

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

VI07 - Viadotto ferroviario a Singolo Binario

Relazione di calcolo Spalle 1 di 2

SCALA:

-
---

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

RS3E    50    D    09    CL    VI0704    001    A

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

ITALFERA S.p.A.  
 U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti  
 Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
 Nr. 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 07 04 001	A	3 di 69

4.6.9	Azione sismica .....	25
4.6.10	Inerzie strutturali.....	27
4.6.11	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali.....	27
4.6.12	Riepilogo risultati.....	28
4.7	SOLLECITAZIONI.....	33
4.7.1	Muro paraghiaia .....	33
4.7.2	Muro frontale .....	35
4.7.3	Plinto di fondazione.....	37
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	39
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	40
4.9.1	Paraghiaia.....	43
4.9.2	Muro frontale .....	49
4.9.3	Zattera di fondazione.....	55
4.9.4	Soletta.....	57
4.9.5	Palo di fondazione $L=31.0m$ .....	63

## 1 PREMESSA

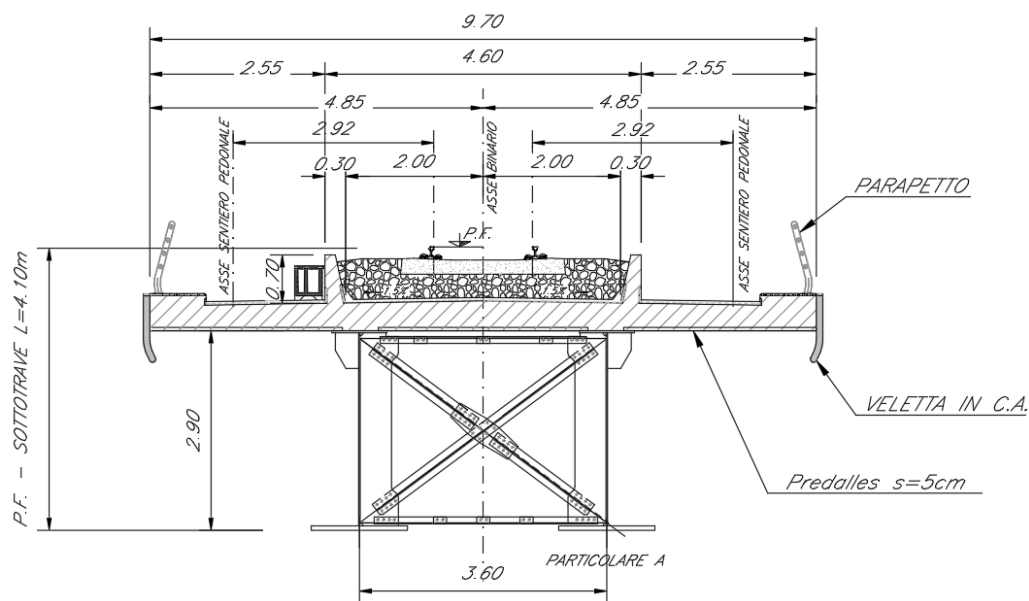
La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto ferroviario **VI07** della tratta ferroviaria Dittaino-Catenanuova, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la spalla **A** 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 VI07 ha una lunghezza totale di circa 168 m, è costituito da 3 impalcati in sezione mista acciaio/cls di luce 40m ed 1 in sezione mista acciaio/cls di luce 50m. Il viadotto è previsto a singolo binario.

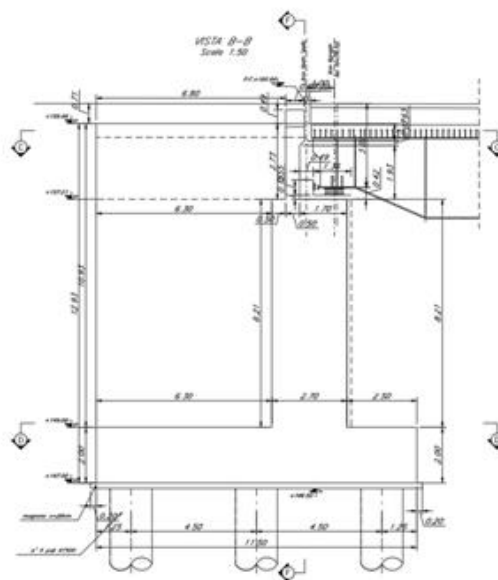
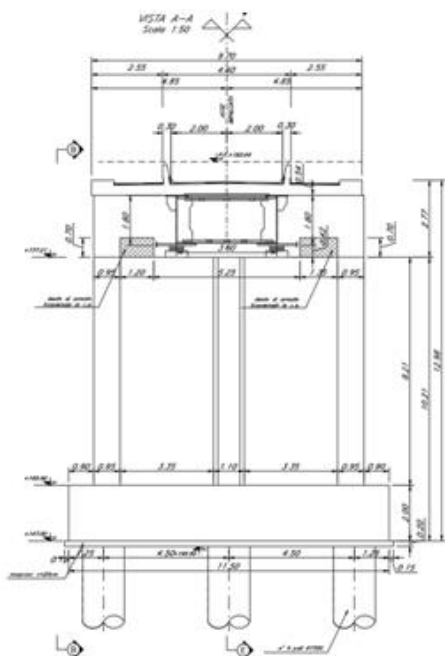
Pile e spalle sono realizzate in c.a. gettato in opera.



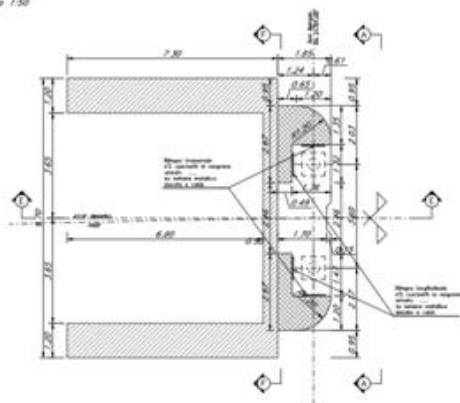
**Figura 1 - Sezione trasversale**

#### 1.1.1 Aspetti legati alle opere di fondazione

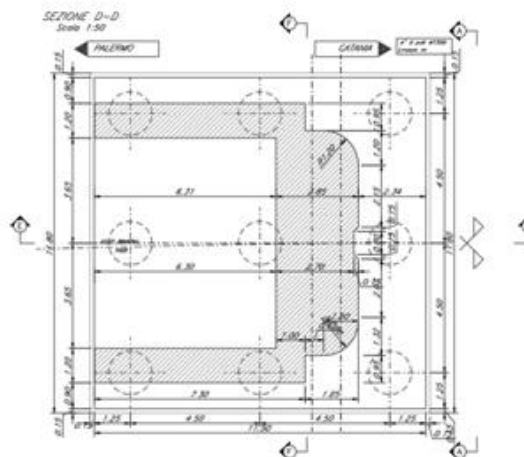
Le fondazioni sono realizzate sia per le pile che per le spalle con plinti su pali di grande diametro.



