

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)**

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

**VI16 – Doppio Binario**

Relazione di calcolo Spalla A

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3T	30	D	09	CL	VI1604	002	A

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

ITALFERR Sp.A.  
 U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti  
 Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 N° A20783

## INDICE

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

4.7.8	<i>Spinta del sovraccarico permanente condizioni statiche</i>	30
4.7.9	<i>Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche</i>	31
4.7.10	<i>Azione sismica</i>	32
4.7.11	<i>Incremento di spinta indotto dai sovraccarichi accidentale e permanente</i>	39
4.7.12	<i>Forze inerziali dovute al sisma</i>	39
4.7.13	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	41
4.7.14	<i>Riepilogo risultati</i>	42
4.8	SOLLECITAZIONI	44
4.8.1	<i>Plinto di fondazione</i>	44
4.9	PALI DI FONDAZIONE	45
4.10	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	46
4.10.1	<i>Palo di fondazione L= 19 m</i>	47
4.10.2	<i>Plinto di fondazione</i>	53
4.10.3	<i>Verifiche locali soletta e piedritti</i>	56
4.11	INCIDENZE	95

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	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 VI16 della tratta ferroviaria Palomba-Catenanuova, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la spalla A\_mob che presenta gli appoggi "fissi" dell'impalcato.

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

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto VI16, a singolo binario, si estende dal km doppio al km 39+613.554 per uno sviluppo complessivo di 40053.63 m ed è costituito da 15 campate isostatiche con 2 cassoncini in cap di luce 25m, 1 campata isostatica in acciaio con 1 cassone di luce 50m.

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

La fondazione della spalla A\_mob è costituita da un plinto fondato su 12 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 16.00 x 11.50 m.

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

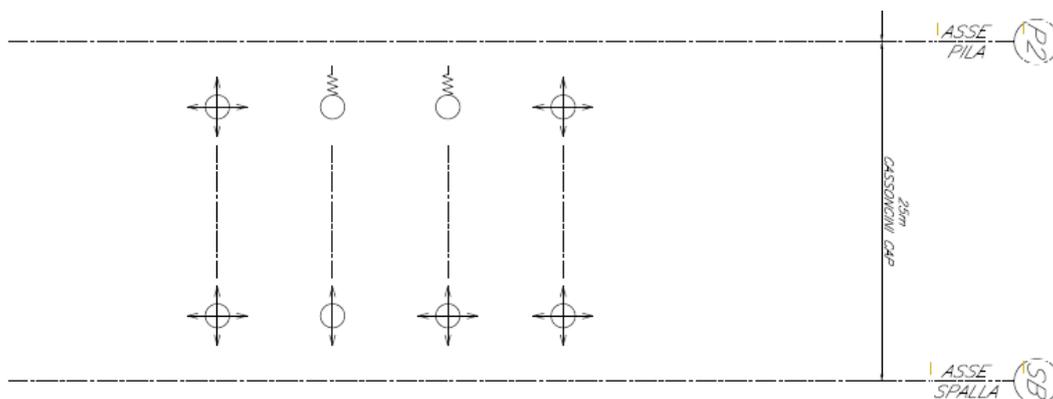


Figura 1-1-1: schema appoggi

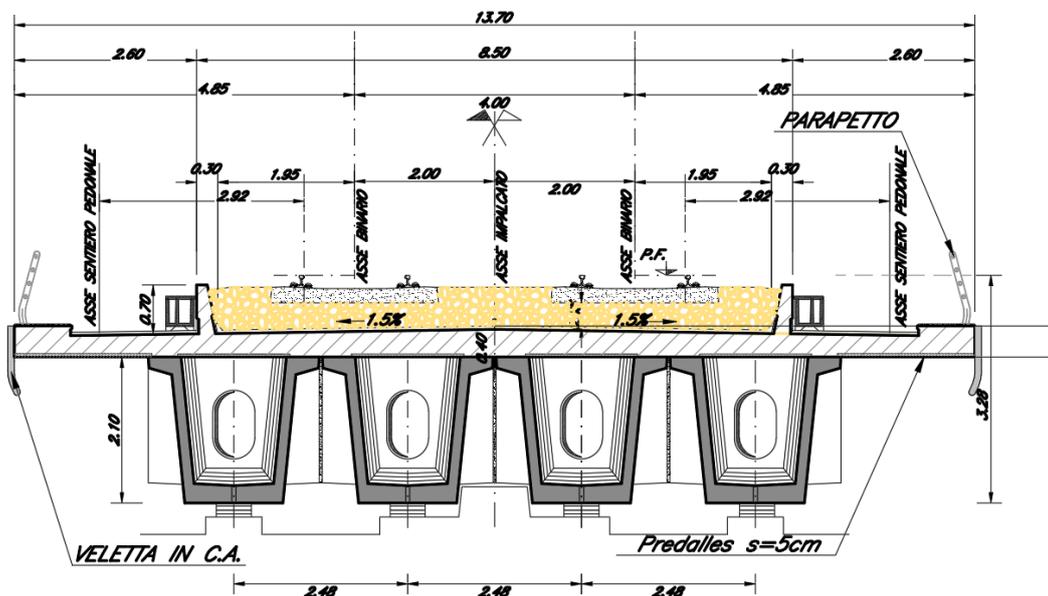


Figura 1-2: sezione trasversale impalcato tipo in cap 25m doppio binario

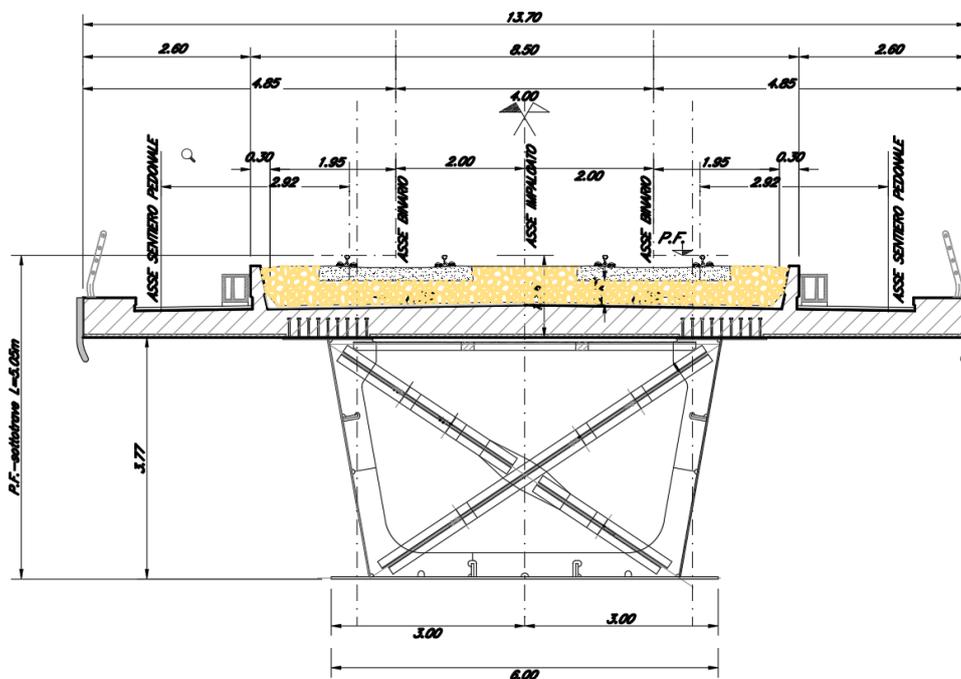


Figura 1-3 - sezione trasversale impalcato tipo in acciaio 50m doppio binario

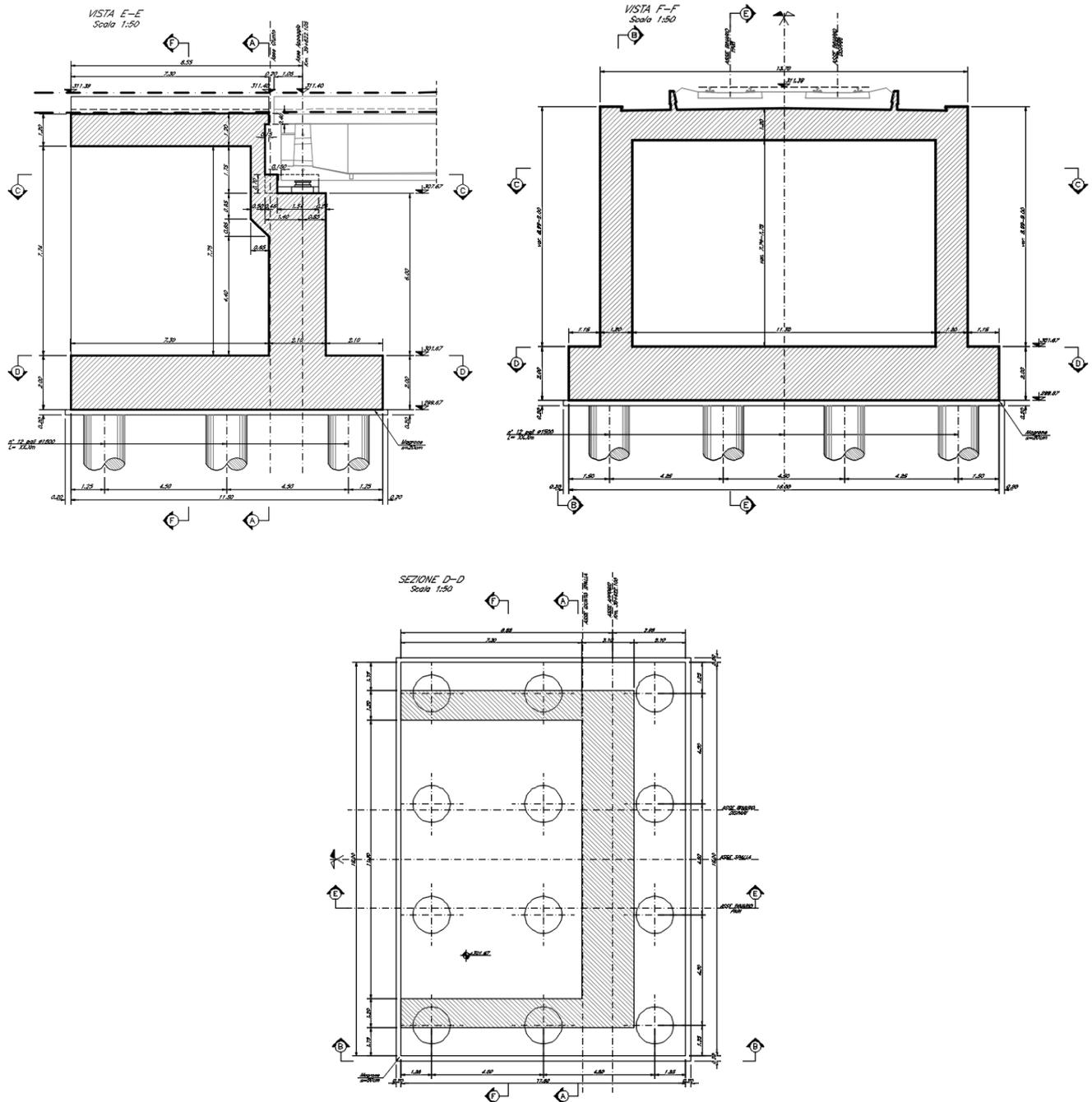


Figura 1-4: elaborati grafici spalla A (mobile)

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1604 002</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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

### 3.1 Stratigrafia e parametri geotecnici

La stratigrafia più cautelativa lungo lo sviluppo dell'opera è la seguente:

STRATIGRAFIA		
Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m] da p.c.
a2	limi e limi argillosi con subordinate sabbie limose	0.0÷8.0
a	Ghiaie, sabbie, sabbie limose	8.0÷10.0
FYN4	Alternanza di prevalenti argille e argille siltose di colore da bruno a bruno tabacco con siltiti e quarzoareniti torbiditiche	10.0÷40.0
FALDA di calcolo: testa palo		

La profondità degli strati si riferisce al piano campagna, nelle verifiche dei pali la stratigrafia considerata è quella presente a partire dalla testa dei pali ovvero a circa -2.00 m dal piano campagna.

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

Tabella 1 – Parametri geotecnici

	$\gamma$ [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	0	38	20-100	-	30	-
a	20	-	0	30	35	35	-	14000-
FYN4	20	300	25	20	-	-	120	-

### 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:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

### 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

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

### 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 2 – 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	$\leq w_3$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

		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:

$w_1 = 0.2$  mm

$w_2 = 0.3$  mm

$w_3 = 0.4$  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)  $\delta_f \leq w_1 = 0.2$  mm

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

## 4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA A\_MOB (FISSA)

### 4.1 Generalità

La spalla presenta una configurazione a paramento di spessore 2.10 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore variabile tra 1.20 e 0.00 m. L’altezza della spalla A (escluso paraghiaia) è pari a 6.00 m.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 0.50 m ed altezza di circa 2.95 m dalla testa muro frontale.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

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.

#### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

	Azioni	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 <sup>(3)</sup>	<sup>(1)</sup>	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	<sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>
	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.

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

Figura 4-1: coefficienti combinazioni SLU

Elemento	sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto			sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso			sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto			sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso			sisma Z verso basso + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Y			sisma Z verso alto + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Y		
	Att.	y	ψ	Att.	y	ψ	Att.	y	ψ	Att.	y	ψ	Att.	y	ψ	Att.	y	ψ
Peso proprio	muro frontale	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	paraghalia frontale	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	muro sinistro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	bandiera muro sx	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	paraghalia sinistro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	muro destro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	bandiera muro dx	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	paraghalia destro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	platea	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	terr riemp su platea	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
Spinte statiche M1 (k0)	M1 k0 spinta terre su MF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	M1 k0 spinta terre su MS	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
Spinte statiche M1 (ka)	M1 ka spinta terre su MD	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1	1.00
	M1 ka spinta terre su MF	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1
Spinte sismiche Mononobe-Okabe	M1 ka spinta terre su MS	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1
	M1 ka spinta terre su MD	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1
	M2 ka sovraspinta sismica su MF	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3
Spinte statiche sovraccarico ballast	M2 ka sovraspinta sismica su MS	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3
	M2 ka sovraspinta sismica su MD	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3
	M1 spinta oriz sovracc su MF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
Spinte sismiche sovraccarico ballast	M1 spinta oriz sovracc su MS	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3
	M1 spinta oriz sovracc su MD	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3
	M1 spinta oriz sovracc su MF	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0
Spinte sismiche sovraccarico ballast	M1 peso sovraccarico su platea	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3
	M1 spinta oriz sovracc su MF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 spinta oriz sovracc su MS	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3
Spinte statiche sovraccarico M1	M1 spinta oriz sovracc su MD	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0
	M1 spinta oriz sovracc su MF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 spinta oriz sovracc su MS	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0
Spinte sismiche sovraccarico M1	M1 spinta oriz sovracc su MD	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	1.00	0
	M1 spinta oriz sovracc su MF	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2
	M1 spinta oriz sovracc su MS	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2
Spinte sismiche sovraccarico accidentale	M1 peso sovraccarico su platea	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2
	M1 spinta oriz sovracc su MF	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3
	M1 spinta oriz sovracc su MS	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2
Inerzia X spalla	M1 spinta oriz sovracc su MD	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2	1.00	1.00	0.2
	M1 spinta oriz sovracc su MF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 spinta oriz sovracc su MS	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3
Inerzia X terre	M1 muro frontale	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 paraghalia frontale	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 muro sinistro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
Inerzia Y spalla	M1 paraghalia sinistro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 muro destro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 paraghalia destro	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
Inerzia Y terre	M1 platea	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 Ter di riemp inf MF	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 Ter di riemp sup TFS	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
Azioni da impalcato:	M1 Ter di riemp inf MD	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 Ter di riemp sup TPD	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 Ter di riemp inf MS	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
Azioni da impalcato:	M1 Ter di riemp sup TPS	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 permanenti strutturali	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 permanenti non strutturali	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1	1.00	1.00	1
	M1 altre azioni permanenti	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1
	M1 distorsioni e presollecitazioni	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1
	M1 Ritiro	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1
	M1 variazioni termiche	1.00	1	0.5	1.00	1	0.5	1.00	1	0.5	1.00	1	0.5	1.00	1	0.5	1.00	1
	M1 viscosità	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1
	M1 carichi mobili	0.00	1	0.2	0.00	0.00	1	0.2	0.00	0.00	1	0.2	0.00	0.00	1	0.2	0.00	0.00
	M1 frenatura	0.00	1	0.2	0.00	0.00	1	0.2	0.00	0.00	1	0.2	0.00	0.00	1	0.2	0.00	0.00
	M1 azione centrifuga	0.00	0.5	0.2	0.00	0.00	0.5	0.2	0.00	0.00	0.5	0.2	0.00	0.00	0.5	0.2	0.00	0.00
	M1 serpeggio	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1
	M1 vento ponte scarico	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1
	M1 vento ponte carico	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1
	M1 sisma (direzione v) carichi permanenti	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00	0.3	1.00	1.00							

