

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA (LOTTO 5)**

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI06 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

Relazione di calcolo Spalle

SCALA:

-
---

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

R	S	3	E	5	0	D	0	9	C	L	V	I	0	6	0	4	0	0	2	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Autoverificato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	Abbasiano	Novembre 2019	A. Ferri	Novembre 2019	F. Sparacino	Novembre 2019	A. Vittozzi		Novembre 2019

ITALFERR S.p.A.  
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti  
 Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 n° A.20783

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.1.1	<i>Aspetti legati alle opere di fondazione .....</i>	<i>4</i>
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	6
3	MATERIALI .....	7
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	8
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni.....</i>	<i>8</i>
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione .....</i>	<i>8</i>
4	ANALISI E VERIFICHE SPALLA.....	10
4.1	GENERALITÀ .....	10
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE.....	10
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	10
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	14
4.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA .....	15
4.6	ANALISI DEI CARICHI .....	18
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali .....</i>	<i>18</i>
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato .....</i>	<i>18</i>
4.6.3	<i>Azione del Vento.....</i>	<i>20</i>
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali.....</i>	<i>21</i>
4.6.5	<i>Effetti dinamici .....</i>	<i>22</i>
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali.....</i>	<i>22</i>
4.6.7	<i>Spinta statica del terrapieno.....</i>	<i>23</i>
4.6.8	<i>Sovraccarico sul terrapieno .....</i>	<i>23</i>

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	3 di 68

4.6.9	Azione sismica .....	24
4.6.10	Inerzie strutturali.....	27
4.6.11	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali.....	27
4.6.12	Riepilogo risultati.....	27
4.7	SOLLECITAZIONI.....	32
4.7.1	Muro paraghiaia .....	32
4.7.2	Muro frontale .....	34
4.7.3	Plinto di fondazione.....	36
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	38
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	39
4.9.1	Paraghiaia.....	42
4.9.2	Muro frontale .....	48
4.9.3	Zattera di fondazione.....	54
4.9.4	Soletta.....	56
4.9.5	Palo di fondazione L=27.0m .....	62

## 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 VI06 della tratta ferroviaria Dittaino-Catenanuova, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la spalla B che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato. La spalla è di tipo scatolare.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 14 gennaio 2008.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto ferroviario VI06 ha una lunghezza totale di circa 985 m, è costituito da 13 impalcati in c.a.p da 25m, 14 in sezione mista acciaio/cls di luce 40m ed 2 in sezione mista acciaio/cls di luce 50m. Il viadotto è previsto a singolo binario.

Pile e spalle sono realizzate in c.a. gettato in opera.

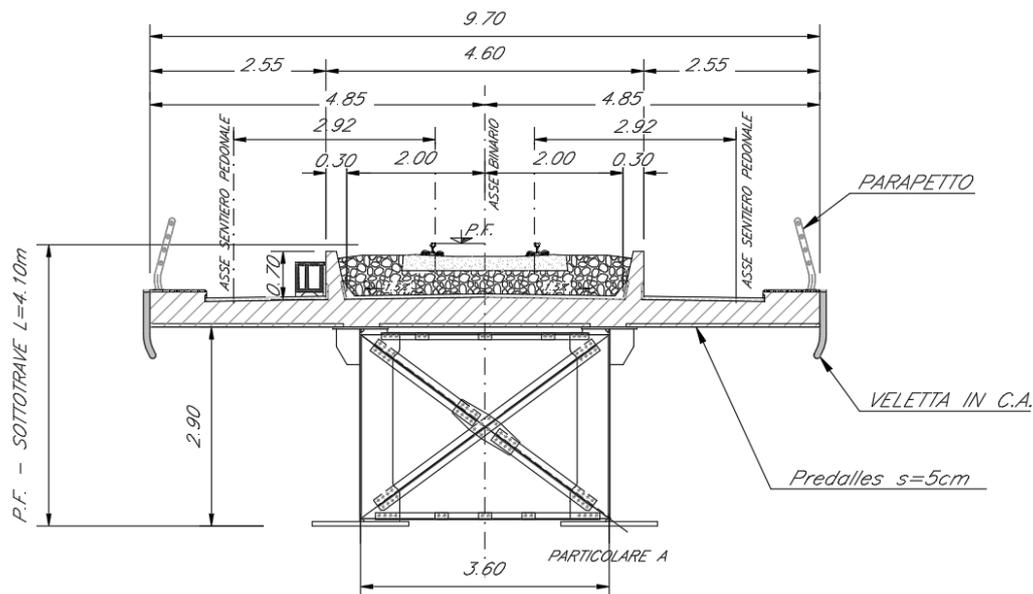
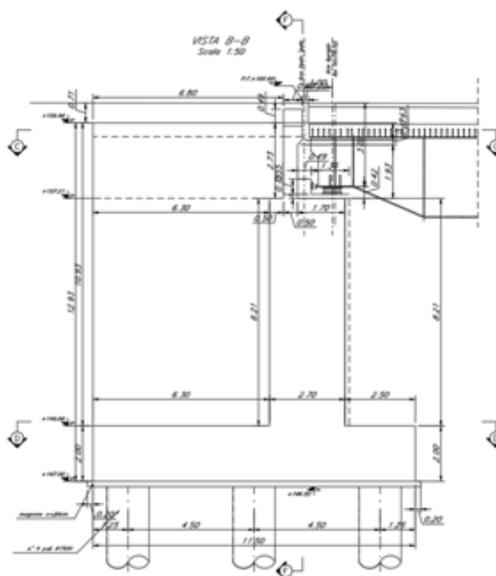
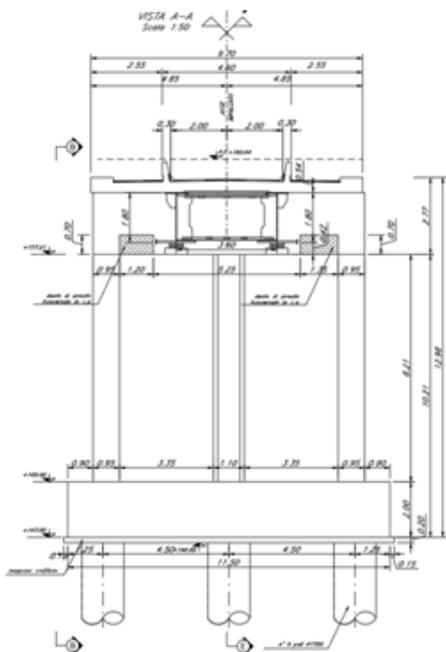


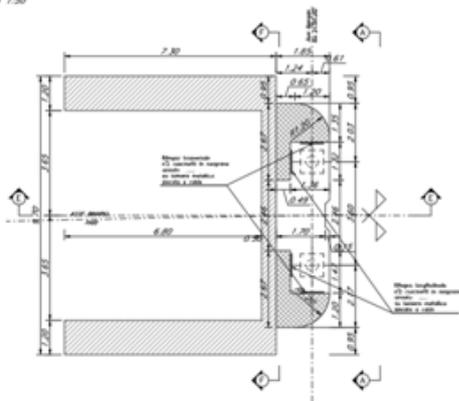
Figura 1 - Sezione trasversale

#### 1.1.1 Aspetti legati alle opere di fondazione

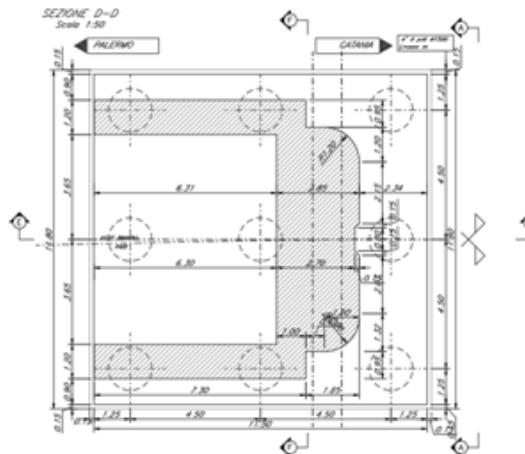
Le fondazioni sono realizzate sia per le pile che per le spalle con plinti su pali di grande diametro.



SEZIONE C-C  
Scala 1:50



SEZIONE D-D  
Scala 1:50



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI06 - Ponte ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 06 04 002	REV. A

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 14/01/2008;
- Legge 05/01/1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- Legge 02/02/1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- C.M. 02/02/2009 n.617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 30/12/2016: Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 30/12/2016: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;
- UNI EN 1991-1-4:2005: Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;
- UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1992-2:2006: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-2:2007: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;
- UNI EN 1998-1:2005: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- UNI EN 1998-2:2006: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;
- o STI 2014 –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:

➤ 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 provvisionali, calcestruzzo fondazioni

- 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 fondazioni armate

- 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 = 40mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm

➤ Calcestruzzo elevazione pile (compresi pulvini, baggioli e ritegni), spalle

- 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 MINIMO = 50mm
- DIAMETRO INERTI : 25 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>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI06 - Ponte ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 06 04 002	REV. A

### 3.1 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 attese, secondo quanto di seguito specificato

#### 3.1.1 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 a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A", ovvero:

##### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

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

#### 3.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	9 di 68

b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

Data la maggior restrittività, 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 DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l’apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 617/09.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>V106 - Ponte ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 06 04 002	REV. A

## 4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA

### 4.1 Generalità

La spalla presentano una configurazione a paramento di spessore 2.75m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 1.20 m. L'altezza della spalla **B** (escluso paraghiaia) è pari a 6.20 m.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 0.5m ed altezza di circa 3.30m dalla testa muro frontale.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.50m collegate in testa da una platea di spessore 2.00 m.

Il calcolo è stato effettuato per la spalla **B**, con altezza di paramento maggiore estendendo i risultati anche all'altra.

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 paraghiaia e muro frontale 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 NTC08, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. 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  $G_2$ .