SEZIONE C-C  
Scale 1:50



SEZIONE D-D  
Scale 1:50



## 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;
- 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 ELETTRISALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

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

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

### 3.1 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 "Specifiche 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 07 04 001	A	9 di 69

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.

## 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 A (escluso paraghiaia) è pari a 7.00 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 A, 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 07 04 001	A	12 di 69

		Coefficiente	EQU <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.



SLE rata - N max gr.1	SLE rata - RT max gr.1	SLE rata - ML max gr.1	SLE rata - N max gr.3	SLE rata - RT max gr.3	SLE rata - ML max gr.3	SLE rata - 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	0.80	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	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q frenatura
1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Q centrifuga
1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	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	0.20	0.00	0.20	0.00	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	0.20	0.00	0.20	0.00	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	0.20	0.00	0.20	0.00	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	0.20	0.00	0.20	0.00	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	0.20	0.00	0.20	0.00	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	0.20	0.00	0.20	0.00	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	0.20	0.00	0.20	0.00	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	0.20	0.00	0.20	0.00	Comb. MLmax Q serpeggio
0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	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	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

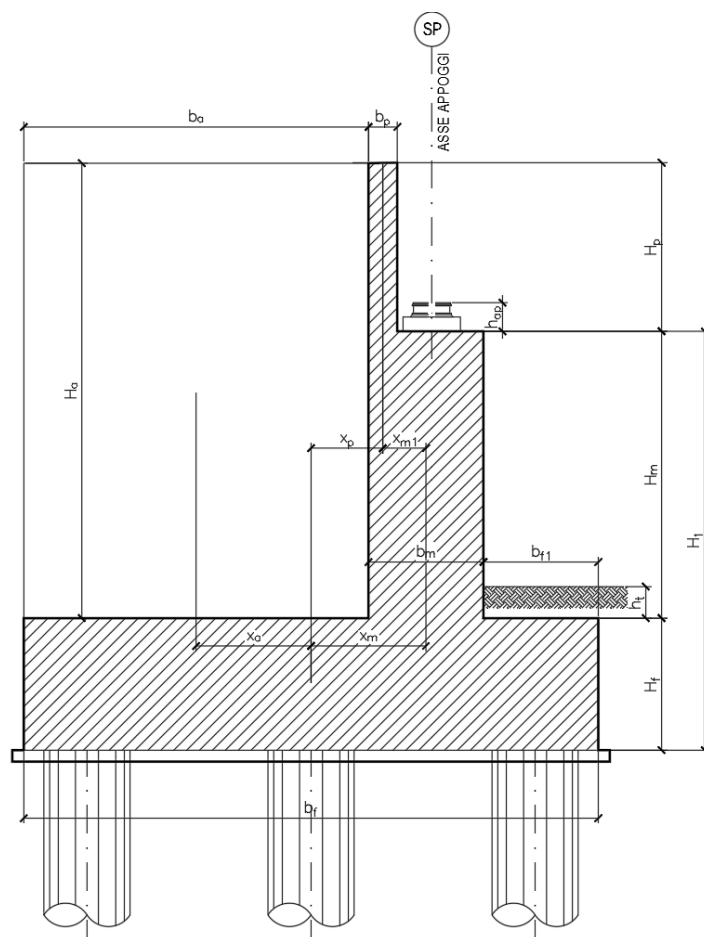


Figura 1 – Significato dei simboli: sezione tipica

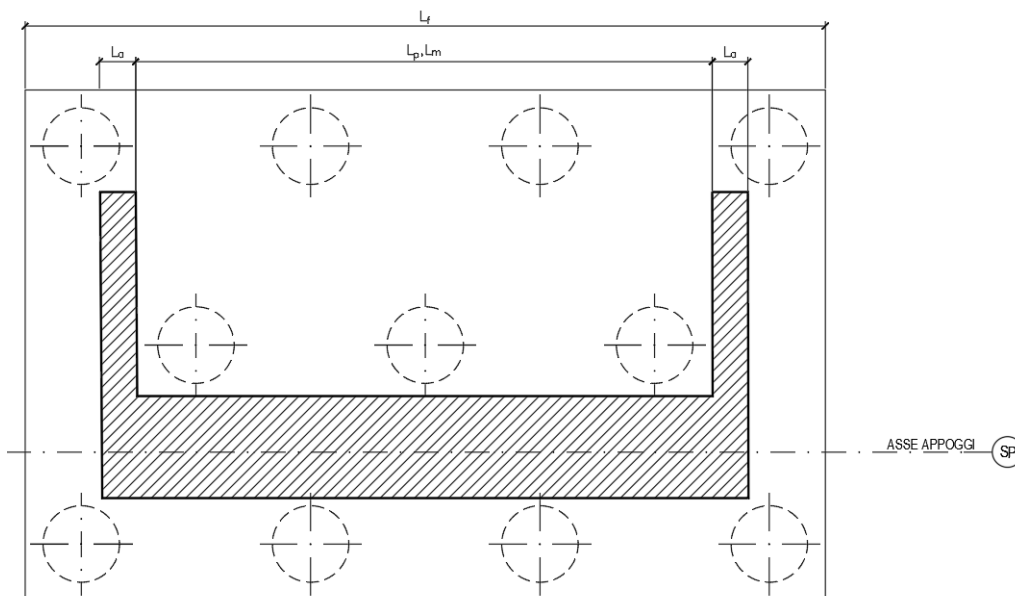


Figura 2 – Significato dei simboli: pianta tipologica



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	$H_1$	9.40	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	$H_m$	7.00	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	$H_a$	10.30	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 07 04 001	A	19 di 69

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			126			126	3.00
Vento Ponte Carico			234			234	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)	vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1))	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	αR	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*ρ*vb²	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	13	13	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.52	2.52	
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	2.52	2.52	
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	12.6	23.4	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.57	2.89	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	12.6	23.4	kN/m

#### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	12.6		kN/m
Luce impalcato	L	40		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	252		kN/m

#### Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	23.4		kN/m
Luce impalcato	L	40		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	468		kN/m

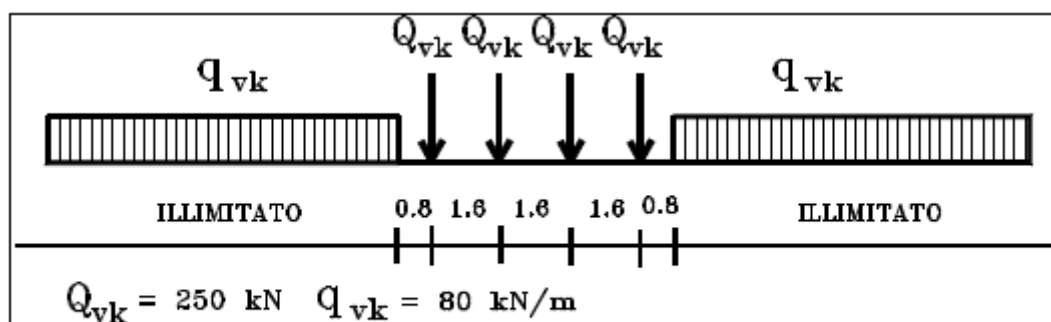
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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*

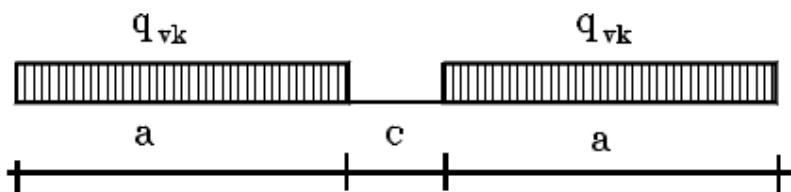
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

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

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

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 a tergo dell'opera.