		SLE rara sovr centr			SLE rara sovr non centr			SLE freq sovr centr			SLE freq sovr non centr			SLE qp			
		Att.	$\gamma$	$\psi$	Coeff.	Att.	$\gamma$	$\psi$	Coeff.	Att.	$\gamma$	$\psi$	Coeff.	Att.	$\gamma$	$\psi$	Coeff.
Peso proprio		<b>Elemento</b>															
		muro frontale															
		paraghaia frontale															
		muro sinistro															
		bandiera muro sx															
		paraghaia sinistro															
		muro destro															
		bandiera muro dx															
		paraghaia destro															
		platea															
Spinte statiche M1 (k0)	M1 k0	spinta terre su MF															
	M1 k0	spinta terre su MS															
Spinte statiche M1 (ka)	M1 ka	spinta terre su MF															
	M1 ka	spinta terre su MS															
Δ Spinte sismiche Mononobe-Okabe M2 (ka)	M2 ka	spinta terre su MD															
	M2 ka	sovrspinta sismica su MF															
	M2 ka	sovrspinta sismica su MS															
Spinte statiche sovraccarico ballast M1	M1	sovrspinta sismica su MD															
	M1	spinta oriz sovracc su MF															
	M1	spinta oriz sovracc su MS															
	M1	spinta oriz sovracc su MD															
Spinte sismiche sovraccarico ballast		peso sovraccarico su platea															
		spinta oriz sovracc su MF															
inerzie X sovraccarico ballast		spinta oriz sovracc su MS															
		spinta oriz sovracc su MD															
Spinte statiche sovraccarico M1	M1	spinta oriz sovracc su MF															
	M1	spinta oriz sovracc su MS															
	M1	spinta oriz sovracc su MD															
	M1	peso sovraccarico su platea															
Spinte sismiche sovraccarico accidentale		spinta oriz sovracc su MF															
		spinta oriz sovracc su MS															
		spinta oriz sovracc su MD															
inerzie X sovracc accidentale		spinta oriz sovracc su MF															
		spinta oriz sovracc su MS															
		spinta oriz sovracc su MD															
Inerzia X spalla		muro frontale															
		paraghaia frontale															
		muro sinistro															
		paraghaia sinistro															
		muro destro															
		paraghaia destro															
Inerzia X terre		platea															
		Ter di riemp inf MF															
		Ter di riemp sup TPF															
		Ter di riemp inf MD															
		Ter di riemp sup TPD															
		Ter di riemp inf MS															
Inerzia Y spalla		Ter di riemp sup TPS															
		muro frontale															
		paraghaia frontale															
		muro sinistro															
		paraghaia sinistro															
		muro destro															
Inerzia Y terre		paraghaia destro															
		platea															
		Ter di riemp inf MF															
		Ter di riemp sup TPF															
		Ter di riemp inf MD															
		Ter di riemp sup TPD															
Azioni da impalcato:		Ter di riemp inf MS															
		Ter di riemp sup TPS															
		permanenti strutturali															
		permanenti non strutturali															
		altre azioni permanenti															
		distorsioni e presollecitazioni															
		Ritiro															
		variazioni termiche															
		viscosità															
		carichi mobili															
		frenatura															
		azione centrifuga															
		serpeggio															
		vento ponte scarico															
		vento ponte carico															
Inerz X perm/acc impalc		sisma (direzione Y) carichi permanenti															
		sisma (direzione X) carichi permanenti															
		sisma (direzione Z) carichi permanenti															
		resistenze parassite															
		attrito carichi mobili															
		azione laterale															
		altre azioni variabili (acc. servizio)															
		Inerzia X perman impalc															
		Inerzia X sovracc acc da impalc															
		Inerzia Y perman impalc															
	Inerzia Y sovracc acc da impalc																

Figura 4-3: coefficienti combinazioni SLE

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	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

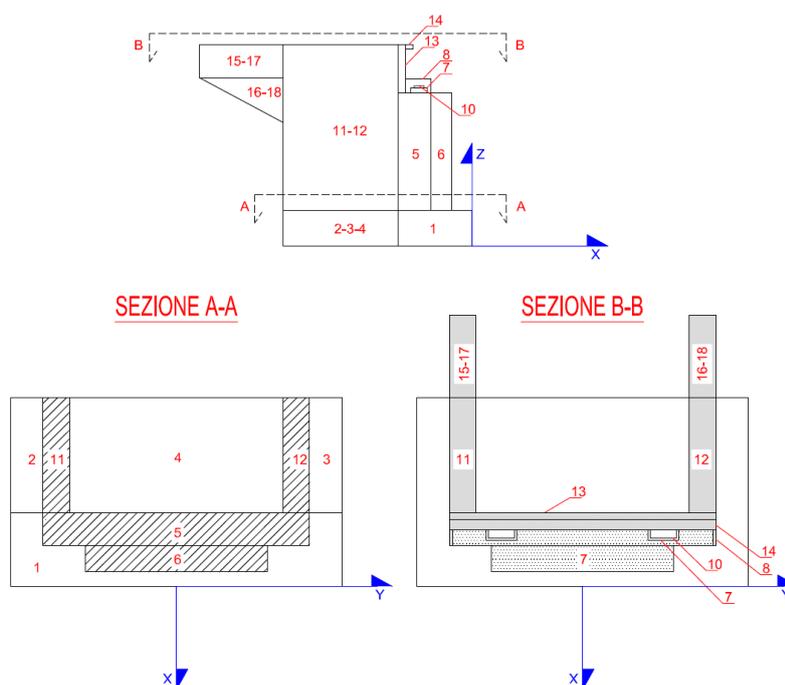


Figura 4-4: Schema qualitativo della geometria della spalla

PESO PROPRIO SPALLA - GEOMETRIA		quantità	LX [m]	LY [m]	LZ [m]	Volume	$\gamma$ [kNm <sup>3</sup> ]	Peso [kN]
1	PORZIONE TRASVERSALE DELLA FONDAZIONE		4.20	16.00	2.00	134.40	25.00	-3360.00
2	PORZIONE LONGITUDINALE DELLA FONDAZIONE ( $y < 0$ )		7.30	1.15	2.00	16.79	25.00	-419.75
3	PORZIONE LONGITUDINALE DELLA FONDAZIONE ( $y > 0$ )		7.30	1.15	2.00	16.79	25.00	-419.75
4	COMPLETAMENTO DELLA FONDAZIONE		7.30	13.70	2.00	200.02	25.00	-5000.50
	PESO TOTALE FONDAZIONE							-9200.00
5	MURO FRONTALE		2.10	13.70	6.00	172.62	25.00	-4315.50
6	RINGROSSO MURO FRONTALE (per appoggi)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
7	BAGGIOLI	4	1.56	0.40	0.25	0.62	25.00	-15.60
8	RITEGNI SISMICI TRASVERSALI	2	1.56	1.68	0.62	3.25	25.00	-81.24
9	RITEGNI SISMICI LONGITUDINALI	2	0.44	3.50	0.70	2.16	25.00	-53.90
10	APPARECCHI DI APPOGGIO	4			0.20			
11	MURO ANDATORE ( $Y < 0$ )		7.30	1.20	7.74	67.80	25.00	-1695.06
12	MURO ANDATORE ( $Y > 0$ )		7.30	1.20	7.74	67.80	25.00	-1695.06
13	MURO PARAGHIAIA		0.50	13.70	2.95	20.21	25.00	-505.19
11A	MURO PARAGHIAIA ANDATORE ( $Y < 0$ )		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
12B	MURO PARAGHIAIA ANDATORE ( $Y > 0$ )		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
14	MARTELLI		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
15	MURO 1		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
16	SOLETTA		7.30	13.70	1.20	120.01	25.00	-3000.30
17	MURO 2		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
18	-		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
19	MARCIAPIEDE ( $y > 0$ )		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
20	MARCIAPIEDE ( $y < 0$ )		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
21	GUARD-RAIL + BARRIERA SICUREZZA + VELETTA ( $y > 0$ )							0.00
22	GUARD-RAIL + BARRIERA SICUREZZA + VELETTA ( $y < 0$ )							0.00
<b>TOTALE =</b>								<b>-20561.85</b>

Figura 4-5: dati di input

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	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	0 kN/m <sup>3</sup>
$\delta$ esercizio M1	angolo di attrito terra-muro per le cond. Di esercizio M1	0.00 °
$\delta$ sismica M1	angolo di attrito terra-muro per le cond. sismiche M1	0.00 °
$\delta$ esercizio M2	angolo di attrito terra-muro per le cond. Di esercizio M2	0.00 °
$\delta$ sismica M2	angolo di attrito terra-muro per le cond. sismiche M2	0.00 °
<b>H terreno</b>	altezza terreno da estradosso fondazione	8.95 m
$W_{terr}$	peso totale terreno di monte	0.00 kN
$\beta$	inclinazione rispetto alla verticale del paramento	0 °
$i$	inclinazione rispetto all'orizz della superf del terrapieno	0 °
$K_0$ M1	coefficiente di spinta in quiete cond M1 $k_0=(1-\sin\phi)$	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)	10.95 m
$c'_t$	coesione del terreno a monte	0 kPa

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

TERRENO A TERGO	
$\phi'$	38 °
$\tan(\phi')$	0.781
$\gamma\phi'$ M1	1
$\gamma\phi'$ M2	1.25
$\phi'$ M1	38.00 °
$\phi'$ M2	32.01 °
$\gamma$	0 kN/m <sup>3</sup>
$\delta$ exerc M1	0.00 °
$\delta$ sism M1	0.00 °
$\delta$ exerc M2	0.00 °
$\delta$ sism M2	0.00 °
<b>H terreno</b>	6.00 m
$W_{terr}$	0.00 kN
$\beta$	0 °
$i$	0 °
$K_0$ M1	0.384
$K_0$ M2	0.470
$K_a$ M1	0.238
$K_a$ M2	0.307
<b>H tot</b>	6.00 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		1	[-]
Lunghezza	L	24.3	[m]
Luce di calcolo	Lc	22.8	[m]
Peso proprio	G1	285.06	[kN/m]
Permanenti portati	G2	190	[kN/m]
Ballast	G2b	57.6	[kN/m]
num. Appoggi spalla	n	2	[-]
Reazione appoggio G1	Ri	1731.75	[kN]
Reazione appoggio G2	Ri	1151.40	[kN]

### 4.7.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

CARICHI DERIVANTI DALL'ANALISI DELL'IMPALCATO		Fx	Fy	Fz	x	y	z	Mx	My	Mz
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1	permanenti strutturali	0	0	3464	2.80	0.00	8.45	-	-	-
g2	permanenti non strutturali	0	0	2303	2.80	0.00	8.45	-	-	-
g3	altre azioni permanenti	0	0	0	2.80	0.00	8.45	-	-	-
e1	distorsioni e presollecitazioni	0	0	0	2.80	0.00	8.45	-	-	-
e2	Ritiro	0	0	0	2.80	0.00	8.45	-	-	-
e3	variazioni termiche	0	0	0	2.80	0.00	8.45	-	-	-
e4	viscosità	0	0	0	2.80	0.00	8.45	-	-	-
q1+q2 - carichi mobili	Treno per max lo sforzo normale	0	0	3981.1	2.80	0.00	8.45	1379.88	1518.57	0.00
q3	frenatura/avviamento	0	0	0	2.80	0.00	8.45	0.00	0.00	0.00
q4	azione centrifuga	0	97	0	2.80	0.00	8.45	547.70	0.00	0.00
	serpeggio	0	110	0	2.80	0.00	8.45	428.45	0.00	0.00
q5s	vento ponte scarico	0	230.06	0	2.80	0.00	8.45	1689.83	0.00	0.00
q5	vento ponte carico	0	234.89	0	2.80	0.00	8.45	1753.42	0.00	0.00
q6	sisma (direzione y) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	1100	0	2.80	0.00	8.45	0.00	0.00	0.00
q6	sisma (direzione x) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	0	0	2.80	0.00	8.45	0.00	0.00	0.00
q6	sisma (direzione Z) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	0	550	2.80	0.00	8.45	0.00	0.00	0.00
q7	resistenze parassite	180	0	0	2.80	0.00	8.45	0.00	0.00	0.00
q7m	attrito carichi mobili	159	0	0	2.80	0.00	8.45	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 LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	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.