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	12 di 68

		Coefficiente	EQ <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.

<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

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.



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3E 50 D 09 CL VI 06 04 002 A 14 di 68

SLE max - N max gr.1	SLE max - RT max gr.1	SLE max - ML max gr.1	SLE max - N max gr.3	SLE max - RT max gr.3	SLE max - ML max gr.3	SLE max - Vento ponte scarico	SLE freq. - N max gr.1	SLE freq. - RT max gr.1	SLE freq. - ML max gr.1	SLE freq. - N max gr.3	SLE freq. - RT max gr.3	SLE freq. - ML max gr.3	SLE freq. - Vento ponte scarico	SLE quasi permanente	SIV - N max	SIV - RT max	SIV - ML max	SIV - RT max	SIV - ML max	SIV - N min	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Peso proprio g1
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanenti G2
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Ballast
1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Qr
0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	Comb. Nmax Q frenatura
1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	Comb. Nmax Q centrifuga
1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	Comb. Nmax Q serpeggio
0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. Mmax Qr
0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. Mmax Q frenatura
0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. Mmax Q centrifuga
0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. Mmax Q serpeggio
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	Comb. MLmax Qr
0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	Comb. MLmax Q frenatura
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	Comb. MLmax Q centrifuga
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	Comb. MLmax Q serpeggio
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Scarico
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Carico
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	Attrito permanente
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	Attrito carichi mobili
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	Sisma longitudinale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	0.30	Sisma trasversale
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-1.00	Sisma verticale

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

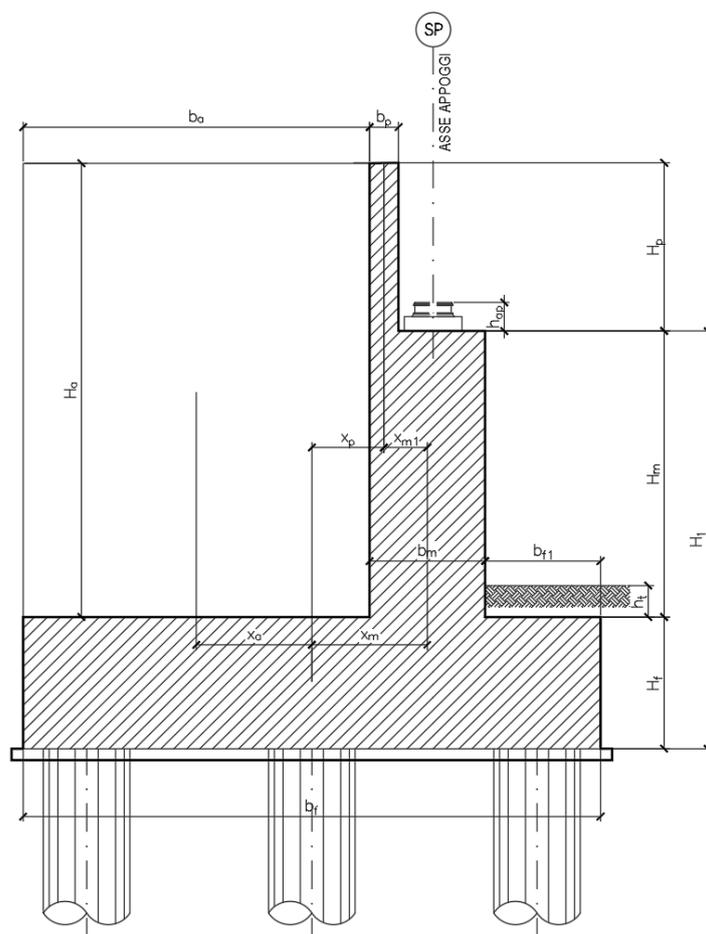


Figura 1 – Significato dei simboli: sezione tipica

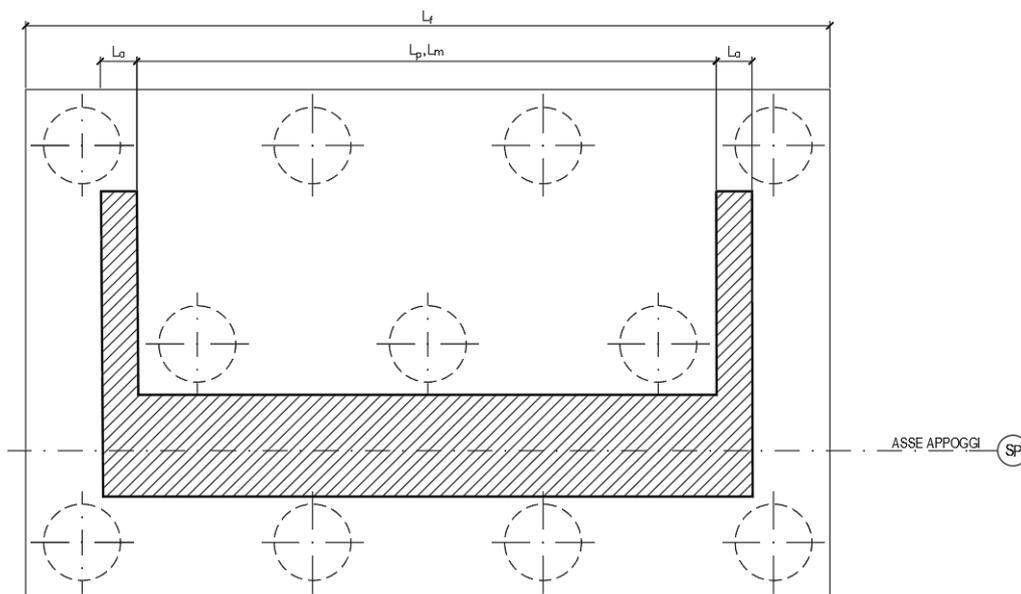


Figura 2 – Significato dei simboli: pianta tipologica

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	0	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	53.0	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{sp}$	0.40	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	8.60	m
Soletta	s	1.00	m
Muro posteriore	s2	1.25	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	3.30	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	7.30	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		7.30	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	1.55	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	6.20	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	2.75	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	7.30	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	2.28	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	$x_{m1}$	-0.72	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.77	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	12.00	m
Mensola anteriore plinto	$b_n$	2.35	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		3.05	m
Muro andatore			
Altezza	$H_a$	9.50	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	1.20	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	6.90	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_a$	-2.55	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		▼	Ko= 0.426
Sisma			
$S_s$		1.472	
$a_g$		0.150	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.221	
Mononobe e Okabe	$K_{AE}$	0.433	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.110	

Tabella 2 – Dati di input

## 4.6 Analisi dei carichi

### 4.6.1 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>.

Impalcato			
N° Binari		1	
Lunghezza	L	40	m
Peso Proprio	G1	131	kN/m
Permanenti portati	G2	120	kN/m
Ballast	G2	0	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	2	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	1310.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	1200.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n (ballast)	Ri	0	kN

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

	R1	R2	Lø	α	ø3
LM71	2137	1616	38	1.1	1.000
SW/0	2242	1749	38	1.1	1.000
SW/2	2710	2241	38	1	1.000

Che ripartiti con il metodo Courbon sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
RS3E 50 D 09 CL VI 06 04 002 A 19 di 68

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1436			1274			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga							0.00
Comb. Nmax Q serpeggio			25			25	3.00
Comb. MTmax Qv	1436			1274			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga							0.00
Comb. MTmax Q serpeggio			25			25	3.00
Comb. MLmax Qv	1436			1274			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga							0.00
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.00
Vento Ponte Scarico			118			118	3.00
Vento Ponte Carico			219			219	5.00
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		43	43		38	38	0.00
Sisma longitudinale		1235			1221		2.50
Sisma trasversale			618			610	2.50
Sisma verticale	309			305			0.00

### 4.6.3 Azione del Vento

#### Azione del Vento - generale - NTC e EC 1-1-4:2005

Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	250	250	m
Zona	Z	4	4	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	ao	500	500	m
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	$v_b = v_{b0} * (1 + k_s(as/ao - 1))$	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	$\alpha_R$	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	$\rho$	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	0.54	0.54	kN/mq
Classe di rugosità del terreno		D	D	
Distanza dalla costa		>10	>10	km
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	m
Categoria di esposizione del sito	Cat	II	II	

#### Vento su impalcato

Parametri	kr	0.19	0.19	
Parametri	z0	0.05	0.05	m
Parametri	zmin	4	4	m
Altezza di riferimento per l'impalcato (EC punto 8.3.1(6))	z	10	10	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.35	2.35	
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m
Altezza impalcato	h1	3.4	4.1	m
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	4.9	8.1	m
Rapporto di forma	b/dtot	1.98	1.20	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.91	2.14	

#### Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.35	2.35	
Coefficiente di forza	cfx	1.91	2.14	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.9	8.1	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	11.8	21.9	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.40	2.70	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	11.8	21.9	kN/m

#### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	11.8		kN/m
Luce impalcato	L	40		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	235		kN/m

#### Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	21.9		kN/m
Luce impalcato	L	40		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	437		kN/m

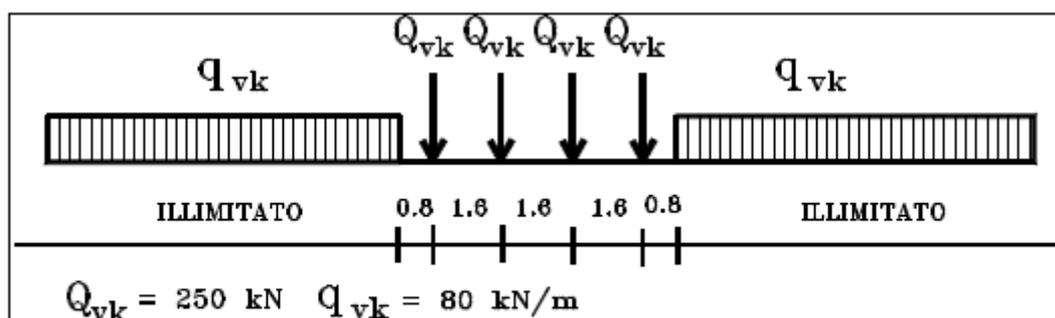
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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 2008 (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*

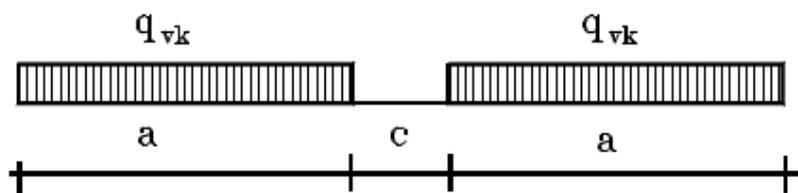
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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.