#### 4.6.8 Sovraccarico sul terrapieno

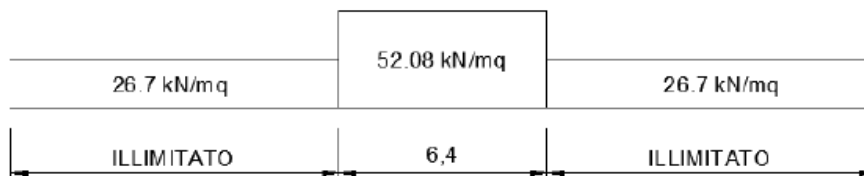
Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

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

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

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:



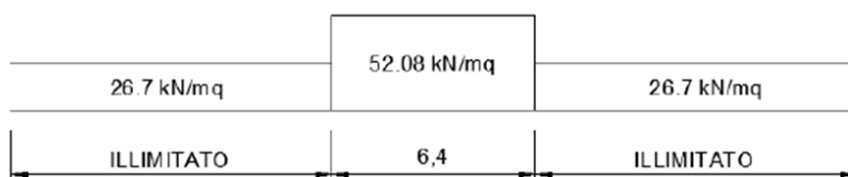
A tali carichi si deve applicare il coefficiente  $\alpha$  relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

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

Nel caso in esame, il coefficiente  $\alpha$  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

**Reticolo di riferimento**

Controlla sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione:

media ponderata



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) -  $V_{n1}$   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	SLD - $P_{VR} = 81\%$	<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

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

Stato Limite

Stato Limite considerato  info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo  info  $S_B = 1.472$   $C_C = 1.287$  info

Categoria topografica  info  $h/H = 1.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%)   $\eta_1 = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_{el}$   Regol. in altezza  info

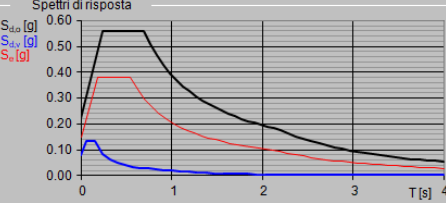
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore  $q_v$    $\eta_2 = 0.667$  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,  $\xi = 5\%$ )

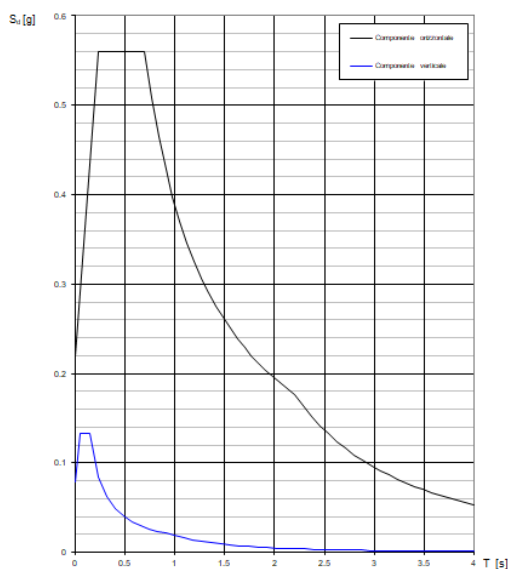
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

**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



#### 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 si 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		8.65	0	-217
Muro frontale	g1	4668	0	0			3.50	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>4969</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-217</b>
Rinterro	g3		0	0			3.43	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			1699	0			5.15	0	8752

**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	10.65	0	467
Muro frontale	g1	4668			2.28	0.00	5.50	0	10643
Plinto	g1	7200			0.00	0.00	1.00	0	0
Muro posteriore	g1	2350			-5.38	0.00	7.15	0	-12630
Soletta	g1	1259			-2.55	0.00	11.80	0	-3211
Muri andatori	g1	4264			-2.55	0.00	7.15	0	-10874
<b>Totale Permanenti</b>		<b>20042</b>						<b>0</b>	<b>-15604</b>
Rinterro	g3	0			-2.55	0.00	7.15	0	0
Ricop. Plinto	g3	0			2.55	0.00	2.50	0	0
Sovr. acc. sul rilevato		2670			-2.55	0.00	12.30	0	-6808
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		0		-2.55	0.00	4.10	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			2029		0.00	0.00	6.15	0	12480

➤ 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		8.65	0	-217
Muro frontale	g1	4668	0	0			3.50	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>4969</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-217</b>
Rinterro	g3		0	0			3.43	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			1080	0			5.15	0	5562

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	8.65	0	575
Muro frontale	q6		1031		0.00	0.00	3.50	0	3608
Rinterro	Inerzia		0				5.15	0	0
	Sovraspinta		0				3.43	0	0
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>0</b>					<b>0</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato			1080				5.15	0	5562
<b>Totale generale</b>			<b>2177</b>					<b>0</b>	<b>9744</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	8.65	575	0
Muro frontale	q6			1031	0.00	0.00	3.50	3608	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>1097</b>				<b>4183</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	8.65	0	-24
Muro frontale	q6	515			0.00	0.00	3.50	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>549</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	10.65	0	467
Muro frontale	g1	4668			2.28	0.00	5.50	0	10643
Plinto	g1	7200			0.00	0.00	1.00	0	0
Muro posteriore	g1	2350			-5.38	0.00	7.15	0	-12630
Soletta	g1	1259			-2.55	0.00	11.80	0	-3211
Muri andatori	g1	4264			-2.55	0.00	7.15	0	-10874
<b>Totale Permanenti</b>		<b>20042</b>						<b>0</b>	<b>-15604</b>
Rinterro	g3	0			-2.55	0.00	7.15	0	0
Ricop. Plinto	g3	0			2.55	0.00	2.50	0	0
Sovr. acc. sul rilevato		2670			-2.55	0.00	12.30	0	-6808
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3	0			-2.55	0.00	4.10	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			1290		0.00	0.00	6.15	0	7931