(NTC 18 §3.3 e EC 1-1-4:2005)

Condizione ponte		carico	scarico	
Altitudine sul livello del mare	<b>as</b>	300	300	[m slm]
Zona	<b>Z</b>	4	4	[-]
Velocità di base di riferimento	<b>Vb,0</b>	28	28	[m/s]
Parametro di quota	<b>a0</b>	500	500	[m]
Parametro adimensionale	<b>ks</b>	0.36	0.36	[1/s]
Coefficiente di altitudine	<b>ca</b>	1	1	[-]
Tempo di ritorno	<b>Tr</b>	112.5	112.5	[anni]
Velocità di riferimento	<b>Vb</b>	28	28	[m/s]
Parametri	<b>cR</b>	1.05	1.05	[-]
Velocità di riferimento	<b>Vb(TR)</b>	29.28	29.28	[m/s]
Densità dell'aria	<b>ρ</b>	1.25	1.25	[kg/m <sup>3</sup> ]
Pressione cinetica di riferimento	<b>qb</b>	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>6.45</b>	<b>6.45</b>	[m]
Altezza di riferimento per l'impalcato	<b>z</b>	<b>10.1825</b>	<b>10.1225</b>	[m]
Coefficiente di topografia	<b>ct</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	[-]
Coefficiente di esposizione	<b>ce (z)</b>	<b>2.36</b>	<b>2.36</b>	[-]
Larghezza impalcato	<b>b</b>	<b>13.7</b>	<b>13.7</b>	[m]
Altezza impalcato	<b>hi</b>	<b>2.465</b>	<b>2.465</b>	[m]
Altezza armamento	<b>ha</b>	<b>0.88</b>	<b>0.88</b>	[m]
Altezza barriera	<b>hb</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	[m]
Altezza treno	<b>ht</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	[m]
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	<b>dtot</b>	<b>7.47</b>	<b>7.35</b>	[m]
Rapporto di forma	<b>b/dtot</b>	<b>1.84</b>	<b>1.87</b>	[-]
Coefficiente di forza (fig. 8.3 EC)	<b>cfx</b>	<b>2.045</b>	<b>2.039</b>	[-]

Pressione cinetica di riferimento	<b>qb</b>	<b>0.54</b>	<b>0.54</b>	[kN/m <sup>2</sup> ]
Coefficiente di esposizione	<b>ce</b>	<b>2.36</b>	<b>2.36</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>7.47</b>	<b>7.345</b>	[m]
Forza statica equivalente a m/l	<b>f</b>	<b>19.33</b>	<b>18.94</b>	[kN/m]
Pressione statica equivalente	<b>p</b>	<b>2.59</b>	<b>2.58</b>	[kN/m <sup>2</sup> ]
Pressione statica equivalente (minima considerata)	<b>pmin</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	[kN/m <sup>2</sup> ]

<b>Vento impalcato a ponte carico</b>				
Forza statica equivalente	<b>f</b>	<b>19.33</b>	<b>19.33</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>234.89</b>	<b>234.89</b>	[kN]
Momento trasversale al piano appoggi	<b>Mx</b>	<b>1753.42</b>	<b>1753.42</b>	[kNm]

<b>Vento impalcato a ponte scarico</b>				
Forza statica equivalente	<b>f</b>	<b>18.94</b>	<b>18.94</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>230.06</b>	<b>230.06</b>	[kN]
Momento trasversale al piano appoggi	<b>Mx</b>	<b>1689.83</b>	<b>1689.83</b>	[kNm]

Figura 4-10: azione del vento

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

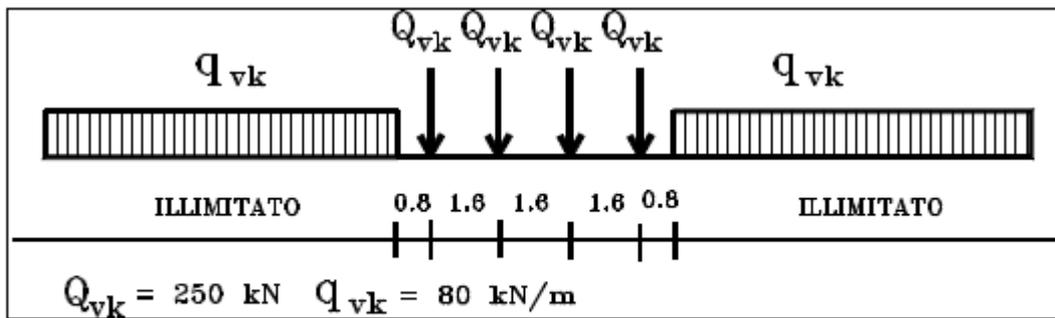
#### 4.7.4 Carichi da traffico verticali

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:

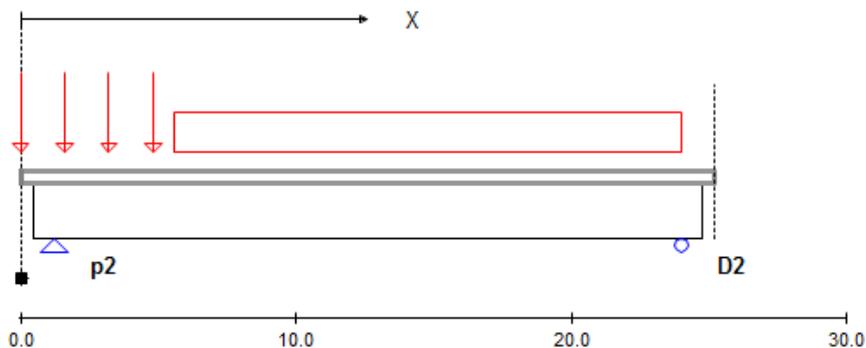
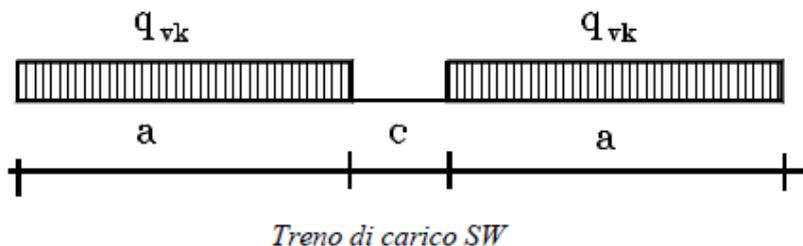


Figura 4-11 - Treno di carico LM 71: massimizzazione carico verticale sulla spalla

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	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:

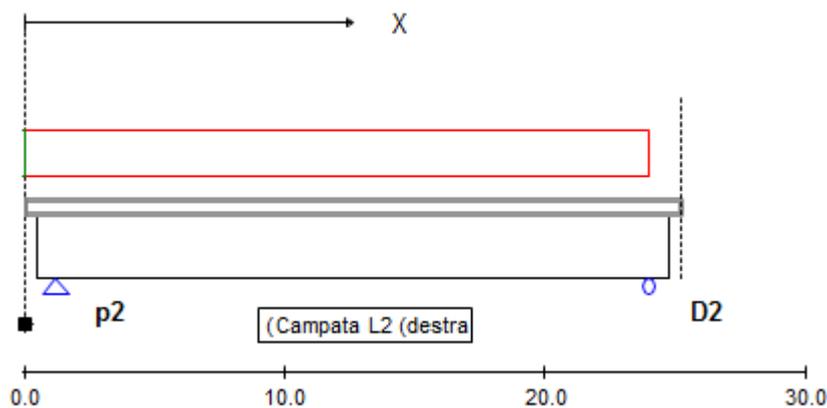


Figura 4-12 - Treno di carico SW2: massimizzazione carico verticale sulla spalla

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

	N	Mlong	Mtrasv	x
	kN	kN/m	kN/m	m
COMBO N	<b>3981</b>	<b>1519</b>	<b>1380</b>	
COMBO ML	<b>3729</b>	<b>2162</b>	<b>851</b>	
COMBO MT	<b>2236</b>	<b>1374</b>	<b>4696</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 "α"
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 LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

#### 4.7.6 Carichi da traffico orizzontali

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva.

SERPEGGIO	FT [kN]	100
	$\alpha$	FT* $\alpha$ [kN]
TRENO LM 71	1.1	110
TRENO SW/0	1.1	110
TRENO SW/2	1	100

Le forze di frenatura e di avviamento, agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato.

FRENATURA	L [m]	25	
	[kN/m]	Lcalc [m]	Qlb,k [kN]
TRENO LM 71	20	24.3	534.6
TRENO SW/0	20	19	418
TRENO SW/2	35	24.3	850.5

AVVIAMENTO	L [m]	25
	[kN/m]	33

	Lcalc [m]	Qla,k [kN]
TRENO LM 71	24.3	882.09
TRENO SW/0	19	689.7
TRENO SW/2	24.3	801.9

CENTRIFUGA	$\alpha$	Qvk [kN]	qvk [kN/m]	Qtk [kN]	qtk [kN/m]
TRENO LM 71 -a	1.1	330.59	105.79	16.49	5.28
TRENO LM 71 -a	1	300.53	96.17	19.96	6.39
TRENO SW/0	1.1				
TRENO SW/2	1		180.32		5.68

F [kN]	M trasv [kNm]
97.11	547.70

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

#### 4.7.7 Sovraccarico sul terrapieno

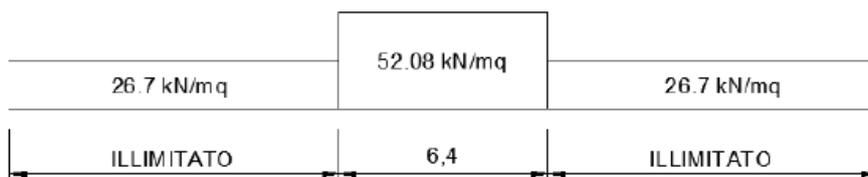
Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

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

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

Il valore del sovraccarico è determinate come di seguito descritto:

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



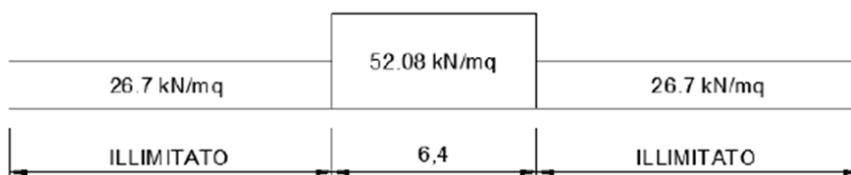
A tali carichi si deve applicare il coefficiente  $\alpha$  relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

Tabella 11

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

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

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



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

#### 4.7.8 Spinta del sovraccarico permanente condizioni statiche

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

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

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

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

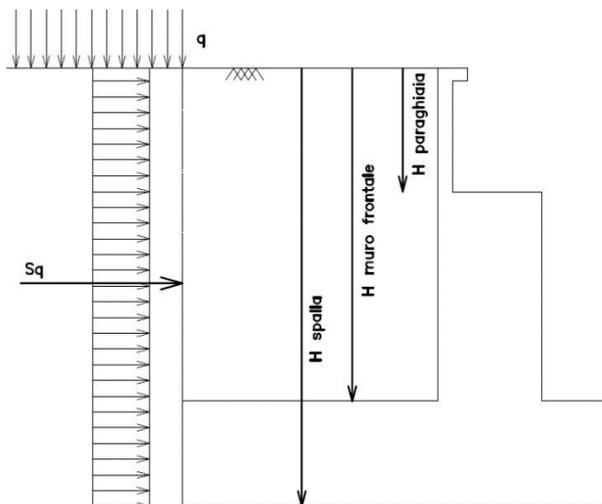


Figura 4-13: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

SPINTE SOVRACCARICHI PERMANENTI BALLAST		cond con $K_0$	cond con $K_a$
MURO FRONTALE (MF)	sovraccarico ballast	15.00 kNm <sup>2</sup> /m	15.00 kNm <sup>2</sup> /m
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	294.02 kN	181.98 kN
	componente orizzontale	<b>294.02 kN</b>	<b>181.98 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	359.54 kN	234.99 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	componente orizzontale	<b>359.54 kN</b>	<b>234.99 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	325.74 kN	201.61 kN
	componente orizzontale	<b>325.74 kN</b>	<b>201.61 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	398.33 kN	260.34 kN
	componente orizzontale	<b>398.33 kN</b>	<b>260.34 kN</b>
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	325.74 kN	201.61 kN
	componente orizzontale	<b>325.74 kN</b>	<b>201.61 kN</b>
componente verticale	0.00 kN	0.00 kN	

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

#### 4.7.9 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

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

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

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

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

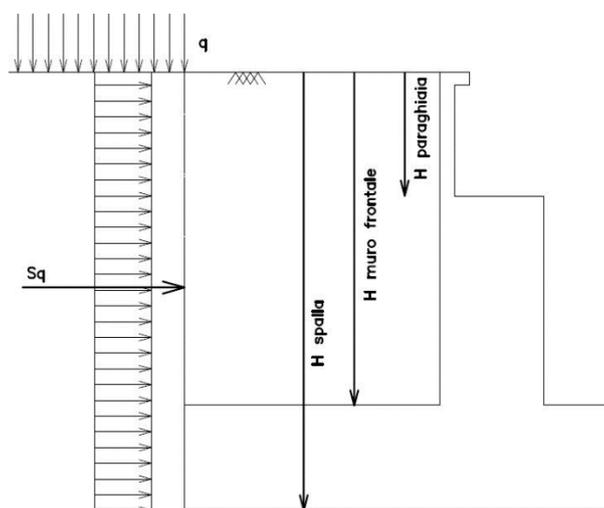


Figura 4-15: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

SPINTE SOVRACCARICHI ACCIDENTALI		cond con $K_0$	cond con $K_a$
MURO FRONTALE (MF)	sovraccarico accidentale $q$	53.00 kNmq	53.00 kNmq
	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	733.32 kN	453.88 kN
	componente orizzontale	733.32 kN	453.88 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	896.73 kN	586.09 kN
	componente orizzontale	896.73 kN	586.09 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	1150.94 kN	712.37 kN
	componente orizzontale	1150.94 kN	712.37 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	1407.42 kN	919.87 kN
	componente orizzontale	1407.42 kN	919.87 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	1150.94 kN	712.37 kN
	componente orizzontale	1150.94 kN	712.37 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	1407.42 kN	919.87 kN
	componente orizzontale	1407.42 kN	919.87 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

#### 4.7.10 Azione sismica

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

Longitudine: 13.97733

Latitudine: 37.544

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  $F_v = k_v W$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	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	2.672
$a_g$	accelerazione orizz mass attesa su sito di rif rigido	0.913 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	1.643 m/s <sup>2</sup>
$2 \beta_m$	coeff maggiorativo della $\beta_m$	1.00
$k_h$	coeff sismico orizzontale	0.168
$k_v$	coeff sismico verticale	0.084
$\psi$	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	10.36 °
$\phi - \theta$		21.64 °
$k_a (\beta \leq \phi - \theta)$	coeff. Di spinta attiva del terreno se $\beta \leq \phi - \theta$	0.343
$k_a (\beta > \phi - \theta)$	coeff. Di spinta attiva del terreno se $\beta > \phi - \theta$	0.811
$k_{AE}$	coeff. Di spinta attiva (soluzione di Mononobe-Okabe)	<b>0.343</b>
$E_d$	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro 2 M2	0.00 kN
$E_d$ orizz	componente orizzontale	<b>0.00 kN</b>
$E_d$ vert	componente verticale	0.00 kN
$\Delta SH$	sovraspinta sismica orizzontale	<b>0.00 kN</b>
$E_d$	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Sx MS	0.00 kN
$E_d$ orizz	componente orizzontale	<b>0.00 kN</b>
$E_d$ vert	componente verticale	0.00 kN
$\Delta SH$	sovraspinta sismica orizzontale	<b>0.00 kN</b>
$E_d$	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Dx MD	0.00 kN
$E_d$ orizz	componente orizzontale	<b>0.00 kN</b>
$E_d$ vert	componente verticale	0.00 kN
$\Delta SH$	sovraspinta sismica orizzontale	<b>0.00 kN</b>

Figura 4-17: 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	0.00
componente orizzontale	0.00
componente verticale	0.00
spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Sx MS	0.00
componente orizzontale	0.00
componente verticale	0.00
spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Dx MD	0.00
componente orizzontale	0.00
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:       LATITUDINE:

Ricerca per comune      REGIONE:       PROVINCIA:       COMUNE:

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**



**Reticolo di riferimento**



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

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
FASE 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 - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

