

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

**VIADOTTI IN INTERFERENZA**

**IV01 - CAVALCAFERROVIA SU NV07**

**Relazione di calcolo spalla A**

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 09 CL IV0100 003 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Gen-2020	A.Ferr 	Gen-2020	A.Barreca 	Gen-2020	<b>ITALFERR S.p.A.</b> U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Paolo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A 20783
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Feb-2020	A.Ferr 	Feb-2020	A.Barreca 	Feb-2020	
C	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Mag-2020	A.Ferr 	Mag-2020	A.Barreca 	Mag-2020	

File: RS3T.3.0.D.09.CL.IV.01.0.0.003.C

n. Elab.: 09 587

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	6
3	MATERIALI .....	7
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	8
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	8
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	8
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.....	17
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	17
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	17
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	18
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	19
4.6.5	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	20
4.6.6	<i>Urto da traffico ferroviario</i> .....	20
4.6.7	<i>Spinta statica del terrapieno</i> .....	20
4.6.8	<i>Sovraccarico sul terrapieno</i> .....	21
4.6.9	<i>Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche</i> .....	21
4.6.10	<i>Azione sismica</i> .....	22
4.6.11	<i>Incremento di spinta del terrapieno</i> .....	27
4.6.12	<i>Inerzie strutturali</i> .....	28

4.6.13	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali.....	28
4.6.14	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.....	41
4.9.2	Muro frontale .....	48
4.9.3	Zattera di fondazione.....	56
4.9.4	Palo di fondazione.....	58

## 1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al progetto definitivo della direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo nell'ambito del nuovo collegamento Palermo - Catania

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 IV01 sulla viabilità NV07. In particolare si tratterà la spalla **A** che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

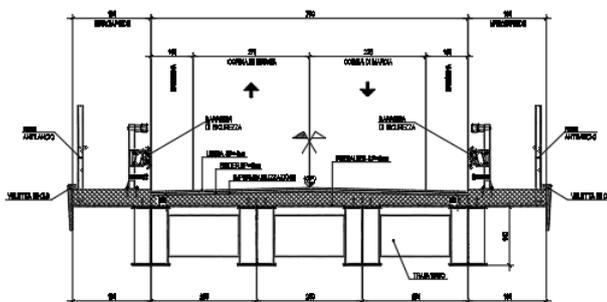
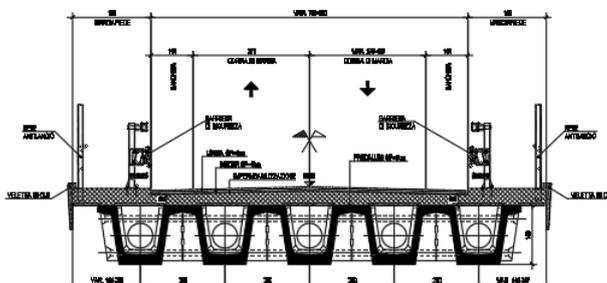
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Sulla NV07- Variante SP64 Continuità provinciale (Strada Extraurbana Principale F1 Corsia 3.50m + Banchina 1.00m b=9.00m) in corrispondenza della progressiva 0+160 viene previsto un viadotto di lunghezza totale di 196 m circa.

Il viadotto è suddiviso in 5 campate da 24.0, 49.0, 24.0, 49.0, 49.0 m di luce; gli impalcati di luce 24.0m saranno costituiti da cinque travi a cassone in calcestruzzo prefabbricato, mentre, le campate di luce 49.0m, da un sistema misto acciaio-calcestruzzo composto da 4 travi in carpenteria metallica e soletta superiore in c.a. collaborante.

Pila e spalle saranno realizzate in c.a. gettato in opera e fondate su pali di grande diametro.





## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Ministero delle Infrastrutture, Circolare n°7 21 gennaio 2019, Istruzioni per l'Applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. 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 getti di livellamento

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

#### Calcestruzzo per pali di fondazione

- 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 per fondazioni

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

#### Calcestruzzo elevazione

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

IN BARRE E RETI ELETTRICALI

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

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

### 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 del 2019", 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	$\leq w_2$
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 17.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l’apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

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. 7/19.

## 4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA

### 4.1 Generalità

La spalla presentano una configurazione a paramento di spessore 2.80 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 1.50 m. L'altezza della spalla A (escluso paraghiaia) è pari a 11.30 m.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 0.5 m ed altezza di circa 2.30 m dalla testa muro frontale.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.50m collegate in testa da una platea di spessore 2.50 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 NTC18, 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  $G_2$ .

