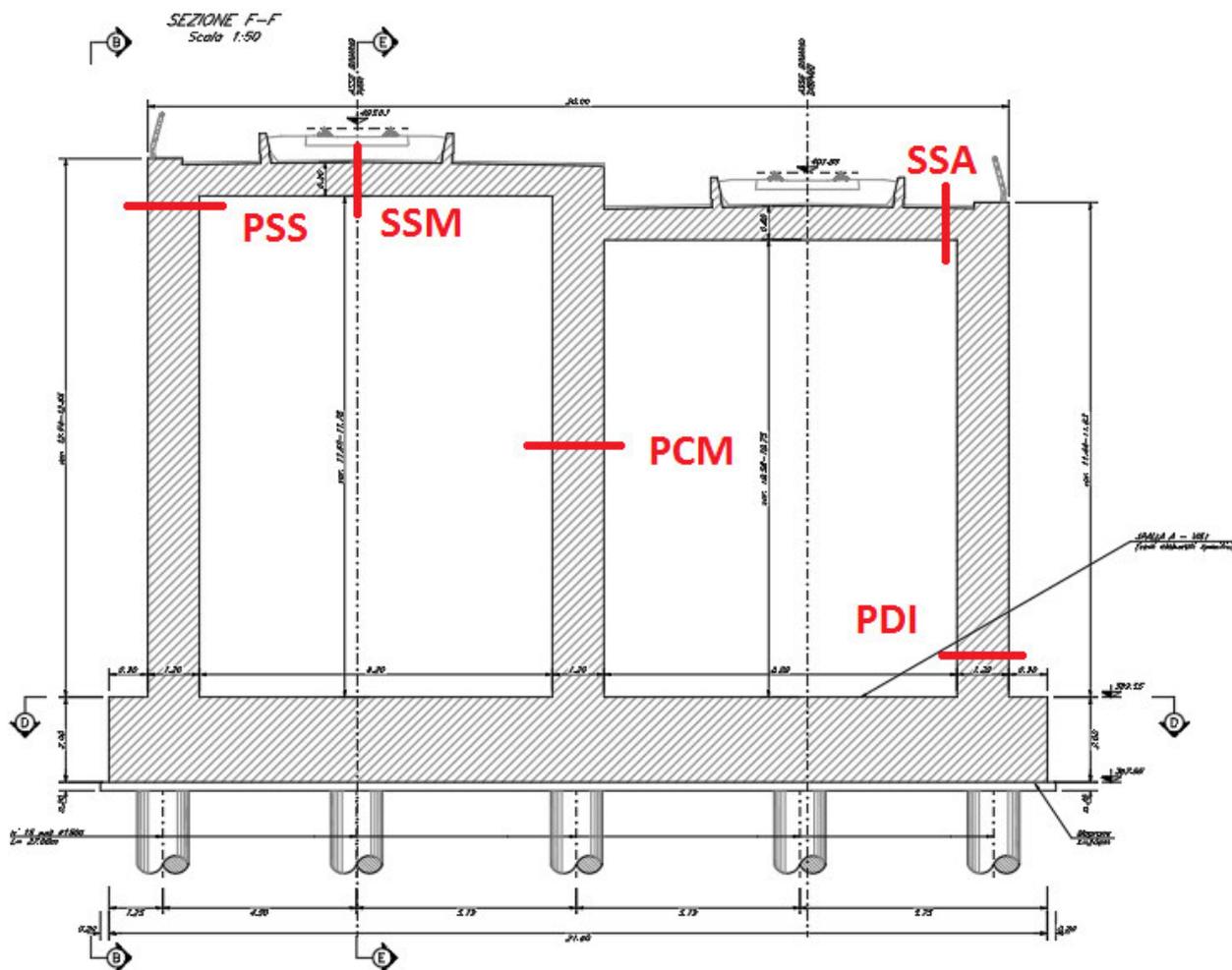


Figura 4-28 - Evidenziazione sezioni di verifica

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	67 di 85

**TABLE:**

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign	ConcDesign	AlumDesign	ColdDesign	GUID	Notes
SLU_STATICA_1	Linear Add	No	DEAD	1.35	None	None	None	None	35ce0b31-23ca-46c8-8b23-c6b2dae3dc91	
SLU_STATICA_1			G1 imp	1.35						
SLU_STATICA_1			G2 imp	1.5						
SLU_STATICA_1			Q_ballast	1.35						
SLU_STATICA_1			Q_acc	1.45						
SLU_STATICA_1			S_acc	1.45						
SLU_STATICA_1			S_ballast	1.5						
SLU_STATICA_1			F_CENT	1.16						
SLU_STATICA_1			F_SERP	1.16						
SLU_STATICA_1			VENTO	0.9						
SLU_STATICA_1			Ritiro	1.2						
SLU_STATICA_1			TU	0.9						
SLU_STATICA_1			TF	0.9						
SLU_SISMICA_1	Linear Add	No	G1 imp	1	None	None	None	None	5f3c3b06-74b4-4f0d-943f-b267c67e182c	
SLU_SISMICA_1			G2 imp	1						
SLU_SISMICA_1			Q_ballast	1						
SLU_SISMICA_1			DEAD	1						
SLU_SISMICA_1			SLV_X	1						
SLU_SISMICA_1			SLV_Z	0.3						
SLU_SISMICA_1			S_acc	0.2						
SLU_SISMICA_1			S_ballast	1						
SLE_RARA_1	Linear Add	No	DEAD	1	None	None	None	None	726f4929-f25c-486a-938b-8d713c00fbcf	
SLE_RARA_1			Q_acc	1						
SLE_RARA_1			Q_ballast	1						
SLE_RARA_1			TF	0.6						
SLE_RARA_1			TU	0.6						
SLE_RARA_1			F_SERP	0.6						
SLE_RARA_1			F_CENT	0.6						
SLE_RARA_1			VENTO	0.6						
SLE_RARA_1			Ritiro	1						
SLE_RARA_1			S_acc	1						
SLE_RARA_1			S_ballast	1						
SLU_STATICA_2	Linear Add	No	DEAD	1.35	None	None	None	None	35ce0b31-23ca-46c8-8b23-c6b2dae3dc91	
SLU_STATICA_2			G1 imp	1.35						
SLU_STATICA_2			G2 imp	1.5						
SLU_STATICA_2			Q_ballast	1.35						
SLU_STATICA_2			Q_acc_sx	1.45						
SLU_STATICA_2			S_acc_sx	1.45						
SLU_STATICA_2			S_ballast	1.5						
SLU_STATICA_2			F_CENT_sx	1.16						
SLU_STATICA_2			F_SERP_sx	1.16						
SLU_STATICA_2			VENTO	0.9						
SLU_STATICA_2			Ritiro	1.2						
SLU_STATICA_2			TU	0.9						
SLU_STATICA_2			TF	0.9						
SLU_STATICA_3	Linear Add	No	DEAD	1.35	None	None	None	None	35ce0b31-23ca-46c8-8b23-c6b2dae3dc91	
SLU_STATICA_3			G1 imp	1.35						
SLU_STATICA_3			G2 imp	1.5						
SLU_STATICA_3			Q_ballast	1.35						
SLU_STATICA_3			Ritiro	1.2						
SLU_STATICA_3			TU	0.9						
SLU_STATICA_3			TF	0.9						

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	68 di 85

TABLE:

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign	ConcDesign	AlumDesign	ColdDesign	GUID	Notes	
SLU_SISMICA_2	Linear Add	No	G1 imp	1	None	None	None	None	5f3c3b06-74b4-4f0d-943f-b267c67e182c		
SLU_SISMICA_2			G2 imp	1							
SLU_SISMICA_2			Q_ballast	1							
SLU_SISMICA_2			DEAD	1							
SLU_SISMICA_2			SLV_X	1							
SLU_SISMICA_2			SLV_Z	-0.3							
SLU_SISMICA_2			S_acc	0.2							
SLU_SISMICA_2			S_ballast	1							
SLU_SISMICA_3	Linear Add	No	G1 imp	1	None	None	None	None		5f3c3b06-74b4-4f0d-943f-b267c67e182c	
SLU_SISMICA_3			G2 imp	1							
SLU_SISMICA_3			Q_ballast	1							
SLU_SISMICA_3			DEAD	1							
SLU_SISMICA_3			SLV_X	0.3							
SLU_SISMICA_3			SLV_Z	1							
SLU_SISMICA_3			S_acc	0.2							
SLU_SISMICA_3			S_ballast	1							
SLU_SISMICA_4	Linear Add	No	G1 imp	1	None	None	None	None	5f3c3b06-74b4-4f0d-943f-b267c67e182c		
SLU_SISMICA_4			G2 imp	1							
SLU_SISMICA_4			Q_ballast	1							
SLU_SISMICA_4			DEAD	1							
SLU_SISMICA_4			SLV_X	0.3							
SLU_SISMICA_4			SLV_Z	-1							
SLU_SISMICA_4			S_acc	0.2							
SLU_SISMICA_4			S_ballast	1							
SLE_RARA_2	Linear Add	No	DEAD	1	None	None	None	None		726f4929-f25c-486a-938b-8d713c00fbcf	
SLE_RARA_2			Q_acc_sx	1							
SLE_RARA_2			Q_ballast	1							
SLE_RARA_2			TF	0.6							
SLE_RARA_2			TU	0.6							
SLE_RARA_2			F_SERP_sx	0.6							
SLE_RARA_2			F_CENT_sx	0.6							
SLE_RARA_2			VENTO	0.6							
SLE_RARA_2			Ritiro	1							
SLE_RARA_2			S_acc_sx	1							
SLE_FREQ_1	Linear Add	No	DEAD	1	None	None	None	None	726f4929-f25c-486a-938b-8d713c00fbcf		
SLE_FREQ_1			Q_acc	1							
SLE_FREQ_1			Q_ballast	1							
SLE_FREQ_1			TF	0.6							
SLE_FREQ_1			TU	0.6							
SLE_FREQ_1			F_SERP	0.48							
SLE_FREQ_1			F_CENT	0.48							
SLE_FREQ_1			Ritiro	1							
SLE_FREQ_1			S_acc	1							
SLE_FREQ_1			S_ballast	1							
SLE_FREQ_2	Linear Add	No	DEAD	1	None	None	None	None	726f4929-f25c-486a-938b-8d713c00fbcf		
SLE_FREQ_2			Q_acc_sx	1							
SLE_FREQ_2			Q_ballast	1							
SLE_FREQ_2			TF	0.6							
SLE_FREQ_2			TU	0.6							
SLE_FREQ_2			F_SERP_sx	0.48							
SLE_FREQ_2			F_CENT_sx	0.48							
SLE_FREQ_2			Ritiro	1							
SLE_FREQ_2			S_acc_sx	1							
SLE_FREQ_2			S_ballast	1							
SLE_OP	Linear Add	No	DEAD	1	None	None	None	None	726f4929-f25c-486a-938b-8d713c00fbcf		
SLE_OP			Q_ballast	1							
SLE_OP			TF	0.6							
SLE_OP			TU	0.6							
SLE_OP			Ritiro	1							
SLE_OP			S_ballast	1							