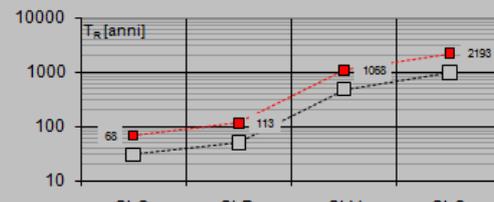
**Elaborazioni**

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

**Strategia di progettazione**



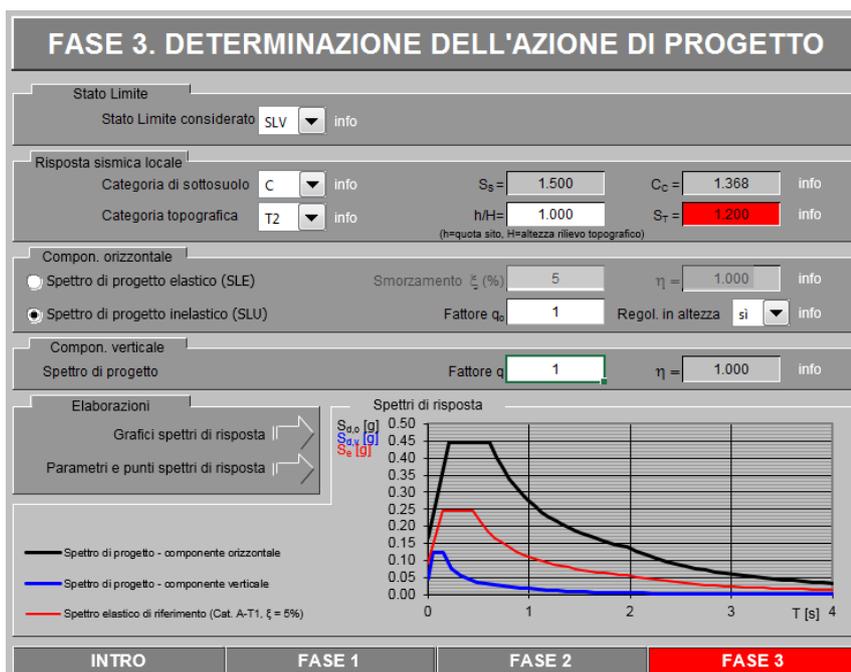
**LEGENDA GRAFICO**

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

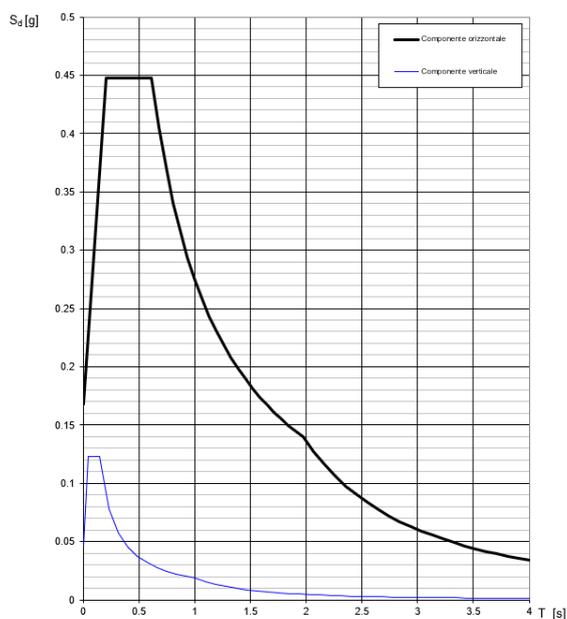
.....□..... Strategia scelta

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 SLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.093 g
$F_o$	2.672
$T_c$	0.450 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.366
$S_T$	1.200
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.205 s
$T_C$	0.615 s
$T_D$	1.972 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad \left| \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \right.$$

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

$$T_D \leq T \quad \left| \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right) \right.$$

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	0.167
$T_B$ ←	0.205	0.448
$T_C$ ←	0.615	0.448
	0.680	0.405
	0.745	0.370
	0.809	0.340
	0.874	0.315
	0.938	0.293
	1.003	0.275
	1.068	0.258
	1.132	0.243
	1.197	0.230
	1.261	0.218
	1.326	0.208
	1.391	0.198
	1.455	0.189
	1.520	0.181
	1.585	0.174
	1.649	0.167
	1.714	0.161
	1.778	0.155
	1.843	0.149
	1.908	0.144
$T_D$ ←	1.972	0.140
	2.069	0.127
	2.165	0.116
	2.262	0.106
	2.358	0.098
	2.455	0.090
	2.552	0.083
	2.648	0.077
	2.745	0.072
	2.841	0.067
	2.938	0.063
	3.034	0.059
	3.131	0.055
	3.228	0.052
	3.324	0.049
	3.421	0.046
	3.517	0.044
	3.614	0.042
	3.710	0.039
	3.807	0.037
	3.903	0.036
	4.000	0.034

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1604 002</b>	REV. <b>A</b>

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

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

spinta sismica del sovraccarico accidentale M2	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. M2 (Wood)	583.45 kN
sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MS (Wood)	501.76 kN
sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MD (Wood)	501.76 kN
forza d'inerzia del sovraccarico accidentale M2	388.96 kN
forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MS	388.96 kN
forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MD	388.96 kN
spinta sismica del sovraccarico ballast M2	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 M2 (Wood)	233.93 kN
sovraspinta sismica orizzontale ballast MS (Wood)	142.01 kN
sovraspinta sismica orizzontale ballast MD (Wood)	142.01 kN

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

#### 4.7.12 Forze inerziali dovute al sisma

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1604 002</b>	REV. <b>A</b>

$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro 2	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro 2	0.00 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro parag front	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro parag front	0.00 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro laterale sx	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro laterale sx	0.00 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro paragh laterale sx	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro paragh laterale sx	0.00 kN
$F_{h,mtest} = k_h * W_{mtest}$	forza d'inerzia orizz del muro frontale	748.34 kN
$F_{v,mtest} = k_v * W_{mtest}$	forza d'inerzia vert del muro frontale	374.17 kN
$F_{h,prg} = k_h * W_{prg}$	forza d'inerzia orizz del paraghiaia	84.65 kN
$F_{v,prg} = k_v * W_{prg}$	forza d'inerzia vert del paraghiaia	42.32 kN
$F_{h,Ma} = k_h * W_{Ma}$	forza d'inerzia orizz del muro andatore ( $y < 0$ )	284.02 kN
$F_{v,Ma} = k_v * W_{Ma}$	forza d'inerzia vert del muro andatore ( $y < 0$ )	142.01 kN
$F_{h,Ma} = k_h * W_{Ma}$	forza d'inerzia orizz del muro andatore ( $y > 0$ )	284.02 kN
$F_{v,Ma} = k_v * W_{Ma}$	forza d'inerzia vert del muro andatore ( $y > 0$ )	142.01 kN
$F_{h,Map} = k_h * W_{map}$	forza d'inerzia orizz del muro 1	0.00 kN
$F_{v,Map} = k_v * W_{map}$	forza d'inerzia vert del muro 1	0.00 kN
$F_{h,Map} = k_h * W_{map}$	forza d'inerzia orizz del muro 2	0.00 kN
$F_{v,Map} = k_v * W_{map}$	forza d'inerzia vert del muro 2	0.00 kN
$F_{h,fond} = k_h * W_{sol}$	forza d'inerzia orizz della soletta	502.72 kN
$F_{v,fond} = k_v * W_{sol}$	forza d'inerzia vert della soletta	251.36 kN

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

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

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

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

#### 4.7.13 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

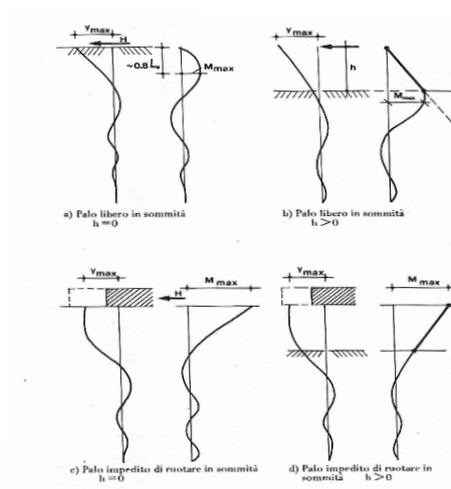
$N, M_l, M_t$  sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata,  $n$  è il numero di pali e  $J_l, J_t$  sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

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

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

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

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



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

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

#### 4.7.14 Riepilogo risultati

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

Carico	Elemento	Azioni agenti sulla spalla					
		Fy (KN)	-Fx (KN)	Fz (KN)	x (m)	y (m)	z (m)
Peso proprio	muro frontale	0	0	-4466	2.60	0.00	5.00
	paraghiaia frontale	0	0	-505	1.80	0.00	9.48
	muro sinistro	0	0	-1695	-2.10	-6.25	5.87
	muro 1	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	-	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	muro destro	0	0	-1695	-2.10	6.25	5.87
	muro 2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	soletta	0	0	-3000	-2.10	0.00	8.34
	platea	0	0	-9200	0.00	0.00	1.00
	terr riemp su platea	0	0	0	-5.75	0.00	5.87
Spinte statiche M1 (k0)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	3.65
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-5.65	4.58
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	5.65	4.58
Spinte statiche M1 (ka)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	3.65
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-5.65	4.58
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	5.65	4.58
Spinte statiche M2 (k0)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	3.65
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-5.65	4.58
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	5.65	4.58
Spinte statiche M2 (ka)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	3.65
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-5.65	4.58
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	5.65	4.58
Δ Spinte sismiche Mononobe-Okabe D Spinte sismiche Wood	sovraspinta sismica su MF	0	0	0	-5.75	0.00	5.48
	sovraspinta sismica su MS	0.0	0	0	-2.10	-5.65	5.87
	sovraspinta sismica su MD	0.0	0	0	-2.10	5.65	5.87
Spinte statiche sovraccarico ballast M1	spinta oriz sovrac su MF	0	-294	0	-5.75	0.00	5.48
	spinta oriz sovrac su MS	326	0	0	-2.10	0.00	6.48
	spinta oriz sovrac su MD	-326	0	0	-2.10	0.00	6.48
	peso sovraccarico su platea	0	0	-1500	0.00	0.00	10.95
Spinte statiche sovraccarico ballast M2	spinta oriz sovrac su MF	0	-360	0	-5.75	0.00	5.48
	spinta oriz sovrac su MS	398	0	0	-2.10	0.00	6.48
	spinta oriz sovrac su MD	-398	0	0	-2.10	0.00	6.48
	spinta sovraccarico su platea	0	0	-1500	0.00	0.00	10.95
Spinte sismiche sovraccarico ballast Mononobe-Okabe / Wood	spinta oriz sovrac su MF	0	-234	0	-5.75	0.00	5.48
	spinta oriz sovrac su MS	142	0	0	-5.75	0.00	5.87
	spinta oriz sovrac su MD	-142	0	0	-5.75	0.00	5.87
Inerzie X sovraccarico ballast	spinta oriz sovrac su MF	0	-156	0	-5.75	0.00	5.87
	spinta oriz sovrac su MS	156	0	0	-5.75	-5.65	5.87
	spinta oriz sovrac su MD	-156	0	0	-2.10	5.65	5.87
Spinte statiche sovraccarico M1	spinta oriz sovrac su MF	0	-733	0	-5.75	0.00	5.48
	spinta oriz sovrac su MS	1151	0	0	-2.10	-5.65	6.48
	spinta oriz sovrac su MD	-1151	0	0	-2.10	5.65	6.48
	peso sovraccarico su platea	0	0	-5301	-5.75	0.00	10.95
Spinte statiche sovraccarico M2	spinta oriz sovrac su MF	0	-897	0	-5.75	0.00	5.48
	spinta oriz sovrac su MS	1407	0	0	-2.10	-5.65	6.48
	spinta oriz sovrac su MD	-1407	0	0	-2.10	5.65	6.48
	spinta sovraccarico su platea	0	0	-5301	-5.75	0.00	10.95
Spinte sismiche sovraccarico accidentale Mononobe-Okabe / Wood	spinta oriz sovrac su MF	0	-583	0	-5.75	0.00	5.48
	spinta oriz sovrac su MS	502	0	0	-2.10	-5.65	6.48
	spinta oriz sovrac su MD	-502	0	0	-2.10	5.65	6.48

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

Inerzie X sovraccarico accidentale	spinta orizz. sovracc. su MF	0	-389	0	-5.75	0.00	5.87
	spinta orizz. sovracc. su MS	389	0	0	-5.75	-5.65	5.87
	spinta orizz. sovracc. su MD	-389	0	0	-5.75	5.65	5.87
Inerzia X spalla	muro frontale	0	-748	-374	2.60	0.00	5.00
	paraghiaia frontale	0	-85	-42	1.80	0.00	9.48
	muro sinistro	0	-284	-142	-2.10	0.00	5.87
	muro 1	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	muro destro	0	-284	-142	-2.10	0.00	5.87
	muro 2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	soletta	0	-503	-251	-2.10	0.00	8.34
	platea	0	-1542	-771	0.00	0.00	1.00
Inerzia X terre	Ter di riemp. inf MF	0	0	0	-5.75	0.00	5.00
	Ter di riemp. sup TPF	0	0	0	-5.75	0.00	9.48
	Ter di riemp. inf MD	0	0	0	-5.75	0.00	5.87
	Ter di riemp. sup TPD	0	0	0	-5.75	0.00	8.34
	Ter di riemp. inf MS	0	0	0	-5.75	0.00	5.87
	Ter di riemp. sup TPS	0	0	0	-5.75	0.00	0.00
Inerzia Y spalla	muro frontale	748	0	-374	2.60	0.00	5.00
	paraghiaia frontale	85	0	-42	1.80	0.00	9.48
	muro sinistro	284	0	-142	-2.10	0.00	5.87
	muro 1	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	muro destro	284	0	-142	-2.10	0.00	5.87
	muro 2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	soletta	503	0	-251	-2.10	0.00	8.34
	platea	1542	0	-771	0.00	0.00	1.00
Inerzia Y terre	Ter di riemp. inf MF	0	0	0	-5.75	0.00	5.00
	Ter di riemp. sup TPF	0	0	0	-5.75	0.00	9.48
	Ter di riemp. inf MD	0	0	0	-5.75	0.00	5.87
	Ter di riemp. sup TPD	0	0	0	-5.75	0.00	8.34
	Ter di riemp. inf MS	0	0	0	-5.75	0.00	5.87
	Ter di riemp. sup TPS	0	0	0	-5.75	0.00	0.00
Azioni da impalcato	permanenti strutturali	0.00	0.00	-3463.50	2.80	0.00	8.45
	permanenti non strutturali	0.00	0.00	-2302.80	2.80	0.00	8.45
	altre azioni permanenti	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	distorsioni e presollecitazioni	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	Ritiro	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	variazioni termiche	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	viscosità	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	carichi mobili	0.00	0.00	-3981.07	2.80	0.00	8.45
	frenatura	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	azione centrifuga	97.11	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	serpeggio	110.00	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	vento ponte scarico	230.06	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	vento ponte carico	<b>234.89</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.80</b>	<b>0.00</b>	<b>8.45</b>
	sisma (direzione y) carichi permanenti	1099.59	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	sisma (direzione x) carichi permanenti	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
	sisma (direzione Z) carichi permanenti	0.00	0.00	-549.79	2.80	0.00	8.45
	resistenze parassite	0.00	-180.49	0.00	2.80	0.00	8.45
	attrito carichi mobili	0.00	-159.24	0.00	2.80	0.00	8.45
	azione laterale	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45
altre azioni variabili (acc. servizio)	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	8.45	
Inerzia X permanente/accidentale impalcato	Inerzia X permanente impalcato	0.00	-1160.66	-290.16	2.80	0.00	8.45
	Inerzia X sovraccarico accidentale da impalcato	0.00	-1334.10	-333.53	2.80	0.00	8.45

Figura 4-21: 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 LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

## 4.8 Sollecitazioni

### 4.8.1 Plinto di fondazione

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

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

<b>REAZIONI INTRADOSSO BARICENTRO PLATEA DI FONDAZIONE SPALLA</b>					
<b>Combinazioni</b>	<b>Ty [kN]</b>	<b>Tx [kN]</b>	<b>N [kN]</b>	<b>Mx [kNm]</b>	<b>My [kNm]</b>
<b>1_A1+M1+R3</b>	362	1979	-51597	-7342	7969
<b>2_A1+M1+R3</b>	362	1979	-43911	-7342	52162
<b>1_A2+M2+R2</b>	-	-	-	-	-
<b>2_A2+M2+R2</b>	-	-	-	-	-
<b>sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto</b>	2047	7177	-25853	-11970	55070
<b>sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso</b>	2047	7177	-28669	-11970	57075
<b>sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto</b>	6715	2411	-25853	-39258	27432
<b>sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso</b>	6715	2411	-28669	-39258	29437
<b>sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X</b>	2047	2411	-33491	-11970	26796
<b>sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X</b>	2047	2411	-25619	-11970	26050
<b>1_SLE rara</b>	244	1367	-37110	-4986	5930
<b>2_SLE rara</b>	244	1367	-31809	-4986	36408
<b>1_SLE frequente</b>	83	1367	-36314	-2194	3397
<b>2_SLE frequente</b>	83	1367	-31013	-2194	33875
<b>SLE quasi permanente</b>	0	634	-27828	0	19728