Per le verifiche geotecniche si è fatto riferimento alla combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2.

**Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU**

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Q1}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}$ , $\gamma_{e3}$ , $\gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

**Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

**Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali**

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

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

	A2 - SIU - N max gr.1	A2 - SIU - MT max gr.1	A2 - SIU - ML max gr.1	A2 - SIU - N max gr.3	A2 - SIU - MT max gr.3	A2 - SIU - ML max gr.3	A2 - SIU - Vento ponte scarico	A2 - SIU Gmin - N max gr.1	A2 - SIU Gmin - MT max gr.1	A2 - SIU Gmin - ML max gr.1	A2 - SIU Gmin - N max gr.3	A2 - SIU Gmin - MT max gr.3	A2 - SIU Gmin - ML max gr.3	A1 - SIU - N max gr.1	A1 - SIU - MT max gr.1	A1 - SIU - ML max gr.1	A1 - SIU - N max gr.3	A1 - SIU - MT max gr.3	A1 - SIU - ML max gr.3	A1 - SIU - Vento ponte scarico	A1 - SIU Gmin - N max gr.1	A1 - SIU Gmin - MT max gr.1	A1 - SIU Gmin - ML max gr.1	A1 - SIU Gmin - N max gr.3	A1 - SIU Gmin - MT max gr.3	A1 - SIU Gmin - ML max gr.3	
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	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti G2	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ballast	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Comb. Nmax Qr	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00
Comb. Nmax Q frenatura	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00
Comb. Nmax Q centrifuga	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00
Comb. Nmax Q serpeggio	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00
Comb. MTmax Qr	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00
Comb. MTmax Q frenatura	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00
Comb. MTmax Q centrifuga	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00
Comb. MTmax Q serpeggio	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00
Comb. MLmax Qr	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00
Comb. MLmax Q frenatura	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00
Comb. MLmax Q centrifuga	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00
Comb. MLmax Q serpeggio	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00
Vento Ponte Scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
Vento Ponte Carico	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Attrito permanente	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	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Attrito carichi mobili	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma verticale	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SLE min - N max gr.1	SLE min - MT max gr.1	SLE min - ML max gr.1	SLE min - N max gr.3	SLE min - MT max gr.3	SLE min - ML max gr.3	SLE min - Vento ponte scarico	SLE freq. - N max gr.1	SLE freq. - MT max gr.1	SLE freq. - ML max gr.1	SLE freq. - N max gr.3	SLE freq. - MT max gr.3	SLE freq. - ML max gr.3	SLE freq. - Vento ponte scarico	SLE quasi permanente	SUV - N max	SUV - MT max	SUV - ML max	SUV - MT max	SUV - ML max	SUV - N min	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Peso proprio g1
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanenti G2
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Ballast
1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	Comb. Nmax Qr
0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	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	0.00	0.40	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	0.00	0.40	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. MTmax 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. MTmax 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. MTmax 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. MTmax 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	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Scarico
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00	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	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	0.00	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



Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	20.0	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{ap}$	0.40	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	14.20	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	2.30	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	13.90	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		13.90	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	2.70	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	11.30	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	2.80	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	12.35	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	3.85	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	$x_{m1}$	-1.16	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.00	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	16.50	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	21.00	m
Mensola anteriore plinto	$b_{n1}$	3.00	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	2.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		3.85	m
Muro andatore			
Altezza	$H_a$	13.60	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	1.50	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	10.70	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_a$	-2.90	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		▼	$K_0 = 0.426$
Sisma			
$S_s$		1.000	
$a_g$		0.168	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.168	
Mononobe e Okabe	$K_{AE}$	0.383	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.084	

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° Corsie convenzionali		3	
Lunghezza	L	25	m
Peso Proprio	G1	230	kN/m
Permanenti portati	G2	80	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	5	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	575.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	200.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n (ballast)	Ri	0	kN

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

I carichi del traffico vengono dedotti dal modello FEM dell'impalcato. Sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente.