#### 4.10.3.5 Tabelle riassuntive: sollecitazioni massime

Si riporta un prospetto riassuntivo delle massime sollecitazioni che si raggiungono in corrispondenza delle sezioni di verifica dei **piedritti**:

ELEM PSS	COMB	N	Mx	Vy	ELEM PCM	COMB	N	Mx	Vy	ELEM PDI	COMB	N	Mx	Vy
80	SLU_STATICA_1	1063.738	2359.166	579.124	69	SLU_STATICA_1	882.876	218.2422	306.498	46	SLU_STATICA_1	194.06	-427.631	-52.301
		1063.738	2359.166	579.124			882.876	218.2422	306.498			194.06	-427.631	-52.301
80	SLU_STATICA_2	766.642	1175.159	224.687	69	SLU_STATICA_2	758.196	109.7557	186.977	46	SLU_STATICA_2	292.195	-73.7507	-140.316
		766.642	1175.159	224.687			758.196	109.7557	186.977			292.195	-73.7507	-140.316
80	SLU_STATICA_3	641.036	74.7635	24.366	69	SLU_STATICA_3	634.363	6.5817	-2.591	46	SLU_STATICA_3	217.995	175.1774	-21.775
		641.036	74.7635	24.366			634.363	6.5817	-2.591			217.995	175.1774	-21.775
80	SLU_SISMICA_1	352.876	1689.148	328.335	69	SLU_SISMICA_1	442.581	117.0746	267.119	46	SLU_SISMICA_1	6.819	594.1757	54.067
		648.933	-820.57	-77.609			496.205	-32.7157	-184.1			265.022	-529.204	-127.87
80	SLU_SISMICA_2	352.876	1689.148	328.335	69	SLU_SISMICA_2	442.581	117.0746	267.119	46	SLU_SISMICA_2	6.819	594.1757	54.067
		648.933	-820.57	-77.609			496.205	-32.7157	-184.1			265.022	-529.204	-127.87
80	SLU_SISMICA_3	436.322	836.9514	198.196	69	SLU_SISMICA_3	432.831	74.8144	110.815	46	SLU_SISMICA_3	84.234	218.7487	0.234
		565.487	31.6262	52.531			505.955	9.5446	-27.796			187.607	-153.777	-74.036
80	SLU_SISMICA_4	436.322	836.9514	198.196	69	SLU_SISMICA_4	432.831	74.8144	110.815	46	SLU_SISMICA_4	84.234	218.7487	0.234
		565.487	31.6262	52.531			505.955	9.5446	-27.796			187.607	-153.777	-74.036
80	SLE_RARA_1	744.574	1493.689	380.786	69	SLE_RARA_1	646.364	141.0672	188.692	46	SLE_RARA_1	161.679	-230.496	-48.585
		744.574	1493.689	380.786			646.364	141.0672	188.692			161.679	-230.496	-48.585
80	SLE_RARA_2	552.144	738.1893	144.585	69	SLE_RARA_2	556.076	68.3926	119.972	46	SLE_RARA_2	221.197	-14.92	-101.931
		552.144	738.1893	144.585			556.076	68.3926	119.972			221.197	-14.92	-101.931
80	SLE_FREQ_1	730.003	1405.966	368.349	69	SLE_FREQ_1	648.434	131.8302	172.119	46	SLE_FREQ_1	174.18	-183.966	-52.035
		730.003	1405.966	368.349			648.434	131.8302	172.119			174.18	-183.966	-52.035
80	SLE_FREQ_2	545.052	687.1012	137.091	69	SLE_FREQ_2	555.565	60.4418	111.623	46	SLE_FREQ_2	228.801	14.5222	-100.968
		545.052	687.1012	137.091			555.565	60.4418	111.623			228.801	14.5222	-100.968
80	SLE_QP	488.138	236.0109	72.074	69	SLE_QP	471.426	24.4906	22.435	46	SLE_QP	146.654	54.6683	-23.373
		488.138	236.0109	72.074			471.426	24.4906	22.435			146.654	54.6683	-23.373

