

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

**VI03 – Singolo Binario**

Relazione di calcolo Spalla B

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3U	40	D	09	CL	VI0304	001	B

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

File: RS3U40D09CLVI0304001B.doc

n. Elab.: 09\_040

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti  
Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
Incarico degli ingegneri della Provincia di Roma  
N° 4.20783

## INDICE

1	PREMESSA .....	5
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	9
3	MATERIALI .....	10
3.1	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....	11
3.2	VERIFICA S.L.E.....	12
3.2.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	12
3.2.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	13
4	ANALISI E VERIFICHE SPALLA B (FISSA) .....	14
4.1	GENERALITÀ .....	14
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE .....	14
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	15
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	20
4.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA .....	21
4.6	CARATTERISTICHE DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA .....	22
4.7	INPUT_ANALISI DEI CARICHI .....	23
4.7.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	23
4.7.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	23
4.7.3	<i>Azione del Vento</i> .....	24
4.7.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	26
4.7.5	<i>Effetti dinamici</i> .....	28
4.7.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	29
4.7.7	<i>Spinta statica del terrapieno</i> .....	30

4.7.8	Sovraccarico sul terrapieno .....	31
4.7.9	Spinta del sovraccarico permanente condizioni statiche.....	33
4.7.10	Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche.....	34
4.7.11	Azione sismica .....	35
4.7.12	Sovraspinta sismica del terrapieno.....	42
4.7.13	Incremento di spinta del terrapieno .....	42
4.7.14	Incremento di spinta indotto dai sovraccarichi accidentale e permanente.....	43
4.7.15	Forze inerziali dovute al sisma .....	43
4.7.16	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali .....	45
4.7.17	Riepilogo risultati.....	46
4.8	SOLLECITAZIONI.....	48
4.8.1	Muro paraghiaia .....	48
4.8.2	Muro frontale.....	49
4.8.3	Muro andatore sinistro .....	50
4.8.4	Plinto di fondazione.....	51
4.9	PALI DI FONDAZIONE.....	52
4.10	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	53
4.10.1	Paraghiaia.....	54
4.10.2	Muro frontale.....	61
4.10.3	Muro andatore sinistro .....	68
4.10.4	Palo di fondazione L= 18 m.....	75
4.10.5	Plinto di fondazione.....	81
4.11	INCIDENZE .....	84



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)  
VI03 – Viadotto Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	4 di 84

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

## 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 VI03 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 B 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

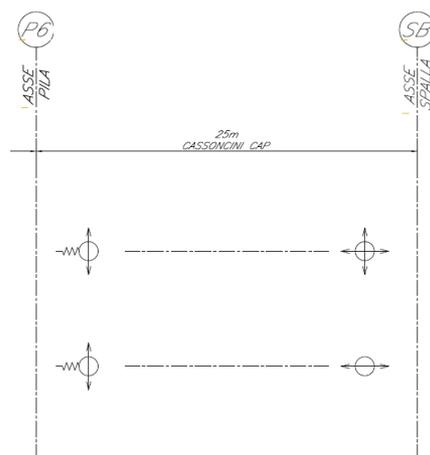
Il viadotto VI03, a singolo binario, si estende dal km 1+665.558 al km 1+969.071 per uno sviluppo complessivo di 303.51 m ed è costituito da 7 campate isostatiche con 2 cassoncini in cap di luce 25m, 2 campate isostatiche con 2 travi in acciaio di luce 40m ed 1 campata isostatica in acciaio con 2 travi di luce 50m.

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

La fondazione della spalla singolo è costituita da un plinto fondato su 6 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 11.50 x 7.00 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**

Le fondazioni del Viadotto – VI03, sono previste su pali in c.a. di grande diametro  $\Phi 1500$  sia per le pile che per le spalle.

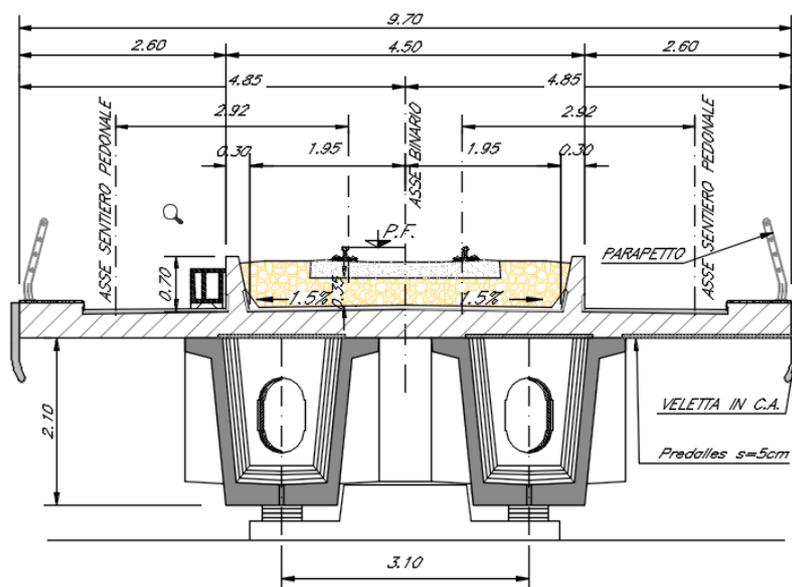


Figura 1-2: sezione trasversale impalcato tipo in cap 25m singolo binario

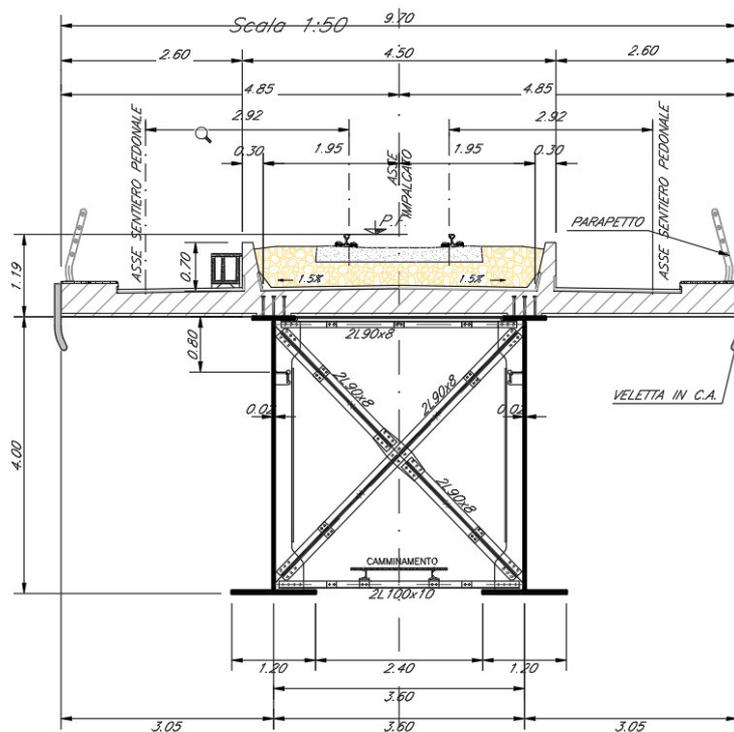


Figura 1-3 - sezione trasversale impalcato tipo in acciaio 50m singolo binario

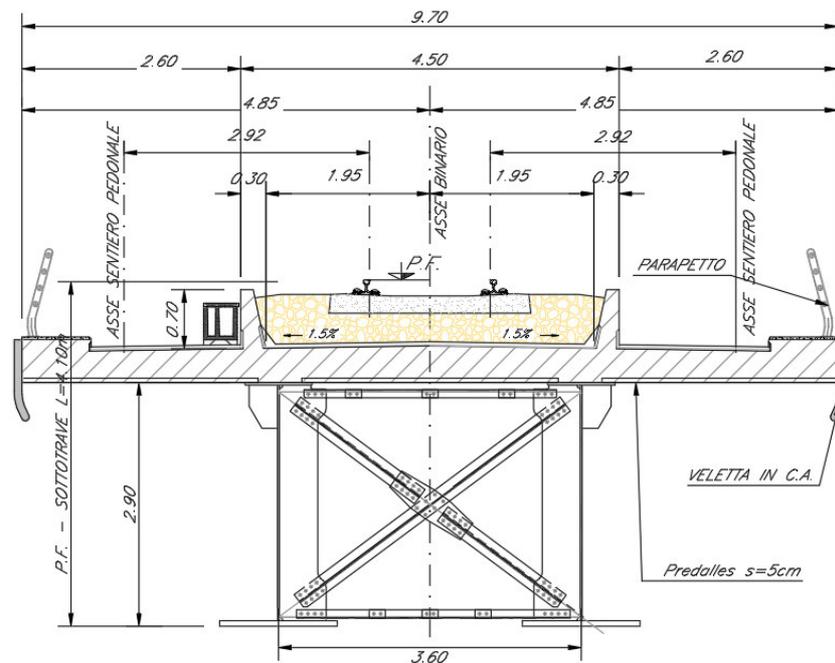


Figura 1-4 - sezione trasversale impalcato tipo in acciaio 40m singolo binario

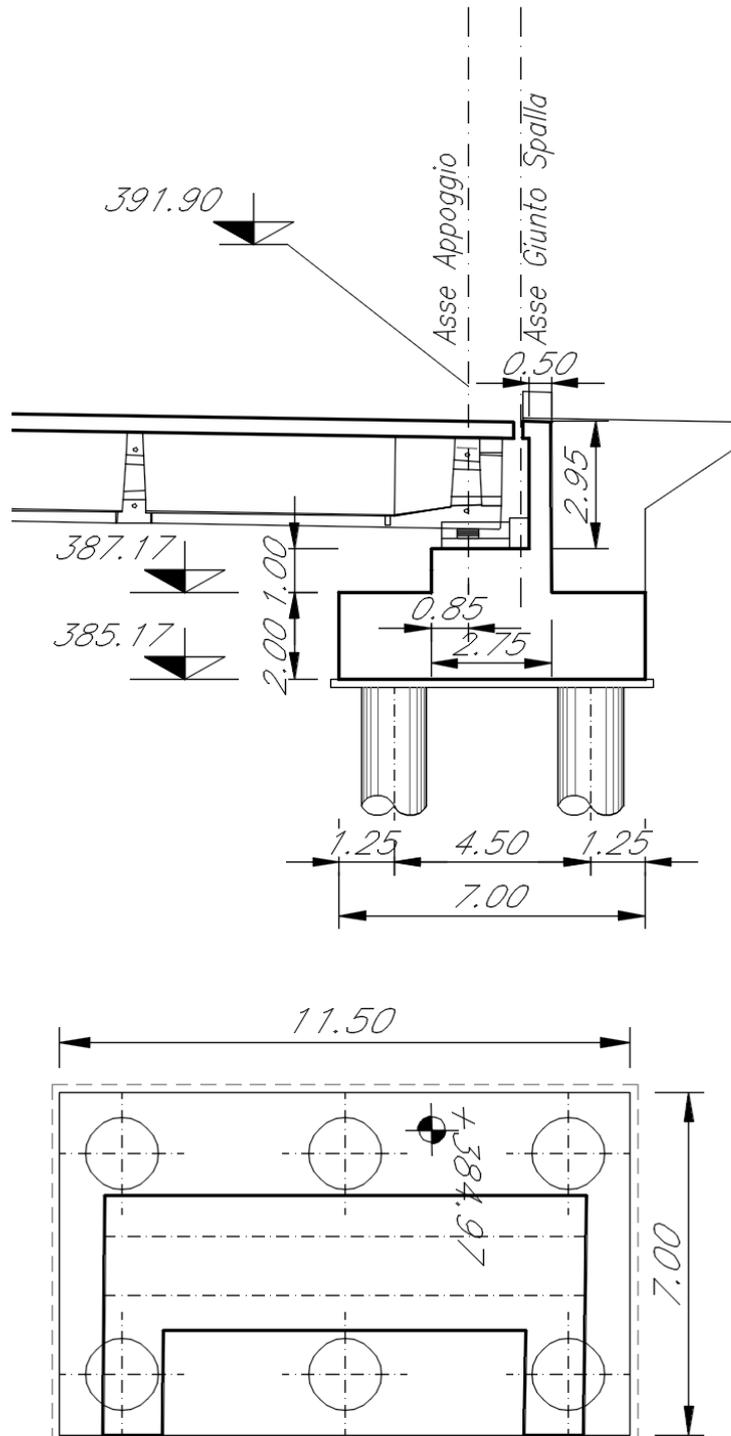


Figura 1-5: elaborati grafici spalla B (fissa)

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0304 001</b>	REV. <b>A</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÷4.0
TRV	Argille limose e argille marnose	>2.0÷4.0
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]	$E_{mr0}$ [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) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

### 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 "Specifiche 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) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

### 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) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

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 B (FISSA)

### 4.1 Generalità

Le spalle presentano una configurazione a paramento di spessore 2.75 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore variabile tra 1.20 e 0.80 m. L'altezza della spalla B (escluso paraghiaia) è pari a 1.00 m.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 0.50 m ed altezza di circa 3.61 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 a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio alle quali vanno combinate le azioni determinate dalle spinte del terreno di riempimento e del sovraccarico in condizioni sia statiche che sismiche e le azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Tutti i muri sono considerati sconnessi fra loro per la valutazione delle sollecitazioni alla base e quindi le azioni provenienti dall'impalcato sono applicate solamente al muro frontale. Tale schema pur risultando cautelativo, non fornisce sovrastime eccessive nel calcolo dei quantitativi di armatura previsti.