Figura 4-22: Sollecitazioni ad intradossso del baricentro fondazione

#### 4.9 Pali di fondazione

Sforzi sui Pali di Fondazione per ciascuna combinazione di carico

Sforzo normale su singolo palo =  $N_{i,j} = N/n^{\circ}pali - M \text{ long} / \sum x^2 \cdot x_i - M \text{ trasv} / \sum y^2 \cdot y_i$   
 Sforzo di Taglio orizzontale su singolo palo =  $H_{i,j} = (V \text{ long}^2 + V \text{ trasv}^2)^{0.5} / n^{\circ}pali$

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

Combinazioni	N	MI	Mt	VI	Vt	n	V	M
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]		[-]	[kN]
1_A1+M1+R3	51597	7969	-7342	1979	362	12	168	518
2_A1+M1+R3	43911	52162	-7342	1979	362	12	168	518
1_A2+M2+R2	40571	6819	-6345	1968	313	12	166	513
2_A2+M2+R2	33946	44917	-6345	1968	313	12	166	513
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	25853	55070	-11970	7177	2047	12	622	1921
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	28669	57075	-11970	7177	2047	12	622	1921
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	25853	27432	-39258	2411	6715	12	595	1837
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	28669	29437	-39258	2411	6715	12	595	1837
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	33491	26796	-11970	2411	2047	12	264	814
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	25619	26050	-11970	2411	2047	12	264	814
1_SLE rara	37110	5930	-4986	1367	244	12	116	358
2_SLE rara	31809	36408	-4986	1367	244	12	116	358
1_SLE frequente	36314	3397	-2194	1367	83	12	114	353
2_SLE frequente	31013	33875	-2194	1367	83	12	114	353
SLE quasi permanente	27828	19728	0	634	0	12	53	163

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
palo1	palo2	palo3	palo4	palo5	palo6	palo7	palo8	palo9	palo10	palo11	palo12
Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
[kN]	[kN]	[kN]									
4684	4575	4467	4358	4463	4354	4245	4137	4242	4133	4024	3915
5271	5163	5054	4945	3822	3714	3605	3496	2373	2265	2156	2047
3711	3617	3523	3429	3522	3428	3334	3240	3332	3239	3145	3051
4217	4123	4029	3935	2970	2876	2782	2688	1722	1628	1534	1440
3950	3773	3595	3418	2420	2243	2066	1888	891	713	536	359
4240	4063	3886	3708	2655	2478	2300	2123	1070	892	715	538
3789	3207	2626	2044	3027	2445	1864	1282	2265	1683	1102	520
4079	3498	2916	2334	3261	2680	2098	1517	2444	1862	1281	699
3801	3624	3447	3269	3057	2880	2702	2525	2313	2135	1958	1781
3124	2947	2770	2593	2401	2224	2046	1869	1677	1500	1323	1145
3368	3294	3220	3146	3203	3129	3056	2982	3039	2965	2891	2817
3773	3699	3625	3551	2762	2688	2614	2540	1750	1676	1603	1529
3169	3137	3104	3072	3075	3042	3010	2977	2981	2948	2916	2883
3574	3542	3509	3477	2633	2601	2568	2536	1692	1660	1627	1595
2867	2867	2867	2867	2319	2319	2319	2319	1771	1771	1771	1771

Figura 4-23: sollecitazioni agenti sui pali di fondazione

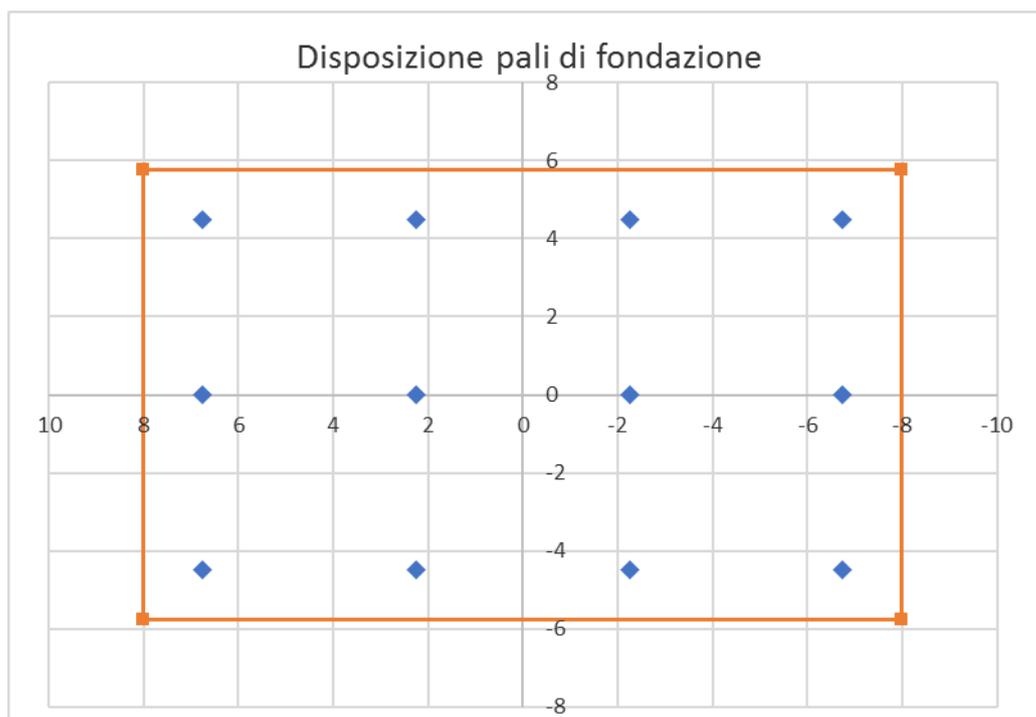


Figura 4-24 - disposizione dei pali di fondazione

#### 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 LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1604 002</b>	REV. <b>A</b>

#### 4.10.1 Palo di fondazione L= 19 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:

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.08925 \text{ (vedi relazione geotecnica generale)}$$

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\varnothing$  1500 mm

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

La lunghezza del palo è pari a L = 19 m

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

NOME SEZIONE: Palo\_19m\_VI16\_SPA

Descrizione Sezione:

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>

Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito  
 Coeff. Aderenza istantaneo  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 1.00  
 Coeff. Aderenza differito  $\beta_1 \cdot \beta_2$ : 0.50  
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C25/30

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

### DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.9	40	30
2	0.0	0.0	59.9	40	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	5271.00	518.00	0.00	0.00	0.00
2	2047.00	518.00	0.00	0.00	0.00
3	4240.00	1921.00	0.00	0.00	0.00
4	359.00	1921.00	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	3773.00	358.00	0.00

2                      1529.00                      358.00                      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	3350.00	353.00 (2264.01)	0.00 (0.00)
2	1606.00	353.00 (42400.65)	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	2867.00	163.00 (2166.61)	0.00 (0.00)
2	1771.00	163.00 (1811.19)	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:                      3.0 cm

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

Ver                      S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N                      Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx                      Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My                      Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res                      Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res                      Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res                      Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic.                      Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=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	5271.00	518.00	0.00	5271.09	11573.81	0.00	22.34	565.5(53.0)
2	S	2047.00	518.00	0.00	2047.01	11067.71	0.00	21.37	565.5(53.0)
3	S	4240.00	1921.00	0.00	4240.09	11443.34	0.00	5.96	565.5(53.0)
4	S	359.00	1921.00	0.00	358.85	10703.20	0.00	5.57	565.5(53.0)

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

ec max                      Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	50 di 95

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	0.00301	0.0	65.9	-0.00414	0.0	-65.9
2	0.00350	0.0	75.0	0.00294	0.0	65.9	-0.00523	0.0	-65.9
3	0.00350	0.0	75.0	0.00299	0.0	65.9	-0.00446	0.0	-65.9
4	0.00350	0.0	75.0	0.00289	0.0	65.9	-0.00593	0.0	-65.9

**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	0.000054247	-0.000568531	----	----
2	0.000000000	0.000061927	-0.001144555	----	----
3	0.000000000	0.000056474	-0.000735584	----	----
4	0.000000000	0.000066911	-0.001518328	----	----

**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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] 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	2.09	0.0	0.0	13.1	0.0	-65.9	----	----
2	S	1.23	0.0	0.0	0.3	0.0	-65.9	0	0.0

**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	1.92	0.0	0.0	10.8	0.0	-65.9	----	----
2	S	1.25	0.0	0.0	0.8	0.0	-65.9	0	0.0

**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 SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	51 di 95

kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 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 * (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	-0.00037	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2264.01	0.00
2	S	0.00000	0	----	.0	76	0.00000 (0.00000)	0	0.001 (0.20)	42400.65	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	1.39	0.0	0.0	12.6	0.0	-65.9	----	----
2	S	0.97	0.0	0.0	6.3	0.0	-65.9	----	----

**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	-0.00040	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2166.61	0.00
2	S	-0.00054	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1811.19	0.00

#### 4.10.1.1 Verifica a taglio palo di fondazione

##### 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 resistente (larghezza minima d')

d  mm altezza utile della sezione

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

##### Caratteristiche armature

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

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

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

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

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

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

##### Caratteristiche sollecitazioni

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

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

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

##### Dati traliccio resistente

θ  ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

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

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

Sì

No

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

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

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

##### Valore di verifica del taglio resistente

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

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

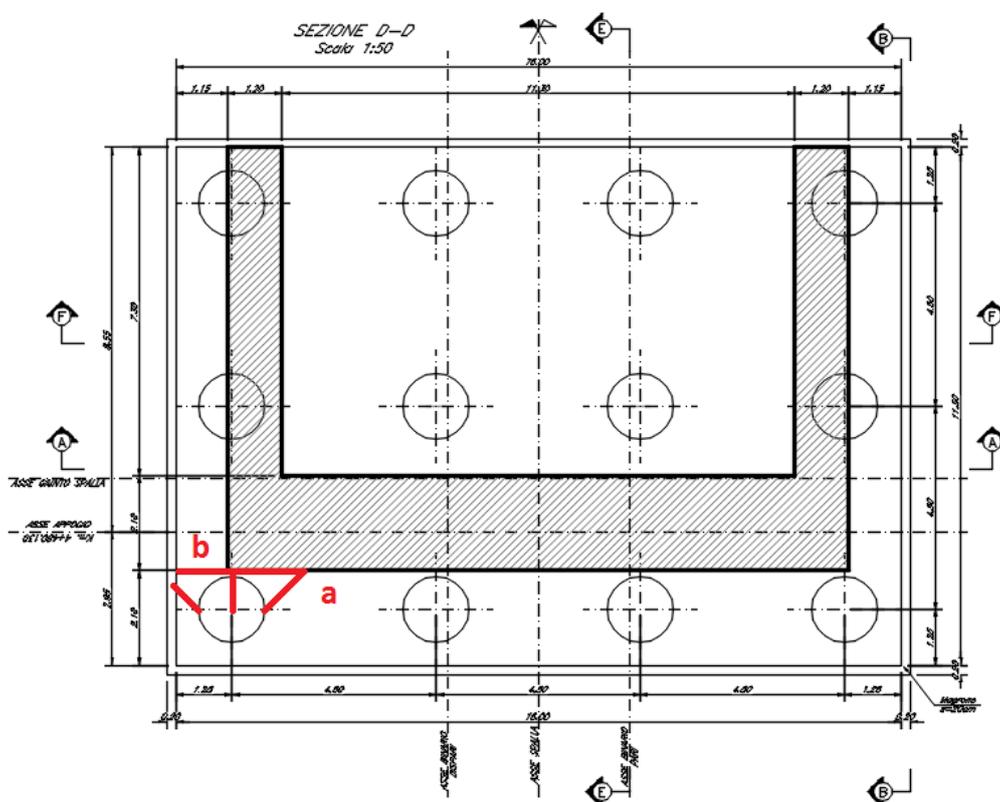
V<sub>Rd</sub>  KN > V<sub>Ed</sub>  KN

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

#### 4.10.2 Plinto di fondazione

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

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



#### Dati di progetto

b	3	[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>	5271	[kN]	carico risultante VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub>	622	[kN]	carico risultante ORIZZONTALE sulla fascia di dim b

#### Caratteristiche Materiali

Calcestruzzo 28 35 classe di resistenza calcestruzzo

$R_{ck}$	35	[MPa]	
$f_{ck}$	29.05	[MPa]	
$\gamma_c$	1.5	[-]	
$\alpha_{cc}$	0.85	[-]	
$f_{cd}$	16.46	[MPa]	
$f'_{cd}$	8.23	[MPa]	
<u>Acciaio</u>	B 450 C		classe di resistenza barre
$f_{yk}$	450	[MPa]	
$\gamma_s$	1.15	[-]	
$f_{yd}$	391.30	[MPa]	

#### Armatura di estradosso

##### *1° strato di armatura*

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

##### *2° strato di armatura*

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

#### Armatura di intradosso

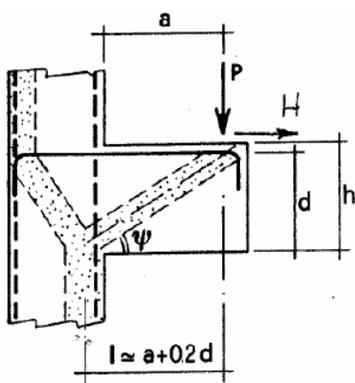
##### *1° strato di armatura*

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

### VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTO.



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

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

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

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

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

#### CONDIZIONI DI VERIFICA

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

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

a	850	[mm]	distanza P da incastro
$h_c$	2000	[mm]	spessore mensola
d	1915	[mm]	altezza utile
z	1723.5	[mm]	braccio forze interne
b	3000	[mm]	dimensione trasversale di verifica
$a_c$	1233	[mm]	$a + 0.2d$
e	7	[mm]	
$a'_c$	1240	[mm]	$(a + 0.2d) + e$
$\psi$	54.27	[°]	0.947
$\lambda$	0.72	[-]	$\cotg \psi$
$A_s$	31808.63	[mm <sup>2</sup> ]	area armatura longitudinale tesa

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

Sbalzi di piastre non provviste di staffatura

c 1 [-]

$P_{Rs}$	16435.59	[kN]	$P_{Rs} > P_{Ed}$
$P_{Rc}$	24926.28	[kN]	$P_{Rc} > P_{Rs}$
$P_R$	16435.59	[kN]	$\min(P_{Rc}; P_{Rs})$