➤ *Modello di carico SW/2*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



*Treno di carico SW*

Tipo di Carico	$q_{v,k}$ [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.

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

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

#### 4.6.5 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 14.1.2008 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.

#### 4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	40	m
L <sub>calc</sub>	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Q <sub>lb,k</sub>	880	per Treno LM 71
Q <sub>lb,k</sub>	660	per Treno SW/0
Q <sub>lb,k</sub>	1155	per SW/2
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata) per Treno LM 71	<b>880</b>	kN
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata) per Treno SW/0	<b>660</b>	kN
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata) per SW/2	<b>1155</b>	kN

Avviamento		
L	40	m
L <sub>calc</sub>	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Q <sub>la,k</sub>	1452	per Treno LM 71
Q <sub>la,k</sub>	1089	per Treno SW/0
Q <sub>la,k</sub>	1089	per SW/2
Q <sub>la,k</sub> (filtrata) per Treno LM 71	<b>1000</b>	kN
Q <sub>la,k</sub> (filtrata) per Treno SW/0	<b>1000</b>	kN
Q <sub>la,k</sub> (filtrata) per SW/2	<b>1000</b>	kN

Serpeggio		
FT=100kN /2	50	kN*m
<u>Treno LM 71</u>		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
<u>Treno SW/0</u>		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
<u>Treno SW/2</u>		
$\alpha$	1	
FT* $\alpha$	50	kN

#### 4.6.7 Spinta statica del terrapieno

Non è presente terreno e tergo dell'opera

#### 4.6.8 Sovraccarico sul terrapieno

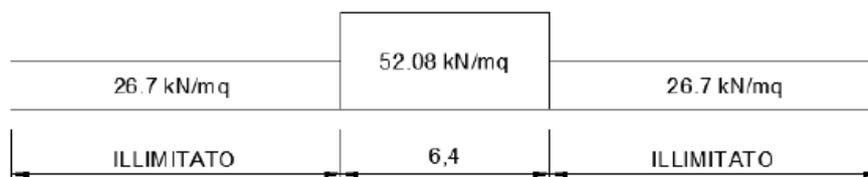
Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

$$q = 53 \text{ kN/ m}^2$$

$$S_q = 53 * 0.426 = 22.58 \text{ kN/m}^2$$

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:



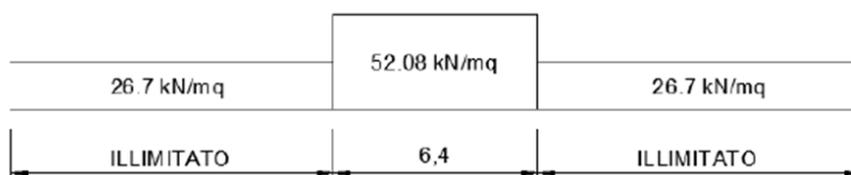
A tali carichi si deve applicare il coefficiente  $\alpha$  relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

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 sospeso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospeso
F1600	1,1

Nel caso in esame, il coefficiente  $\alpha$  è 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:



In favore di sicurezza, tale carico, viene esteso su tutta l'impronta del rilevato della spalla con il suo valore massimo, pari a 53 kN/m<sup>2</sup>.

#### 4.6.9 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. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

➤ 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



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, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$ :  info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE

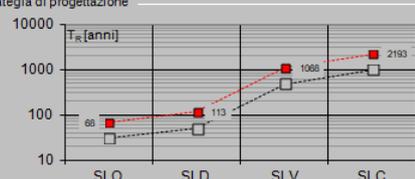
SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>

Stati limite ultimi - SLU

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

Elaborazioni:  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



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

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

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.

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerat: **SLV** info

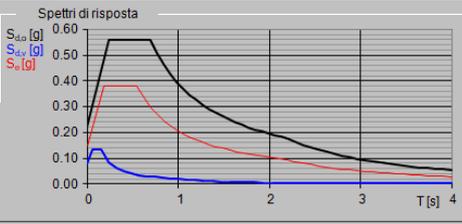
**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo: **C** info  $S_S = 1.472$   
 Categoria topografica: **T1** info  $h/H = 1.000$   $S_T = 1.000$   
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%): **5**  $\eta_1 = 1.000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_0$ : **1** Regol. in altezza: **si** info

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto Fattore  $q$ : **1.5**  $\eta_1 = 0.667$  info

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta  
 Parametri e punti spettri di risposta

**Spettri di risposta**



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

INTRO      FASE 1      FASE 2      **FASE 3**

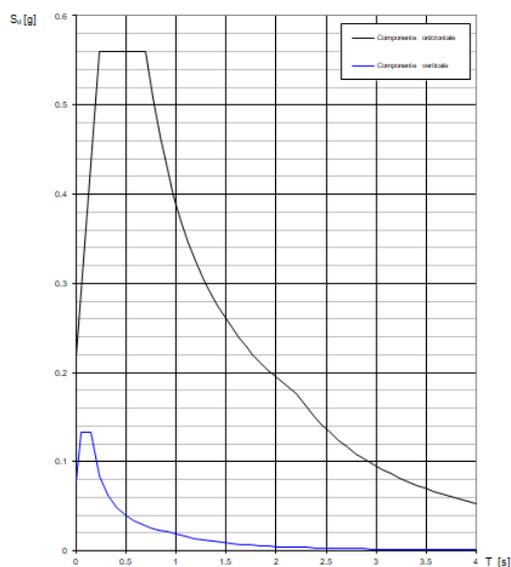
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.150 g
$F_n$	2.543
$T_c^*$	0.540 s
$S_S$	1.472
$C_C$	1.287
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.472
$\eta$	1.000
$T_B$	0.232 s
$T_C$	0.695 s
$T_D$	2.199 s



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI06 - Ponte ferroviario a Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 06 04 002	REV. A

#### 4.6.10 Inerzie strutturali

Si valutano le inerzie legate alla massa degli elementi strutturali con la seguente formula:

$$F_i = k_h \cdot W_{str}$$

#### 4.6.11 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.

#### 4.6.12 Riepilogo risultati

Il foglio automatico, sulla base di calcoli sviluppati nei fogli successivi, restituisce, per ciascuna combinazione i risultati del controllo di verifica.

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

- Le sollecitazioni al livello del piano di fondazione in termini di sforzo normale  $N$ , forza orizzontale  $T$  e momento ribaltante  $M$ .
- Per i carichi sui pali in termini di  $N_{\max}$ ,  $N_{\min}$ ,  $T$  ed  $M$ .

➤ Fase statica

**PARAGHIAIA**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub> [kN]	F <sub>X</sub> [kN]	F <sub>Y</sub> [kN]	b <sub>ix</sub> [m]	b <sub>iy</sub> [m]	b <sub>iz</sub> [m]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]
Paraghiaia	g1	301			0.00	0.00	1.65	0	0
Rinterro	g3		0		0.00	0.00	1.10	0	0
					0.00	0.00	3.30	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			544		0.00	0.00	1.65	0	898

**SPICCATO MURO FRONTALE**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub> [kN]	F <sub>X</sub> [kN]	F <sub>Y</sub> [kN]	b <sub>ix</sub> [m]	b <sub>iy</sub> [m]	b <sub>iz</sub> [m]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]
Paraghiaia	g1	301	0	0	-0.72		7.85	0	-217
Muro frontale	g1	4135	0	0			3.10	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>4436</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-217</b>
Rinterro	g3		0	0			3.17	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			1567	0			4.75	0	7445

**FONDAZIONE**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub> [kN]	F <sub>X</sub> [kN]	F <sub>Y</sub> [kN]	b <sub>ix</sub> [m]	b <sub>iy</sub> [m]	b <sub>iz</sub> [m]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]
Paraghiaia	g1	301			1.55	0.00	9.85	0	467
Muro frontale	g1	4135			2.28	0.00	5.10	0	9427
Plinto	g1	7200			0.00	0.00	1.00	0	0
Muro posteriore	g1	2167			-5.38	0.00	6.75	0	-11649
Soletta	g1	1259			-2.55	0.00	11.00	0	-3211
Muri andatori	g1	3933			-2.55	0.00	6.75	0	-10029
<b>Totale Permanenti</b>		<b>18995</b>						<b>0</b>	<b>-14995</b>
Rinterro	g3	0			-2.55	0.00	6.75	0	0
Ricop. Plinto	g3	0			2.55	0.00	2.50	0	0
Sovr. acc. sul rilevato		2670			-2.55	0.00	11.50	0	-6808
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		0		-2.55	0.00	3.83	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			1897		0.00	0.00	5.75	0	10910

➤ Fase sismica Mononobe-Okabe /  $k_a$

**PARAGHIAIA**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	301			0.00	0.00	1.65	0	0
Rinterro	g3		0		0.00	0.00	1.10	0	0
					0.00	0.00	3.30	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			346		0.00	0.00	1.65	0	571

cond sismica x

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	66	0	0.00	0.00	1.65	0	110
Rinterro	Inerzia		0				1.65	0	0
	Sovraspinta		0				1.10	0	0
Rinterro [totale]			0					0	0
Sovr. acc. sul rilevato			346		0.00	0.00	1.65	0	571
Totale generale			412					0	681