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali muro frontale, paraghiaia e muro andatore che vengono tutti modellati come delle mensole incastrate alla base.

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.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

### 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  $Q_{ki}$  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.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)  
VI03 – Viadotto Singolo Binario**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	17 di 84

Elemento	A1+M1+R3 sov centr				A1+M1+R3 sov non centr				A2+M2+R2 sov centr				A2+M2+R2 sov non centr			
	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.
	<b>Peso proprio</b>	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1
<b>Spinte statiche M1 (k0)</b>	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Spinte statiche M1 (ka)</b>	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Spinte statiche M2 (k0)</b>	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
<b>Spinte statiche M2 (ka)</b>	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>D Spinte sismiche Mononobe-Okabe D Spinte sismiche Wood</b>	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Spinte statiche sovraccarico ballast M1</b>	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	0.00	1.3	1	0.00	0.00	1.3	1	0.00
<b>Spinte statiche sovraccarico ballast M2</b>	0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.5	1	0.00	1.00	1.3	1	1.30	1.00	1.3	1	1.30
<b>Spinte sismiche sovraccarico ballast</b>	0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.5	1	0.00	1.00	1.3	1	1.30	1.00	1.3	1	1.30
<b>Inerzie X sovraccarico ballast</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Spinte statiche sovraccarico M1</b>	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	0.00	1.25	1	0.00	0.00	1.25	1	0.00
<b>Spinte statiche sovraccarico M2</b>	0.00	1.45	1	0.00	0.00	1.45	1	0.00	1.00	1.25	1	1.25	1.00	1.25	1	1.25
<b>Spinte sismiche sovraccarico accidentale</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Inerzie X sovraccarico accidentale</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Inerzia X spalla</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Inerzia X terre</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Inerzia Y spalla</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Inerzia Y terre</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Azioni da impalcato:</b>	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
<b>permanenti strutturali</b>	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.3	1	1.30	1.00	1.3	1	1.30
<b>altre azioni permanenti</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>distorsioni e presollecitazioni</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Ritiro</b>	0.00	1.2	1	0.00	0.00	1.2	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>variazioni termiche</b>	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.3	0.6	0.78	1.00	1.3	0.6	0.78
<b>viscosità</b>	0.00	1.2	0.5	0.00	0.00	1.2	0.5	0.00	0.00	1	0.5	0.00	0.00	1	0.5	0.00
<b>carichi mobili</b>	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.25	1	1.25	1.00	1.25	1	1.25
<b>irrenatura</b>	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.25	1	1.25	1.00	1.25	1	1.25
<b>azione centrifuga</b>	0.00	1.45	0.5	0.73	0.00	1.45	0.5	0.73	0.00	1.25	0.5	0.63	0.00	1.25	0.5	0.63
<b>sepeggio</b>	1.00	1.45	0.5	0.73	1.00	1.45	0.5	0.73	1.00	1.25	0.5	0.63	1.00	1.25	0.5	0.63
<b>vento ponte scarico</b>	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.3	0.6	0.78	1.00	1.3	0.6	0.78
<b>vento ponte carico</b>	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.3	0.6	0.78	1.00	1.3	0.6	0.78
<b>sisma (direzione Y) carichi permanenti</b>	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>sisma (direzione Z) carichi permanenti</b>	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>resistenze parassite</b>	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
<b>attrito carichi mobili</b>	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.25	1	1.25	1.00	1.25	1	1.25
<b>azione laterale</b>	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>altre azioni variabili (ecc. servizio)</b>	0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.3	1	0.00	0.00	1.3	1	0.00
<b>Inerzia X perm/acc impalc</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
<b>Inerzia Y perm/acc impalc</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00

**Figura 4-1: coefficienti combinazioni SLU**



Elemento	SLE rara sovr centr				SLE rara sovr non centr				SLE freq sovr centr				SLE freq sovr non centr				SLE qp			
	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.
muro frontale	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
paraghalia frontale	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
muro sinistro	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
bandiera muro sx	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
paraghalia sinistro	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
muro destro	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
bandiera muro dx	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
paraghalia destro	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
platea	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
terr riemp su platea	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta terre su MF	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta terre su MS	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta terre su MD	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta terre su MF	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MS	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MD	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MF	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MS	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MD	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MF	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MS	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MD	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
sovraspinta sismica su MF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
sovraspinta sismica su MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
sovraspinta sismica su MD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MF	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta oriz sovracc su MS	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta oriz sovracc su MD	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
peso sovraccarico su platea	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta oriz sovracc su MF	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta oriz sovracc su MS	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta oriz sovracc su MD	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta sovraccarico su platea	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta oriz sovracc su MF				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
spinta oriz sovracc su MD				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
spinta oriz sovracc su MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MD				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
spinta oriz sovracc su MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MD				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
spinta oriz sovracc su MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro frontale				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghalia frontale				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro sinistro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghalia sinistro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro destro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghalia destro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
platea				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
Ter di riemp sup TPF				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
Ter di riemp sup TPD				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
Ter di riemp sup TPS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro frontale				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghalia frontale				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro sinistro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghalia sinistro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro destro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghalia destro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
platea				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
Ter di riemp sup TPF				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
Ter di riemp sup TPD				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
Ter di riemp sup TPS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
permanenti strutturali	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
permanenti non strutturali	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
altre azioni permanenti	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	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	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
Ritiro	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
variazioni termiche	1.00	1	0.6	0.60	1.00	1	0.6	0.60	1.00	1	0.6	0.60	1.00	1	0.6	0.60	1.00	1	0.6	0.60
viscosità	0.00	1	0.5	0.50	0.00	1	0.5	0.50	0.00	1	0.5	0.50	0.00	1	0.5	0.50	0.00	1	0.5	0.50
carichi mobili	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	0.8	1	0.80	1.00	0.8	1	0.80	1.00	0	1	0.00
frenatura	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	0.8	1	0.80	1.00	0.8	1	0.80	1.00	0	1	0.00
azione centrifuga	1.00	1	0.5	0.50	1.00	1	0.5	0.50	1.00	0.8	0.5	0.40	1.00	0.8	0.5	0.40	0.00	0	0.5	0.50
serpeggio	1.00	1	0.5	0.5																

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

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

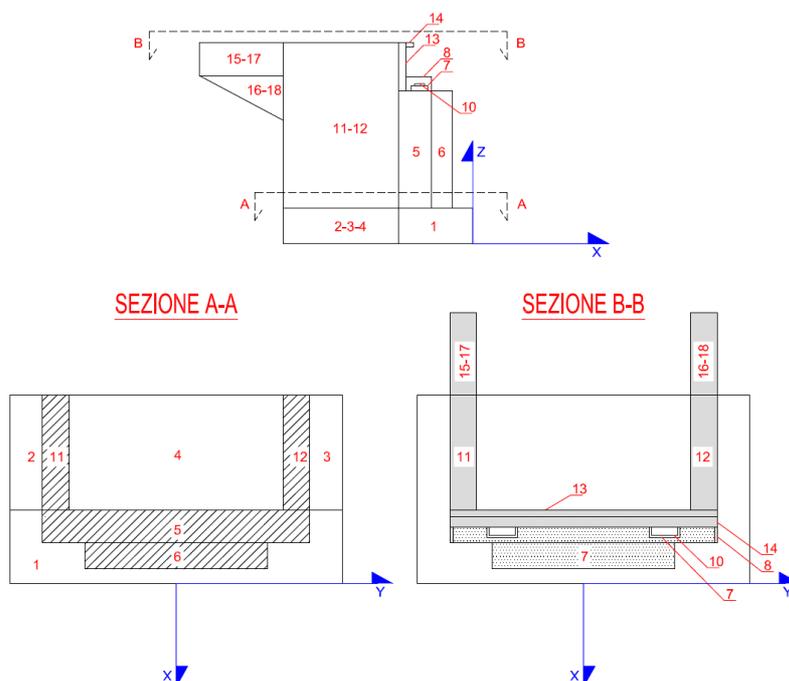


Figura 4-4: Schema qualitativo della geometria della spalla

PESO PROPRIO SPALLA - GEOMETRIA		quantità	LX [m]	LY [m]	LZ [m]	Volume	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso [kN]
1	PORZIONE TRASVERSALE DELLA FONDAZIONE		4.85	11.50	2.00	111.55	25.00	-2788.75
2	PORZIONE LONGITUDINALE DELLA FONDAZIONE (y<0)		2.15	0.90	2.00	3.87	25.00	-96.75
3	PORZIONE LONGITUDINALE DELLA FONDAZIONE (y>0)		2.15	0.90	2.00	3.87	25.00	-96.75
4	COMPLEMENTAMENTO DELLA FONDAZIONE		2.15	9.70	2.00	41.71	25.00	-1042.75
PESO TOTALE FONDAZIONE								-4025.00
5	MURO FRONTALE		2.75	9.70	1.00	26.68	25.00	-666.88
6	RINGROSSO MURO FRONTALE (per appoggi)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
7	BAGGIOLI	2	1.56	0.80	0.25	0.62	25.00	-15.60
8	RITEGNI SISMICI TRASVERSALI	1	1.56	1.64	0.62	1.59	25.00	-39.66
9	RITEGNI SISMICI LONGITUDINALI	1	0.44	4.10	0.70	1.26	25.00	-31.57
10	APPARECCHI DI APPOGGIO	2			0.20			
11	MURO ANDATORE (Y < 0)		2.15	1.20	1.00	2.58	25.00	-64.50
12	MURO ANDATORE (Y > 0)		2.15	1.20	1.00	2.58	25.00	-64.50
13	MURO PARAGHIAIA		0.50	9.70	3.61	17.51	25.00	-437.71
11A	MURO PARAGHIAIA ANDATORE (Y < 0)		2.15	0.80	2.95	5.07	25.00	-126.85
12B	MURO PARAGHIAIA ANDATORE (Y > 0)		2.15	0.80	2.95	5.07	25.00	-126.85
14	MARTELLO		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
15	BANDIERA parte rettangolare (Y>0)		2.20	0.80	0.53	0.93	25.00	-23.32
16	BANDIERA parte triangolare (Y>0)		2.20	0.80	0.73	1.28	25.00	-32.12
17	BANDIERA parte rettangolare (Y<0)		2.20	0.80	0.53	0.93	25.00	-23.32
18	BANDIERA parte triangolare (Y<0)		2.20	0.80	0.73	1.28	25.00	-32.12
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>-5709.99</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>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 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 $\tan\phi'$ per la cond. M1	1
$\gamma\phi'$ M2	coeffic. Parziale di $\tan\phi'$ 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	20 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	4.61 m
$W_{terr}$	peso totale terreno di monte	1571.26 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 $k_0=(1-\sin\phi)$	0.384
$K_0$ M2	coefficiente di spinta in quiete cond M2 $k_0=(1-\sin\phi)$	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)	6.61 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 °
$\gamma$	20 kN/m <sup>3</sup>
$\delta$ exerc M1	0.00 °
$\delta$ sism M1	0.00 °
$\delta$ exerc M2	0.00 °
$\delta$ sism M2	0.00 °
<b>H terreno</b>	3.95 m
$W_{terr}$	1341.39 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>	3.95 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 ]
Permanententi 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.