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

#### 4.10.3 Verifiche locali soletta e piedritti

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

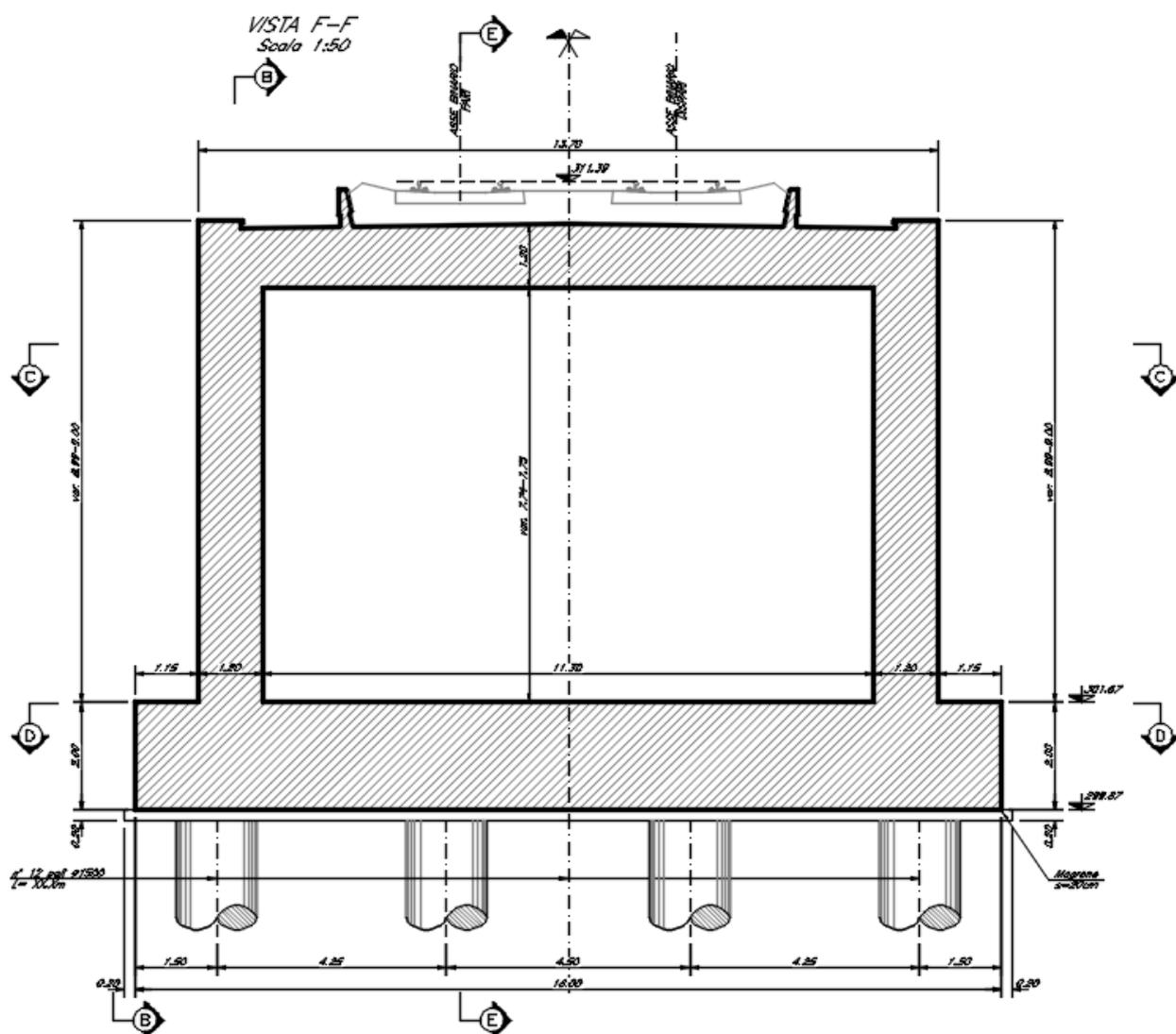


Figura 4-25 - Dettaglio sezione trasversale spalla B

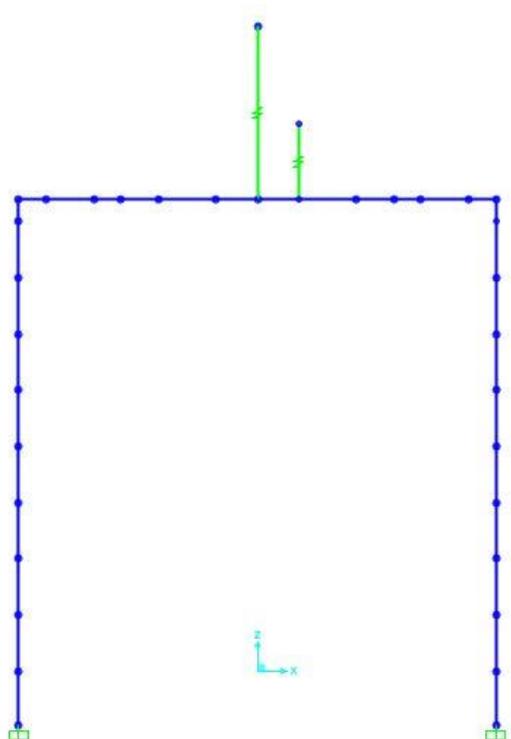
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

#### 4.10.3.1 Caratteristiche geometriche del telaio

Profondità della striscia di telaio	b	1.00	m	
Altezza piedritto sinistro PS	hps	9.65	m	<i>Valutata secondo la linea d'asse</i>
Altezza piedritto destro PD	hpd	9.65	m	<i>Valutata secondo la linea d'asse</i>
Spessore piedritti	sp	1.20	m	
Spessore soletta	ss	0.80	m	
Interasse piedritti	ip	12.50	m	<i>Valutata secondo la linea d'asse</i>

#### 4.10.2.2 Modello di calcolo

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



**Figura 4-26 - Schema modello di calcolo**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

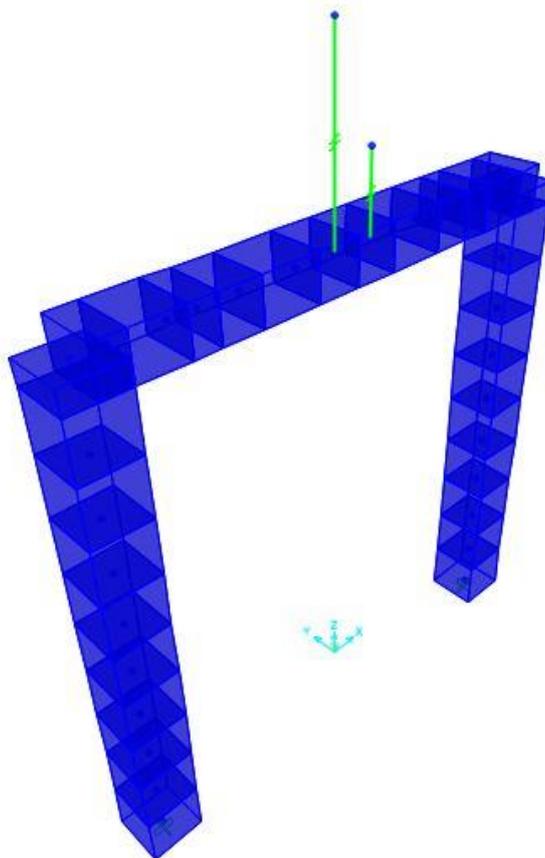


Figura 4-27 - Vista estrusa modello di calcolo

#### 4.10.3.2 Analisi dei carichi

##### 4.10.3.2.1 **Peso proprio**

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

##### 4.10.3.2.2 **Sovraccarico permanente (ballast)**

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

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

#### 4.10.3.2.3 Carichi variabili

##### Coefficiente di incremento dinamico

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

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

**Figura 4-28 - Estratto Manuale di Progettazione RFI**

Si considera il caso di portale a luce singola, per il quale vale la seguente espressione:

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

in cui  $n=3$ .

Considerando le linee d'asse, risulta:

$L_1$	9.65	m	Altezza piedritto di sinistra
$L_2$	12.60	m	Lunghezza soletta
$L_3$	9.65	m	Altezza piedritto di destra

Da cui:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

$L_m$	10.63	m
$k$	1.3	m
$L_\phi$	13.82	m

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

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,20} + 0,73 = 1.34$$

#### Larghezza di diffusione trasversale

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

$L_{traversa}$	2.40	m	Lunghezza traversa
$S_{ballast}$	0.80	m	Spessore del ballast
$S_{soletta}$	1.20	m	Spessore della soletta
$L_{vasca}$	8.50	m	Lunghezza vasca porta ballast

$$L_{tr,treno} = L_{traversa} + 2 \cdot \frac{S_{ballast}}{4} + 2 \cdot \frac{S_{soletta}}{2} = 4.00 \text{ m}$$

$$L_{tr,ballast} = L_{vasca} + 2 \cdot \frac{S_{soletta}}{2} = 9.70 \text{ m}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI16 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

### Sovraccarico accidentale mobile

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

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

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

$$\alpha = 1.1$$

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

$$Q_{vk} = 57.75 \text{ kN/m}^2$$

Tale carico viene introdotto nel modello con la dicitura  $Q_{acc}$ .

Ai lati del telaio si ha un carico uniformemente distribuito sui piedritti dovuto alla spinta del sovraccarico accidentale, calcolato come  $k_0q$ , pari a 22.18 kN/m.

### **4.10.3.2.4 Azioni climatiche**

#### Azioni termiche uniformi

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

#### Azioni termiche differenziali

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

#### Ritiro

Si considera una variazione termica uniforme equivalente  $\Delta T = -11.10^\circ\text{C}$  sulla soletta superiore. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni nell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e D.M.17-01-2018.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	62 di 95

**Cls a t=0**

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

$E_{cm} = 33345764 \text{ kN/m}^2$

**Tempo e ambiente**

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

Coefficiente di viscosità  $\phi(t, t_0)$  e modulo elastico ECt a tempo "t"

$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t, t_0) = 2.103$

$\phi_0 = \phi_{RH} \beta_{\chi}(f_{cm}) \beta_{\chi}(t_0) = 2.137$  coefficiente nominale di viscosità

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

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

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

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

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

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

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

S	-1
N	0
R	1

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

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

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

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

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

Deformazione di Ritiro

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

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

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

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

Valori di  $k_h$

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

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

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

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

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

$$RH0 = 100 \%$$

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

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

$$\varepsilon_{ia}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca,0} = 0.000055 \text{ deformazione dovuta al ritiro autogeno}$$

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

$$\varepsilon_{ca,0} = 2.5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = 0.000055$$

Variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

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

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A	FOGLIO 64 di 95

#### 4.10.3.2.5 Azioni sismiche

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

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 001	REV. A

#### 4.10.3.3 Carichi elementari e loro combinazioni

##### Condizioni di carico elementari

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

### Combinazioni di carico per le sezioni di verifica

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

L'immagine seguente fa riferimento ad una spalla tipo.

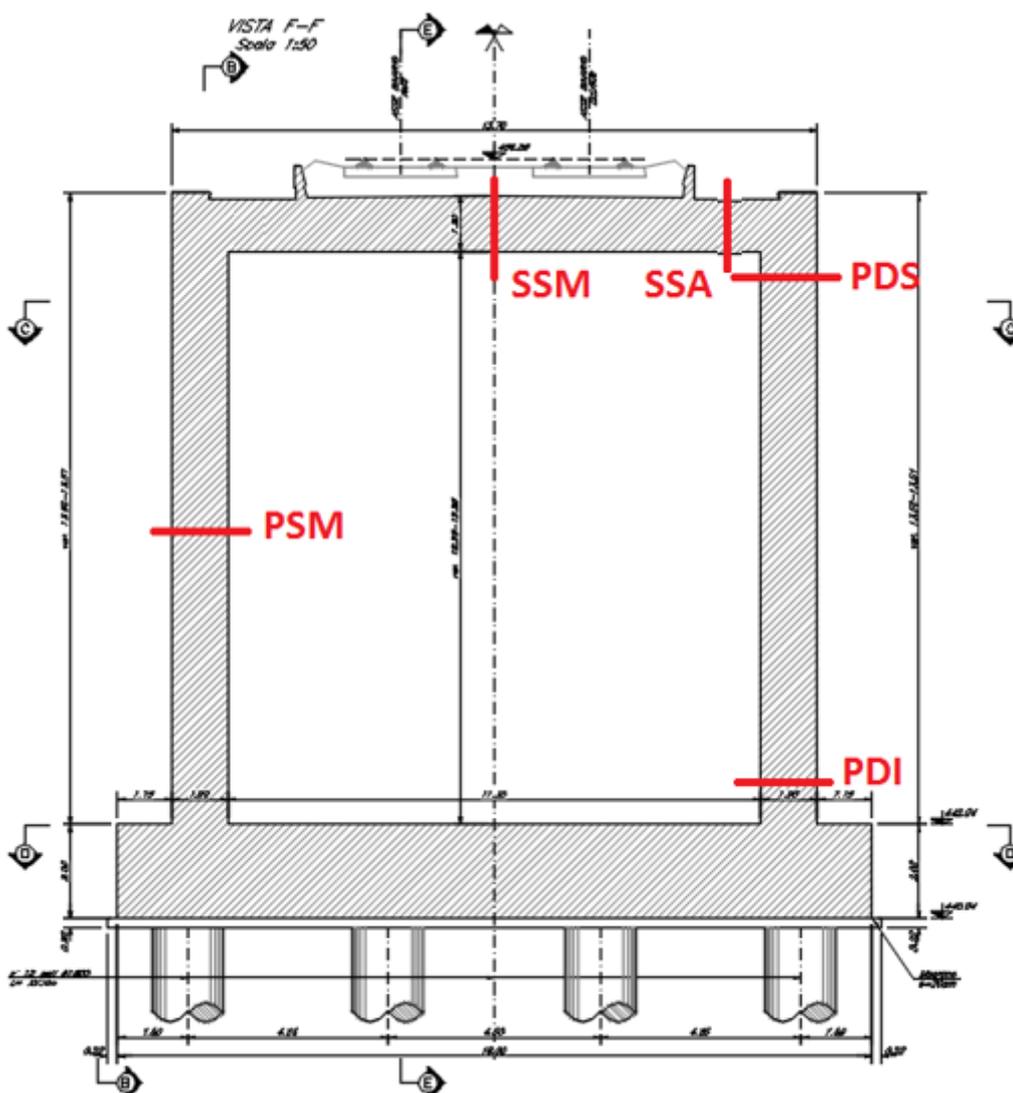


Figura 4-29 - Evidenziazione sezioni di verifica

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	67 di 95

**TABLE:**

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

**TABLE:**

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

#### 4.10.3.4 Tabelle riassuntive: sollecitazioni massime

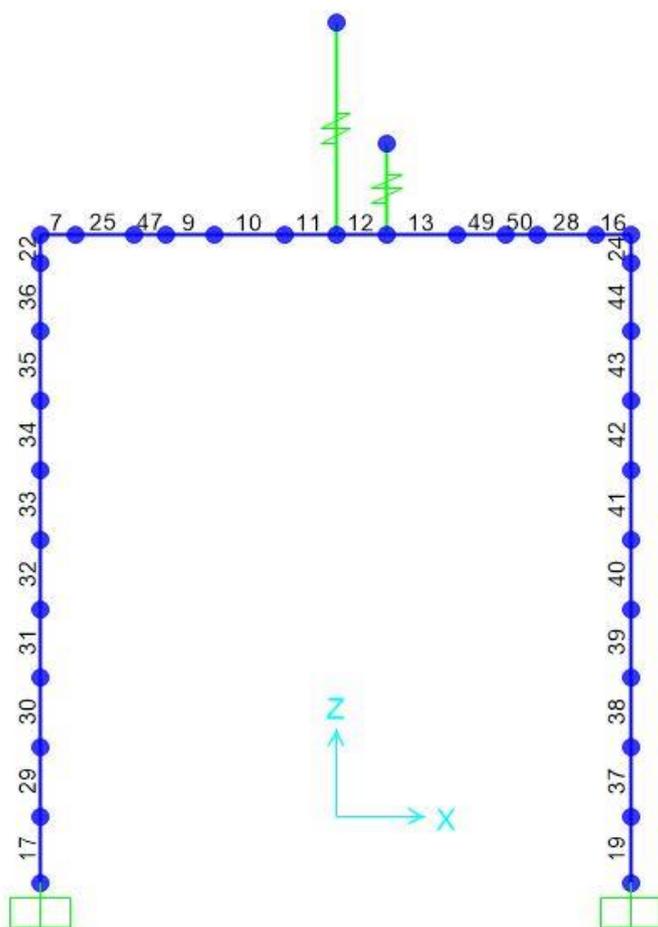
Si riporta un prospetto riassuntivo delle massime sollecitazioni che si raggiungono in corrispondenza delle sezioni di verifica dei **piedritti**:

ELEM PDM	COMB	N	Mx	Vy	ELEM PDS	COMB	N	Mx	Vy	ELEM PDI	COMB	N	Mx	Vy
11	SLU_STATICA_1	683.3	322.7	145.3	12	SLU_STATICA_1	879.0	-1861.6	337.5	30	SLU_STATICA_1	1192.8	1673.3	574.8
		683.3	322.7	145.3			879.0	-1861.6	337.5			1192.8	1673.3	574.8
11	SLU_STATICA_2	666.5	149.4	69.7	12	SLU_STATICA_2	576.8	-1161.5	267.1	30	SLU_STATICA_2	890.6	908.7	267.1
		666.5	149.4	69.7			576.8	-1161.5	267.1			890.6	908.7	267.1
11	SLU_STATICA_3	551.8	88.0	-68.6	12	SLU_STATICA_3	372.5	-391.9	68.6	30	SLU_STATICA_3	686.3	140.0	68.6
		551.8	88.0	-68.6			372.5	-391.9	68.6			686.3	140.0	68.6
11	SLU_SISMICA_1	278.4	245.7	159.6	12	SLU_SISMICA_1	175.0	131.3	228.3	30	SLU_SISMICA_1	405.9	1103.1	317.2
		510.8	-89.7	-219.7			405.2	-1097.8	-62.8			639.2	-533.2	-86.3
11	SLU_SISMICA_2	278.4	245.7	159.6	12	SLU_SISMICA_2	175.0	131.3	228.3	30	SLU_SISMICA_2	405.9	1103.1	317.2
		510.8	-89.7	-219.7			405.2	-1097.8	-62.8			639.2	-533.2	-86.3
11	SLU_SISMICA_3	329.5	143.9	36.7	12	SLU_SISMICA_3	227.0	-247.5	133.0	30	SLU_SISMICA_3	456.4	552.6	187.9
		459.7	12.1	-96.7			353.2	-719.1	32.5			588.7	17.3	43.1
11	SLU_SISMICA_4	329.5	143.9	36.7	12	SLU_SISMICA_4	227.0	-247.5	133.0	30	SLU_SISMICA_4	456.4	552.6	187.9
		459.7	12.1	-96.7			353.2	-719.1	32.5			588.7	17.3	43.1
11	SLE_RARA_1	519.6	219.3	76.1	12	SLE_RARA_1	605.1	-1229.0	211.6	30	SLE_RARA_1	837.5	1045.3	375.3
		519.6	219.3	76.1			605.1	-1229.0	211.6			837.5	1045.3	375.3
11	SLE_RARA_2	498.1	109.4	35.8	12	SLE_RARA_2	406.6	-778.7	173.2	30	SLE_RARA_2	639.0	563.6	173.2
		498.1	109.4	35.8			406.6	-778.7	173.2			639.0	563.6	173.2
11	SLE_FREQ_1	533.1	210.6	57.7	12	SLE_FREQ_1	591.6	-1175.2	195.7	30	SLE_FREQ_1	824.0	975.8	359.4
		533.1	210.6	57.7			591.6	-1175.2	195.7			824.0	975.8	359.4
11	SLE_FREQ_2	505.7	106.4	24.6	12	SLE_FREQ_2	399.0	-744.5	163.4	30	SLE_FREQ_2	631.4	521.4	163.4
		505.7	106.4	24.6			399.0	-744.5	163.4			631.4	521.4	163.4
11	SLE_QP	403.0	64.4	-30.3	12	SLE_QP	281.7	-325.9	59.3	30	SLE_QP	514.1	133.5	59.3
		403.0	64.4	-30.3			281.7	-325.9	59.3			514.1	133.5	59.3

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

ELEM SSA	COMB	N	Mx	Vy	ELEM SSM	COMB	N	Mx	Vy
8	SLU_STATICA_1	319.1	-1553.0	830.4	9	SLU_STATICA_1	191.5	1429.5	187.5
		319.1	-1553.0	830.4			191.5	1429.5	187.5
8	SLU_STATICA_2	267.1	-997.5	528.3	9	SLU_STATICA_2	267.1	1117.3	204.3
		267.1	-997.5	528.3			267.1	1117.3	204.3
8	SLU_STATICA_3	68.6	-231.4	323.9	9	SLU_STATICA_3	68.6	728.9	0.0
		68.6	-231.4	323.9			68.6	728.9	0.0
8	SLU_SISMICA_1	-57.1	258.7	369.1	9	SLU_SISMICA_1	64.8	437.8	129.3
		217.5	-1007.3	139.1			95.7	396.3	-101.0
8	SLU_SISMICA_2	-57.1	258.7	369.1	9	SLU_SISMICA_2	64.8	437.8	129.3
		217.5	-1007.3	139.1			95.7	396.3	-101.0
8	SLU_SISMICA_3	32.4	-146.0	317.0	9	SLU_SISMICA_3	67.9	486.3	52.8
		128.0	-602.6	191.3			92.5	347.8	-24.5
8	SLU_SISMICA_4	32.4	-146.0	317.0	9	SLU_SISMICA_4	67.9	486.3	52.8
		128.0	-602.6	191.3			92.5	347.8	-24.5
8	SLE_RARA_1	198.9	-1005.3	569.1	9	SLE_RARA_1	132.9	1021.5	109.1
		198.9	-1005.3	569.1			132.9	1021.5	109.1
8	SLE_RARA_2	173.2	-654.9	370.6	9	SLE_RARA_2	173.2	794.6	130.6
		173.2	-654.9	370.6			173.2	794.6	130.6
8	SLE_FREQ_1	183.0	-950.1	555.6	9	SLE_FREQ_1	130.2	1021.2	95.6
		183.0	-950.1	555.6			130.2	1021.2	95.6
8	SLE_FREQ_2	163.4	-619.3	363.0	9	SLE_FREQ_2	163.4	787.4	123.1
		163.4	-619.3	363.0			163.4	787.4	123.1
8	SLE_QP	59.3	-208.6	245.7	9	SLE_QP	59.3	535.1	5.7
		59.3	-208.6	245.7			59.3	535.1	5.7

Nell'immagine seguente viene riportata la numerazione degli elementi frame assunta nel modello di calcolo.



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

#### 4.10.3.5 Verifiche

##### 4.10.3.5.1 Piedritti

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

Sezione		Armatura verticale		Armatura orizzontale	
PDI	1.00x1.20	$\phi 26/10$ (lato interno)	$\phi 26/20$ (lato esterno)	$\phi 18/20$ (lato interno)	$\phi 18/20$ (lato esterno)
PSM	1.00x1.20	$\phi 26/20$ (lato interno)	$\phi 26/20$ (lato esterno)	$\phi 18/20$ (lato interno)	$\phi 18/20$ (lato esterno)
PDS	1.00x1.20	$\phi 26/20$ (lato interno)	$\phi 26/10+ \phi 26/20$ (lato esterno)	$\phi 18/20$ (lato interno)	$\phi 18/20+ \phi 18/20$ (lato esterno)

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

#### Verifica a pressoflessione dei piedritti

Si riporta l'output della verifica a pressoflessione eseguita con il software RC-SEC delle sezioni PDI e PDS.

#### **DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.** **NOME SEZIONE: PDI\_25m\_VI16\_SPA**

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	72 di 95

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

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

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

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

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.2	50.7	26
2	-41.2	-50.7	26
3	41.2	50.7	26
4	41.2	-50.7	26

**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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	73 di 95

1	1	3	3	26
2	2	4	8	26

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1192.80	1673.30	0.00	0.00	0.00
2	1192.80	1673.30	0.00	0.00	0.00
3	890.60	908.70	0.00	0.00	0.00
4	890.60	908.70	0.00	0.00	0.00
5	686.30	140.00	0.00	0.00	0.00
6	686.30	140.00	0.00	0.00	0.00
7	405.90	1103.10	0.00	0.00	0.00
8	639.20	-533.20	0.00	0.00	0.00
9	405.90	1103.10	0.00	0.00	0.00
10	639.20	-533.20	0.00	0.00	0.00
11	456.40	552.60	0.00	0.00	0.00
12	588.70	17.30	0.00	0.00	0.00
13	456.40	552.60	0.00	0.00	0.00
14	588.70	17.30	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	837.50	1045.30	0.00
2	639.00	563.60	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	824.00	975.80 (769.23)	0.00 (0.00)
2	631.40	521.40 (849.01)	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	514.10	133.50 (3356.30)	0.00 (0.00)

### RISULTATI DEL CALCOLO

#### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1192.80	1673.30	0.00	1192.79	2774.20	0.00	1.65	79.6(36.0)
2	S	1192.80	1673.30	0.00	1192.79	2774.20	0.00	1.65	79.6(36.0)
3	S	890.60	908.70	0.00	890.44	2628.40	0.00	2.86	79.6(36.0)
4	S	890.60	908.70	0.00	890.44	2628.40	0.00	2.86	79.6(36.0)
5	S	686.30	140.00	0.00	686.13	2528.44	0.00	16.50	79.6(36.0)
6	S	686.30	140.00	0.00	686.13	2528.44	0.00	16.50	79.6(36.0)
7	S	405.90	1103.10	0.00	405.87	2389.63	0.00	2.16	79.6(36.0)
8	S	639.20	-533.20	0.00	638.91	-1455.16	0.00	2.77	79.6(36.0)
9	S	405.90	1103.10	0.00	405.87	2389.63	0.00	2.16	79.6(36.0)
10	S	639.20	-533.20	0.00	638.91	-1455.16	0.00	2.77	79.6(36.0)
11	S	456.40	552.60	0.00	456.38	2414.78	0.00	4.31	79.6(36.0)
12	S	588.70	17.30	0.00	588.64	2480.37	0.00	84.87	79.6(36.0)
13	S	456.40	552.60	0.00	456.38	2414.78	0.00	4.31	79.6(36.0)
14	S	588.70	17.30	0.00	588.64	2480.37	0.00	84.87	79.6(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.)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	75 di 95

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	0.00150	41.2	50.7	-0.02033	-41.2	-50.7
2	0.00350	50.0	60.0	0.00150	41.2	50.7	-0.02033	-41.2	-50.7
3	0.00350	50.0	60.0	0.00132	41.2	50.7	-0.02250	-41.2	-50.7
4	0.00350	50.0	60.0	0.00132	41.2	50.7	-0.02250	-41.2	-50.7
5	0.00350	50.0	60.0	0.00118	41.2	50.7	-0.02411	-41.2	-50.7
6	0.00350	50.0	60.0	0.00118	41.2	50.7	-0.02411	-41.2	-50.7
7	0.00350	50.0	60.0	0.00098	41.2	50.7	-0.02653	-41.2	-50.7
8	0.00350	-50.0	-60.0	0.00018	-41.2	-50.7	-0.03606	41.2	50.7
9	0.00350	50.0	60.0	0.00098	41.2	50.7	-0.02653	-41.2	-50.7
10	0.00350	-50.0	-60.0	0.00018	-41.2	-50.7	-0.03606	41.2	50.7
11	0.00350	50.0	60.0	0.00102	41.2	50.7	-0.02608	-41.2	-50.7
12	0.00350	50.0	60.0	0.00111	41.2	50.7	-0.02492	-41.2	-50.7
13	0.00350	50.0	60.0	0.00102	41.2	50.7	-0.02608	-41.2	-50.7
14	0.00350	50.0	60.0	0.00111	41.2	50.7	-0.02492	-41.2	-50.7

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000215269	-0.009416116	----	----
2	0.000000000	0.000215269	-0.009416116	----	----
3	0.000000000	0.000234867	-0.010592027	----	----
4	0.000000000	0.000234867	-0.010592027	----	----
5	0.000000000	0.000249440	-0.011466395	----	----
6	0.000000000	0.000249440	-0.011466395	----	----
7	0.000000000	0.000271299	-0.012777945	----	----
8	0.000000000	-0.000357391	-0.017943437	----	----
9	0.000000000	0.000271299	-0.012777945	----	----
10	0.000000000	-0.000357391	-0.017943437	----	----
11	0.000000000	0.000267189	-0.012531329	----	----
12	0.000000000	0.000256764	-0.011905820	----	----
13	0.000000000	0.000267189	-0.012531329	----	----
14	0.000000000	0.000256764	-0.011905820	----	----

**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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.93	-50.0	60.0	-129.5	4.6	-50.7	2300	53.1
2	S	3.25	-50.0	60.0	-56.6	32.0	-50.7	2300	53.1

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.55	-50.0	60.0	-117.8	32.0	-50.7	2300	53.1
2	S	3.02	-50.0	60.0	-49.7	32.0	-50.7	2250	53.1

### 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
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00067	0	0.500	26.0	80	0.00035 (0.00035)	463	0.164 (0.20)	769.23	0.00
2	S	-0.00029	0	0.500	26.0	80	0.00015 (0.00015)	459	0.068 (0.20)	849.01	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.90	-50.0	60.0	-0.3	-13.7	-50.7	950	53.1

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	80	0.00000 (0.00000)	351	0.000 (0.20)	3356.30	0.00



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)  
VI16 – Viadotto Doppio Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	77 di 95

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: PDS\_VI16\_SPA

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

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

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

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

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.2	50.7	26
2	-41.2	-50.7	26



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA  
 TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)  
 VI16 – Viadotto Doppio Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	78 di 95

3	41.2	50.7	26
4	41.2	-50.7	26
5	41.2	45.7	26
6	-41.2	45.7	26

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	879.00	-1861.60	0.00	0.00	0.00
2	879.00	-1861.60	0.00	0.00	0.00
3	576.80	-1161.50	0.00	0.00	0.00
4	576.80	-1161.50	0.00	0.00	0.00
5	372.50	-391.90	0.00	0.00	0.00
6	372.50	-391.90	0.00	0.00	0.00
7	175.00	131.30	0.00	0.00	0.00
8	405.20	-1097.80	0.00	0.00	0.00
9	175.00	131.30	0.00	0.00	0.00
10	405.20	-1097.80	0.00	0.00	0.00
11	227.00	-247.50	0.00	0.00	0.00
12	353.20	-719.10	0.00	0.00	0.00
13	227.00	-247.50	0.00	0.00	0.00
14	353.20	-719.10	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
---------	---	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	79 di 95

1	605.10	-1229.00	0.00
2	406.60	-778.70	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	591.60	-1175.20 (-752.60)	0.00 (0.00)
2	399.00	-744.50 (-758.26)	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	281.70	-325.90 (-820.63)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 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	879.00	-1861.60	0.00	878.81	-3585.91	0.00	1.91	106.2(36.0)
2	S	879.00	-1861.60	0.00	878.81	-3585.91	0.00	1.91	106.2(36.0)
3	S	576.80	-1161.50	0.00	576.94	-3447.85	0.00	2.93	106.2(36.0)
4	S	576.80	-1161.50	0.00	576.94	-3447.85	0.00	2.93	106.2(36.0)
5	S	372.50	-391.90	0.00	372.60	-3352.48	0.00	8.29	106.2(36.0)
6	S	372.50	-391.90	0.00	372.60	-3352.48	0.00	8.29	106.2(36.0)
7	S	175.00	131.30	0.00	175.24	1256.77	0.00	10.02	106.2(36.0)
8	S	405.20	-1097.80	0.00	405.12	-3367.72	0.00	3.04	106.2(36.0)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	80 di 95