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	0	66	0.00	0.00	1.65	110	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	33	0	0	0.00	0.00	1.65	0	0

**SPICCATO MURO FRONTALE**

**AZIONI SU SPALLA [kN.m]**

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	301	0	0	-0.72		7.85	0	-217
Muro frontale	g1	4135	0	0			3.10	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>4436</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-217</b>
Rinterro	g3		0	0			3.17	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			996	0			4.75	0	4731

cond sismica x

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6		66		-0.72	0.00	7.85	0	522
Muro frontale	q6		913		0.00	0.00	3.10	0	2830
Rinterro	Inerzia		0				4.75	0	0
	Sovraspinta		0				3.17	0	0
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato			996				4.75	0	4731
<b>Totale generale</b>			<b>1975</b>					<b>0</b>	<b>8083</b>

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6			66	-0.72	0.00	7.85	522	0
Muro frontale	q6			913	0.00	0.00	3.10	2830	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>979</b>				<b>3352</b>	<b>0</b>

cond sismica vert

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	33			-0.72	0.00	7.85	0	-24
Muro frontale	q6	456			0.00	0.00	3.10	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>490</b>						<b>0</b>	<b>-24</b>

**FONDAZIONE**

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>1x</sub>	b <sub>1y</sub>	b <sub>1z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	301			1.55	0.00	9.85	0	467
Muro frontale	g1	4135			2.28	0.00	5.10	0	9427
Plinto	g1	7200			0.00	0.00	1.00	0	0
Muro posteriore	g1	2167			-5.38	0.00	6.75	0	-11649
Soletta	g1	1259			-2.55	0.00	11.00	0	-3211
Muri andatori	g1	3933			-2.55	0.00	6.75	0	-10029
<b>Totale Permanenti</b>		<b>18995</b>						<b>0</b>	<b>-14995</b>
Rinterro	g3	0			-2.55	0.00	6.75	0	0
Ricop. Plinto	g3	0			2.55	0.00	2.50	0	0
Sovr. acc. sul rilevato		2670			-2.55	0.00	11.50	0	-6808
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3	0			-2.55	0.00	3.83	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			1206		0.00	0.00	5.75	0	6933

**AZIONI SU SPALLA [kN,m]**

cond sismica x

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>1x</sub>	b <sub>1y</sub>	b <sub>1z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q <sub>s</sub>		66		1.55	0.00	9.85	0	655
Muro frontale	q <sub>s</sub>		913		2.28	0.00	5.10	0	4656
Plinto	q <sub>s</sub>		1590		0.00	0.00	1.00	0	1590
Muro posteriore	g1		479		-5.38	0.00	6.75	0	3230
Soletta	g1		278		-2.55	0.00	11.00	0	3058
Muri andatori	q <sub>s</sub>		868		-2.55	0.00	6.75	0	5862
Rinterro	Inerzia		0		-2.55	0.00	6.75	0	0
	Sovraspinta		0		-2.55	0.00	3.83	0	0
Rinterro [totale]			0				6.75	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			1206		-2.55		6.75	0	6933
<b>Totale generale</b>			<b>5400</b>						<b>25984</b>

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>1x</sub>	b <sub>1y</sub>	b <sub>1z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q <sub>s</sub>			66	1.55	0.00	9.85	655	0
Muro frontale	q <sub>s</sub>			913	2.28	0.00	5.10	4656	0
Plinto	q <sub>s</sub>			1590	0.00	0.00	1.00	1590	0
Muro posteriore	g1			479	-5.38	0.00	6.75	3230	0
Soletta	g1			278	-2.55	0.00	11.00	3058	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>			868	-2.55	0.00	6.75	5862	0
Rinterro	Inerzia			0	0.00		6.75	0	0
	Sovraspinta			0			3.83	0	0
Rinterro [totale]				0				0	0
Sovr. acc. sul rilevato				1206	-2.55		11.50	13866	0
<b>Totale generale</b>				<b>5400</b>				<b>32917</b>	<b>0</b>

cond sismica vert

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>1x</sub>	b <sub>1y</sub>	b <sub>1z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q <sub>s</sub>	33			1.55	0.00	9.85	0.00	52
Muro frontale	q <sub>s</sub>	456			2.28	0.00	5.10	0.00	1041
Plinto	q <sub>s</sub>	795			0.00	0.00	1.00	0.00	0
Muro posteriore	g1	239			-5.38	0.00	6.75	0.00	-1286
Soletta	g1	139			-2.55	0.00	11.00	0.00	-355
Muri andatori	q <sub>s</sub>	434			-2.55	0.00	6.75	0.00	-1107
Rinterro	q <sub>s</sub>	0			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Ricop. Plinto	q <sub>s</sub>	0			2.55	0.00	2.50	0.00	0
<b>Totale generale</b>		<b>2097</b>						<b>0.00</b>	<b>-1655</b>



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
VI06 - Ponte ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	32 di 68

## 4.7 Sollecitazioni

### 4.7.1 Muro paraghiaia

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

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA ALLA BASE DEL PARAGHIAIA**

	Nz	Tx	Ty	Mx	My
A2 - SLU - N max gr.1	301	681	0	0	1123
A2 - SLU - MT max gr.1	301	681	0	0	1123
A2 - SLU - ML max gr.1	301	681	0	0	1123
A2 - SLU - N max gr.3	301	681	0	0	1123
A2 - SLU - MT max gr.3	301	681	0	0	1123
A2 - SLU - ML max gr.3	301	681	0	0	1123
A2 - SLU - Vento ponte scarico	301	0	0	0	0
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	301	0	0	0	0
A1 - SLU - N max gr.1	407	789	0	0	1303
A1 - SLU - MT max gr.1	407	789	0	0	1303
A1 - SLU - ML max gr.1	407	789	0	0	1303
A1 - SLU - N max gr.3	407	789	0	0	1303
A1 - SLU - MT max gr.3	407	789	0	0	1303
A1 - SLU - ML max gr.3	407	789	0	0	1303
A1 - SLU - Vento ponte scarico	407	0	0	0	0
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	301	0	0	0	0
SLE rara - N max gr.1	301	544	0	0	898
SLE rara - MT max gr.1	301	544	0	0	898
SLE rara - ML max gr.1	301	544	0	0	898
SLE rara - N max gr.3	301	544	0	0	898
SLE rara - MT max gr.3	301	544	0	0	898
SLE rara - ML max gr.3	301	544	0	0	898
SLE rara - Vento ponte scarico	301	544	0	0	898
SLE freq. - N max gr.1	301	544	0	0	898
SLE freq. - MT max gr.1	301	544	0	0	898
SLE freq. - ML max gr.1	301	544	0	0	898
SLE freq. - N max gr.3	301	544	0	0	898
SLE freq. - MT max gr.3	301	544	0	0	898
SLE freq. - ML max gr.3	301	544	0	0	898
SLE freq. - Vento ponte scarico	301	0	0	0	0
SLE quasi permanente	301	0	0	0	0
SLV - N max	334	89	20	33	147
SLV - MT max gr.1	311	89	66	110	147
SLV - ML max gr.1	311	136	20	33	224
SLV - MT max gr.3	291	89	66	110	147
SLV - ML max gr.3	291	136	20	33	224
SLV - N min	268	89	20	33	147

**Tabella 3 – Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
VI06 - Ponte ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	34 di 68

#### 4.7.2 Muro frontale

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

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

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

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

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE**

	Nz	Tx	Ty	Mx	My
A2 - SLU - N max gr.1	13563	2934	656	6588	24718
A2 - SLU - MT max gr.1	13563	2934	656	6588	24718
A2 - SLU - ML max gr.1	13563	2934	656	6588	24718
A2 - SLU - N max gr.3	13563	3656	625	6288	31654
A2 - SLU - MT max gr.3	13563	3656	625	6288	31654
A2 - SLU - ML max gr.3	13563	3656	625	6288	31654
A2 - SLU - Vento ponte scarico	10176	151	457	3933	5197
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	10443	2934	656	6588	22316
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	10443	2934	656	6588	22316
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	10443	2934	656	6588	22316
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	10443	3656	625	6288	29252
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	10443	3656	625	6288	29252
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	10443	3656	625	6288	29252
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	7056	151	457	3933	2795
A1 - SLU - N max gr.1	17055	3432	787	7806	29189
A1 - SLU - MT max gr.1	17055	3432	787	7806	29189
A1 - SLU - ML max gr.1	17055	3432	787	7806	29189
A1 - SLU - N max gr.3	17055	4271	751	7458	37246
A1 - SLU - MT max gr.3	17055	4271	751	7458	37246
A1 - SLU - ML max gr.3	17055	4271	751	7458	37246
A1 - SLU - Vento ponte scarico	13125	203	557	4733	6545
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	10985	3432	787	7806	25787
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	10985	3432	787	7806	25787
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	10985	3432	787	7806	25787
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	10985	4271	751	7458	33844
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	10985	4271	751	7458	33844
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	10985	4271	751	7458	33844
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	7056	151	504	4385	2795
SLE rara - N max gr.1	12166	2377	544	5347	20260
SLE rara - MT max gr.1	12166	2377	544	5347	20260
SLE rara - ML max gr.1	12166	2377	544	5347	20260
SLE rara - N max gr.3	12166	2955	519	5107	25808
SLE rara - MT max gr.3	12166	2955	519	5107	25808
SLE rara - ML max gr.3	12166	2955	519	5107	25808
SLE rara - Vento ponte scarico	9456	1718	386	3255	12087
SLE freq. - N max gr.1	11624	2245	256	2041	18625
SLE freq. - MT max gr.1	11624	2245	256	2041	18625
SLE freq. - ML max gr.1	11624	2245	256	2041	18625
SLE freq. - N max gr.3	11624	2708	236	1849	23064
SLE freq. - MT max gr.3	11624	2708	236	1849	23064
SLE freq. - ML max gr.3	11624	2708	236	1849	23064
SLE freq. - Vento ponte scarico	9456	151	268	2124	4643
SLE quasi permanente	9456	151	151	994	4643
SLV - N max	11102	1553	764	5123	15996
SLV - MT max gr.1	10329	1553	2309	15288	15682
SLV - ML max gr.1	10329	3958	764	5119	33674
SLV - MT max gr.3	9667	1553	2309	15284	15412
SLV - ML max gr.3	9667	3958	764	5115	33405
SLV - N min	8894	1553	764	5110	15098

**Tabella 4 – Sollecitazioni alla base del muro frontale**

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
VI06 - Ponte ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	36 di 68

#### 4.7.3 *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, 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.