		Fx	Fy	Fz	x	y	z	Mx	My	Mz
CARICHI DERIVANTI DALL'ANALISI DELL'IMPALCATO		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1	permanenti strutturali	0	0	2025	0.55	0.00	3.45	-	-	-
g2	permanenti non strutturali	0	0	1542	0.55	0.00	3.45	-	-	-
g3	altre azioni permanenti	0	0	0	0.55	0.00	3.45	-	-	-
e1	distorsioni e presollecitazioni	0	0	0	0.55	0.00	3.45	-	-	-
e2	Ritiro	0	0	0	0.55	0.00	3.45	-	-	-
e3	variazioni termiche	0	0	0	0.55	0.00	3.45	-	-	-
e4	viscosità	0	0	0	0.55	0.00	3.45	-	-	-
q1+q2 - carichi mobili	Treno per max lo sforzo normale	0	0	2055.7	0.55	0.00	3.45	205.57	2466.79	0.00
q3	frenatura/avviamento	851	0	0	0.55	0.00	3.45	0.00	3350.97	0.00
q4	azione centrifuga	0	164	0	0.55	0.00	3.45	926.63	0.00	0.00
	serpeggio	0	110	0	0.55	0.00	3.45	433.40	0.00	0.00
q5s	vento ponte scarico	0	190.87	0	0.55	0.00	3.45	1410.56	0.00	0.00
q5	vento ponte carico	0	195.23	0	0.55	0.00	3.45	1466.14	0.00	0.00
q6	sisma (direzione y) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	695	0	0.55	0.00	3.45	1595.47	0.00	0.00
q6	sisma (direzione x) carichi permanenti + 0.2*traffico	1389.64	0	0	0.55	0.00	3.45	0.00	0.00	0.00
q6	sisma (direzione Z) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	0	347	0.55	0.00	3.45	0.00	0.00	0.00
q7	resistenze parassite	116	0	0	0.55	0.00	3.45	0.00	0.00	0.00
q7m	attrito carichi mobili	82	0	0	0.55	0.00	3.45	0.00	0.00	0.00
q8	azione laterale	0	0	0	0.55	0.00	3.45	0.00	0.00	0.00
q9	altre azioni variabili (acc. servizio)	0	0	0	0.55	0.00	3.45	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) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 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.

		carico	scarico	
(NTC 18 §3.3 e EC 1-1-4:2005)				
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>1.45</b>	<b>1.45</b>	[m]
Altezza di riferimento per l'impalcato	<b>z</b>	<b>5.205</b>	<b>5.145</b>	[m]
Coefficiente di topografia	<b>ct</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	[-]
Coefficiente di esposizione	<b>ce (z)</b>	<b>1.95</b>	<b>1.95</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 barriere	<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>	[-]
<b>Pressione cinetica di riferimento</b>				
	<b>qb</b>	<b>0.54</b>	<b>0.54</b>	[kN/m <sup>2</sup> ]
Coefficiente di esposizione	<b>ce</b>	<b>1.95</b>	<b>1.95</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>16.07</b>	<b>15.71</b>	[kN/m]
Pressione statica equivalente	<b>p</b>	<b>2.14</b>	<b>2.13</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>				
		<b>sx</b>	<b>dx</b>	
Forza statica equivalente	<b>f</b>	<b>16.07</b>	<b>16.07</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>195.23</b>	<b>195.23</b>	[kN]
Momento trasversale al piano appoggi	<b>Mx</b>	<b>1466.14</b>	<b>1466.14</b>	[kNm]
<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>				
		<b>sx</b>	<b>dx</b>	
Forza statica equivalente	<b>f</b>	<b>15.71</b>	<b>15.71</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>190.87</b>	<b>190.87</b>	[kN]
Momento trasversale al piano appoggi	<b>Mx</b>	<b>1410.56</b>	<b>1410.56</b>	[kNm]

Figura 4-10: azione del vento

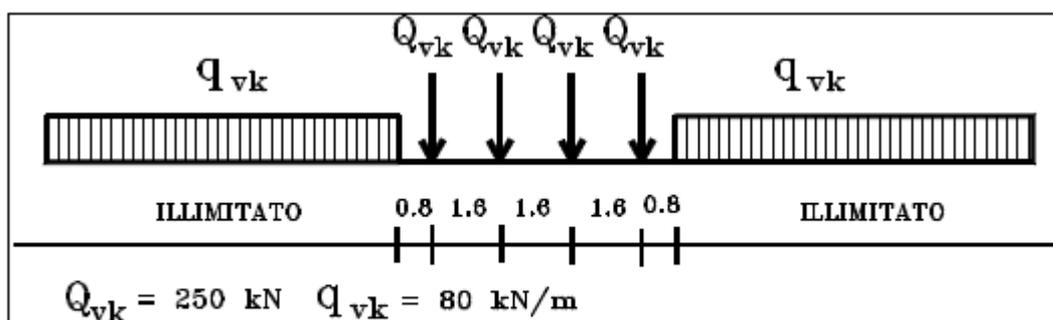
#### 4.7.4 Carichi da traffico verticali

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:

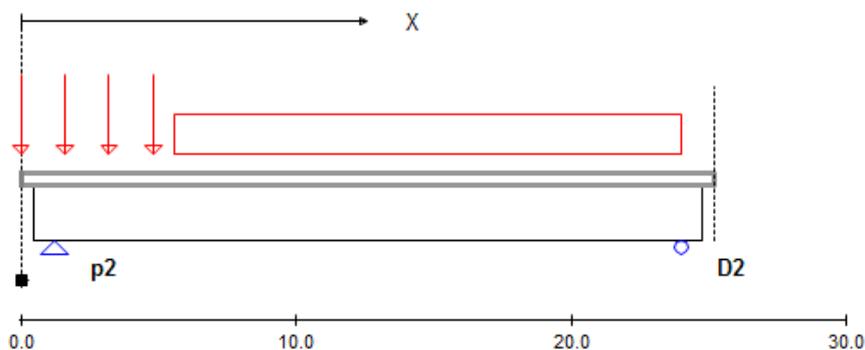
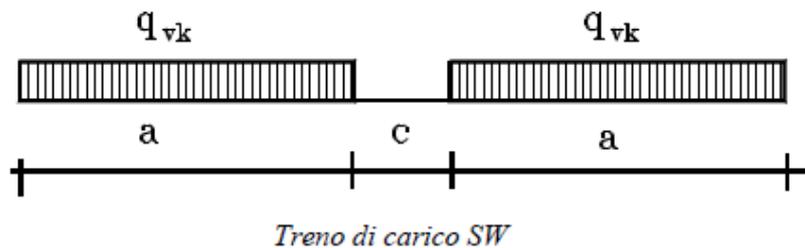


Figura 4-11 - Treno di carico LM 71: massimizzazione carico verticale sulla spalla

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

➤ *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:

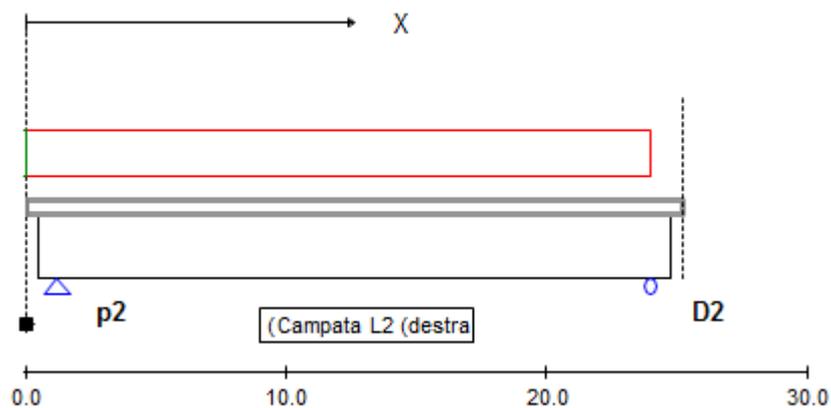


Figura 4-12 - Treno di carico SW2: massimizzazione carico verticale sulla spalla

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

	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) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 4.7.7 Spinta statica del terrapieno

A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno di peso specifico  $\gamma$ , su una parete di altezza  $H$ , risulta:

$$S_0 = 1/2 * \gamma * H^2 * K_0 \quad (\text{spinta per metro lineare di spalla})$$

l'utilizzo di  $K_0$  è determinato dall'impossibilità, da parte della spalla, di subire spostamenti; si assume  $K_0 = 1 - \text{sen } \phi$ .

Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni ( $1/3 H$  rispetto alla base della parete).

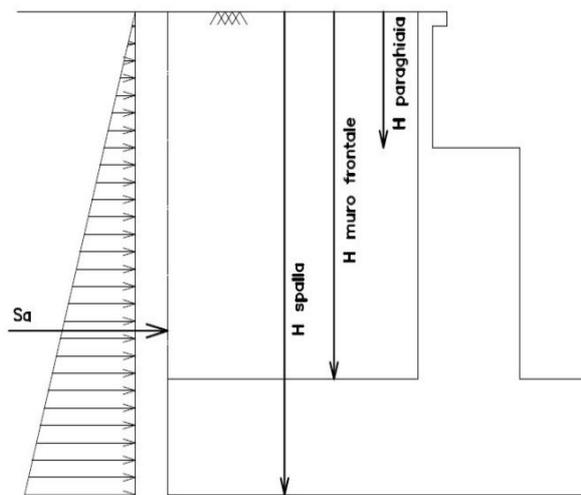


Figura 4-13: schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al terreno di rinterro

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati ferroviari e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 38^\circ \quad c' = 0 \text{ kPa}$$

 <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>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0304 001</b>	REV. <b>A</b>

SPINTE DEL TERRENO IN CONDIZIONE D'ESERCIZIO		cond con $K_0$	cond con $K_a$
MURO FRONTALE (MF)	spinta del terreno soprafalda in condizione M1	1628.88 kN	1008.18 kN
	<b>componente orizzontale</b>	<b>1628.88 kN</b>	<b>1008.18 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta del terreno soprafalda in condizione M2	1991.85 kN	1301.85 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	<b>componente orizzontale</b>	<b>1991.85 kN</b>	<b>1301.85 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta del terreno soprafalda in condizione M1	128.93 kN	79.80 kN
	<b>componente orizzontale</b>	<b>128.93 kN</b>	<b>79.80 kN</b>
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta del terreno soprafalda in condizione M2	157.66 kN	103.04 kN
	<b>componente orizzontale</b>	<b>157.66 kN</b>	<b>103.04 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN

Figura 4-14: calcolo spinte del terreno in condizioni di esercizio

#### 4.7.8 Sovraccarico sul terrapieno

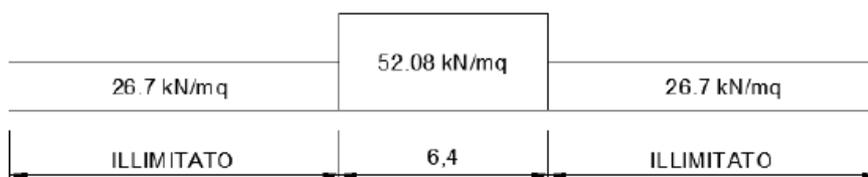
Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

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

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

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:



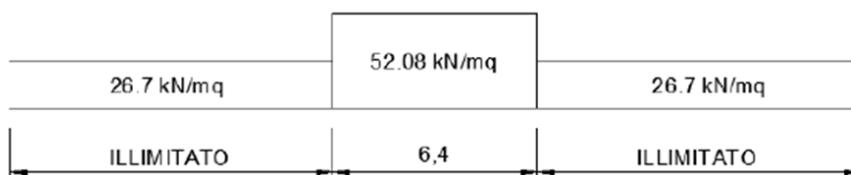
A tali carichi si deve applicare il coefficiente  $\alpha$  relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

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.