Appoggio	A			B			C			D			E			biz
	FZ	FX	FY													
Descrizione carico	[kN]	[m]														
Peso proprio G1	575			575			575			575			575			0.00
Permanenti G2	200			200			200			200			200			0.00
Comb. Nmax Q1	376			288			562			194			277			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura					215			215								1.80
Comb. Nmax Q4 centrifuga						120		120								1.80
Comb. Nmax Q folla	171			38			29			38			171			0.00
Comb. MTmax Q1	566			286			56			25			-11			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura					215			215								1.80
Comb. MTmax Q4 centrifuga						120		120								1.80
Comb. MTmax Q folla	202			62			24			14			-31			0.00
Comb. MLmax Q1																0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura																1.80
Comb. MLmax Q4 centrifuga																1.80
Comb. MLmax Q folla																0.00
Vento Ponte Scarico			0			30			30			30				2.30
Vento Ponte Canico			0			52			52			52				3.30
Attrito permanente		23	23		23	23		23	23		23	23		23	23	0.00
Attrito carichi mobili		17	17		9	9		17	17		6	6		8	8	0.00
Sisma longitudinale		298			280			298			273			279		1.80
Sisma trasversale			149			140			149			137			140	1.80
Sisma verticale	75			70			75			68			70			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	430	430	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	15	15	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.62	2.62	
Larghezza impalcato	b	12.7	12.7	m
Altezza impalcato	h1	1.9	1.9	m
Altezza veicoli o parapetto	h2	1.5	3	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicoli)	dtot	3.4	4.9	m
Rapporto di forma	b/dtot	3.74	2.59	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.38	1.72	

#### Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.62	2.62	
Coefficiente di forza	cfx	1.38	1.72	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	3.4	4.9	m
Forza statica equivalente a m/1	f=prodotto	6.6	11.8	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	1.93	2.41	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/1 considerata	f	6.6	11.8	kN/m

#### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	6.6	kN/m
Luce impalcato	L	25	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	82	kN/m

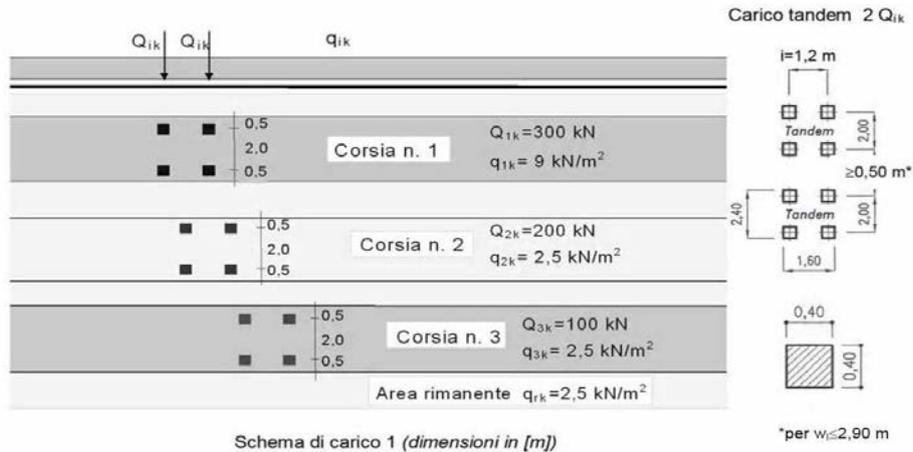
#### Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	11.8	kN/m
Luce impalcato	L	25	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	148	kN/m

#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico veicolare.

Le azioni variabili del traffico definite nello Schema di Carico 1 sono costituite da carichi concentrati e da carichi uniformemente distribuiti. Tale schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.



Il numero delle colonne di carichi mobili e la loro disposizione sono quelli massimi compatibili con la larghezza della carreggiata considerata, per i ponti di 1a Categoria.

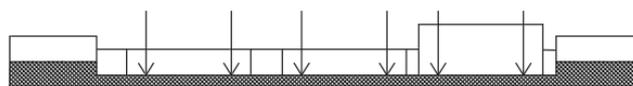
Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia Numero 1	300	9
Corsia Numero 2	200	2,5
Corsia Numero 3	100	2,5
Altre corsie	0,00	2,50

Sui marciapiedi si applica lo Schema di Carico 5 (folla) con valore  $q = 5 \text{ kN/mq}$ .