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

	Nz	Tx	Ty	Mx	My
A2 - SLU - N max gr.1	31460	3346	656	7900	28521
A2 - SLU - MT max gr.1	31460	3346	656	7900	28521
A2 - SLU - ML max gr.1	31460	3346	656	7900	28521
A2 - SLU - N max gr.3	31460	4069	625	7537	36902
A2 - SLU - MT max gr.3	31460	4069	625	7537	36902
A2 - SLU - ML max gr.3	31460	4069	625	7537	36902
A2 - SLU - Vento ponte scarico	24735	151	457	4847	3807
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	28340	3346	656	7900	19005
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	28340	3346	656	7900	19005
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	28340	3346	656	7900	19005
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	28340	4069	625	7537	27386
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	28340	4069	625	7537	27386
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	28340	4069	625	7537	27386
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	21615	151	457	4847	-5709
A1 - SLU - N max gr.1	40581	3910	787	9381	31941
A1 - SLU - MT max gr.1	40581	3910	787	9381	31941
A1 - SLU - ML max gr.1	40581	3910	787	9381	31941
A1 - SLU - N max gr.3	40581	4750	751	8961	41677
A1 - SLU - MT max gr.3	40581	4750	751	8961	41677
A1 - SLU - ML max gr.3	40581	4750	751	8961	41677
A1 - SLU - Vento ponte scarico	32781	203	557	5846	3273
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	29416	3910	787	9381	23413
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	29416	3910	787	9381	23413
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	29416	3910	787	9381	23413
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	29416	4750	751	8961	33148
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	29416	4750	751	8961	33148
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	29416	4750	751	8961	33148
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	21615	151	504	5393	-5709
SLE rara - N max gr.1	29395	2707	544	6436	21382
SLE rara - MT max gr.1	29395	2707	544	6436	21382
SLE rara - ML max gr.1	29395	2707	544	6436	21382
SLE rara - N max gr.3	29395	3285	519	6146	28087
SLE rara - MT max gr.3	29395	3285	519	6146	28087
SLE rara - ML max gr.3	29395	3285	519	6146	28087
SLE rara - Vento ponte scarico	26685	2048	386	4027	5713
SLE freq.- N max gr.1	28853	2575	256	2552	18249
SLE freq.- MT max gr.1	28853	2575	256	2552	18249
SLE freq.- ML max gr.1	28853	2575	256	2552	18249
SLE freq.- N max gr.3	28853	3038	236	2320	23612
SLE freq.- MT max gr.3	28853	3038	236	2320	23612
SLE freq.- ML max gr.3	28853	3038	236	2320	23612
SLE freq.- Vento ponte scarico	24015	151	268	2661	1611
SLE quasi permanente	24015	151	151	1295	1611
SLV - N max	27802	2559	1801	11605	19575
SLV - MT max gr.1	25904	2559	5765	36419	19423
SLV - ML max gr.1	25904	7214	1801	11600	51843
SLV - MT max gr.3	24278	2559	5765	36416	19292
SLV - ML max gr.3	24278	7214	1801	11597	51712
SLV - N min	22380	2559	1801	11592	19140

**Tabella 5 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione**

#### 4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
AI - SLU - N max gr.1	40581	3910	787	9381	31941	6039	2979	443
AI - SLU - MT max gr.1	40581	3910	787	9381	31941	6039	2979	443
AI - SLU - ML max gr.1	40581	3910	787	9381	31941	6039	2979	443
AI - SLU - N max gr.3	40581	4750	751	8961	41677	6384	2634	534
AI - SLU - MT max gr.3	40581	4750	751	8961	41677	6384	2634	534
AI - SLU - ML max gr.3	40581	4750	751	8961	41677	6384	2634	534
AI - SLU - Vento ponte scarico	32781	203	557	5846	3273	3980	3305	66
AI - SLU Gmin - N max gr.1	29416	3910	787	9381	23413	4483	2054	443
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	29416	3910	787	9381	23413	4483	2054	443
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	29416	3910	787	9381	23413	4483	2054	443
AI - SLU Gmin - N max gr.3	29416	4750	751	8961	33148	4828	1709	534
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	29416	4750	751	8961	33148	4828	1709	534
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	29416	4750	751	8961	33148	4828	1709	534
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	21615	151	504	5393	-5709	2813	1991	58

Tabella 6 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV - N max	27802	2559	1801	11605	19575	4244	1934	348
SLV - MT max gr.1	25904	2559	5765	36419	19423	4947	810	701
SLV - ML max gr.1	25904	7214	1801	11600	51843	5228	529	826
SLV - MT max gr.3	24278	2559	5765	36416	19292	4761	634	701
SLV - ML max gr.3	24278	7214	1801	11597	51712	5042	353	826
SLV - N min	22380	2559	1801	11592	19140	3625	1348	348

Tabella 7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV

<b>SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA</b>								
C.C.	N	T <sub>x</sub>	T <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N <sub>max/palo</sub>	N <sub>min/palo</sub>	T <sub>/palo</sub>
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE rara - N max gr.1	29395	2707	544	6436	21382	4296	2236	307
SLE rara - MT max gr.1	29395	2707	544	6436	21382	4296	2236	307
SLE rara - ML max gr.1	29395	2707	544	6436	21382	4296	2236	307
SLE rara - N max gr.3	29395	3285	519	6146	28087	4534	1998	370
SLE rara - MT max gr.3	29395	3285	519	6146	28087	4534	1998	370
SLE rara - ML max gr.3	29395	3285	519	6146	28087	4534	1998	370
SLE rara - Vento ponte scarico	26685	2048	386	4027	5713	3326	2604	232

Tabella 8 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

#### 4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della spalla (muro frontale, muro paraghiaia, ...) 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)

#### CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL PARAGHIAIA

			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	301	681	0	0	1123
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	301	681	0	0	1123
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	301	681	0	0	1123
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	301	681	0	0	1123
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	301	681	0	0	1123
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	407	789	0	0	1303
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	407	789	0	0	1303
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	407	789	0	0	1303
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	407	789	0	0	1303
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	407	789	0	0	1303
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	301	544	0	0	898
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	301	544	0	0	898
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	301	544	0	0	898
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	301	544	0	0	898
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	301	544	0	0	898
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	301	544	0	0	898
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	301	544	0	0	898
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	301	544	0	0	898
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	301	544	0	0	898
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	301	544	0	0	898
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	301	0	0	0	0
SLV	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	334	89	20	33	147
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	311	136	20	33	224
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	311	89	66	110	147
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	311	89	66	110	147
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	311	136	20	33	224

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE**

		Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	13563	2934	656	6588	24718
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	13563	3656	625	6288	31654
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	13563	2934	656	6588	24718
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	13563	2934	656	6588	24718
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	13563	3656	625	6288	31654
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	17055	3432	787	7806	29189
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	17055	4271	751	7458	37246
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	17055	3432	787	7806	29189
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	17055	3432	787	7806	29189
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	17055	4271	751	7458	37246
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	12166	2377	544	5347	20260
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	12166	2955	519	5107	25808
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	12166	2377	544	5347	20260
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	12166	2377	544	5347	20260
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	12166	2955	519	5107	25808
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	11624	2245	256	2041	18625
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.3	11624	2708	236	1849	23064
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq. - Vento ponte scarico	9456	151	268	2124	4643
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq. - Vento ponte scarico	9456	151	268	2124	4643
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.3	11624	2708	236	1849	23064
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	9456	151	151	994	4643
SLV	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	11102	1553	764	5123	15996
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	10329	3958	764	5119	33674
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	10329	1553	2309	15288	15682
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	10329	1553	2309	15288	15682
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	10329	3958	764	5119	33674

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	31460	3346	656	7900	28521
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	31460	4069	625	7537	36902
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	31460	3346	656	7900	28521
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	31460	3346	656	7900	28521
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	31460	4069	625	7537	36902
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	40581	3910	787	9381	31941
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	40581	4750	751	8961	41677
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	40581	3910	787	9381	31941
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	40581	3910	787	9381	31941
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	40581	4750	751	8961	41677
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	29395	2707	544	6436	21382
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	29395	3285	519	6146	28087
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	29395	2707	544	6436	21382
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	29395	2707	544	6436	21382
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	29395	3285	519	6146	28087
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	28853	2575	256	2552	18249
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.3	28853	3038	236	2320	23612
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq. - Vento ponte scarico	24015	151	268	2661	1611
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq. - Vento ponte scarico	24015	151	268	2661	1611
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.3	28853	3038	236	2320	23612
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	24015	151	151	1295	1611
SLV	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	27802	2559	1801	11605	19575
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	25904	7214	1801	11600	51843
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	25904	2559	5765	36419	19423
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	25904	2559	5765	36419	19423
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	25904	7214	1801	11600	51843

#### 4.9.1 Paraghiaia

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

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 50x730 cm

Armatura verticale

$$A_s = \phi 20/10 \text{ (lato controterra)}$$

$$A'_s = \phi 16/20 \text{ (lato esterno)}$$

Armatura orizzontale

$$A_s = \phi 14/20$$

$$A'_s = \phi 12/20$$

La verifica a taglio è soddisfatta come elemento non armato a taglio. Si prevede comunque un minimo di armatura a taglio costituita da spilli  $9\phi 8/m^2$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	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:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60	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:	337.50	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	43 di 68

Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	730.0
3	50.0	730.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	8.0	8.0	20
2	8.0	722.0	20
3	42.0	722.0	16
4	42.0	8.0	16

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	70	20
2	3	4	35	16

**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	407.00	0.00	1303.00	0.00	789.00
2	407.00	0.00	1303.00	0.00	789.00
3	407.00	0.00	1303.00	0.00	789.00
4	407.00	0.00	1303.00	0.00	789.00
5	407.00	0.00	1303.00	0.00	789.00
6	334.00	33.00	147.00	20.00	89.00
7	311.00	33.00	224.00	20.00	136.00
8	311.00	110.00	147.00	66.00	89.00
9	311.00	110.00	147.00	66.00	89.00
10	311.00	33.00	224.00	20.00	136.00

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	44 di 68

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	301.00	0.00	898.00
2	301.00	0.00	898.00
3	301.00	0.00	898.00
4	301.00	0.00	898.00
5	301.00	0.00	898.00

**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	301.00	0.00 (0.00)	898.00 (1174.82)
2	301.00	0.00 (0.00)	898.00 (1174.82)
3	301.00	0.00 (0.00)	898.00 (1174.82)
4	301.00	0.00 (0.00)	898.00 (1174.82)
5	301.00	0.00 (0.00)	898.00 (1174.82)

**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	301.00	0.00 (1237.92)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.1 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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI06 - Ponte ferroviario a Singolo Binario**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	45 di 68

My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
 As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	407.00	0.00	1303.00	406.92	0.01	3496.68	2.68	226.2(65.4)
2	S	407.00	0.00	1303.00	406.92	0.01	3496.68	2.68	226.2(65.4)
3	S	407.00	0.00	1303.00	406.92	0.01	3496.68	2.68	226.2(65.4)
4	S	407.00	0.00	1303.00	406.92	0.01	3496.68	2.68	226.2(65.4)
5	S	407.00	0.00	1303.00	406.92	0.01	3496.68	2.68	226.2(65.4)
6	S	334.00	33.00	147.00	333.86	778.79	3483.50	23.09	226.2(65.4)
7	S	311.00	33.00	224.00	310.88	512.28	3485.03	15.31	226.2(65.4)
8	S	311.00	110.00	147.00	310.70	2545.04	3473.50	23.08	226.2(65.4)
9	S	311.00	110.00	147.00	310.70	2545.04	3473.50	23.08	226.2(65.4)
10	S	311.00	33.00	224.00	310.88	512.28	3485.03	15.31	226.2(65.4)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.196	50.0	730.0	0.00009	42.0	722.0	-0.01439	8.0	8.0
2	0.00350	0.196	50.0	730.0	0.00009	42.0	722.0	-0.01439	8.0	8.0
3	0.00350	0.196	50.0	730.0	0.00009	42.0	722.0	-0.01439	8.0	8.0
4	0.00350	0.196	50.0	730.0	0.00009	42.0	722.0	-0.01439	8.0	8.0
5	0.00350	0.196	50.0	730.0	0.00009	42.0	722.0	-0.01439	8.0	8.0
6	0.00350	0.198	50.0	730.0	0.00017	42.0	722.0	-0.01414	8.0	8.0
7	0.00350	0.196	50.0	730.0	0.00012	42.0	722.0	-0.01435	8.0	8.0
8	0.00350	0.213	50.0	730.0	0.00051	42.0	722.0	-0.01293	8.0	8.0
9	0.00350	0.213	50.0	730.0	0.00051	42.0	722.0	-0.01293	8.0	8.0
10	0.00350	0.196	50.0	730.0	0.00012	42.0	722.0	-0.01435	8.0	8.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000425975	0.000000000	-0.017798755	0.196	0.700
2	0.000425975	0.000000000	-0.017798755	0.196	0.700
3	0.000425975	0.000000000	-0.017798755	0.196	0.700
4	0.000425975	0.000000000	-0.017798755	0.196	0.700
5	0.000425975	0.000000000	-0.017798755	0.196	0.700
6	0.000415849	0.000000247	-0.017472430	0.198	0.700
7	0.000421839	0.000000180	-0.017723420	0.196	0.700

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	46 di 68

8	0.000372304	0.000001094	-0.015913913	0.213	0.706
9	0.000372304	0.000001094	-0.015913913	0.213	0.706
10	0.000421839	0.000000180	-0.017723420	0.196	0.700

**METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)**

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	789.00	1857.10	42.0	730.0	0.0074	0.11
2	S	789.00	1857.10	42.0	730.0	0.0074	0.11
3	S	789.00	1857.10	42.0	730.0	0.0074	0.11
4	S	789.00	1857.10	42.0	730.0	0.0074	0.11
5	S	789.00	1857.10	42.0	730.0	0.0074	0.11
6	S	89.01	1853.28	42.0	730.0	0.0074	0.09
7	S	136.01	1855.67	42.0	730.0	0.0075	0.09
8	S	89.19	1912.30	42.0	730.1	0.0082	0.09
9	S	89.19	1912.30	42.0	730.1	0.0082	0.09
10	S	136.01	1855.67	42.0	730.0	0.0075	0.09

**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	4.11	50.0	730.0	-101.7	8.0	28.1	8395	226.2
2	S	4.11	50.0	730.0	-101.7	8.0	28.1	8395	226.2
3	S	4.11	50.0	730.0	-101.7	8.0	28.1	8395	226.2
4	S	4.11	50.0	730.0	-101.7	8.0	28.1	8395	226.2
5	S	4.11	50.0	730.0	-101.7	8.0	28.1	8395	226.2

**COMBINAZIONI RARE 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 fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; = (e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
	Massima distanza tra le fessure [mm]

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	47 di 68

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	20.0	70	0.00031 (0.00031) 364	0.111 (0.20)	0.00	1174.82
2	S	-0.00066	0	0.500	20.0	70	0.00031 (0.00031) 364	0.111 (0.20)	0.00	1174.82
3	S	-0.00066	0	0.500	20.0	70	0.00031 (0.00031) 364	0.111 (0.20)	0.00	1174.82
4	S	-0.00066	0	0.500	20.0	70	0.00031 (0.00031) 364	0.111 (0.20)	0.00	1174.82
5	S	-0.00066	0	0.500	20.0	70	0.00031 (0.00031) 364	0.111 (0.20)	0.00	1174.82

**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	4.11	50.0	730.0	-101.7	8.0	28.1	8395	226.2
2	S	4.11	50.0	730.0	-101.7	8.0	28.1	8395	226.2
3	S	4.11	50.0	730.0	-101.7	8.0	28.1	8395	226.2
4	S	4.11	50.0	730.0	-101.7	8.0	28.1	8395	226.2
5	S	4.11	50.0	730.0	-101.7	8.0	28.1	8395	226.2

**COMBINAZIONI FREQUENTI 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	-0.00066	0	0.500	20.0	70	0.00031 (0.00031) 364	0.111 (0.20)	0.00	1174.82
2	S	-0.00066	0	0.500	20.0	70	0.00031 (0.00031) 364	0.111 (0.20)	0.00	1174.82
3	S	-0.00066	0	0.500	20.0	70	0.00031 (0.00031) 364	0.111 (0.20)	0.00	1174.82
4	S	-0.00066	0	0.500	20.0	70	0.00031 (0.00031) 364	0.111 (0.20)	0.00	1174.82
5	S	-0.00066	0	0.500	20.0	70	0.00031 (0.00031) 364	0.111 (0.20)	0.00	1174.82

**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	0.08	50.0	730.0	1.0	8.0	711.9	---	---

**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	-0.00039	0	----	----	----	----	0.000 (0.20)	1237.92	0.00

#### 4.9.2 Muro frontale

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

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 275x730 cm

Armatura verticale

$$A_s = \phi 26/10 + \phi 26/20 \text{ (lato controterra)}$$

$$A'_s = \phi 26/10 \text{ (lato esterno)}$$

Armatura orizzontale

$$A_s = \phi 20/20 + \phi 20/20 \text{ (lato controterra)}$$

$$A'_s = \phi 20/20 \text{ (lato esterno)}$$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 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:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 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:	337.50 MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	49 di 68

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	730.0
3	275.0	730.0
4	275.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	9.0	9.0	26
2	9.0	721.0	26
3	266.0	721.0	26
4	266.0	9.0	26
5	15.0	9.0	26
6	15.0	721.0	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	2	70	26
2	3	4	70	26
3	5	6	35	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	8 mm
Passo staffe:	5.8 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

**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	17055.00	7806.00	29189.00	787.00	3432.00
2	17055.00	7458.00	37246.00	751.00	4271.00
3	17055.00	7806.00	29189.00	787.00	3432.00
4	17055.00	7806.00	29189.00	787.00	3432.00
5	17055.00	7458.00	37246.00	751.00	4271.00
6	11102.00	5123.00	15996.00	764.00	1553.00

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	50 di 68

7	10329.00	5119.00	33674.00	764.00	3958.00
8	10329.00	15288.00	15682.00	2309.00	1553.00
9	10329.00	15288.00	15682.00	2309.00	1553.00
10	10329.00	5119.00	33674.00	764.00	3958.00

**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	12166.00	5347.00	20260.00
2	12166.00	5107.00	25808.00
3	12166.00	5347.00	20260.00
4	12166.00	5347.00	20260.00
5	12166.00	5107.00	25808.00

**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	11624.00	2041.00 (5085.80)	18625.00 (46410.08)
2	11624.00	1849.00 (3496.81)	23064.00 (43618.45)
3	9456.00	2124.00 (85429.41)	4643.00 (186746.11)
4	9456.00	2124.00 (85429.41)	4643.00 (186746.11)
5	11624.00	1849.00 (3496.81)	23064.00 (43618.45)