#### 4.7.9 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  $H/2$ .

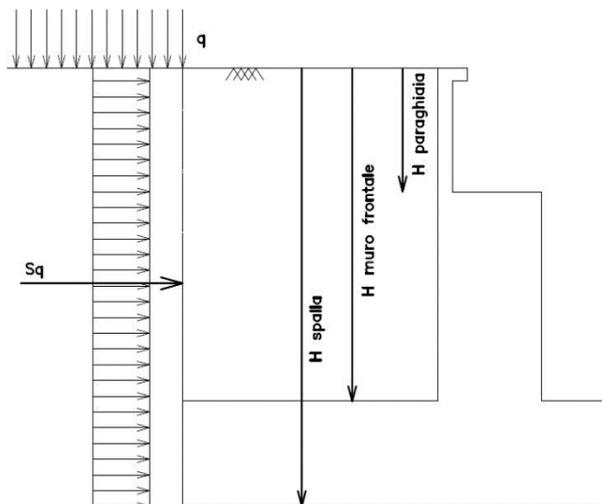


Figura 4-15: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

SPINTE SOVRACCARICHI PERMANENTI BALLAST		cond con $K_0$	cond con $K_a$
MURO FRONTALE (MF)	sovraccarico ballast	15.00 kNm <sub>q</sub>	15.00 kNm <sub>q</sub>
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	220.89 kN	136.72 kN
	componente orizzontale	220.89 kN	136.72 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	270.11 kN	176.54 kN
	componente orizzontale	270.11 kN	176.54 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	48.96 kN	30.30 kN
	componente orizzontale	48.96 kN	30.30 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	59.87 kN	39.13 kN
	componente orizzontale	59.87 kN	39.13 kN
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	48.96 kN	30.30 kN
	componente orizzontale	48.96 kN	30.30 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	59.87 kN	39.13 kN
	componente orizzontale	59.87 kN	39.13 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN

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

#### 4.7.10 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  $H/2$ .

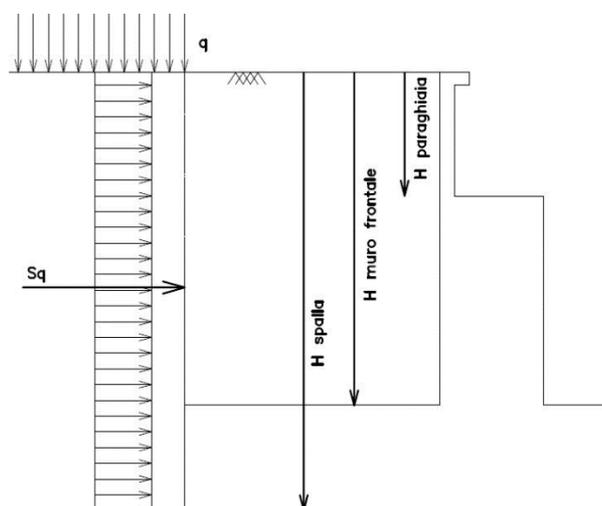


Figura 4-17: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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	780.47 kN	483.07 kN
	componente orizzontale	780.47 kN	483.07 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	954.39 kN	623.78 kN
	componente orizzontale	954.39 kN	623.78 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	172.99 kN	107.07 kN
	componente orizzontale	172.99 kN	107.07 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	211.54 kN	138.26 kN
	componente orizzontale	211.54 kN	138.26 kN
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	172.99 kN	107.07 kN
	componente orizzontale	172.99 kN	107.07 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	211.54 kN	138.26 kN
	componente orizzontale	211.54 kN	138.26 kN
componente verticale	0.00 kN	0.00 kN	

Figura 4-18: 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) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 4.7.11 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: 14.074269

Latitudine: 37.53436

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  $F_v = k_v W$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

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	2.654
$a_g$	accelerazione orizz mass attesa su sito di rif rigido	0.952 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	1.713 m/s <sup>2</sup>
$2 \beta_m$	coeff maggiorativo della $\beta_m$	1.00
$k_h$	coeff sismico orizzontale	0.175
$k_v$	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	10.83 °
$\phi - \theta$		21.17 °
$k_a (\beta \leq \phi - \theta)$	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 $\beta > \phi - \theta$	0.821
$k_{AE}$	coeff. Di spinta attiva (soluzione di Mononobe-Okabe)	<b>0.348</b>
$E_d$	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Frontale MF	481.04 kN
$E_d$ orizz	componente orizzontale	<b>481.04 kN</b>
$E_d$ vert	componente verticale	0.00 kN
$\Delta SH$	sovraspinta sismica orizzontale	45.22 kN
$E_d$	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Sx MS	116.83 kN
$E_d$ orizz	componente orizzontale	<b>116.83 kN</b>
$E_d$ vert	componente verticale	0.00 kN
$\Delta SH$	sovraspinta sismica orizzontale	3.58 kN
$E_d$	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Dx MD	116.83 kN
$E_d$ orizz	componente orizzontale	<b>116.83 kN</b>
$E_d$ vert	componente verticale	0.00 kN
$\Delta SH$	sovraspinta sismica orizzontale	3.58 kN

Figura 4-19: Parametri di spinta del terreno in condizioni sismiche

Calcolo sovraspinta sismica	Wood
	$\Delta E$ , k0, M1/M2
spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Frontale MF	1480.56
componente orizzontale	1480.56
componente verticale	0.00
spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Sx MS	117.19
componente orizzontale	117.19
componente verticale	0.00
spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Dx MD	117.19
componente orizzontale	117.19
componente verticale	0.00

➤ 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: 14.07427  
 LATITUDINE: 37.53436

Ricerca per comune  
 REGIONE: Veneto  
 PROVINCIA: Venezia  
 COMUNE: Venezia

Elaborazioni grafiche  
 Grafici spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

Interpolazione  
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, a "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 Area del grafico SE 3

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

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE

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

Stati limite ultimi - SLU

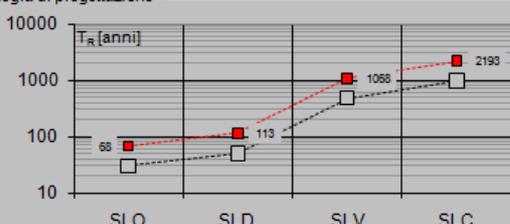
- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametrizzazione

LEGENDA GRAFICO

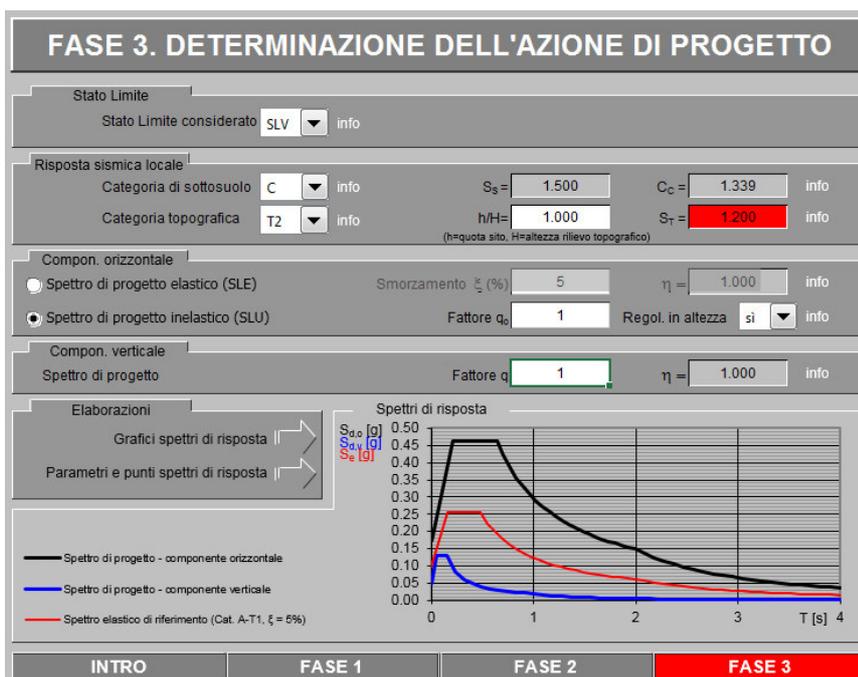
- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Strategia di progettazione

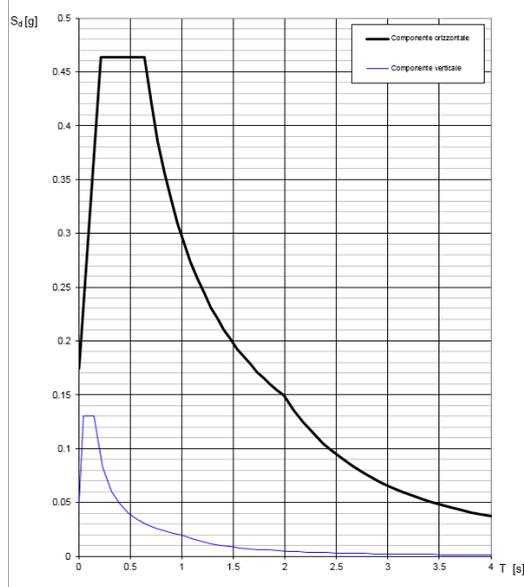


L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*.

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.



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



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

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.097 g
$F_0$	2.654
$T_C$	0.478 s
$S_S$	1.500
$C_C$	1.339
$S_T$	1.200
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.214 s
$T_C$	0.641 s
$T_D$	1.988 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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	0.175
$T_B$	0.214	0.463
$T_C$	0.641	0.463
	0.705	0.421
	0.769	0.386
	0.833	0.356
	0.897	0.331
	0.961	0.309
	1.026	0.289
	1.090	0.272
	1.154	0.257
	1.218	0.244
	1.282	0.232
	1.346	0.221
	1.411	0.210
	1.475	0.201
	1.539	0.193
	1.603	0.185
	1.667	0.178
	1.731	0.171
	1.796	0.165
	1.860	0.160
	1.924	0.154
$T_D$	1.988	0.149
	2.084	0.136
	2.180	0.124
	2.275	0.114
	2.371	0.105
	2.467	0.097
	2.563	0.090
	2.659	0.083
	2.754	0.078
	2.850	0.073
	2.946	0.068
	3.042	0.064
	3.138	0.060
	3.234	0.056
	3.329	0.053
	3.425	0.050
	3.521	0.048
	3.617	0.045
	3.713	0.043
	3.808	0.041
	3.904	0.039
	4.000	0.037

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 4.7.12 Sovrappinta sismica del terrapieno

In assenza di uno studio più dettagliato che prenda in considerazione la rigidità relativa, il tipo di movimento e la massa dell'opera di sostegno, si assume che la forza dovuta alla spinta dinamica del terreno sia valutata con la teoria di Wood ed agisca con un'inclinazione rispetto alla normale al muro uguale a zero:

$$\Delta SH = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

Tale risultante è applicata ad un'altezza pari ad H/2.

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.

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

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

#### 4.7.13 Incremento di spinta del terrapieno

L'incremento dinamico della spinta del terrapieno è stata valutata in accordo alla formulazione data da Wood, generalmente impiegata per muri rigidamente vincolati in cui si associa tale incremento alla spinta litostatica valutata con coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ .

L'incremento di spinta è proporzionale all'altezza del fronte di spinta e del coefficiente sismico orizzontale, mentre non dipende dal tipo di terreno, questo perché è una teoria basata sulla propagazione dell'onda sismica in un mezzo elastico isotropo, quindi lontano dalle condizioni di rottura del terreno. Il valore di tale incremento è :

$$\Delta PE = \gamma_s \cdot H_s^2 \cdot k_h$$

Dove:

$\gamma_s$  peso specifico del terreno adottata

$k_h$  coefficiente sismico orizzontale

$H_s$  altezza complessiva del fronte di spinta.