**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	10.65	0	708
Muro frontale	q <sub>s</sub>		1031		2.28	0.00	5.50	0	5669
Plinto	q <sub>s</sub>		1590		0.00	0.00	1.00	0	1590
Muro posteriore	g1		519		-5.38	0.00	7.15	0	3709
Soletta	g1		278		-2.55	0.00	11.80	0	3281
Muri andatori	q <sub>s</sub>		942		-2.55	0.00	7.15	0	6732
Rinterro	Inerzia		0		-2.55	0.00	7.15	0	0
	Sovraspinta		0		-2.55	0.00	4.10	0	0
Rinterro (totale)			0				7.15	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			1290		-2.55		7.15	0	7931
<b>Totale generale</b>			<b>5715</b>						<b>29620</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	10.65	708	0
Muro frontale	q <sub>s</sub>			1031	2.28	0.00	5.50	5669	0
Plinto	q <sub>s</sub>			1590	0.00	0.00	1.00	1590	0
Muro posteriore	g1			519	-5.38	0.00	7.15	3709	0
Soletta	g1			278	-2.55	0.00	11.80	3281	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>			942	-2.55	0.00	7.15	6732	0
Rinterro	Inerzia			0	0.00		7.15	0	0
	Sovraspinta			0			4.10	0	0
Rinterro (totale)				0				0	0
Sovr. acc. sul rilevato				1290	-2.55		12.30	15862	0
<b>Totale generale</b>				<b>5715</b>				<b>37551</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	10.65	0.00	52
Muro frontale	q <sub>s</sub>	515			2.28	0.00	5.50	0.00	1175
Plinto	q <sub>s</sub>	795			0.00	0.00	1.00	0.00	0
Muro posteriore	g1	259			-5.38	0.00	7.15	0.00	-1394
Soletta	g1	139			-2.55	0.00	11.80	0.00	-355
Muri andatori	q <sub>s</sub>	471			-2.55	0.00	7.15	0.00	-1200
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>2213</b>						<b>0.00</b>	<b>-1723</b>



## 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  
VI07 - Ponte ferroviario a Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	35 di 69

#### 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	14097	3099	680	7407	27131
A2 - SLU - MT max gr.1	14097	3099	680	7407	27131
A2 - SLU - ML max gr.1	14097	3099	680	7407	27131
A2 - SLU - N max gr.3	14097	3821	649	7082	34645
A2 - SLU - MT max gr.3	14097	3821	649	7082	34645
A2 - SLU - ML max gr.3	14097	3821	649	7082	34645
A2 - SLU - Vento ponte scarico	10709	151	478	4521	5317
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	10977	3099	680	7407	24729
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	10977	3099	680	7407	24729
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	10977	3099	680	7407	24729
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	10977	3821	649	7082	32243
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	10977	3821	649	7082	32243
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	10977	3821	649	7082	32243
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	7589	151	478	4521	2915
A1 - SLU - N max gr.1	17775	3623	815	8777	32011
A1 - SLU - MT max gr.1	17775	3623	815	8777	32011
A1 - SLU - ML max gr.1	17775	3623	815	8777	32011
A1 - SLU - N max gr.3	17775	4463	779	8400	40740
A1 - SLU - MT max gr.3	17775	4463	779	8400	40740
A1 - SLU - ML max gr.3	17775	4463	779	8400	40740
A1 - SLU - Vento ponte scarico	13845	203	581	5436	6707
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	11519	3623	815	8777	28609
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	11519	3623	815	8777	28609
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	11519	3623	815	8777	28609
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	11519	4463	779	8400	37337
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	11519	4463	779	8400	37337
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	11519	4463	779	8400	37337
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	7589	151	529	5046	2915
SLE rara - N max gr.1	12699	2509	563	6010	22214
SLE rara - MT max gr.1	12699	2509	563	6010	22214
SLE rara - ML max gr.1	12699	2509	563	6010	22214
SLE rara - N max gr.3	12699	3087	538	5750	28225
SLE rara - MT max gr.3	12699	3087	538	5750	28225
SLE rara - ML max gr.3	12699	3087	538	5750	28225
SLE rara - Vento ponte scarico	9989	1850	403	3735	13515
SLE freq. - N max gr.1	12157	2377	256	2245	20474
SLE freq. - MT max gr.1	12157	2377	256	2245	20474
SLE freq. - ML max gr.1	12157	2377	256	2245	20474
SLE freq. - N max gr.3	12157	2840	236	2037	25283
SLE freq. - MT max gr.3	12157	2840	236	2037	25283
SLE freq. - ML max gr.3	12157	2840	236	2037	25283
SLE freq. - Vento ponte scarico	9989	151	277	2425	4763
SLE quasi permanente	9989	151	151	1114	4763
SLV - N max	11694	1605	799	5749	17259
SLV - MT max gr.1	10880	1605	2427	17183	16945
SLV - ML max gr.1	10880	4092	799	5744	36894
SLV - MT max gr.3	10182	1605	2427	17179	16675
SLV - ML max gr.3	10182	4092	799	5740	36624
SLV - N min	9369	1605	799	5736	16361

**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.

#### 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	32507	3511	680	8767	30655
A2 - SLU - MT max gr.1	32507	3511	680	8767	30655
A2 - SLU - ML max gr.1	32507	3511	680	8767	30655
A2 - SLU - N max gr.3	32507	4234	649	8379	39614
A2 - SLU - MT max gr.3	32507	4234	649	8379	39614
A2 - SLU - ML max gr.3	32507	4234	649	8379	39614
A2 - SLU - Vento ponte scarico	25782	151	478	5478	3318
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	29387	3511	680	8767	21139
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	29387	3511	680	8767	21139
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	29387	3511	680	8767	21139
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	29387	4234	649	8379	30098
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	29387	4234	649	8379	30098
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	29387	4234	649	8379	30098
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	22662	151	478	5478	-6198
A1 - SLU - N max gr.1	41995	4102	815	10406	34324
A1 - SLU - MT max gr.1	41995	4102	815	10406	34324
A1 - SLU - ML max gr.1	41995	4102	815	10406	34324
A1 - SLU - N max gr.3	41995	4941	779	9957	44731
A1 - SLU - MT max gr.3	41995	4941	779	9957	44731
A1 - SLU - ML max gr.3	41995	4941	779	9957	44731
A1 - SLU - Vento ponte scarico	34194	203	581	6598	2613
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	30463	4102	815	10406	26009
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	30463	4102	815	10406	26009
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	30463	4102	815	10406	26009
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	30463	4941	779	9957	36415
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	30463	4941	779	9957	36415
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	30463	4941	779	9957	36415
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	22662	151	529	6103	-6198
SLE rara - N max gr.1	30442	2839	563	7135	22992
SLE rara - MT max gr.1	30442	2839	563	7135	22992
SLE rara - ML max gr.1	30442	2839	563	7135	22992
SLE rara - N max gr.3	30442	3417	538	6825	30159
SLE rara - MT max gr.3	30442	3417	538	6825	30159
SLE rara - ML max gr.3	30442	3417	538	6825	30159
SLE rara - Vento ponte scarico	27732	2180	403	4540	6795
SLE freq. - N max gr.1	29900	2707	256	2756	19753
SLE freq. - MT max gr.1	29900	2707	256	2756	19753
SLE freq. - ML max gr.1	29900	2707	256	2756	19753
SLE freq. - N max gr.3	29900	3170	236	2508	25486
SLE freq. - MT max gr.3	29900	3170	236	2508	25486
SLE freq. - ML max gr.3	29900	3170	236	2508	25486
SLE freq. - Vento ponte scarico	25062	151	277	2978	1122
SLE quasi permanente	25062	151	151	1416	1122
SLV - N max	28965	2645	1875	12892	20738
SLV - MT max gr.1	26986	2645	6013	40521	20632
SLV - ML max gr.1	26986	7462	1875	12888	56275
SLV - MT max gr.3	25290	2645	6013	40517	20542
SLV - ML max gr.3	25290	7462	1875	12884	56185
SLV - N min	23312	2645	1875	12879	20437