**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	9456.00	994.00 (91002.12)	4643.00 (425073.29)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	3.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.9 cm

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	51 di 68

**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	17055.00	7806.00	29189.00	17054.87	20696.20	79037.49	2.68961.0(602.3)	
2	S	17055.00	7458.00	37246.00	17055.10	15994.60	79203.51	2.12961.0(602.3)	
3	S	17055.00	7806.00	29189.00	17054.87	20696.20	79037.49	2.68961.0(602.3)	
4	S	17055.00	7806.00	29189.00	17054.87	20696.20	79037.49	2.68961.0(602.3)	
5	S	17055.00	7458.00	37246.00	17055.10	15994.60	79203.51	2.12961.0(602.3)	
6	S	11102.00	5123.00	15996.00	11101.88	22700.52	71844.96	4.44961.0(602.3)	
7	S	10329.00	5119.00	33674.00	10329.13	10634.67	71205.01	2.11961.0(602.3)	
8	S	10329.00	15288.00	15682.00	10328.83	65458.11	68338.04	4.30961.0(602.3)	
9	S	10329.00	15288.00	15682.00	10328.83	65458.11	68338.04	4.30961.0(602.3)	
10	S	10329.00	5119.00	33674.00	10329.13	10634.67	71205.01	2.11961.0(602.3)	

**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	275.0	730.0	0.00260	266.0	721.0	-0.02422	9.0	9.0
2	0.00350	275.0	730.0	0.00252	266.0	721.0	-0.02645	9.0	9.0
3	0.00350	275.0	730.0	0.00260	266.0	721.0	-0.02422	9.0	9.0
4	0.00350	275.0	730.0	0.00260	266.0	721.0	-0.02422	9.0	9.0
5	0.00350	275.0	730.0	0.00252	266.0	721.0	-0.02645	9.0	9.0
6	0.00350	275.0	730.0	0.00248	266.0	721.0	-0.02775	9.0	9.0
7	0.00350	275.0	730.0	0.00213	266.0	721.0	-0.03761	9.0	9.0
8	0.00350	275.0	730.0	0.00298	266.0	721.0	-0.01440	9.0	9.0
9	0.00350	275.0	730.0	0.00298	266.0	721.0	-0.01440	9.0	9.0
10	0.00350	275.0	730.0	0.00213	266.0	721.0	-0.03761	9.0	9.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	52 di 68

1	0.000097610	0.000002429	-0.025115988	----	----
2	0.000107112	0.000002028	-0.027435958	----	----
3	0.000097610	0.000002429	-0.025115988	----	----
4	0.000097610	0.000002429	-0.025115988	----	----
5	0.000107112	0.000002028	-0.027435958	----	----
6	0.000110034	0.000002754	-0.028769813	----	----
7	0.000150499	0.000001495	-0.038978917	----	----
8	0.000052059	0.000005618	-0.014917026	----	----
9	0.000052059	0.000005618	-0.014917026	----	----
10	0.000150499	0.000001495	-0.038978917	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 8 mm  
Passo staffe: 5.8 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	3450.52	62889.72	4323.35265.6	255.0	728.0	2.500	1.045	13.8	17.3(0.0)
2	S	4284.45	63013.11	4331.38265.7	255.4	728.1	2.500	1.045	17.1	17.3(0.0)
3	S	3450.52	62889.72	4323.35265.6	255.0	728.0	2.500	1.045	13.8	17.3(0.0)
4	S	3450.52	62889.72	4323.35265.6	255.0	728.0	2.500	1.045	13.8	17.3(0.0)
5	S	4284.45	63013.11	4331.38265.7	255.4	728.1	2.500	1.045	17.1	17.3(0.0)
6	S	1571.63	62341.55	4351.01265.6	256.6	728.1	2.500	1.029	6.3	17.3(0.0)
7	S	3965.40	62608.53	4374.66267.0	258.0	728.7	2.500	1.027	15.7	17.3(0.0)
8	S	1791.76	53017.48	4308.78267.2	254.1	626.5	2.500	1.027	7.2	17.3(0.0)
9	S	1791.76	53017.48	4308.78267.2	254.1	626.5	2.500	1.027	7.2	17.3(0.0)
10	S	3965.40	62608.53	4374.66267.0	258.0	728.7	2.500	1.027	15.7	17.3(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.67	275.0	730.0	-67.6	9.0	9.0	23053	578.7

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	53 di 68

2	S	4.58	275.0	730.0	-104.1	9.0	9.0	23531	578.7
3	S	3.67	275.0	730.0	-67.6	9.0	9.0	23053	578.7
4	S	3.67	275.0	730.0	-67.6	9.0	9.0	23053	578.7
5	S	4.58	275.0	730.0	-104.1	9.0	9.0	23531	578.7

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00036	0	0.500	26.0	77	0.00020 (0.00020)	438	0.089 (0.20)	11092.12	42028.50
2	S	-0.00055	0	0.500	26.0	77	0.00031 (0.00031)	442	0.138 (0.20)	7962.91	40240.20
3	S	-0.00036	0	0.500	26.0	77	0.00020 (0.00020)	438	0.089 (0.20)	11092.12	42028.50
4	S	-0.00036	0	0.500	26.0	77	0.00020 (0.00020)	438	0.089 (0.20)	11092.12	42028.50
5	S	-0.00055	0	0.500	26.0	77	0.00031 (0.00031)	442	0.138 (0.20)	7962.91	40240.20

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.13	275.0	730.0	-56.0	9.0	9.0	23465	578.7
2	S	3.85	275.0	730.0	-84.5	9.0	9.0	23307	578.7
3	S	0.97	275.0	730.0	-0.7	9.0	9.0	344	10.6
4	S	0.97	275.0	730.0	-0.7	9.0	9.0	344	10.6
5	S	3.85	275.0	730.0	-84.5	9.0	9.0	23307	578.7

**COMBINAZIONI FREQUENTI 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	-0.00030	0	0.500	26.0	77	0.00017 (0.00017)	441	0.074 (0.20)	5085.80	46410.08
2	S	-0.00045	0	0.500	26.0	77	0.00025 (0.00025)	440	0.112 (0.20)	3496.81	43618.45
3	S	-0.00001	0	0.500	26.0	77	0.00000 (0.00000)	405	0.001 (0.20)	85429.41	186746.11
4	S	-0.00001	0	0.500	26.0	77	0.00000 (0.00000)	405	0.001 (0.20)	85429.41	186746.11
5	S	-0.00045	0	0.500	26.0	77	0.00025 (0.00025)	440	0.112 (0.20)	3496.81	43618.45

**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	0.92	275.0	730.0	-0.1	9.0	9.0	234	5.3

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
VI06 - Ponte ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	54 di 68

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0	0.500	26.0	77	0.00000 (0.00000)	456	0.000 (0.20)	91002.12	425073.29

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

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

Spille  $9\phi 10/mq$  per metro di sezione.

#### 4.9.3 Zattera di fondazione

Per la valutazione delle sollecitazioni nel plinto di fondazione, è necessario valutare preventivamente le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione. Tali sollecitazioni sono state valutate mediante una ripartizione rigida delle sollecitazioni agenti a base plinto.

Si vedano i paragrafi precedenti da cui risulta :

$$N_{\max} = 6384 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{\max} = 534 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 5228 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 826 \text{ kN (CC. SLV)}$$

##### 4.9.3.1 Unghia anteriore platea fondazione

Il tacco anteriore del plinto di fondazione è stato verificato ipotizzando un meccanismo di tirante puntone. Si riporta di seguito la verifica. La larghezza di diffusione è stata valutata in corrispondenza del filo anteriore del muro frontale, mediante una diffusione a  $45^\circ$  a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a  $0.2 d_p$  (con  $d_p$  altezza utile della sezione del plinto).

La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.

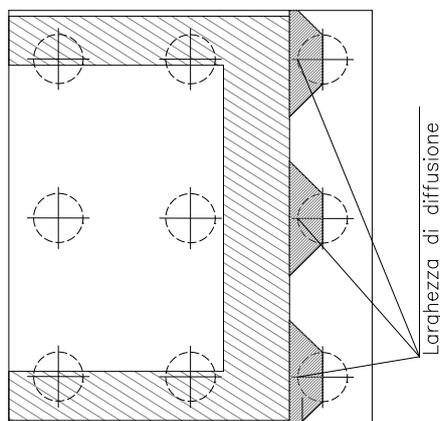
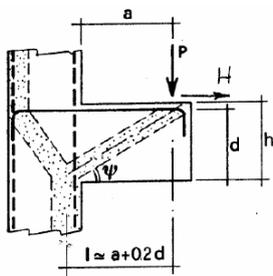


Figura 3 – Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni proposte a riguardo al C4.1.2.1.5 dalla Circolare Ministeriale n° 617/09.

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



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

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

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

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

$$P_{R_c} = 0,4bd f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{R_s}$$

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

- 1  $P_r \geq P_{Ed}$
- 2  $P_{R_c} \geq P_{R_s}$

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	56 di 68

**Dati di progetto**

b(m)=	2.85	m	dimensione trasversale verifica
P <sub>Ed</sub> (KN) =	6384.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub> (KN) =	534.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	1.60	m	distanza P da incastro
h(m) =	2.00	m	spessore mensola
δ(m) =	0.10	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
d(m) =	1.90	m	altezza utile
l(m) =	1.98	m	a+0,2d
λ =	1.16		λ=ctgψ≧1/(0,9d).