 <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>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0304 001</b>	REV. <b>A</b>

#### 4.7.14 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)	593.57 kN
	sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MS (Wood)	91.76 kN
	sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MD (Wood)	91.76 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MF	193.07 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MS	193.07 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MD	193.07 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)	167.99 kN
	sovraspinta sismica orizzontale ballast MS (Wood)	25.97 kN
	sovraspinta sismica orizzontale ballast MD (Wood)	25.97 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico ballast MF	54.64 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico ballast MS	54.64 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico ballast MD	54.64 kN

Figura 4-20: calcolo incremento di spinta in condizioni sismiche

#### 4.7.15 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>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0304 001</b>	REV. <b>A</b>

$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro frontale	54.83 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro frontale	27.41 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro parag front	219.63 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro parag front	109.81 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro laterale sx	54.83 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro laterale sx	27.41 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro paragh laterale sx	179.47 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro paragh laterale sx	89.74 kN
$F_{h,mtest} = k_h * W_{mtest}$	forza d'inerzia orizz del muro frontale	131.65 kN
$F_{v,mtest} = k_v * W_{mtest}$	forza d'inerzia vert del muro frontale	65.83 kN
$F_{h,prg} = k_h * W_{prg}$	forza d'inerzia orizz del paraghiaia	76.46 kN
$F_{v,prg} = k_v * W_{prg}$	forza d'inerzia vert del paraghiaia	38.23 kN
$F_{h,Ma} = k_h * W_{Ma}$	forza d'inerzia orizz del muro andatore ( $y < 0$ )	11.27 kN
$F_{v,Ma} = k_v * W_{Ma}$	forza d'inerzia vert del muro andatore ( $y < 0$ )	5.63 kN
$F_{h,Ma} = k_h * W_{Ma}$	forza d'inerzia orizz del muro andatore ( $y > 0$ )	11.27 kN
$F_{v,Ma} = k_v * W_{Ma}$	forza d'inerzia vert del muro andatore ( $y > 0$ )	5.63 kN
$F_{h,Map} = k_h * W_{map}$	forza d'inerzia orizz del muro paraghiaia andatore ( $y < 0$ )	22.16 kN
$F_{v,Map} = k_v * W_{map}$	forza d'inerzia vert del muro paraghiaia andatore ( $y < 0$ )	11.08 kN
$F_{h,Map} = k_h * W_{map}$	forza d'inerzia orizz del muro paraghiaia andatore ( $y > 0$ )	22.16 kN
$F_{v,Map} = k_v * W_{map}$	forza d'inerzia vert del muro paraghiaia andatore ( $y > 0$ )	11.08 kN
$F_{h,fond} = k_h * W_{fond}$	forza d'inerzia orizz della fondazione della spalla	703.05 kN
$F_{v,fond} = k_v * W_{fond}$	forza d'inerzia vert della fondazione della spalla	351.53 kN

**Figura 4-21: 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.

#### 4.7.16 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

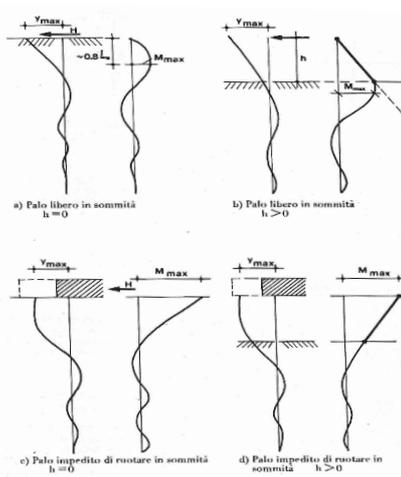
$N, M_l, M_t$  sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata,  $n$  è il numero di pali e  $J_l, J_t$  sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

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

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:

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

#### 4.7.17 Riepilogo risultati

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

Carico	Elemento	Azioni agenti sulla spalla					
		Fy (KN)	-Fx (KN)	Fz (KN)	x (m)	y (m)	z (m)
Peso proprio	muro frontale	0	0	-754	0.02	0.00	2.50
	paraghiaia frontale	0	0	-438	-1.10	0.00	4.81
	muro sinistro	0	0	-65	-2.43	-4.25	2.50
	bandiera muro sx	0	0	-55	0.00	0.00	0.00
	paraghiaia sinistro	0	0	-127	-2.43	-4.45	4.48
	muro destro	0	0	-65	-2.43	4.25	2.50
	bandiera muro dx	0	0	-55	0.00	0.00	0.00
	paraghiaia destro	0	0	-127	-2.43	4.45	4.48
	platea	0	0	-4025	0.00	0.00	1.00
	terr riemp su platea	0	0	-1341	-2.43	0.00	3.98
Spinte statiche M1 (k0)	spinta terre su MF	0	-1629	0	-2.43	0.00	2.20
	spinta terre su MS	129	0	0	-2.43	-3.65	3.32
	spinta terre su MD	-129	0	0	-2.43	3.65	3.32
Spinte statiche M1 (ka)	spinta terre su MF	0	-1008	0	-2.43	0.00	2.20
	spinta terre su MS	80	0	0	-2.43	-3.65	3.32
	spinta terre su MD	-80	0	0	-2.43	3.65	3.32
Spinte statiche M2 (k0)	spinta terre su MF	0	-1992	0	-2.43	0.00	2.20
	spinta terre su MS	158	0	0	-2.43	-3.65	3.32
	spinta terre su MD	-158	0	0	-2.43	3.65	3.32
Spinte statiche M2 (ka)	spinta terre su MF	0	-1302	0	-2.43	0.00	2.20
	spinta terre su MS	103	0	0	-2.43	-3.65	3.32
	spinta terre su MD	-103	0	0	-2.43	3.65	3.32
Δ Spinte sismiche Mononobe-Okabe D Spinte sismiche Wood	sovraspinta sismica su MF	0	-1481	0	-2.43	0.00	3.31
	sovraspinta sismica su MS	117.2	0	0	-2.43	-3.65	3.98
	sovraspinta sismica su MD	-117.2	0	0	-2.43	3.65	3.98
Spinte statiche sovraccarico ballast M1	spinta oriz sovrac su MF	0	-221	0	-2.43	0.00	3.31
	spinta oriz sovrac su MS	49	0	0	-2.43	0.00	4.31
	spinta oriz sovrac su MD	-49	0	0	-2.43	0.00	4.31
	peso sovraccarico su platea	0	0	-313	0.00	0.00	6.61
Spinte statiche sovraccarico ballast M2	spinta oriz sovrac su MF	0	-270	0	-2.43	0.00	3.31
	spinta oriz sovrac su MS	60	0	0	-2.43	0.00	4.31
	spinta oriz sovrac su MD	-60	0	0	-2.43	0.00	4.31
	spinta sovraccarico su platea	0	0	-313	0.00	0.00	6.61
Spinte sismiche sovraccarico ballast Mononobe-Okabe / Wood	spinta oriz sovrac su MF	0	-168	0	-2.43	0.00	3.31
	spinta oriz sovrac su MS	26	0	0	-2.43	0.00	3.98
	spinta oriz sovrac su MD	-26	0	0	-2.43	0.00	3.98
Inerzie X sovraccarico ballast	spinta oriz sovrac su MF	0	-55	0	-2.43	0.00	3.98
	spinta oriz sovrac su MS	55	0	0	-2.43	-3.65	3.98
	spinta oriz sovrac su MD	-55	0	0	-2.43	3.65	3.98
Spinte statiche sovraccarico M1	spinta oriz sovrac su MF	0	-780	0	-2.43	0.00	3.31
	spinta oriz sovrac su MS	173	0	0	-2.43	-3.65	4.31
	spinta oriz sovrac su MD	-173	0	0	-2.43	3.65	4.31
	peso sovraccarico su platea	0	0	-1105	-2.43	0.00	6.61
Spinte statiche sovraccarico M2	spinta oriz sovrac su MF	0	-954	0	-2.43	0.00	3.31
	spinta oriz sovrac su MS	212	0	0	-2.43	-3.65	4.31
	spinta oriz sovrac su MD	-212	0	0	-2.43	3.65	4.31
	spinta sovraccarico su platea	0	0	-1105	-2.43	0.00	6.61
Spinte sismiche sovraccarico accidentale Mononobe-Okabe / Wood	spinta oriz sovrac su MF	0	-594	0	-2.43	0.00	3.31
	spinta oriz sovrac su MS	92	0	0	-2.43	-3.65	4.31
	spinta oriz sovrac su MD	-92	0	0	-2.43	3.65	4.31

Figura 4-22: riepilogo azioni agenti sulla spalla 1/2

Inerzie X sovraccarico accidentale	spinta orizz. sovracc. su MF	0	-193	0	-2.43	0.00	3.98
	spinta orizz. sovracc. su MS	193	0	0	-2.43	-3.65	3.98
	spinta orizz. sovracc. su MD	-193	0	0	-2.43	3.65	3.98
Inerzia X spalla	muro frontale	0	-132	-66	0.02	0.00	2.50
	paraghiaia frontale	0	-76	-38	-1.10	0.00	4.81
	muro sinistro	0	-11	-6	-2.43	0.00	2.50
	paraghiaia sinistro	0	-22	-11	-2.43	0.00	4.48
	muro destro	0	-11	-6	-2.43	0.00	2.50
	paraghiaia destro	0	-22	-11	-2.43	0.00	4.48
	platea	0	-703	-352	0.00	0.00	1.00
Inerzia X terre	Ter di riemp. inf MF	0	-55	-27	-2.43	0.00	2.50
	Ter di riemp. sup TPF	0	-220	-110	-2.43	0.00	4.81
	Ter di riemp. inf MD	0	0	0	-2.43	0.00	2.50
	Ter di riemp. sup TPD	0	0	0	-2.43	0.00	4.48
	Ter di riemp. inf MS	0	0	0	-2.43	0.00	2.50
	Ter di riemp. sup TPS	0	0	0	-2.43	0.00	4.48
Inerzia Y spalla	muro frontale	132	0	-66	0.02	0.00	2.50
	paraghiaia frontale	76	0	-38	-1.10	0.00	4.81
	muro sinistro	11	0	-6	-2.43	0.00	2.50
	paraghiaia sinistro	22	0	-11	-2.43	0.00	4.48
	muro destro	11	0	-6	-2.43	0.00	2.50
	paraghiaia destro	22	0	-11	-2.43	0.00	4.48
	platea	703	0	-352	0.00	0.00	1.00
Inerzia Y terre	Ter di riemp. inf MF	0	0	0	-2.43	0.00	2.50
	Ter di riemp. sup TPF	0	0	0	-2.43	0.00	4.81
	Ter di riemp. inf MD	0	0	0	-2.43	0.00	2.50
	Ter di riemp. sup TPD	0	0	0	-2.43	0.00	4.48
	Ter di riemp. inf MS	55	0	-27	-2.43	0.00	2.50
	Ter di riemp. sup TPS	179	0	-90	-2.43	0.00	4.48
Azioni da impalcato	permanenti strutturali	0.00	0.00	-2024.90	0.55	0.00	3.45
	permanenti non strutturali	0.00	0.00	-1541.84	0.55	0.00	3.45
	altre azioni permanenti	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	distorsioni e presollecitazioni	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	Ritiro	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	variazioni termiche	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	viscosità	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	carichi mobili	0.00	0.00	-2055.66	0.55	0.00	3.45
	frenatura	0.00	-850.50	0.00	0.55	0.00	3.45
	azione centrifuga	164.30	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	serpeggio	110.00	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	vento ponte scarico	190.87	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	vento ponte carico	195.23	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	sisma (direzione y) carichi permanenti	694.82	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	sisma (direzione x) carichi permanenti	0.00	-1389.64	0.00	0.55	0.00	3.45
	sisma (direzione z) carichi permanenti	0.00	0.00	-347.41	0.55	0.00	3.45
	resistenze parassite	0.00	-116.17	0.00	0.55	0.00	3.45
	attrito carichi mobili	0.00	-82.23	0.00	0.55	0.00	3.45
	azione laterale	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
	altre azioni variabili (acc. servizio)	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	3.45
Inerzia X permanente/accidentale impalcato	Inerzia X permanente impalcato	0.00	-707.39	-176.85	0.55	0.00	3.45
	Inerzia X sovraccarico accidentale da impalcato	0.00	-718.13	-179.53	0.55	0.00	3.45
Inerzia Y permanente/accidentale impalcato	Inerzia Y permanente impalcato	353.69	0.00	-176.85	0.55	0.00	3.45
	Inerzia Y sovraccarico accidentale da impalcato	359.06	0.00	-179.53	0.55	0.00	3.45

Figura 4-23: riepilogo azioni agenti sulla spalla 2/2.

 <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>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

## 4.8 Sollecitazioni

### 4.8.1 Muro paraghiaia

In condizioni statiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta del rilevato, dalla spinta dei sovraccarichi accidentali, dai sovraccarichi mobili agenti sulla mensola del muro e dall'azione di frenatura. In condizioni sismiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta sismica del rilevato, dalle masse del muro. Il modello di calcolo utilizzato è quello di mensola incastrata al muro frontale.

<b>SOLLECITAZIONI SPICCATO MURO PARAGHIAIA STRISCIA UNITARIA</b>					
<b>Combinazioni</b>	<b>Ty</b> [kN]	<b>Tx</b> [kN]	<b>N</b> [kN]	<b>Mx</b> [kNm]	<b>My</b> [kNm]
1_A1+M1+R3	0	237	-74	0	448
2_A1+M1+R3	0	237	-74	0	448
1_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
2_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	3	201	-39	-5	347
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	3	201	-51	-5	323
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	9	107	-39	-17	177
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	9	107	-51	-17	153
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	3	107	-65	-5	124
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	3	107	-25	-5	205
1_SLE rara	0	166	-54	0	312
2_SLE rara	0	166	-54	0	312
1_SLE frequente	0	162	-52	0	296
2_SLE frequente	0	162	-52	0	296
SLE quasi permanente	0	144	-45	0	231

Figura 4-24: Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 4.8.2 Muro frontale

Le sollecitazioni riportate nella seguente tabella sono state ottenute dal modello di calcolo descritto nei paragrafi precedenti.