9	S	175.00	131.30	0.00	175.24	1256.77	0.00	10.02	106.2(36.0)
10	S	405.20	-1097.80	0.00	405.12	-3367.72	0.00	3.04	106.2(36.0)
11	S	227.00	-247.50	0.00	227.00	-3283.63	0.00	12.86	106.2(36.0)
12	S	353.20	-719.10	0.00	353.49	-3343.48	0.00	4.58	106.2(36.0)
13	S	227.00	-247.50	0.00	227.00	-3283.63	0.00	12.86	106.2(36.0)
14	S	353.20	-719.10	0.00	353.49	-3343.48	0.00	4.58	106.2(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	0.00185	-41.2	-50.7	-0.01609	41.2	50.7
2	0.00350	-50.0	-60.0	0.00185	-41.2	-50.7	-0.01609	41.2	50.7
3	0.00350	-50.0	-60.0	0.00172	-41.2	-50.7	-0.01771	41.2	50.7
4	0.00350	-50.0	-60.0	0.00172	-41.2	-50.7	-0.01771	41.2	50.7
5	0.00350	-50.0	-60.0	0.00162	-41.2	-50.7	-0.01892	41.2	50.7
6	0.00350	-50.0	-60.0	0.00162	-41.2	-50.7	-0.01892	41.2	50.7
7	0.00350	-50.0	60.0	0.00034	-41.2	50.7	-0.03408	-41.2	-50.7
8	0.00350	-50.0	-60.0	0.00163	-41.2	-50.7	-0.01873	41.2	50.7
9	0.00350	-50.0	60.0	0.00034	-41.2	50.7	-0.03408	-41.2	-50.7
10	0.00350	-50.0	-60.0	0.00163	-41.2	-50.7	-0.01873	41.2	50.7
11	0.00350	-50.0	-60.0	0.00154	-41.2	-50.7	-0.01985	41.2	50.7
12	0.00350	-50.0	-60.0	0.00161	-41.2	-50.7	-0.01904	41.2	50.7
13	0.00350	-50.0	-60.0	0.00154	-41.2	-50.7	-0.01985	41.2	50.7
14	0.00350	-50.0	-60.0	0.00161	-41.2	-50.7	-0.01904	41.2	50.7

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000176987	-0.007119221	----	----
2	0.000000000	-0.000176987	-0.007119221	----	----
3	0.000000000	-0.000191597	-0.007995830	----	----
4	0.000000000	-0.000191597	-0.007995830	----	----
5	0.000000000	-0.000202545	-0.008652726	----	----
6	0.000000000	-0.000202545	-0.008652726	----	----
7	0.000000000	0.000339492	-0.016869535	----	----
8	0.000000000	-0.000200789	-0.008547354	----	----
9	0.000000000	0.000339492	-0.016869535	----	----
10	0.000000000	-0.000200789	-0.008547354	----	----
11	0.000000000	-0.000210953	-0.009157169	----	----
12	0.000000000	-0.000203629	-0.008717743	----	----
13	0.000000000	-0.000210953	-0.009157169	----	----



**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**  
**NOME SEZIONE: SSM\_25m\_VI16\_SPA**

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

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

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

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.2	50.7	26
2	-41.2	-50.7	26

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	83 di 95

3	41.2	50.7	26
4	41.2	-50.7	26
5	41.2	-45.7	26
6	-41.2	-45.7	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	191.50	1429.50	0.00	0.00	0.00
2	191.50	1429.50	0.00	0.00	0.00
3	267.10	1117.30	0.00	0.00	0.00
4	267.10	1117.30	0.00	0.00	0.00
5	68.60	728.90	0.00	0.00	0.00
6	68.60	728.90	0.00	0.00	0.00
7	64.80	437.80	0.00	0.00	0.00
8	95.70	396.30	0.00	0.00	0.00
9	64.80	437.80	0.00	0.00	0.00
10	95.70	396.30	0.00	0.00	0.00
11	67.90	486.30	0.00	0.00	0.00
12	92.50	347.80	0.00	0.00	0.00
13	67.90	486.30	0.00	0.00	0.00
14	92.50	347.80	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
---------	---	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	84 di 95

1	132.90	1021.50	0.00
2	173.20	794.60	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	130.20	1021.20 (692.79)	0.00 (0.00)
2	163.40	787.40 (704.71)	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	59.30	535.10 (690.35)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 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	191.50	1429.50	0.00	191.29	3266.64	0.00	2.28	106.2(36.0)
2	S	191.50	1429.50	0.00	191.29	3266.64	0.00	2.28	106.2(36.0)
3	S	267.10	1117.30	0.00	267.00	3302.64	0.00	2.94	106.2(36.0)
4	S	267.10	1117.30	0.00	267.00	3302.64	0.00	2.94	106.2(36.0)
5	S	68.60	728.90	0.00	68.80	3208.07	0.00	4.39	106.2(36.0)
6	S	68.60	728.90	0.00	68.80	3208.07	0.00	4.39	106.2(36.0)
7	S	64.80	437.80	0.00	64.54	3206.03	0.00	7.29	106.2(36.0)
8	S	95.70	396.30	0.00	95.42	3220.83	0.00	8.06	106.2(36.0)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	85 di 95

9	S	64.80	437.80	0.00	64.54	3206.03	0.00	7.29	106.2(36.0)
10	S	95.70	396.30	0.00	95.42	3220.83	0.00	8.06	106.2(36.0)
11	S	67.90	486.30	0.00	68.19	3207.78	0.00	6.57	106.2(36.0)
12	S	92.50	347.80	0.00	92.41	3219.38	0.00	9.17	106.2(36.0)
13	S	67.90	486.30	0.00	68.19	3207.78	0.00	6.57	106.2(36.0)
14	S	92.50	347.80	0.00	92.41	3219.38	0.00	9.17	106.2(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	0.00152	41.2	50.7	-0.02009	-41.2	-50.7
2	0.00350	50.0	60.0	0.00152	41.2	50.7	-0.02009	-41.2	-50.7
3	0.00350	50.0	60.0	0.00156	41.2	50.7	-0.01959	-41.2	-50.7
4	0.00350	50.0	60.0	0.00156	41.2	50.7	-0.01959	-41.2	-50.7
5	0.00350	50.0	60.0	0.00145	41.2	50.7	-0.02092	-41.2	-50.7
6	0.00350	50.0	60.0	0.00145	41.2	50.7	-0.02092	-41.2	-50.7
7	0.00350	50.0	60.0	0.00145	41.2	50.7	-0.02095	-41.2	-50.7
8	0.00350	50.0	60.0	0.00146	41.2	50.7	-0.02074	-41.2	-50.7
9	0.00350	50.0	60.0	0.00145	41.2	50.7	-0.02095	-41.2	-50.7
10	0.00350	50.0	60.0	0.00146	41.2	50.7	-0.02074	-41.2	-50.7
11	0.00350	50.0	60.0	0.00145	41.2	50.7	-0.02092	-41.2	-50.7
12	0.00350	50.0	60.0	0.00146	41.2	50.7	-0.02076	-41.2	-50.7
13	0.00350	50.0	60.0	0.00145	41.2	50.7	-0.02092	-41.2	-50.7
14	0.00350	50.0	60.0	0.00146	41.2	50.7	-0.02076	-41.2	-50.7

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000213083	-0.009284961	----	----
2	0.000000000	0.000213083	-0.009284961	----	----
3	0.000000000	0.000208561	-0.009013683	----	----
4	0.000000000	0.000208561	-0.009013683	----	----
5	0.000000000	0.000220593	-0.009735596	----	----
6	0.000000000	0.000220593	-0.009735596	----	----
7	0.000000000	0.000220855	-0.009751290	----	----
8	0.000000000	0.000218949	-0.009636950	----	----
9	0.000000000	0.000220855	-0.009751290	----	----
10	0.000000000	0.000218949	-0.009636950	----	----
11	0.000000000	0.000220631	-0.009737838	----	----
12	0.000000000	0.000219136	-0.009648159	----	----
13	0.000000000	0.000220631	-0.009737838	----	----



## Verifica a taglio dei piedritti

### 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 resistente (larghezza minima d')

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> 20826.4 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>c</sub> N/mm<sup>2</sup> tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

ctgθ<sub>lim</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

OCCORRE ARMARE A TAGLIO

Vengono inserite 9 spille Ø12 al metro quadro.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA <b>RS3T</b>	LOTTO <b>30 D 09</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI1604 002</b>	REV. <b>A</b>

#### 4.10.3.5.2 Soletta

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

Sezione		Armatura principale		Armatura secondaria	
SSA	1.00x1.20	$\phi 26/20$ (inferiore)	$\phi 26/10 + \phi 26/20$ (superiore)	$\phi 18/20$ (inferiore)	$\phi 18/20 + \phi 18/20$ (superiore)
SSM	1.00x1.20	$\phi 26/20 + \phi 26/10$ (inferiore)	$\phi 26/20$ (superiore)	$\phi 18/20 + \phi 18/20$ (inferiore)	$\phi 18/20$ (superiore)

#### Verifica a pressoflessione della soletta

Si riporta l'output della verifica a pressoflessione eseguita con il software RC-SEC delle sezioni di appoggio e di mezzera della soletta.

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: SSA\_VI16\_SPA

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

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

### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

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

### DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-41.2	50.7	26
2	-41.2	-50.7	26
3	41.2	50.7	26
4	41.2	-50.7	26
5	41.2	45.7	26
6	-41.2	45.7	26

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

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

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

N°Comb.	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
	N	Mx	My	Vy	Vx
1	319.10	-1553.00	0.00	0.00	0.00
2	319.10	-1553.00	0.00	0.00	0.00
3	267.10	-997.50	0.00	0.00	0.00
4	267.10	-997.50	0.00	0.00	0.00
5	68.60	-231.40	0.00	0.00	0.00
6	68.60	-231.40	0.00	0.00	0.00
7	-57.10	258.70	0.00	0.00	0.00
8	217.50	-1007.30	0.00	0.00	0.00
9	-57.10	258.70	0.00	0.00	0.00
10	217.50	-1007.30	0.00	0.00	0.00
11	32.40	-146.00	0.00	0.00	0.00
12	128.00	-602.60	0.00	0.00	0.00
13	32.40	-146.00	0.00	0.00	0.00
14	128.00	-602.60	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	198.90	-1005.30	0.00
2	173.20	-654.90	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	183.00	-950.10 (-702.46)	0.00 (0.00)
2	163.40	-619.30 (-713.35)	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	59.30	-208.60 (-716.54)	0.00 (0.00)

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	319.10	-1553.00	0.00	319.18	-3327.27	0.00	2.13 106.2(36.0)	
2	S	319.10	-1553.00	0.00	319.18	-3327.27	0.00	2.13 106.2(36.0)	
3	S	267.10	-997.50	0.00	267.00	-3302.64	0.00	3.29 106.2(36.0)	
4	S	267.10	-997.50	0.00	267.00	-3302.64	0.00	3.29 106.2(36.0)	
5	S	68.60	-231.40	0.00	68.80	-3208.07	0.00	13.72 106.2(36.0)	
6	S	68.60	-231.40	0.00	68.80	-3208.07	0.00	13.72 106.2(36.0)	
7	S	-57.10	258.70	0.00	-57.35	1142.48	0.00	4.24 106.2(36.0)	
8	S	217.50	-1007.30	0.00	217.66	-3279.18	0.00	3.24 106.2(36.0)	
9	S	-57.10	258.70	0.00	-57.35	1142.48	0.00	4.24 106.2(36.0)	
10	S	217.50	-1007.30	0.00	217.66	-3279.18	0.00	3.24 106.2(36.0)	
11	S	32.40	-146.00	0.00	32.34	-3190.56	0.00	21.68 106.2(36.0)	
12	S	128.00	-602.60	0.00	128.24	-3236.56	0.00	5.34 106.2(36.0)	
13	S	32.40	-146.00	0.00	32.34	-3190.56	0.00	21.68 106.2(36.0)	
14	S	128.00	-602.60	0.00	128.24	-3236.56	0.00	5.34 106.2(36.0)	

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	-60.0	0.00159	-41.2	-50.7	-0.01926	41.2	50.7
2	0.00350	-50.0	-60.0	0.00159	-41.2	-50.7	-0.01926	41.2	50.7
3	0.00350	-50.0	-60.0	0.00156	-41.2	-50.7	-0.01959	41.2	50.7
4	0.00350	-50.0	-60.0	0.00156	-41.2	-50.7	-0.01959	41.2	50.7
5	0.00350	-50.0	-60.0	0.00145	-41.2	-50.7	-0.02092	41.2	50.7
6	0.00350	-50.0	-60.0	0.00145	-41.2	-50.7	-0.02092	41.2	50.7
7	0.00350	50.0	60.0	0.00024	41.2	50.7	-0.03526	-41.2	-50.7
8	0.00350	-50.0	-60.0	0.00153	-41.2	-50.7	-0.01991	41.2	50.7

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	92 di 95

9	0.00350	50.0	60.0	0.00024	41.2	50.7	-0.03526	-41.2	-50.7
10	0.00350	-50.0	-60.0	0.00153	-41.2	-50.7	-0.01991	41.2	50.7
11	0.00350	-50.0	-60.0	0.00143	-41.2	-50.7	-0.02117	41.2	50.7
12	0.00350	-50.0	-60.0	0.00148	-41.2	-50.7	-0.02051	41.2	50.7
13	0.00350	-50.0	-60.0	0.00143	-41.2	-50.7	-0.02117	41.2	50.7
14	0.00350	-50.0	-60.0	0.00148	-41.2	-50.7	-0.02051	41.2	50.7

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000205609	-0.008836567	----	----
2	0.000000000	-0.000205609	-0.008836567	----	----
3	0.000000000	-0.000208561	-0.009013683	----	----
4	0.000000000	-0.000208561	-0.009013683	----	----
5	0.000000000	-0.000220593	-0.009735596	----	----
6	0.000000000	-0.000220593	-0.009735596	----	----
7	0.000000000	0.000350142	-0.017508495	----	----
8	0.000000000	-0.000211513	-0.009190798	----	----
9	0.000000000	0.000350142	-0.017508495	----	----
10	0.000000000	-0.000211513	-0.009190798	----	----
11	0.000000000	-0.000222873	-0.009872356	----	----
12	0.000000000	-0.000216894	-0.009513641	----	----
13	0.000000000	-0.000222873	-0.009872356	----	----
14	0.000000000	-0.000216894	-0.009513641	----	----

**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	4.85	50.0	-60.0	-122.3	32.0	50.7	2600	79.6
2	S	3.19	-50.0	-60.0	-77.3	32.0	50.7	2600	79.6

**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	4.58	-50.0	-60.0	-115.9	-41.2	50.7	2650	79.6
2	S	3.02	50.0	-60.0	-73.1	32.0	50.7	2600	79.6

**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  
e2                Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1604 002	A	93 di 95

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00066	0	0.500	26.0	75	0.00035 (0.00035)	402	0.140 (0.20)	-702.46	0.00
2	S	-0.00042	0	0.500	26.0	80	0.00022 (0.00022)	416	0.091 (0.20)	-713.35	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	1.02	50.0	-60.0	-24.4	32.0	50.7	2600	79.6

**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	-0.00014	0	0.500	26.0	80	0.00007 (0.00007)	416	0.030 (0.20)	-716.54	0.00

## Verifica a taglio della soletta superiore

### 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

$\gamma_c$   coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

$\gamma_s$   coefficiente parziale relativo all'acciaio

### Geometrie sezione

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

$d$   mm altezza utile della sezione

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

### Caratteristiche armature

$n_{bl}$   numero di barre longitudinali

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

$n_{bw}$   numero di bracci delle staffe

$\varnothing_{st}$   mm diametro delle staffe

$s_{st}$   mm passo delle staffe

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

### Caratteristiche sollecitazioni

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

$V_{Ed}$   KN taglio di calcolo

$N_{Rd}$  20826.4 KN sforzo normale di compressione massimo

### Dati traliccio resistente

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

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

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

Sì

No

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

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

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

### Valore di verifica del taglio resistente

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

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

$V_{Rd}$   KN >  $V_{Ed}$   KN

OCCORRE ARMARE A TAGLIO

Vengono inserite 9 spille  $\varnothing 12$  al metro quadro.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA</b> <b>TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)</b> <b>VI16 – Viadotto Doppio Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1604 002	REV. A

#### 4.11 Incidenze

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

Piedritto	130 kg/m <sup>3</sup>
Soletta	130 kg/m <sup>3</sup>
Palo di fondazione	270 kg/m <sup>3</sup>
Plinto di fondazione	150 kg/m <sup>3</sup>

Le incidenze calcolate sono relative alla sezione maggiormente sollecitata.