**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	41995	4102	815	10406	34324	6323	3009	465
AI - SLU - MT max gr.1	41995	4102	815	10406	34324	6323	3009	465
AI - SLU - ML max gr.1	41995	4102	815	10406	34324	6323	3009	465
AI - SLU - N max gr.3	41995	4941	779	9957	44731	6692	2641	556
AI - SLU - MT max gr.3	41995	4941	779	9957	44731	6692	2641	556
AI - SLU - ML max gr.3	41995	4941	779	9957	44731	6692	2641	556
AI - SLU - Vento ponte scarico	34194	203	581	6598	2613	4141	3458	68
AI - SLU Gmin - N max gr.1	30463	4102	815	10406	26009	4733	2036	465
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	30463	4102	815	10406	26009	4733	2036	465
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	30463	4102	815	10406	26009	4733	2036	465
AI - SLU Gmin - N max gr.3	30463	4941	779	9957	36415	5102	1667	556
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	30463	4941	779	9957	36415	5102	1667	556
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	30463	4941	779	9957	36415	5102	1667	556
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	22662	151	529	6103	-6198	2974	2062	61

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	28965	2645	1875	12892	20738	4464	1973	360
SLV - MT max gr.1	26986	2645	6013	40521	20632	5263	734	730
SLV - ML max gr.1	26986	7462	1875	12888	56275	5560	437	855
SLV - MT max gr.3	25290	2645	6013	40517	20542	5071	549	730
SLV - ML max gr.3	25290	7462	1875	12884	56185	5368	252	855
SLV - N min	23312	2645	1875	12879	20437	3824	1356	360

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	30442	2839	563	7135	22992	4498	2267	322
SLE rara - MT max gr.1	30442	2839	563	7135	22992	4498	2267	322
SLE rara - ML max gr.1	30442	2839	563	7135	22992	4498	2267	322
SLE rara - N max gr.3	30442	3417	538	6825	30159	4752	2013	384
SLE rara - MT max gr.3	30442	3417	538	6825	30159	4752	2013	384
SLE rara - ML max gr.3	30442	3417	538	6825	30159	4752	2013	384
SLE rara - Vento ponte scarico	27732	2180	403	4540	6795	3501	2662	246

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	14097	3099	680	7407	27131
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	14097	3821	649	7082	34645
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	14097	3099	680	7407	27131
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	14097	3099	680	7407	27131
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	14097	3821	649	7082	34645
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	17775	3623	815	8777	32011
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	17775	4463	779	8400	40740
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	17775	3623	815	8777	32011
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	17775	3623	815	8777	32011
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	17775	4463	779	8400	40740
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	12699	2509	563	6010	22214
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	12699	3087	538	5750	28225
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	12699	2509	563	6010	22214
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	12699	2509	563	6010	22214
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	12699	3087	538	5750	28225
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	12157	2377	256	2245	20474
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	12157	2840	236	2037	25283
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- Vento ponte scarico	9989	151	277	2425	4763
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- Vento ponte scarico	9989	151	277	2425	4763
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	12157	2840	236	2037	25283
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	9989	151	151	1114	4763
SLV	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	11694	1605	799	5749	17259
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	10880	4092	799	5744	36894
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	10880	1605	2427	17183	16945
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	10880	1605	2427	17183	16945
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	10880	4092	799	5744	36894

**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	32507	3511	680	8767	30655
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	32507	4234	649	8379	39614
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	32507	3511	680	8767	30655
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	32507	3511	680	8767	30655
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	32507	4234	649	8379	39614
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	41995	4102	815	10406	34324
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	41995	4941	779	9957	44731
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	41995	4102	815	10406	34324
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	41995	4102	815	10406	34324
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	41995	4941	779	9957	44731
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	30442	2839	563	7135	22992
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	30442	3417	538	6825	30159
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	30442	2839	563	7135	22992
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	30442	2839	563	7135	22992
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	30442	3417	538	6825	30159
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	29900	2707	256	2756	19753
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.3	29900	3170	236	2508	25486
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq. - Vento ponte scarico	25062	151	277	2978	1122
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq. - Vento ponte scarico	25062	151	277	2978	1122
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.3	29900	3170	236	2508	25486
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	25062	151	151	1416	1122
SLV	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	28965	2645	1875	12892	20738
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	26986	7462	1875	12888	56275
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	26986	2645	6013	40521	20632
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	26986	2645	6013	40521	20632
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	26986	7462	1875	12888	56275

#### 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 $\beta 1 * \beta 2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$ :	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 07 04 001	A	44 di 69

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	16
2	8.0	722.0	16
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 07 04 001	A	45 di 69

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 (1173.04)
2	301.00	0.00 (0.00)	898.00 (1173.04)
3	301.00	0.00 (0.00)	898.00 (1173.04)
4	301.00	0.00 (0.00)	898.00 (1173.04)
5	301.00	0.00 (0.00)	898.00 (1173.04)