Si riporta un prospetto riassuntivo delle massime sollecitazioni che si raggiungono in corrispondenza delle sezioni di verifica della **soletta**:

ELEM SSM	COMB	N	Mx	Vy	ELEM SSA	COMB	N	Mx	Vy
15	SLU_STATICA_1	119.17	607.5045	166.572	74	SLU_STATICA_1	89.042	-727.072	571.808
		119.17	607.5045	166.572			89.042	-727.072	571.808
15	SLU_STATICA_2	186.001	491.1258	68.436	74	SLU_STATICA_2	126.623	-469.437	274.713
		186.001	491.1258	68.436			126.623	-469.437	274.713
15	SLU_STATICA_3	21.775	233.1606	-19.184	74	SLU_STATICA_3	24.366	-3.4305	149.106
		21.775	233.1606	-19.184			24.366	-3.4305	149.106
15	SLU_SISMICA_1	18.029	283.3271	142.602	74	SLU_SISMICA_1	-101.253	414.8335	281.501
		76.822	0.6308	-119.908			113.084	-679.855	-8.477
15	SLU_SISMICA_2	18.029	283.3271	142.602	74	SLU_SISMICA_2	-101.253	414.8335	281.501
		76.822	0.6308	-119.908			113.084	-679.855	-8.477
15	SLU_SISMICA_3	28.563	200.9909	54.108	74	SLU_SISMICA_3	-34.725	39.1191	191.743
		66.288	82.967	-31.414			46.557	-304.14	81.28
15	SLU_SISMICA_4	28.563	200.9909	54.108	74	SLU_SISMICA_4	-34.725	39.1191	191.743
		66.288	82.967	-31.414			46.557	-304.14	81.28
15	SLE_RARA_1	90.795	419.4121	97.188	74	SLE_RARA_1	45.053	-452.334	380.182
		90.795	419.4121	97.188			45.053	-452.334	380.182
15	SLE_RARA_2	133.181	353.8068	37.671	74	SLE_RARA_2	79.209	-292.147	187.752
		133.181	353.8068	37.671			79.209	-292.147	187.752
15	SLE_FREQ_1	90.375	413.3178	84.687	74	SLE_FREQ_1	32.616	-416.378	365.611
		90.375	413.3178	84.687			32.616	-416.378	365.611
15	SLE_FREQ_2	130.538	356.5059	30.067	74	SLE_FREQ_2	71.715	-266.686	180.66
		130.538	356.5059	30.067			71.715	-266.686	180.66
15	SLE_QP	29.133	178.5336	0.614	74	SLE_QP	6.698	-48.1337	123.745
		29.133	178.5336	0.614			6.698	-48.1337	123.745

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI02 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

#### 4.10.3.6 Verifiche

##### 4.10.3.6.1 Piedritti

I piedritti, con riferimento alle sezioni di verifica, risultano così armati:

Sezione		Armatura verticale		Armatura orizzontale	
PDI (46)	1.00x1.20	$\phi 26/10 + \phi 26/10$ (lato interno)	$\phi 26/10 + \phi 26/10$ (lato esterno)	$\phi 18/20 + \phi 16/20$ (lato interno)	$\phi 18/20$ (lato esterno)
PCM (69)	1.00x1.20	$\phi 26/10 + \phi 26/10$ (lato interno)	$\phi 26/10 + \phi 26/10$ (lato esterno)	$\phi 18/20 + \phi 16/20$ (lato interno)	$\phi 18/20$ (lato esterno)
PSS (80)	1.00x1.20	$\phi 26/10 + \phi 26/10$ (lato interno)	$\phi 26/10 + \phi 26/10$ (lato esterno)	$\phi 18/20 + \phi 16/20$ (lato interno)	$\phi 18/20$ (lato esterno)

**Tabella 4-1 - Riepilogo armature piedritti**

#### Verifica a pressoflessione dei piedritti

Si riporta l'output della verifica a pressoflessione eseguita con il software RC-SEC della sezione PSS (80).

#### **DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.** **NOME SEZIONE: PSS\_25m\_VI02\_SPA**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### **CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	71 di 85

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-60.0
2	-50.0	60.0
3	50.0	60.0
4	50.0	-60.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.2	50.7	26
2	-41.2	-50.7	26
3	41.2	50.7	26
4	41.2	-50.7	26
5	-41.2	-45.1	26
6	41.2	-45.1	26
7	-41.2	45.1	26
8	41.2	45.1	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	72 di 85

Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	3	8	26
2	2	4	8	26
3	5	6	8	26
4	7	8	8	26