Per la verifica del muro frontale, a quota spiccato, tali azioni possono essere considerate uniformemente distribuite in quanto l'altezza del muro frontale è tale che nell' ipotesi di ripartizione a 45°, tali scarichi si ripartiscono uniformemente alla base del muro

Ai carichi prima riportati, si aggiungono il peso proprio del muro frontale, del muro paraghiaia e la spinta del terreno e del sovraccarico sul rilevato a tergo.

Si ottengono quindi le seguenti sollecitazioni, con riferimento alle combinazioni maggiormente significative.

<b>SOLLECITAZIONI SPICCATO MURO FRONTALE STRISCIA UNITARIA</b>					
<b>Combinazioni</b>	<b>Ty [kN]</b>	<b>Tx [kN]</b>	<b>N [kN]</b>	<b>Mx [kNm]</b>	<b>My [kNm]</b>
1_A1+M1+R3	39	442	-993	-324	2036
2_A1+M1+R3	39	442	-993	-324	2036
1_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
2_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	50	585	-469	-99	1184
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	50	585	-534	-77	1170
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	167	246	-469	-244	584
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	167	246	-534	-244	569
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	50	246	-572	-74	589
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	50	246	-515	-74	578
1_SLE rara	26	310	-702	-220	1413
2_SLE rara	26	310	-702	-220	1413
1_SLE frequente	11	293	-660	-89	1246
2_SLE frequente	11	293	-660	-89	1246
SLE quasi permanente	0	223	-491	0	575

Figura 4-25: Sollecitazioni alla base del muro frontale

Le sollecitazioni in direzione trasversale risultano trascurabili rispetto a quelle in direzione longitudinale, tenuto anche conto della geometria della sezione del muro frontale.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 4.8.3 Muro andatore sinistro

Si riportano le sollecitazioni agenti alla base del muro andatore sinistro:

<b>SOLLECITAZIONI SPICCATO MURO ANDATORE STRISCIA UNITARIA</b>					
<b>Combinazioni</b>	<b>Ty [kN]</b>	<b>Tx [kN]</b>	<b>N [kN]</b>	<b>Mx [kNm]</b>	<b>My [kNm]</b>
1_A1+M1+R3	232	0	-120	-389	0
2_A1+M1+R3	151	0	-120	-282	0
1_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
2_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	144	16	-68	-316	28
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	144	16	-110	-172	28
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	321	5	-68	-659	8
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	321	5	-110	-515	8
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	84	5	-110	-93	8
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	84	5	-110	-93	8
1_SLE rara	163	0	-89	-271	0
2_SLE rara	163	0	-89	-271	0
1_SLE frequente	163	0	-89	-271	0
2_SLE frequente	163	0	-89	-271	0
SLE quasi permanente	163	0	-89	-271	0

Figura 4-26 - Sollecitazioni alla base del muro andatore sinistro

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 4.8.4 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.

<b>REAZIONI INTRADOSSO BARICENTRO PLATEA DI FONDAZIONE SPALLA</b>					
<b>Combinazioni</b>	<b>Ty</b> [kN]	<b>Tx</b> [kN]	<b>N</b> [kN]	<b>Mx</b> [kNm]	<b>My</b> [kNm]
1_A1+M1+R3	375	5171	-19618	-3896	17583
2_A1+M1+R3	375	5171	-18016	-3896	21469
1_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
2_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	852	8067	-10299	-2776	21418
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	852	8067	-11466	-2556	21137
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	2885	3691	-10299	-8584	7558
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	2885	3691	-11466	-8584	7278
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	852	3691	-13071	-2530	6504
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	852	3691	-10053	-2530	8105
1_SLE rara	254	3679	-14092	-2643	12103
2_SLE rara	254	3679	-12987	-2643	14784
1_SLE frequente	110	3509	-13681	-1087	10127
2_SLE frequente	110	3509	-12575	-1087	12807
SLE quasi permanente	0	2829	-12036	0	2221

Figura 4-27: 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 =

$$N_{i,j} = N/n^2 \text{pali} - M \text{ long} / \sum x^2 \cdot x_i - M \text{ trasv} / \sum y^2 \cdot y_i$$

Sforzo di Taglio orizzontale su singolo palo =

$$H_{i,j} = (V \text{ long}^2 + V \text{ trasv}^2)^{0.5} / n^2 \text{pali}$$

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

Combinazioni	N	MI	Mt	VI	Vt	n	V	M
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]	[kN]	[kNm]
1_A1+M1+R3	19618	17583	-3896	5171	375	6	864	2031
2_A1+M1+R3	18016	21469	-3896	5171	375	6	864	2031
1_A2+M2+R2	15439	16823	-3367	4818	324	6	805	1891
2_A2+M2+R2	14057	20173	-3367	4818	324	6	805	1891
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	10299	21418	-2776	8067	852	6	1352	3177
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	11466	21137	-2556	8067	852	6	1352	3177
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	10299	7558	-8584	3691	2885	6	781	1835
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	11466	7278	-8584	3691	2885	6	781	1835
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	13071	6504	-2530	3691	852	6	631	1484
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	10053	8105	-2530	3691	852	6	631	1484
1_SLE rara	14092	12103	-2643	3679	254	6	615	1444
2_SLE rara	12987	14784	-2643	3679	254	6	615	1444
1_SLE frequente	13681	10127	-1087	3509	110	6	585	1375
2_SLE frequente	12575	12807	-1087	3509	110	6	585	1375
SLE quasi permanente	12036	2221	0	2829	0	6	471	1108

1	2	3	4	5	6
palo1	palo2	palo3	palo4	palo5	palo6
Q	Q	Q	Q	Q	Q
[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
4789	4572	4356	2184	1967	1751
4809	4593	4376	1629	1412	1196
4006	3819	3632	1514	1327	1140
4024	3837	3650	1036	849	661
3457	3303	3149	284	130	-24
3619	3477	3335	487	345	203
2753	2276	1799	1633	1157	680
2927	2450	1973	1849	1372	895
2801	2660	2520	1837	1697	1556
2417	2276	2135	1216	1075	935
3392	3245	3098	1599	1452	1305
3406	3260	3113	1216	1069	923
3091	3030	2970	1590	1530	1470
3105	3045	2984	1208	1147	1087
2171	2171	2171	1842	1842	1842

Figura 4-28: sollecitazioni agenti sui pali di fondazione

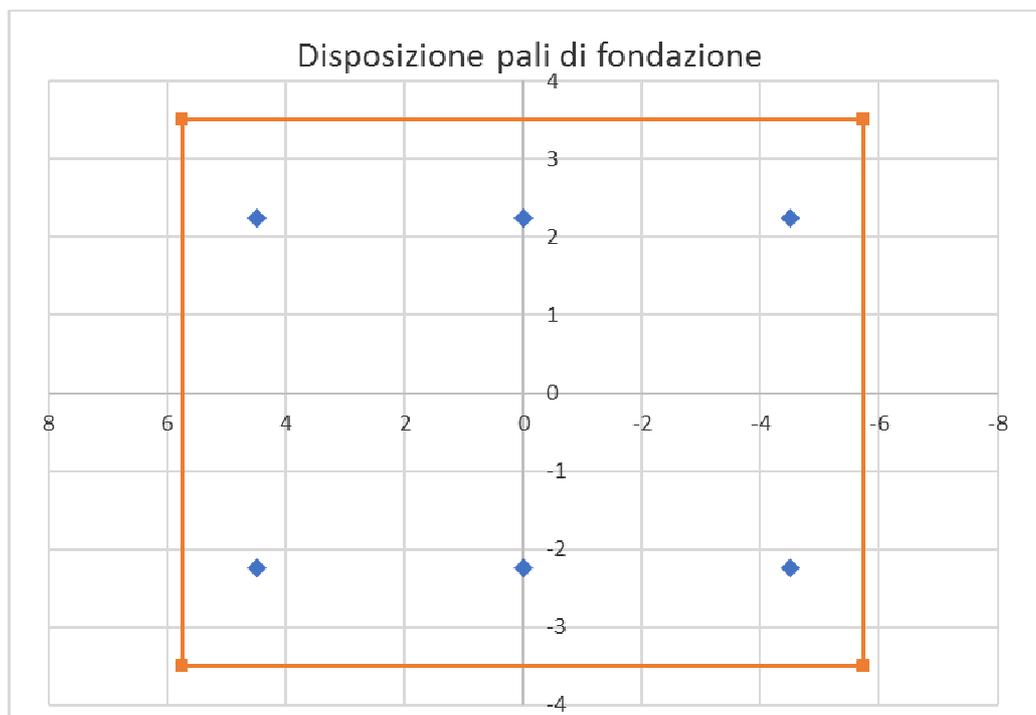


Figura 4-29 - disposizione dei pali di fondazione

#### 4.10 Verifiche degli elementi strutturali

Per gli elementi strutturali della spalla quali, muro frontale, muro paraghiaia, plinto di fondazione e pali di fondazione, 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	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 4.10.1 Paraghiaia

Viene verificata la sezione di incastro con lo spiccato del muro frontale. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro paraghiaia viene considerato come una mensola incastrata allo spiccato del muro frontale, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto.

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 0.5 x 9.70 m

Armatura verticale

$A_s = \phi 24/10$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 24/20$  (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 12/20$

$A'_s = \phi 12/20$

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

NOME SEZIONE: MPG\_25m\_VI03\_SPB

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	55 di 84

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	-25.0
2	-50.0	25.0
3	50.0	25.0
4	50.0	-25.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-44.0	-18.6	24
2	44.0	-18.6	24
3	-44.0	18.6	24
4	44.0	18.6	24

**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	2	8	24
2	3	4	3	24

**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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	56 di 84

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	74.00	448.00	0.00	0.00	0.00
2	74.00	448.00	0.00	0.00	0.00
3	56.00	438.00	0.00	0.00	0.00
4	56.00	438.00	0.00	0.00	0.00
5	39.00	347.00	-5.00	0.00	0.00
6	51.00	323.00	-5.00	0.00	0.00
7	39.00	177.00	-17.00	0.00	0.00
8	51.00	153.00	-17.00	0.00	0.00
9	65.00	124.00	-5.00	0.00	0.00
10	25.00	205.00	-5.00	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	52.00	296.00	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	51.00	283.00 (124.71)	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	45.00	231.00 (124.87)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4 cm

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	57 di 84

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 Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	74.00	448.00	0.00	73.90	708.53	0.00	1.58	45.2(6.5)
2	S	74.00	448.00	0.00	73.90	708.53	0.00	1.58	45.2(6.5)
3	S	56.00	438.00	0.00	56.27	705.36	0.00	1.61	45.2(6.5)
4	S	56.00	438.00	0.00	56.27	705.36	0.00	1.61	45.2(6.5)
5	S	39.00	347.00	-5.00	38.85	703.43	-8.05	2.03	45.2(6.5)
6	S	51.00	323.00	-5.00	50.91	705.05	-13.09	2.18	45.2(6.5)
7	S	39.00	177.00	-17.00	39.05	701.45	-66.76	3.95	45.2(6.5)
8	S	51.00	153.00	-17.00	50.94	703.24	-80.34	4.58	45.2(6.5)
9	S	65.00	124.00	-5.00	65.08	707.01	-26.20	5.67	45.2(6.5)
10	S	25.00	205.00	-5.00	25.08	699.65	-19.66	3.41	45.2(6.5)

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

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.208	50.0	25.0	0.00103	44.0	18.6	-0.01335	-44.0	-18.6
2	0.00350	0.208	50.0	25.0	0.00103	44.0	18.6	-0.01335	-44.0	-18.6
3	0.00350	0.206	50.0	25.0	0.00101	44.0	18.6	-0.01347	-44.0	-18.6
4	0.00350	0.206	50.0	25.0	0.00101	44.0	18.6	-0.01347	-44.0	-18.6
5	0.00350	0.206	-50.0	25.0	0.00102	-44.0	18.6	-0.01348	44.0	-18.6
6	0.00350	0.208	-50.0	25.0	0.00104	-44.0	18.6	-0.01330	44.0	-18.6
7	0.00350	0.227	-50.0	25.0	0.00129	-44.0	18.6	-0.01194	44.0	-18.6
8	0.00350	0.232	-50.0	25.0	0.00136	-44.0	18.6	-0.01156	44.0	-18.6
9	0.00350	0.215	-50.0	25.0	0.00113	-44.0	18.6	-0.01278	44.0	-18.6
10	0.00350	0.209	-50.0	25.0	0.00105	-44.0	18.6	-0.01328	44.0	-18.6