**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 (91002.12)	0.00 (425073.29)

**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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	46 di 69

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	406.99	0.01	3465.87	2.65	223.9(65.4)
2	S	407.00	0.00	1303.00	406.99	0.01	3465.87	2.65	223.9(65.4)
3	S	407.00	0.00	1303.00	406.99	0.01	3465.87	2.65	223.9(65.4)
4	S	407.00	0.00	1303.00	406.99	0.01	3465.87	2.65	223.9(65.4)
5	S	407.00	0.00	1303.00	406.99	0.01	3465.87	2.65	223.9(65.4)
6	S	334.00	33.00	147.00	333.86	751.42	3453.39	22.87	223.9(65.4)
7	S	311.00	33.00	224.00	310.74	497.57	3454.41	15.18	223.9(65.4)
8	S	311.00	110.00	147.00	310.97	2511.97	3442.72	22.84	223.9(65.4)
9	S	311.00	110.00	147.00	310.97	2511.97	3442.72	22.84	223.9(65.4)
10	S	311.00	33.00	224.00	310.74	497.57	3454.41	15.18	223.9(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	0.194	50.0	730.0	0.00007	42.0	722.0	-0.01451	8.0	8.0
2	0.00350	0.194	50.0	730.0	0.00007	42.0	722.0	-0.01451	8.0	8.0
3	0.00350	0.194	50.0	730.0	0.00007	42.0	722.0	-0.01451	8.0	8.0
4	0.00350	0.194	50.0	730.0	0.00007	42.0	722.0	-0.01451	8.0	8.0
5	0.00350	0.194	50.0	730.0	0.00007	42.0	722.0	-0.01451	8.0	8.0
6	0.00350	0.197	50.0	730.0	0.00014	42.0	722.0	-0.01427	8.0	8.0
7	0.00350	0.195	50.0	730.0	0.00010	42.0	722.0	-0.01447	8.0	8.0
8	0.00350	0.212	50.0	730.0	0.00049	42.0	722.0	-0.01304	8.0	8.0
9	0.00350	0.212	50.0	730.0	0.00049	42.0	722.0	-0.01304	8.0	8.0
10	0.00350	0.195	50.0	730.0	0.00010	42.0	722.0	-0.01447	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	0.000428818	0.000000000	-0.017940932	0.194	0.700
2	0.000428818	0.000000000	-0.017940932	0.194	0.700
3	0.000428818	0.000000000	-0.017940932	0.194	0.700
4	0.000428818	0.000000000	-0.017940932	0.194	0.700
5	0.000428818	0.000000000	-0.017940932	0.194	0.700
6	0.000419179	0.000000234	-0.017629604	0.197	0.700
7	0.000424892	0.000000179	-0.017875540	0.195	0.700

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	47 di 69

8	0.000375252	0.000001080	-0.016051252	0.212	0.705
9	0.000375252	0.000001080	-0.016051252	0.212	0.705
10	0.000424892	0.000000179	-0.017875540	0.195	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	1851.06	42.0	730.0	0.0073	0.11
2	S	789.00	1851.06	42.0	730.0	0.0073	0.11
3	S	789.00	1851.06	42.0	730.0	0.0073	0.11
4	S	789.00	1851.06	42.0	730.0	0.0073	0.11
5	S	789.00	1851.06	42.0	730.0	0.0073	0.11
6	S	89.01	1868.45	42.0	730.0	0.0076	0.09
7	S	136.01	1886.23	42.0	730.0	0.0079	0.09
8	S	89.19	1911.67	42.0	730.1	0.0082	0.09
9	S	89.19	1911.67	42.0	730.1	0.0082	0.09
10	S	136.01	1886.23	42.0	730.0	0.0079	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 [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.12	50.0	730.0	-102.7	8.0	8.0	8395	223.9
2	S	4.12	50.0	730.0	-102.7	8.0	8.0	8395	223.9
3	S	4.12	50.0	730.0	-102.7	8.0	8.0	8395	223.9
4	S	4.12	50.0	730.0	-102.7	8.0	8.0	8395	223.9
5	S	4.12	50.0	730.0	-102.7	8.0	8.0	8395	223.9

**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 $f_{ctm}$ 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; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	48 di 69

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max^*(e_{sm} - e_{cm}) [(7.8)EC2 \text{ e } (C4.1.7)NTC]$ . Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00067	0	0.500	19.9	72	0.00031 (0.00031) 372	0.115 (0.20)	0.00	1173.04
2	S	-0.00067	0	0.500	19.9	72	0.00031 (0.00031) 372	0.115 (0.20)	0.00	1173.04
3	S	-0.00067	0	0.500	19.9	72	0.00031 (0.00031) 372	0.115 (0.20)	0.00	1173.04
4	S	-0.00067	0	0.500	19.9	72	0.00031 (0.00031) 372	0.115 (0.20)	0.00	1173.04
5	S	-0.00067	0	0.500	19.9	72	0.00031 (0.00031) 372	0.115 (0.20)	0.00	1173.04

**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	4.12	50.0	730.0	-102.7	8.0	8.0	8395	223.9
2	S	4.12	50.0	730.0	-102.7	8.0	8.0	8395	223.9
3	S	4.12	50.0	730.0	-102.7	8.0	8.0	8395	223.9
4	S	4.12	50.0	730.0	-102.7	8.0	8.0	8395	223.9
5	S	4.12	50.0	730.0	-102.7	8.0	8.0	8395	223.9

**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	-0.00067	0	0.500	19.9	72	0.00031 (0.00031) 372	0.115 (0.20)	0.00	1173.04
2	S	-0.00067	0	0.500	19.9	72	0.00031 (0.00031) 372	0.115 (0.20)	0.00	1173.04
3	S	-0.00067	0	0.500	19.9	72	0.00031 (0.00031) 372	0.115 (0.20)	0.00	1173.04
4	S	-0.00067	0	0.500	19.9	72	0.00031 (0.00031) 372	0.115 (0.20)	0.00	1173.04
5	S	-0.00067	0	0.500	19.9	72	0.00031 (0.00031) 372	0.115 (0.20)	0.00	1173.04

**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	8.0	---	---

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

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



#### 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

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

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

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 $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	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 07 04 001	A	50 di 69

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	721.0	26
6	15.0	9.0	26
7	21.0	9.0	26
8	21.0	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	70	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	8 mm
Passo staffe:	5.4 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	17775.00	8777.00	32011.00	815.00	3623.00
2	17775.00	8400.00	40740.00	779.00	4463.00
3	17775.00	8777.00	32011.00	815.00	3623.00
4	17775.00	8777.00	32011.00	815.00	3623.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	51 di 69

5	17775.00	8400.00	40740.00	779.00	4463.00
6	11694.00	5749.00	17259.00	799.00	1605.00
7	10880.00	5744.00	36894.00	799.00	4092.00
8	10880.00	17183.00	16945.00	2427.00	1605.00
9	10880.00	17183.00	16945.00	2427.00	1605.00
10	10880.00	5744.00	36894.00	799.00	4092.00

**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	12699.00	6010.00	22214.00
2	12699.00	5750.00	28225.00
3	12699.00	6010.00	22214.00
4	12699.00	6010.00	22214.00
5	12699.00	5750.00	28225.00

**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	12157.00	2245.00 (5170.62)	20474.00 (47155.14)
2	12157.00	2037.00 (3593.84)	25283.00 (44606.28)
3	9989.00	2425.00 (97426.59)	4763.00 (191357.87)
4	9989.00	2425.00 (97426.59)	4763.00 (191357.87)
5	12157.00	2037.00 (3593.84)	25283.00 (44606.28)