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1063.74	2359.17	0.00	0.00	0.00
2	1063.74	2359.17	0.00	0.00	0.00
3	766.64	1175.16	0.00	0.00	0.00
4	766.64	1175.16	0.00	0.00	0.00
5	641.04	74.76	0.00	0.00	0.00
6	641.04	74.76	0.00	0.00	0.00
7	352.88	1689.15	0.00	0.00	0.00
8	648.93	-820.57	0.00	0.00	0.00
9	352.88	1689.15	0.00	0.00	0.00
10	648.93	-820.57	0.00	0.00	0.00
11	436.32	836.95	0.00	0.00	0.00
12	565.49	31.63	0.00	0.00	0.00
13	436.32	836.95	0.00	0.00	0.00
14	565.49	31.63	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	744.57	1493.69	0.00
2	744.57	1493.69	0.00
3	552.14	738.19	0.00
4	552.14	738.19	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	73 di 85

My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	730.00	1405.97 (876.49)	0.00 (0.00)
2	730.00	1405.97 (876.49)	0.00 (0.00)
3	545.05	687.10 (947.16)	0.00 (0.00)
4	545.05	687.10 (947.16)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	488.14	236.01 (1515.75)	0.00 (0.00)
2	488.14	236.01 (1515.75)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.5 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1063.74	2359.17	0.00	1063.68	4648.21	0.00	1.97	212.4(36.0)
2	S	1063.74	2359.17	0.00	1063.68	4648.21	0.00	1.97	212.4(36.0)
3	S	766.64	1175.16	0.00	766.65	4509.95	0.00	3.84	212.4(36.0)
4	S	766.64	1175.16	0.00	766.65	4509.95	0.00	3.84	212.4(36.0)
5	S	641.04	74.76	0.00	640.99	4451.27	0.00	59.54	212.4(36.0)
6	S	641.04	74.76	0.00	640.99	4451.27	0.00	59.54	212.4(36.0)
7	S	352.88	1689.15	0.00	352.97	4316.34	0.00	2.56	212.4(36.0)
8	S	648.93	-820.57	0.00	648.80	-4454.93	0.00	5.43	212.4(36.0)
9	S	352.88	1689.15	0.00	352.97	4316.34	0.00	2.56	212.4(36.0)
10	S	648.93	-820.57	0.00	648.80	-4454.93	0.00	5.43	212.4(36.0)
11	S	436.32	836.95	0.00	436.36	4355.48	0.00	5.20	212.4(36.0)
12	S	565.49	31.63	0.00	565.41	4415.90	0.00	139.63	212.4(36.0)
13	S	436.32	836.95	0.00	436.36	4355.48	0.00	5.20	212.4(36.0)
14	S	565.49	31.63	0.00	565.41	4415.90	0.00	139.63	212.4(36.0)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	74 di 85

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Xs max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Ys max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	60.0	0.00170	-41.2	50.7	-0.01791	-41.2	-50.7
2	0.00350	-50.0	60.0	0.00170	-41.2	50.7	-0.01791	-41.2	-50.7
3	0.00350	-50.0	60.0	0.00163	-41.2	50.7	-0.01874	-41.2	-50.7
4	0.00350	-50.0	60.0	0.00163	-41.2	50.7	-0.01874	-41.2	-50.7
5	0.00350	-50.0	60.0	0.00160	-41.2	50.7	-0.01910	-41.2	-50.7
6	0.00350	-50.0	60.0	0.00160	-41.2	50.7	-0.01910	-41.2	-50.7
7	0.00350	-50.0	60.0	0.00153	-41.2	50.7	-0.01994	-41.2	-50.7
8	0.00350	-50.0	-60.0	0.00160	-41.2	-50.7	-0.01908	41.2	50.7
9	0.00350	-50.0	60.0	0.00153	-41.2	50.7	-0.01994	-41.2	-50.7
10	0.00350	-50.0	-60.0	0.00160	-41.2	-50.7	-0.01908	41.2	50.7
11	0.00350	-50.0	60.0	0.00155	-41.2	50.7	-0.01970	-41.2	-50.7
12	0.00350	-50.0	60.0	0.00158	-41.2	50.7	-0.01932	41.2	-50.7
13	0.00350	-50.0	60.0	0.00155	-41.2	50.7	-0.01970	-41.2	-50.7
14	0.00350	-50.0	60.0	0.00158	-41.2	50.7	-0.01932	41.2	-50.7

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000193409	-0.008104565	----	----
2	0.000000000	0.000193409	-0.008104565	----	----
3	0.000000000	0.000200948	-0.008556882	----	----
4	0.000000000	0.000200948	-0.008556882	----	----
5	0.000000000	0.000204190	-0.008751373	----	----
6	0.000000000	0.000204190	-0.008751373	----	----
7	0.000000000	0.000211775	-0.009206492	----	----
8	0.000000000	-0.000203984	-0.008739042	----	----
9	0.000000000	0.000211775	-0.009206492	----	----
10	0.000000000	-0.000203984	-0.008739042	----	----
11	0.000000000	0.000209542	-0.009072534	----	----
12	0.000000000	0.000206170	-0.008870197	----	----
13	0.000000000	0.000209542	-0.009072534	----	----
14	0.000000000	0.000206170	-0.008870197	----	----