**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	0.000386463	-0.006161577	0.208	0.700

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	58 di 84

2	0.000000000	0.000386463	-0.006161577	0.208	0.700
3	0.000000000	0.000389222	-0.006230539	0.206	0.700
4	0.000000000	0.000389222	-0.006230539	0.206	0.700
5	-0.000001056	0.000387064	-0.006229389	0.206	0.700
6	-0.000001215	0.000382730	-0.006128992	0.208	0.700
7	-0.000007384	0.000338105	-0.005321807	0.227	0.723
8	-0.000008727	0.000326641	-0.005102390	0.232	0.730
9	-0.000002975	0.000366898	-0.005821191	0.215	0.709
10	-0.000001794	0.000380923	-0.006112794	0.209	0.701

**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	7.46	-50.0	25.0	-167.9	-44.0	-18.6	1100	45.2

**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	7.14	50.0	25.0	-160.4	34.2	-18.6	1100	45.2

**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 $f_{ctm}$
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
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 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	-0.00100	0	0.500	24.0	52	0.00061 (0.00048)	276	0.168 (0.20)	124.71	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	5.83	50.0	25.0	-130.6	-4.9	-18.6	1100	45.2

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 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	-0.00081	0	0.500	24.0	52	0.00052 (0.00039)	276	0.145 (0.20)	124.87	0.00

#### 4.10.1.1 Verifica a taglio muro paraghiaia

La verifica a taglio è soddisfatta come elemento non armato a taglio. Si prevede comunque un minimo di armatura a taglio costituita da spilli  $9\varnothing 10/m^2$

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	60 di 84

**Caratteristiche materiali**

Cl <sub>s</sub> R <sub>ck</sub>	<input type="text" value="40"/>	
Cl <sub>s</sub>	<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
γ <sub>c</sub>	<input type="text" value="1.5"/>	coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
γ <sub>s</sub>	<input type="text" value="1.15"/>	coefficiente parziale relativo all'acciaio

**Geometrie sezione**

b <sub>w</sub>	<input type="text" value="1000"/>	mm	larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	<input type="text" value="436"/>	mm	altezza utile della sezione
A <sub>c</sub>	<input type="text" value="436000"/>	mm <sup>2</sup>	area della sezione di calcestruzzo

**Caratteristiche armature**

n <sub>bl</sub>	<input type="text" value="10"/>		numero di barre longitudinali
∅ <sub>bl</sub>	<input type="text" value="24"/>	mm	diametro delle barre longitudinali
n <sub>bw</sub>	<input type="text" value="4.00"/>		numero di bracci delle staffe
∅ <sub>st</sub>	<input type="text" value="12"/>	mm	diametro delle staffe
s <sub>st</sub>	<input type="text" value="200"/>	mm	passo delle staffe
α	<input type="text" value="90"/>	°	inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

**Caratteristiche sollecitazioni**

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	KN	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="237"/>	KN	taglio di calcolo
N <sub>Rd</sub>	8202.6	KN	sforzo normale di compressione massimo

**Dati traliccio resistente**

θ	<input type="text" value="22"/>	°	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>	<input type="text" value="285.5"/>	KN	taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
V <sub>Rd</sub>	<input type="text" value="859.6"/>	KN	taglio resistente per elemento con armatura trasversale
V <sub>Rd</sub>	<input type="text" value="285.5"/>	KN	> V <sub>Ed</sub> <input type="text" value="237"/> KN

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

 <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>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0304 001</b>	REV. <b>A</b>

#### 4.10.2 Muro frontale

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro frontale viene considerato come una mensola incastrata nella platea di fondazione, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto.

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 2.75 x 9.70 m

Armatura verticale

$A_s = \phi 24/10$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 24/10$  (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 18/20 + \phi 16/20$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 18/20$  (lato esterno)

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: MF\_25m\_VI03\_SPB

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	62 di 84

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	-137.5
2	-50.0	137.5
3	50.0	137.5
4	50.0	-137.5

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.2	128.3	24
2	-41.2	-128.3	24
3	41.2	128.3	24
4	41.2	-128.3	24

**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	24
2	2	4	8	24

**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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	63 di 84

1	993.00	2036.00	-324.00	0.00	0.00
2	993.00	2036.00	-324.00	0.00	0.00
3	803.00	1829.00	-280.00	0.00	0.00
4	803.00	1829.00	-280.00	0.00	0.00
5	469.00	1184.00	-99.00	0.00	0.00
6	534.00	1170.00	-77.00	0.00	0.00
7	469.00	584.00	-244.00	0.00	0.00
8	534.00	569.00	-244.00	0.00	0.00
9	572.00	589.00	-74.00	0.00	0.00
10	515.00	578.00	-74.00	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	660.00	1246.00	-270.00

**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	626.00	1112.00 (2816.35)	-130.00 (-329.25)

**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	491.00	575.00 (5210.32)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	64 di 84

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	993.00	2036.00	-324.00	993.00	5718.64	-915.48	2.81	90.5(82.5)
2	S	993.00	2036.00	-324.00	993.00	5718.64	-915.48	2.81	90.5(82.5)
3	S	803.00	1829.00	-280.00	803.13	5522.42	-822.33	3.02	90.5(82.5)
4	S	803.00	1829.00	-280.00	803.13	5522.42	-822.33	3.02	90.5(82.5)
5	S	469.00	1184.00	-99.00	468.76	5196.83	-418.41	4.39	90.5(82.5)
6	S	534.00	1170.00	-77.00	533.99	5289.00	-339.28	4.52	90.5(82.5)
7	S	469.00	584.00	-244.00	469.11	3834.45	-1607.40	6.57	90.5(82.5)
8	S	534.00	569.00	-244.00	534.04	3809.73	-1642.97	6.70	90.5(82.5)
9	S	572.00	589.00	-74.00	572.04	5283.61	-659.92	8.97	90.5(82.5)
10	S	515.00	578.00	-74.00	514.96	5211.04	-661.75	9.01	90.5(82.5)

**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	137.5	0.00242	-41.2	128.3	-0.02029	41.2	-128.3
2	0.00350	-50.0	137.5	0.00242	-41.2	128.3	-0.02029	41.2	-128.3
3	0.00350	-50.0	137.5	0.00233	-41.2	128.3	-0.02320	41.2	-128.3
4	0.00350	-50.0	137.5	0.00233	-41.2	128.3	-0.02320	41.2	-128.3
5	0.00350	-50.0	137.5	0.00173	-41.2	128.3	-0.04319	41.2	-128.3
6	0.00350	-50.0	137.5	0.00160	-41.2	128.3	-0.04761	41.2	-128.3
7	0.00350	-50.0	137.5	0.00221	-41.2	128.3	-0.01319	41.2	-128.3
8	0.00350	-50.0	137.5	0.00220	-41.2	128.3	-0.01318	41.2	-128.3
9	0.00350	-50.0	137.5	0.00213	-41.2	128.3	-0.02992	41.2	-128.3
10	0.00350	-50.0	137.5	0.00212	-41.2	128.3	-0.03011	41.2	-128.3

**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	-0.000045389	0.000073947	-0.008937154	----	----
2	-0.000045389	0.000073947	-0.008937154	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	65 di 84

3	-0.000043086	0.000085652	-0.010431415	----	----
4	-0.000043086	0.000085652	-0.010431415	----	----
5	-0.000027176	0.000166326	-0.020728679	----	----
6	-0.000023093	0.000184346	-0.023002262	----	----
7	-0.000125969	0.000019556	-0.005487425	----	----
8	-0.000128400	0.000018707	-0.005492172	----	----
9	-0.000037568	0.000112860	-0.013896662	----	----
10	-0.000038042	0.000113396	-0.013994062	----	----

**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	3.38	-50.0	137.5	-81.8	41.2	-128.3	1160	22.6

**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	2.25	-50.0	137.5	-52.4	41.2	-128.3	1756	31.7

**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 $f_{ctm}$												
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												
kt	= 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	Coprifero [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	-0.00028	0	0.500	24.0	76	0.00016 (0.00016)	485	0.076 (0.20)	2816.35	-329.25

**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	0.73	-50.0	137.5	-10.5	32.0	-128.3	2300	45.2

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)  
VI03 – Viadotto Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	66 di 84

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00006	0	0.500	24.0	80	0.00003 (0.00003)	479	0.015 (0.20)	5210.32	0.00

#### 4.10.2.1 Verifica a taglio muro frontale

L'armatura minima posta in opera non rispetta i minimi previsti dalla norma per gli elementi "trave" di media duttilità

Per la verifica a taglio della sezione si considera l'area di ferro necessaria, come indicata dal codice di calcolo, e si assegna una armatura equivalente; in particolare si utilizzeranno:

Spille  $5\phi 12/20$  per metro di sezione.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	67 di 84

**Caratteristiche materiali**

Cl <sub>s</sub> R <sub>ck</sub>	<input type="text" value="40"/>	
Cl <sub>s</sub>	<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
γ <sub>c</sub>	<input type="text" value="1.5"/>	coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
γ <sub>s</sub>	<input type="text" value="1.15"/>	coefficiente parziale relativo all'acciaio

**Geometrie sezione**

b <sub>w</sub>	<input type="text" value="1000"/>	mm	larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	<input type="text" value="2658"/>	mm	altezza utile della sezione
A <sub>c</sub>	<input type="text" value="2658000"/>	mm <sup>2</sup>	area della sezione di calcestruzzo

**Caratteristiche armature**

n <sub>bl</sub>	<input type="text" value="10"/>		numero di barre longitudinali
Ø <sub>bl</sub>	<input type="text" value="24"/>	mm	diametro delle barre longitudinali
n <sub>bw</sub>	<input type="text" value="4.00"/>		numero di bracci delle staffe
Ø <sub>st</sub>	<input type="text" value="12"/>	mm	diametro delle staffe
s <sub>st</sub>	<input type="text" value="200"/>	mm	passo delle staffe
α	<input type="text" value="90"/>	°	inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

**Caratteristiche sollecitazioni**

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	KN	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="585"/>	KN	taglio di calcolo
N <sub>Rd</sub>	50005.8	KN	sforzo normale di compressione massimo

**Dati traliccio resistente**

θ	<input type="text" value="22"/>	°	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>	<input type="text" value="771.1"/>	KN	taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
V <sub>Rd</sub>	<input type="text" value="5240.6"/>	KN	taglio resistente per elemento con armatura trasversale
V <sub>Rd</sub>	<input type="text" value="771.1"/>	KN	> V <sub>Ed</sub> <input type="text" value="585"/> KN

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

 <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>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3U</b>	LOTTO <b>40 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0304 001</b>	REV. <b>A</b>

#### 4.10.3 Muro andatore sinistro

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione. Nella determinazione dei momenti flettenti di verifica il muro frontale viene considerato come una mensola incastrata nella platea di fondazione, trascurando a favore di sicurezza gli effetti dovuti alla eventuale presenza dei muri di risvolto.