**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	9989.00	1114.00 (124495.15)	4763.00 (532289.42)

**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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	52 di 69

Copriferro netto minimo staffe: 6.9 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	17775.00	8777.00	32011.00	17774.87	26535.69	97825.70	3.011157.4(602.3)	
2	S	17775.00	8400.00	40740.00	17775.15	19590.33	98162.64	2.381157.4(602.3)	
3	S	17775.00	8777.00	32011.00	17774.87	26535.69	97825.70	3.011157.4(602.3)	
4	S	17775.00	8777.00	32011.00	17774.87	26535.69	97825.70	3.011157.4(602.3)	
5	S	17775.00	8400.00	40740.00	17775.15	19590.33	98162.64	2.381157.4(602.3)	
6	S	11694.00	5749.00	17259.00	11693.87	29702.71	90748.58	5.141157.4(602.3)	
7	S	10880.00	5744.00	36894.00	10879.81	14346.09	90433.58	2.431157.4(602.3)	
8	S	10880.00	17183.00	16945.00	10880.18	84326.93	84981.59	4.911157.4(602.3)	
9	S	10880.00	17183.00	16945.00	10880.18	84326.93	84981.59	4.911157.4(602.3)	
10	S	10880.00	5744.00	36894.00	10879.81	14346.09	90433.58	2.431157.4(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	0.00282	266.0	721.0	-0.01787	9.0	9.0
2	0.00350	275.0	730.0	0.00275	266.0	721.0	-0.01968	9.0	9.0
3	0.00350	275.0	730.0	0.00282	266.0	721.0	-0.01787	9.0	9.0
4	0.00350	275.0	730.0	0.00282	266.0	721.0	-0.01787	9.0	9.0
5	0.00350	275.0	730.0	0.00275	266.0	721.0	-0.01968	9.0	9.0
6	0.00350	275.0	730.0	0.00276	266.0	721.0	-0.01969	9.0	9.0
7	0.00350	275.0	730.0	0.00253	266.0	721.0	-0.02606	9.0	9.0
8	0.00350	275.0	730.0	0.00311	266.0	721.0	-0.01081	9.0	9.0
9	0.00350	275.0	730.0	0.00311	266.0	721.0	-0.01081	9.0	9.0
10	0.00350	275.0	730.0	0.00253	266.0	721.0	-0.02606	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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	53 di 69

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000073249	0.000002612	-0.018550389	----	----
2	0.000081285	0.000002157	-0.020428069	----	----
3	0.000073249	0.000002612	-0.018550389	----	----
4	0.000073249	0.000002612	-0.018550389	----	----
5	0.000081285	0.000002157	-0.020428069	----	----
6	0.000079058	0.000002994	-0.020426654	----	----
7	0.000106090	0.000001856	-0.027029418	----	----
8	0.000037796	0.000005901	-0.011201773	----	----
9	0.000037796	0.000005901	-0.011201773	----	----
10	0.000106090	0.000001856	-0.027029418	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 8 mm  
Passo staffe: 5.4 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.[cm²/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/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	3649.75	62151.20	4583.53265.5	251.7	727.6	2.500	1.047	14.8	18.6(0.0)
2	S	4482.10	62364.56	4595.25265.6	252.3	728.2	2.500	1.047	18.2	18.6(0.0)
3	S	3649.75	62151.20	4583.53265.5	251.7	727.6	2.500	1.047	14.8	18.6(0.0)
4	S	3649.75	62151.20	4583.53265.5	251.7	727.6	2.500	1.047	14.8	18.6(0.0)
5	S	4482.10	62364.56	4595.25265.6	252.3	728.2	2.500	1.047	18.2	18.6(0.0)
6	S	1634.09	61561.12	4614.93265.5	253.4	727.0	2.500	1.031	6.6	18.6(0.0)
7	S	4105.35	62010.46	4646.10265.7	255.1	728.9	2.500	1.029	16.5	18.6(0.0)
8	S	1960.18	50066.89	4563.57268.4	250.6	599.1	2.500	1.029	8.0	18.6(0.0)
9	S	1960.18	50066.89	4563.57268.4	250.6	599.1	2.500	1.029	8.0	18.6(0.0)
10	S	4105.35	62010.46	4646.10265.7	255.1	728.9	2.500	1.029	16.5	18.6(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 [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.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	54 di 69

1	S	3.79	275.0	730.0	-63.4	9.0	9.0	22787	775.2
2	S	4.66	275.0	730.0	-94.0	9.0	9.0	24143	775.2
3	S	3.79	275.0	730.0	-63.4	9.0	9.0	22787	775.2
4	S	3.79	275.0	730.0	-63.4	9.0	9.0	22787	775.2
5	S	4.66	275.0	730.0	-94.0	9.0	9.0	24143	775.2

**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  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica

e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

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

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$  [eq.(7.11)EC2]

Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00034	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	392	0.075 (0.20)	11527.65	42608.17
2	S	-0.00050	0	0.500	26.0	77	0.00028 (0.00028)	399	0.113 (0.20)	8368.22	41077.06
3	S	-0.00034	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	392	0.075 (0.20)	11527.65	42608.17
4	S	-0.00034	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	392	0.075 (0.20)	11527.65	42608.17
5	S	-0.00050	0	0.500	26.0	77	0.00028 (0.00028)	399	0.113 (0.20)	8368.22	41077.06

**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	3.24	275.0	730.0	-52.6	9.0	9.0	24151	775.2
2	S	3.93	275.0	730.0	-76.6	9.0	9.0	24129	775.2
3	S	1.02	275.0	730.0	-0.7	9.0	9.0	247	5.3
4	S	1.02	275.0	730.0	-0.7	9.0	9.0	247	5.3
5	S	3.93	275.0	730.0	-76.6	9.0	9.0	24129	775.2

**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	-0.00028	0	0.500	26.0	77	0.00016 (0.00016)	400	0.063 (0.20)	5170.62	47155.14
2	S	-0.00041	0	0.500	26.0	77	0.00023 (0.00023)	399	0.092 (0.20)	3593.84	44606.28
3	S	-0.00001	0	0.500	26.0	77	0.00000 (0.00000)	467	0.001 (0.20)	97426.59	191357.87
4	S	-0.00001	0	0.500	26.0	77	0.00000 (0.00000)	467	0.001 (0.20)	97426.59	191357.87
5	S	-0.00041	0	0.500	26.0	77	0.00023 (0.00023)	399	0.092 (0.20)	3593.84	44606.28

**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	0.97	275.0	730.0	0.0	9.0	9.0	0	0.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0	0.500	26.0	77	0.00023 (0.00023)	0	0.001 (0.20)	124495.15 532289.42

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 :

$$N_{\max} = 6692 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{\max} = 556 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 5560 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 855 \text{ kN (CC. SLV)}$$

##### 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.

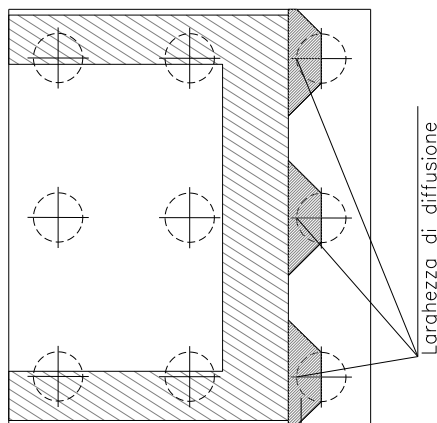
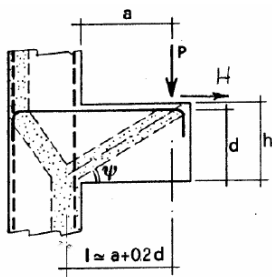