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	75 di 85

Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.69	-50.0	60.0	-120.8	32.0	-50.7	2450	106.2
2	S	5.69	-50.0	60.0	-120.8	32.0	-50.7	2450	106.2
3	S	2.90	-50.0	60.0	-52.2	32.0	-50.7	2300	106.2
4	S	2.90	-50.0	60.0	-52.2	32.0	-50.7	2300	106.2

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.37	-50.0	60.0	-112.5	32.0	-50.7	2450	106.2
2	S	5.37	-50.0	60.0	-112.5	32.0	-50.7	2450	106.2
3	S	2.71	-50.0	60.0	-47.4	32.0	-50.7	2300	106.2
4	S	2.71	-50.0	60.0	-47.4	32.0	-50.7	2300	106.2

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$ Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00064	0	0.500	26.0	80	0.00038 (0.00034)	374	0.141 (0.20)	876.49	0.00
2	S	-0.00064	0	0.500	26.0	80	0.00038 (0.00034)	374	0.141 (0.20)	876.49	0.00
3	S	-0.00027	0	0.500	26.0	80	0.00014 (0.00014)	368	0.052 (0.20)	947.16	0.00
4	S	-0.00027	0	0.500	26.0	80	0.00014 (0.00014)	368	0.052 (0.20)	947.16	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.04	-50.0	60.0	-6.4	32.0	-50.7	1400	53.1
2	S	1.04	-50.0	60.0	-6.4	32.0	-50.7	1400	53.1

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)  
VI02 – Viadotto Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	76 di 85

1	S	-0.00004	0	0.500	26.0	80	0.00002 (0.00002)	389	0.007 (0.20)	1515.75	0.00
2	S	-0.00004	0	0.500	26.0	80	0.00002 (0.00002)	389	0.007 (0.20)	1515.75	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	77 di 85

## Verifica a taglio dei piedritti

### Caratteristiche materiali

Cls $R_{ck}$	<input type="text" value="40"/>	
Cls	<input type="text" value="Fessurato (v=0)"/>	condizioni calcestruzzo
Acciaio 1	<input type="text" value="B450"/>	acciaio barre longitudinali
Acciaio 2	<input type="text" value="B450"/>	acciaio armature trasversali
$\gamma_c$	<input type="text" value="1.5"/>	coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
$\gamma_s$	<input type="text" value="1.15"/>	coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

$b_w$	<input type="text" value="1000"/>	mm	larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)
$d$	<input type="text" value="1107"/>	mm	altezza utile della sezione
$A_c$	<input type="text" value="1107000"/>	mm <sup>2</sup>	area della sezione di calcestruzzo

### Caratteristiche armature

$n_{bl}$	<input type="text" value="20"/>		numero di barre longitudinali
$\varnothing_{bl}$	<input type="text" value="26"/>	mm	diámetro delle barre longitudinali
$n_{bw}$	<input type="text" value="4.00"/>		numero di bracci delle staffe
$\varnothing_{st}$	<input type="text" value="12"/>	mm	diámetro delle staffe
$s_{st}$	<input type="text" value="200"/>	mm	passo delle staffe
$\alpha$	<input type="text" value="90"/>	°	inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni

$N_{Ed}$	<input type="text" value="0"/>	KN	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
$V_{Ed}$	<input type="text" value="580"/>	KN	taglio di calcolo
$N_{Rd}$	20826.4	KN	sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

$\theta$	<input type="text" value="22"/>	°	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$ctg\theta$	2.48		(il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì  
 No

$\tau$		N/mm <sup>2</sup>	tensione tangenziale corda baricentrica
$\sigma_1$		N/mm <sup>2</sup>	tensione principale di trazione sulla corda baricentrica
$ctg\theta_l$			valore limite dell'inclinazione delle bielle

### Valore di verifica del taglio resistente

$V_{Rd}$	<input type="text" value="600.0"/>	KN	taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
$V_{Rd}$	<input type="text" value="2182.6"/>	KN	taglio resistente per elemento con armatura trasversale
$V_{Rd}$	<input type="text" value="600.0"/>	KN	> $V_{Ed}$ <input type="text" value="580"/> KN

LA VERIFICA E' SODDISFATTA. NON E' NECESSARIA ARMATURA SPECIFICA A TAGLIO

Si dispongono armature a taglio come da Tabella 4-1. Tabella 4-1 - Riepilogo armature piedritti

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI02 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

#### 4.10.3.6.2 Soletta

La soletta, con riferimento alle sezioni di verifica, risulta così armata:

Sezione		Armatura verticale		Armatura orizzontale			
SSA (17)	1.00x0.80	$\phi 26/10$ <i>interno</i>	<i>(lato interno)</i>	$\phi 26/10$ <i>esterno</i>	<i>(lato esterno)</i>	$\phi 18/20$ <i>interno</i>	$\phi 18/20$ <i>(lato esterno)</i>
SSM (25)	1.00x0.80	$\phi 26/10$ <i>interno</i>	<i>(lato interno)</i>	$\phi 26/10$ <i>esterno</i>	<i>(lato esterno)</i>	$\phi 18/20$ <i>interno</i>	$\phi 18/20$ <i>(lato esterno)</i>

#### Verifica a pressoflessione della soletta

Si riporta l'output della verifica a pressoflessione eseguita con il software RC-SEC della sezione SSA (74) della soletta.