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 1.20 x 2.15 m

Armatura verticale

$A_s = \phi 24/10$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 24/20$  (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 18/20 + \phi 16/20$  (lato controterra)

$A'_s = \phi 18/20$  (lato esterno)

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: Msx\_25m\_VI03\_SPB

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:

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	69 di 84

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	50.8	24
2	-41.2	-50.8	24
3	41.2	50.8	24
4	41.2	-50.8	24

**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	24
2	2	4	3	24

**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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	70 di 84

1	120.00	-389.00	0.00	0.00	0.00
2	120.00	-282.00	0.00	0.00	0.00
3	89.00	-399.00	0.00	0.00	0.00
4	89.00	-399.00	0.00	0.00	0.00
5	68.00	-316.00	28.00	0.00	0.00
6	110.00	-172.00	28.00	0.00	0.00
7	68.00	-659.00	8.00	0.00	0.00
8	110.00	-515.00	8.00	0.00	0.00
9	110.00	-93.00	8.00	0.00	0.00
10	110.00	-93.00	8.00	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	89.00	-271.00	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	89.00	-271.00 (-659.73)	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	89.00	-271.00 (-659.73)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	71 di 84

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	120.00	-389.00	0.00	119.78	-1936.78	0.00	4.96	67.9(36.0)
2	S	120.00	-282.00	0.00	119.78	-1936.78	0.00	6.82	67.9(36.0)
3	S	89.00	-399.00	0.00	89.27	-1921.26	0.00	4.80	67.9(36.0)
4	S	89.00	-399.00	0.00	89.27	-1921.26	0.00	4.80	67.9(36.0)
5	S	68.00	-316.00	28.00	68.03	-1904.93	169.75	6.01	67.9(36.0)
6	S	110.00	-172.00	28.00	110.28	-1912.96	314.57	11.01	67.9(36.0)
7	S	68.00	-659.00	8.00	67.73	-1910.63	19.44	2.90	67.9(36.0)
8	S	110.00	-515.00	8.00	109.90	-1931.44	30.60	3.74	67.9(36.0)
9	S	110.00	-93.00	8.00	110.06	-1926.85	160.28	20.31	67.9(36.0)
10	S	110.00	-93.00	8.00	110.06	-1926.85	160.28	20.31	67.9(36.0)

**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	-60.0	0.00053	-41.2	-50.8	-0.03228	41.2	50.8
2	0.00350	-50.0	-60.0	0.00053	-41.2	-50.8	-0.03228	41.2	50.8
3	0.00350	-50.0	-60.0	0.00050	-41.2	-50.8	-0.03263	41.2	50.8
4	0.00350	-50.0	-60.0	0.00050	-41.2	-50.8	-0.03263	41.2	50.8
5	0.00350	50.0	-60.0	0.00118	41.2	-50.8	-0.02420	-41.2	50.8
6	0.00350	50.0	-60.0	0.00161	41.2	-50.8	-0.01890	-41.2	50.8
7	0.00350	50.0	-60.0	0.00057	41.2	-50.8	-0.03177	-41.2	50.8
8	0.00350	50.0	-60.0	0.00066	41.2	-50.8	-0.03070	-41.2	50.8
9	0.00350	50.0	-60.0	0.00118	41.2	-50.8	-0.02425	-41.2	50.8
10	0.00350	50.0	-60.0	0.00118	41.2	-50.8	-0.02425	-41.2	50.8

**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	-0.000322885	-0.015873116	----	----
2	0.000000000	-0.000322885	-0.015873116	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	72 di 84

3	0.000000000	-0.000326096	-0.016065743	----	----
4	0.000000000	-0.000326096	-0.016065743	----	----
5	0.000016216	-0.000236693	-0.011512386	----	----
6	0.000025516	-0.000181128	-0.008643492	----	----
7	0.000002281	-0.000316452	-0.015601187	----	----
8	0.000003233	-0.000305962	-0.015019377	----	----
9	0.000015342	-0.000237861	-0.011538770	----	----
10	0.000015342	-0.000237861	-0.011538770	----	----

**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	1.58	50.0	-60.0	-50.7	32.0	50.8	2300	45.2

**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	1.58	50.0	-60.0	-50.7	32.0	50.8	2300	45.2

**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 $f_{ctm}$
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
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	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	-0.00028	0	0.500	24.0	80	0.00015 (0.00015)	479	0.073 (0.20)	-659.73	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	1.58	50.0	-60.0	-50.7	32.0	50.8	2300	45.2

**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	-0.00028	0	0.500	24.0	80	0.00015 (0.00015)	479	0.073 (0.20)	-659.73	0.00

#### 4.10.3.1 Verifica a taglio muro andatore sinistro

L'armatura minima posta in opera non rispetta i minimi previsti dalla norma per gli elementi "trave" di media duttilità

Per la verifica a taglio della sezione si considera l'area di ferro necessaria, come indicata dal codice di calcolo, e si assegna una armatura equivalente; in particolare si utilizzeranno:

Spille  $5\phi 12/20$  per metro di sezione.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	74 di 84

**Caratteristiche materiali**

Cl<sub>s</sub> R<sub>ck</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> 20845.2 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

#### 4.10.4 Palo di fondazione L= 18 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 mm

$$A_s = 40+20\phi30 \quad \text{staffe } \phi14/10$$

La lunghezza del palo è pari a L = 18 m

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

NOME SEZIONE: Palo\_18m\_VI03\_SPB

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
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>

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	76 di 84

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 circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate  
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. 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	4809.00	2031.00	0.00	0.00	0.00
2	1196.00	2031.00	0.00	0.00	0.00
3	3619.00	3177.00	0.00	0.00	0.00
4	-24.00	3177.00	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

N°Comb.	N	Mx	My
1	3406.00	1444.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	77 di 84

2                      923.00                      1444.00                      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	2962.00	1323.00 (2411.26)	0.00 (0.00)
2	1120.00	1323.00 (1560.02)	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	2171.00	1108.00 (2173.23)	0.00 (0.00)
2	1842.00	1108.00 (1966.93)	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	4809.00	2031.00	0.00	4809.11	9427.10	0.00	4.64	424.1(53.0)
2	S	1196.00	2031.00	0.00	1196.27	8654.00	0.00	4.26	424.1(53.0)
3	S	3619.00	3177.00	0.00	3618.83	9208.99	0.00	2.90	424.1(53.0)
4	S	-24.00	3177.00	0.00	-23.76	8320.32	0.00	2.62	424.1(53.0)

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

ec max                      Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	78 di 84

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	0.00293	0.0	65.0	-0.00449	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00281	0.0	65.0	-0.00618	0.0	-65.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00289	0.0	65.0	-0.00498	0.0	-65.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00276	0.0	65.0	-0.00689	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	0.000057078	-0.000780853	----	----
2	0.000000000	0.000069152	-0.001686390	----	----
3	0.000000000	0.000060598	-0.001044818	----	----
4	0.000000000	0.000074235	-0.002067596	----	----

**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	4.57	0.0	-75.0	-24.5	0.0	-65.0	950	42.4
2	S	4.19	0.0	-75.0	-71.5	0.0	-65.0	2280	99.0

**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	4.16	0.0	-75.0	-24.6	0.0	-65.0	1033	42.4
2	S	3.89	0.0	-75.0	-59.1	0.0	-65.0	2164	99.0

**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 $f_{ctm}$
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 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	79 di 84

kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ 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 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max \cdot (e\_sm - e\_cm)$ [(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	-0.00015	0	0.500	30.0	85	0.00007 (0.00007)	413	0.030 (0.20)	2411.26	0.00
2	S	-0.00034	0	0.500	30.0	85	0.00018 (0.00018)	400	0.071 (0.20)	1560.02	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	3.43	0.0	-75.0	-25.3	0.0	-65.0	1251	70.7
2	S	3.38	0.0	0.0	-30.9	0.0	-65.0	1501	70.7

**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	-0.00015	0	0.500	30.0	85	0.00008 (0.00008)	379	0.029 (0.20)	2173.23	0.00
2	S	-0.00018	0	0.500	30.0	85	0.00009 (0.00009)	397	0.037 (0.20)	1966.93	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	80 di 84

#### 4.10.4.1 Verifica a taglio palo di fondazione

##### Caratteristiche materiali

Cl <sub>s</sub> R <sub>ck</sub>	<input type="text" value="30"/>	
Cl <sub>s</sub>	<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
γ <sub>c</sub>	<input type="text" value="1.5"/>	coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
γ <sub>s</sub>	<input type="text" value="1.15"/>	coefficiente parziale relativo all'acciaio

##### Geometrie sezione

b <sub>w</sub>	<input type="text" value="1262.78"/>	mm	larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	<input type="text" value="1195.86"/>	mm	altezza utile della sezione
A <sub>c</sub>	<input type="text" value="1510113.43"/>	mm <sup>2</sup>	area della sezione di calcestruzzo

##### Caratteristiche armature

n <sub>bl</sub>	<input type="text" value="72"/>		numero di barre longitudinali
Ø <sub>bl</sub>	<input type="text" value="26"/>	mm	di diametro delle barre longitudinali
n <sub>bw</sub>	<input type="text" value="2"/>		numero di bracci delle staffe
Ø <sub>st</sub>	<input type="text" value="14"/>	mm	di diametro delle staffe
s <sub>st</sub>	<input type="text" value="100"/>	mm	di passo delle staffe
α	<input type="text" value="90"/>	°	di inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

##### Caratteristiche sollecitazioni

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	KN	di sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="1352"/>	KN	di taglio di calcolo
N <sub>Rd</sub>	21307.7	KN	di sforzo normale di compressione massimo

##### Dati traliccio resistente

θ	<input type="text" value="22"/>	°	di 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)



τ		N/mm <sup>2</sup>	di tensione tangenziale corda baricentrica
σ <sub>1</sub>		N/mm <sup>2</sup>	di tensione principale di trazione sulla corda baricentrica
ctgθ <sub>l</sub>			di valore limite dell'inclinazione delle bielle

##### Valore di verifica del taglio resistente

V <sub>Rd</sub>	<input type="text" value="939.4"/>	KN	di taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
V <sub>Rd</sub>	<input type="text" value="3209.3"/>	KN	di taglio resistente per elemento con armatura trasversale

V <sub>Rd</sub>	<input type="text" value="939.4"/>	KN	>	V <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="1352"/>	KN
-----------------	------------------------------------	----	---	-----------------	-----------------------------------	----

OCCORRE ARMARE A TAGLIO

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI03 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 4.10.5 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	2.8	[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>	4809	[kN]	carico risultante VERTICALE sulla fascia di dimensione b carico risultante ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub>	1352	[kN]	b

#### Caratteristiche Materiali

<u>Calcestruzzo</u>	28	35	classe di resistenza calcestruzzo
R <sub>ck</sub>	35	[MPa]	
f <sub>ck</sub>	29.05	[MPa]	
γ <sub>c</sub>	1.5	[-]	
α <sub>cc</sub>	0.85	[-]	
f <sub>cd</sub>	16.46	[MPa]	
f' <sub>cd</sub>	8.23	[MPa]	
<u>Acciaio</u>	B 450 C		classe di resistenza barre
f <sub>yk</sub>	450	[MPa]	
γ <sub>s</sub>	1.15	[-]	
f <sub>yd</sub>	391.30	[MPa]	

#### Armatura di estradosso

##### 1° strato di armatura

φ long	30	[mm]	diámetro barre longitudinali
φ trasv	30	[mm]	diámetro barre trasversali
ib	200	[mm]	interasse barre longitudinali
c'	85	[mm]	copriferro baricentrico armature longitudinali

##### 2° strato di armatura

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0304 001	A	82 di 84

$\phi$ 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	100	[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	100	[mm]	interasse barre longitudinali
c'	145	[mm]	copriferro baricentrico armature longitudinali

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	2800	[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
$\lambda$	0.72	[-]	$\cotg \psi$
$A_s$	39584.07	[mm <sup>2</sup> ]	area armatura longitudinale tesa

Tipo di mensola (valutazione coefficiente c)

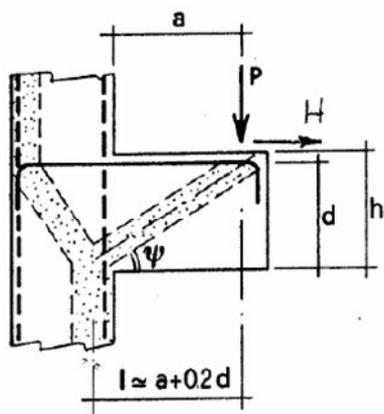
Sbalzi di piastre non provviste di staffatura

c            1            [-]

$P_{Rs}$	19649.87	[kN]	$P_{Rs} > P_{Ed}$
$P_{Rc}$	23264.53	[kN]	$P_{Rc} > P_{Rs}$
$P_R$	19649.87	[kN]	$\min(P_{Rc}; P_{Rs})$

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

**VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.**



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

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

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

**$P_r$  : 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  $P_{Rc} \geq P_{Rs}$

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)</b> <b>VI03 – Viadotto Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0304 001	REV. A

#### 4.11 Incidenze

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

Muro paraghiaia	150 kg/m <sup>3</sup>
Muro frontale	60 kg/m <sup>3</sup>
Muro andatore	75 kg/m <sup>3</sup>
Palo di fondazione	210 kg/m <sup>3</sup>
Plinto di fondazione	150 kg/m <sup>3</sup>

Le incidenze calcolate sono relative alla sezione maggiormente sollecitata.