Figura 3 – Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

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 ( $P_{Ed}, H_{Ed}$ )**

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

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

**Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

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



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	57 di 69

**Dati di progetto**

b(m)=	2.85	m	dimensione trasversale verifica
P <sub>Ed</sub> (KN) =	6692.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub> (KN) =	556.00	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≧l/(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**

<u>Registro tipo</u>	<b>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
<u>Registro tipo</u>	<b>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
<u>Registro tipo</u>	<b>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> =	8227.3	KN		PR <sub>s</sub> >PE <sub>d</sub> - Verifica Soddisfatta	
P <sub>RC</sub> =	13047.5	KN		PR <sub>c</sub> >PR <sub>s</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 07 04 001	A	58 di 69

		kN/m	kN*m	kN		
			M	T		
G1	25	kN/mq	qSLU	115.10	511.1	420.1
G2	3	kN/mq	qSLE rara	81.00	359.7	-
Q	53	kN/mq	q SLE freq.	70.40	312.6	-
			qSLE qp.	28.00	124.3	-
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 $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	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

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 07 04 001	A	59 di 69

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 07 04 001	A	60 di 69

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 07 04 001	A	61 di 69

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] =  $V_y$  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  $L$ =lunghezza legatura proiettata 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  $f_{ctm}$

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	62 di 69

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=31.0m

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

$$M = T * \alpha$$

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

$$N_{\max} = 6692 \text{ kN} \quad T = 556 \text{ kN} \quad M = 556 * 3.1 = 1723 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = 252 \text{ kN} \quad T = 855 \text{ kN} \quad M = 855 * 3.1 = 2650 \text{ kNm}$$

$$N = 5560 \text{ kN} \quad T = 855 \text{ kN} \quad M_{\max} = 855 * 3.1 = 2650 \text{ kNm}$$

*Caratteristiche della sezione:*

*Sezione circolare Ø150 cm*

$$A_s = 30\phi26 \quad \text{staffe } \phi14/15$$

La lunghezza del palo è pari a L = 31.00m

#### 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 β1*β2:		1.00	
Coeff. Aderenza differito β1*β2:		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 07 04 001	A	64 di 69

**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	64.0	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	6692.00	1723.00	0.00	556.00	0.00
2	2036.00	1723.00	0.00	556.00	0.00
3	5560.00	2650.00	0.00	855.00	0.00
4	252.00	2650.00	0.00	855.00	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	4752.00	1192.00	0.00
2	2013.00	1192.00	0.00



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	65 di 69

**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	4359.00	1095.00 (4765.78)	0.00 (0.00)
2	2285.00	1095.00 (1728.17)	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 (2429.89)	0.00 (0.00)
2	1343.00	817.00 (1504.00)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 9.7 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.8 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 8.3 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	6692.00	1723.00	0.00	6692.18	5664.32	0.00	3.29	159.3(53.0)
2	S	2036.00	1723.00	0.00	2035.90	4392.64	0.00	2.55	159.3(53.0)
3	S	5560.00	2650.00	0.00	5559.88	5435.04	0.00	2.05	159.3(53.0)
4	S	252.00	2650.00	0.00	251.98	3671.17	0.00	1.39	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 07 04 001	A	66 di 69

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	0.00289	0.0	64.0	-0.00425	0.0	-64.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00258	0.0	64.0	-0.00810	0.0	-64.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00283	0.0	64.0	-0.00492	0.0	-64.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00236	0.0	64.0	-0.01093	0.0	-64.0

**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	0.000055746	-0.000680977	----	----
2	0.000000000	0.000083485	-0.002761345	----	----
3	0.000000000	0.000060583	-0.001043720	----	----
4	0.000000000	0.000103805	-0.004285395	----	----

**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	556.00	4030.43	1934.77116.5]	96.4	137.1	2.500	1.250	5.9	20.5(0.0)
2	S	556.00	3657.66	2141.19119.6]	106.6	129.9	2.500	1.081	5.3	20.5(0.0)
3	S	855.00	4017.52	1976.51116.9]	98.4	136.8	2.500	1.222	8.9	20.5(0.0)
4	S	855.00	3396.22	2238.90122.5]	111.5	123.5	2.500	1.010	7.8	20.5(0.0)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	67 di 69

**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	5.41	0.0	0.0	-3.9	0.0	-64.0	414	5.3
2	S	5.14	0.0	0.0	-62.6	0.0	-64.0	1881	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 = $0.6 S_{max} / E_s$ [(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	-0.00005	0	0.500	26.0	97	0.00001 (0.00001)	674	0.008 (0.20)	4791.37	0.00
2	S	-0.00037	0	0.500	26.0	97	0.00019 (0.00019)	553	0.104 (0.20)	1524.05	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	4.97	0.0	0.0	-3.6	0.0	-64.0	414	5.3
2	S	4.61	0.0	0.0	-40.6	0.0	-64.0	1449	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	97	0.00001 (0.00001)	674	0.007 (0.20)	4765.78	0.00
2	S	-0.00025	0	0.500	26.0	97	0.00012 (0.00012)	571	0.070 (0.20)	1728.17	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	3.44	0.0	0.0	-13.3	0.0	-64.0	673	15.9
2	S	3.53	0.0	0.0	-44.5	0.0	-64.0	1936	37.2

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 07 04 001	A	68 di 69

**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	97	0.00004 (0.00004)	517	0.021 (0.20)	2429.89	0.00
2	S	-0.00026	0	0.500	26.0	97	0.00013 (0.00013)	560	0.075 (0.20)	1504.00	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	
VI07	spalla 1	1500	9	31.0	6692	-	4752		855	3.1	2651	-	-	-	
VI07	spalla 2	1500	9	39.0	9741	-369	6823	6410	1895	3.1	5875	1184	3.1		
VI07	Pila 1	1500	9	32.0	7587	-1206	5170		1245	3.1	3860	-	-	-	
VI07	Pila 2	1500	12	39.0	9595	-2068	7195	6049	1224	3.1	3794	160	3.1		

VERIFICHE GEOTECNICHE						
Carico limite orizzontale		Capacità portante palo				
		COMPRESSIONE			TRAZIONE	
Hd[kN]	FS	Qd [kN]	Qd [kN], SCALZ	FS	Qd,trazione [kN]	
856	1.00	7251	-	1.08	-	-
1999.98	1.06	10604	10264	1.05	8684	23.53
1286.9	1.03	8218	-	1.08	6573	5.45
1233.9	1.01	10591	10102	1.05	8622	4.17