#### **DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.** **NOME SEZIONE: SSA\_25m\_VI02\_SPA**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

#### **CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	79 di 85

Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-40.0
2	-50.0	40.0
3	50.0	40.0
4	50.0	-40.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.2	30.7	26
2	-41.2	-30.7	26
3	41.2	30.7	26
4	41.2	-30.7	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	3	8	26
2	2	4	8	26

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	89.04	-727.07	0.00	0.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	80 di 85

2	89.04	-727.07	0.00	0.00	0.00
3	126.62	-469.44	0.00	0.00	0.00
4	126.62	-469.44	0.00	0.00	0.00
5	24.37	-3.43	0.00	0.00	0.00
6	24.37	-3.43	0.00	0.00	0.00
7	-101.25	414.83	0.00	0.00	0.00
8	113.08	-679.85	0.00	0.00	0.00
9	-101.25	414.83	0.00	0.00	0.00
10	113.08	-679.85	0.00	0.00	0.00
11	-34.73	39.12	0.00	0.00	0.00
12	46.56	-304.14	0.00	0.00	0.00
13	-34.73	39.12	0.00	0.00	0.00
14	46.56	-304.14	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	45.05	-452.33	0.00
2	45.05	-452.33	0.00
3	79.21	-292.15	0.00
4	79.21	-292.15	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	32.62	-416.38 (-309.34)	0.00 (0.00)
2	32.62	-416.38 (-309.34)	0.00 (0.00)
3	71.72	-266.69 (-318.57)	0.00 (0.00)
4	71.72	-266.69 (-318.57)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	6.70	-48.13 (-312.23)	0.00 (0.00)
2	6.70	-48.13 (-312.23)	0.00 (0.00)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	81 di 85

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	89.04	-727.07	0.00	89.14	-1382.02	0.00	1.90 106.2(24.0)	
2	S	89.04	-727.07	0.00	89.14	-1382.02	0.00	1.90 106.2(24.0)	
3	S	126.62	-469.44	0.00	126.35	-1393.47	0.00	2.97 106.2(24.0)	
4	S	126.62	-469.44	0.00	126.35	-1393.47	0.00	2.97 106.2(24.0)	
5	S	24.37	-3.43	0.00	24.23	-1362.01	0.00	397.03 106.2(24.0)	
6	S	24.37	-3.43	0.00	24.23	-1362.01	0.00	397.03 106.2(24.0)	
7	S	-101.25	414.83	0.00	-101.02	1323.33	0.00	3.19 106.2(24.0)	
8	S	113.08	-679.85	0.00	112.93	-1389.34	0.00	2.04 106.2(24.0)	
9	S	-101.25	414.83	0.00	-101.02	1323.33	0.00	3.19 106.2(24.0)	
10	S	113.08	-679.85	0.00	112.93	-1389.34	0.00	2.04 106.2(24.0)	
11	S	-34.73	39.12	0.00	-34.66	1343.83	0.00	34.35 106.2(24.0)	
12	S	46.56	-304.14	0.00	46.27	-1368.82	0.00	4.50 106.2(24.0)	
13	S	-34.73	39.12	0.00	-34.66	1343.83	0.00	34.35 106.2(24.0)	
14	S	46.56	-304.14	0.00	46.27	-1368.82	0.00	4.50 106.2(24.0)	

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	-40.0	0.00049	-41.2	-30.7	-0.01938	41.2	30.7
2	0.00350	-50.0	-40.0	0.00049	-41.2	-30.7	-0.01938	41.2	30.7
3	0.00350	-50.0	-40.0	0.00051	-41.2	-30.7	-0.01921	41.2	30.7
4	0.00350	-50.0	-40.0	0.00051	-41.2	-30.7	-0.01921	41.2	30.7
5	0.00350	-50.0	-40.0	0.00045	-41.2	-30.7	-0.01969	41.2	30.7
6	0.00350	-50.0	-40.0	0.00045	-41.2	-30.7	-0.01969	41.2	30.7
7	0.00350	50.0	40.0	0.00037	41.2	30.7	-0.02030	-41.2	-30.7
8	0.00350	-50.0	-40.0	0.00050	-41.2	-30.7	-0.01927	41.2	30.7

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	82 di 85

9	0.00350	50.0	40.0	0.00037	41.2	30.7	-0.02030	-41.2	-30.7
10	0.00350	-50.0	-40.0	0.00050	-41.2	-30.7	-0.01927	41.2	30.7
11	0.00350	50.0	40.0	0.00041	41.2	30.7	-0.01998	-41.2	-30.7
12	0.00350	-50.0	-40.0	0.00046	-41.2	-30.7	-0.01958	41.2	30.7
13	0.00350	50.0	40.0	0.00041	41.2	30.7	-0.01998	-41.2	-30.7
14	0.00350	-50.0	-40.0	0.00046	-41.2	-30.7	-0.01958	41.2	30.7