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

c(m) = 1.00

**Caratteristiche Materiali**

f <sub>cd</sub> =	14.1	MPa	Calcestruzzo
f <sub>yd</sub> =	391.0	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo R1</b>							
n° R1 =	1	φ1(mm) =	24.0	p1(cm) =	10.0	θ1° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	452.39	nb tot 1 =	28.5	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	12893.09	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	12893.09
<b>Registro tipo R2</b>							
n° R2 =	1	φ2(mm) =	24.0	p2(cm) =	10.0	θ2° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	452.39	nb tot 2 =	28.5	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	12893.09	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	12893.09
<b>Registro tipo R3</b>							
n° R3 =	0	φ3(mm) =	26.0	p3(cm) =	10.0	θ3° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	530.93	nb tot 3 =	0.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00

**Verifiche di resistenza**

Ψ =	0.712	rad	=	40.82	°
P <sub>RS</sub> =	8246.3	KN	P <sub>RS</sub> >P <sub>Ed</sub> - Verifica Soddisfatta		
P <sub>RC</sub> =	13047.5	KN	P <sub>RC</sub> >P <sub>RS</sub> - Verifica Soddisfatta		

**4.9.4 Soletta**

La soletta viene verificata tramite uno schema a trave incastrata, di larghezza unitaria. La luce di calcolo è presa pari alla distanza tra i muri andatori. In favore di sicurezza il carico variabile viene ipotizzato uniformemente distribuito su tutta la luce di calcolo.

Il momento agente viene valutato tramite la formula  $M_{Ed} = q * L^2 / 12$

Il taglio agente viene valutato tramite la formula  $T_{Ed} = q * L / 2$

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	57 di 68

		kN/m	kN*m	kN		
			M	T		
G1	25	kN/mq	qSLU	115.10	511	420
G2	3	kN/mq	qSLE rara	81.00	360	-
Q	53	kN/mq	q SLE freq.	70.40	313	-
			qSLE qp.	28.00	124	-
L	7.30	m				

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400 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:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60 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 β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

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

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.0	-42.0	20

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	58 di 68

2	-42.0	42.0	20
3	42.0	42.0	20
4	42.0	-42.0	20

**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	4	8	20
2	2	3	3	20

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	8 mm
Passo staffe:	20.7 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	511.10	420.10

**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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	359.70	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 di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	312.60 (604.58)	0.00 (0.00)

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	59 di 68

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	124.30 (604.58)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.2 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  
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  
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	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	0.00	511.10	0.00	1089.65	2.13	47.1(30.0)

**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.)  
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	50.0	0.00002	-42.0	42.0	-0.03656	-42.0	-42.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000435386	-0.018269303		

**VERIFICHE A TAGLIO**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	60 di 68

Diam. Staffe: 8 mm  
Passo staffe: 20.7 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	420.10	2877.84	421.81	96.8   88.8	100.0	2.500	1.000	4.8	4.9(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.17	-50.0	50.0	-136.2	-32.7	-42.0	2000	31.4

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver. Esito della verifica  
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace 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
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	61 di 68

1 S -0.00076 0 0.500 20.0 70 0.00041 (0.00041) 454 0.186 (0.20) 604.58 0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.76	-50.0	50.0	-118.4	-4.7	-42.0	2000	31.4

**COMBINAZIONI FREQUENTI 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	-0.00066	0	0.500	20.0	70	0.00036 (0.00036)	454	0.161 (0.20)	604.58 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	1.10	-50.0	50.0	-47.1	-32.7	-42.0	2000	31.4

**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	-0.00026	0	0.500	20.0	70	0.00014 (0.00014)	454	0.064 (0.20)	604.58 0.00

#### 4.9.5 Palo di fondazione $L=27.0m$

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.1 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 6384 \text{ kN} \quad T = 534 \text{ kN} \quad M = 534 * 3.1 = 1656 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = 353 \text{ kN} \quad T = 826 \text{ kN} \quad M = 826 * 3.1 = 2561 \text{ kNm}$$

$$N = 5228 \text{ kN} \quad T = 826 \text{ kN} \quad M_{\max} = 826 * 3.1 = 2561 \text{ kNm}$$

*Caratteristiche della sezione:*

*Sezione circolare  $\varnothing 150 \text{ cm}$*

$$A_s = 30 \varnothing 26 \quad \text{staffe } \varnothing 14/15$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 27.00m$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	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:	137.50	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 $\beta_1 * \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	63 di 68

**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 circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza 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 equidistanti, disposte lungo la circonferenza  
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.0	30	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 14 mm  
Passo staffe: 15.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**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	6384.00	1656.00	0.00	534.00	0.00
2	2054.00	1656.00	0.00	534.00	0.00
3	5228.00	2561.00	0.00	826.00	0.00
4	353.00	2561.00	0.00	826.00	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	4534.00	1146.00	0.00
2	1998.00	1146.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	64 di 68

**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	4166.00	1049.00 (4840.59)	0.00 (0.00)
2	2245.00	1049.00 (1775.65)	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	2406.00	817.00 (2460.24)	0.00 (0.00)
2	1343.00	817.00 (1515.57)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 11.0 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 7.3 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	6384.00	1656.00	0.00	6383.88	5651.75	0.00	3.41	159.3(53.0)
2	S	2054.00	1656.00	0.00	2053.85	4433.18	0.00	2.68	159.3(53.0)
3	S	5228.00	2561.00	0.00	5227.86	5396.20	0.00	2.11	159.3(53.0)
4	S	353.00	2561.00	0.00	353.19	3748.35	0.00	1.46	159.3(53.0)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	65 di 68

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00293	0.0	65.0	-0.00448	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00266	0.0	65.0	-0.00822	0.0	-65.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00288	0.0	65.0	-0.00522	0.0	-65.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00247	0.0	65.0	-0.01096	0.0	-65.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000056995	-0.000774624	----	----
2	0.000000000	0.000083699	-0.002777409	----	----
3	0.000000000	0.000062283	-0.001171195	----	----
4	0.000000000	0.000103255	-0.004244097	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	14 mm
Passo staffe:	15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d   z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro   Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	534.00	4100.44	1963.46117.5	97.8	137.4	2.500	1.250	5.6	20.5(0.0)
2	S	534.00	3697.01	2161.48120.6	107.7	130.0	2.500	1.082	5.1	20.5(0.0)
3	S	826.00	4044.18	2007.08117.9	100.0	137.1	2.500	1.209	8.4	20.5(0.0)
4	S	826.00	3438.74	2257.16122.6	112.4	123.6	2.500	1.014	7.5	20.5(0.0)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	66 di 68

**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	5.17	0.0	0.0	-4.4	0.0	-65.0	346	5.3
2	S	4.87	0.0	0.0	-57.2	0.0	-65.0	1826	37.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	584	0.008 (0.20)	4772.96	0.00
2	S	-0.00033	0	0.500	26.0	87	0.00017 (0.00017)	513	0.088 (0.20)	1561.48	0.00

**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	4.74	0.0	0.0	-3.9	0.0	-65.0	346	5.3
2	S	4.37	0.0	0.0	-37.0	0.0	-65.0	1365	26.5

**COMBINAZIONI FREQUENTI 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	-0.00005	0	0.500	26.0	87	0.00001 (0.00001)	584	0.007 (0.20)	4840.59	0.00
2	S	-0.00022	0	0.500	26.0	87	0.00011 (0.00011)	523	0.058 (0.20)	1775.65	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	3.43	0.0	0.0	-13.5	0.0	-65.0	678	15.9
2	S	3.50	0.0	0.0	-44.3	0.0	-65.0	1881	37.2



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 VI06 - Ponte ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 06 04 002	A	67 di 68

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	-0.00009	0	0.500	26.0	87	0.00004 (0.00004)	484	0.020 (0.20)	2460.24	0.00
2	S	-0.00026	0	0.500	26.0	87	0.00013 (0.00013)	519	0.069 (0.20)	1515.57	0.00

## 5 SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel presente paragrafo si riporta una sintesi in forma tabellare delle sollecitazioni massime sui pali e delle verifiche geotecniche per il viadotto in oggetto, con relativi coefficienti di sicurezza.

Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche relazioni delle fondazioni.

PALI					SOLLECITAZIONI									
viadot to	spalla pila	D[m m]	npali[ -]	Lpalo [m]	SFORZO NORMALE SLU/SLV		SFORZO NORMALE SLE		TAGLI E MOMENTI					
					Nmax,c [kN]	Nmin[k N]	Nmax, SLE,rara [kN]	Nmax, SLE,FREQ [kN]	senza scalzamento			con scalzamento		
									Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax	Tmax [kN]	alfa [m]	Mmax
VI06	spalla 1	1500	9	32.0	7989		5610		1673	3.1	5220	-	-	-
VI06	spalla 2	1500	9	27.0	6384		4534		826	3.1	2577	-	-	-
VI06	Pila 9	1200	9	35.0	7289	-2753	4302		926	2.5	2295	-	-	-
VI06	Pila 10	1500	12	30.0	7769	-3365	5755		1195	3.1	3737	-	-	-
VI06	Pila 13	1200	9	38.0	8203	-3280	4660		967	2.5	2396	-	-	-
VI06	Pila 14	1500	9	32.0	8701	-2390	5547		1257	3.1	3931	-	-	-
VI06	Pila 22	1500	9	35.0	10491	-2496	6686	5763	1295	3.1	4049	170	3.1	531. 59
VI06	Pila 24	1500	12	30.0	8871	-1526	6871	5820	1178	3.1	3684	160	3.1	500. 32

VERIFICHE GEOTECNICHE						
Carico limite orizzontale		Capacità portante palo				
		COMPRESSIONE			TRAZIONE	
Hd[kN]	FS	Qd [kN]	Qd [kN], SCALZ	FS	Qd,trazione [kN]	
1768.7	1.06	8575	-	1.07	-	-
882.7	1.07	6795	-	1.06	-	-
1070.3	1.16	7810	-	1.07	6407	2.33
1228.9	1.03	8420	-	1.08	6649	1.98
1070.3	1.11	8653	-	1.05	7137	2.18
1391.4	1.11	9070	-	1.04	7124	2.98
1391.4	1.07	11108	10911	1.04	8739	3.50
1391.4	1.18	9299	9102	1.03	7193	4.71