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c           Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d               Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid.            Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000323650	-0.009445984	----	----
2	0.000000000	-0.000323650	-0.009445984	----	----
3	0.000000000	-0.000321217	-0.009348669	----	----
4	0.000000000	-0.000321217	-0.009348669	----	----
5	0.000000000	-0.000328017	-0.009620683	----	----
6	0.000000000	-0.000328017	-0.009620683	----	----
7	0.000000000	0.000336576	-0.009963047	----	----
8	0.000000000	-0.000322096	-0.009383843	----	----
9	0.000000000	0.000336576	-0.009963047	----	----
10	0.000000000	-0.000322096	-0.009383843	----	----
11	0.000000000	0.000332062	-0.009782485	----	----
12	0.000000000	-0.000326493	-0.009559715	----	----
13	0.000000000	0.000332062	-0.009782485	----	----
14	0.000000000	-0.000326493	-0.009559715	----	----

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver                S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max            Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max   Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min            Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min   Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.            Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.            Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.47	-50.0	-40.0	-132.3	32.0	30.7	1850	53.1
2	S	4.47	-50.0	-40.0	-132.3	32.0	30.7	1850	53.1
3	S	2.93	-50.0	-40.0	-81.0	32.0	30.7	1850	53.1
4	S	2.93	-50.0	-40.0	-81.0	32.0	30.7	1850	53.1

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.10	-50.0	-40.0	-122.5	32.0	30.7	1900	53.1
2	S	4.10	-50.0	-40.0	-122.5	32.0	30.7	1900	53.1
3	S	2.67	-50.0	-40.0	-74.0	32.0	30.7	1850	53.1
4	S	2.67	-50.0	-40.0	-74.0	32.0	30.7	1850	53.1

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0204 002	B	83 di 85

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00073	0	0.500	26.0	80	0.00037 (0.00037)	430	0.158 (0.20)	-309.34	0.00
2	S	-0.00073	0	0.500	26.0	80	0.00037 (0.00037)	430	0.158 (0.20)	-309.34	0.00
3	S	-0.00045	0	0.500	26.0	80	0.00022 (0.00022)	426	0.095 (0.20)	-318.57	0.00
4	S	-0.00045	0	0.500	26.0	80	0.00022 (0.00022)	426	0.095 (0.20)	-318.57	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.48	-50.0	-40.0	-13.9	32.0	30.7	1850	53.1
2	S	0.48	-50.0	-40.0	-13.9	32.0	30.7	1850	53.1

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00008	0	0.500	26.0	80	0.00004 (0.00004)	426	0.018 (0.20)	-312.23	0.00
2	S	-0.00008	0	0.500	26.0	80	0.00004 (0.00004)	426	0.018 (0.20)	-312.23	0.00

## Verifica a taglio della soletta

### Caratteristiche materiali

Cls  $R_{ck}$

Cls  condizioni calcestruzzo

Acciaio 1  acciaio barre longitudinali

Acciaio 2  acciaio armature trasversali

$\gamma_c$   coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

$\gamma_s$   coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

$b_w$   mm larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)

$d$   mm altezza utile della sezione

$A_c$   mm<sup>2</sup> area della sezione di calcestruzzo

### Caratteristiche armature

$n_{bl}$   numero di barre longitudinali

$\varnothing_{bl}$   mm diametro delle barre longitudinali

$n_{bw}$   numero di bracci delle staffe

$\varnothing_{st}$   mm diametro delle staffe

$s_{st}$   mm passo delle staffe

$\alpha$   ° inclinazione delle staffe ( $\alpha=90^\circ$  per staffe ortogonali all'asse)

### Caratteristiche sollecitazioni

$N_{Ed}$   KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

$V_{Ed}$   KN taglio di calcolo

$N_{Rd}$  13301.0 KN sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

$\theta$   ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

$\text{ctg}\theta$  2.48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì

No

$\tau$  N/mm<sup>2</sup> tensione tangenziale corda baricentrica

$\sigma_t$  N/mm<sup>2</sup> tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

$\text{ctg}\theta_l$  valore limite dell'inclinazione delle bielle

### Valore di verifica del taglio resistente

$V_{Rd}$   KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

$V_{Rd}$   KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

$V_{Rd}$   KN <  $V_{Ed}$   KN

OCCORRE ARMARE A TAGLIO

Si dispongono armature a taglio come da Tabella 4-1.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI02 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0204 002	REV. B

#### 4.11 Incidenze

Si riporta la tabella di sintesi delle incidenze delle armature per i singoli elementi strutturali:

Piedritti	200 kg/m <sup>3</sup>
Soletta	110 kg/m <sup>3</sup>
Muro frontale	100 kg/m <sup>3</sup>
Palo di fondazione	200 kg/m <sup>3</sup>
Plinto di fondazione	150 kg/m <sup>3</sup>

Le incidenze calcolate sono relative alla sezione maggiormente sollecitata.