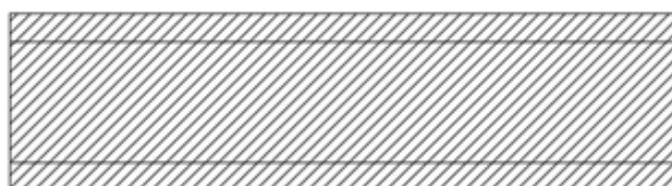
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

- N max, massimo sforzo normale per la spalla: il carico è presente sull'impalcato con il numero massimo di corsie convenzionali geometricamente consentite. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE

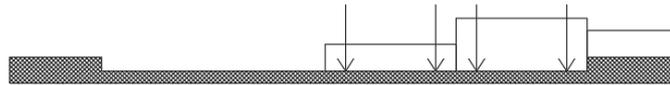


PIANTA



- Mt max, massimo momento lungo l'asse x (direzione di marcia): il carico è presente solo da un lato della carreggiata. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE



PIANTA



#### 4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	25	m
q3	427.5	kN
q3 (filtrata)	427.5	kN

Centrifuga		
Raggio planimetrico	75	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	240	kN

#### 4.6.6 Urto da traffico ferroviario

In mancanza di specifiche analisi di rischio possono assumersi le seguenti azioni statiche equivalenti, in funzione della distanza d degli elementi esposti dall'asse del binario:

- per  $d \leq 5$  m:
  - 4000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
  - 1500 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- per  $5 \text{ m} < d \leq 15$  m:
  - 2000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
  - 750 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- per  $d > 15$  m pari a zero in entrambe le direzioni.

Queste forze dovranno essere applicate a 1,80 m dal piano del ferro e non dovranno essere considerate agenti simultaneamente.

#### 4.6.7 Spinta statica del terrapieno

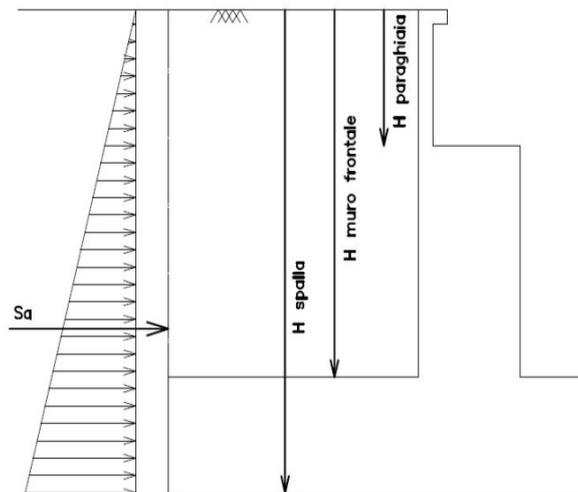
A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

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

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

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

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



**Fig. 1 Spinta statica terreno di rinterro**

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

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 35^\circ \quad c' = 0$$

#### 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.

$$q = 20 \text{ kN/m}^2$$

$$S_q = 20 * 0.426 = 8.53 \text{ kN/m}^2$$

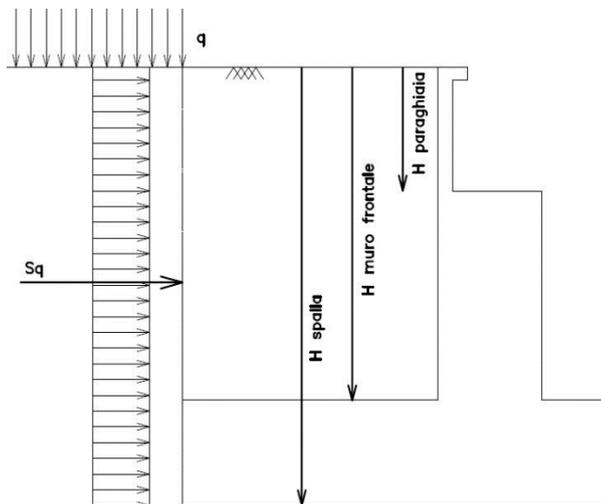
#### 4.6.9 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a  $Q = 20 \text{ kN/m}^2$  gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa

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

$$S_q = Q \cdot H \cdot K_o$$

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



**Fig. 2 : Spinta statica sovraccarico accidentale**

#### 4.6.10 Azione sismica

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

##### ➤ Azioni sismiche sulla Spalla

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

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v W$

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

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

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

dove

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

$g$  = accelerazione di gravità.

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

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

dove

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

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

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

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

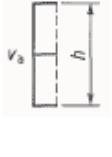
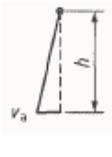
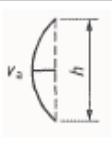
Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso delle spalle del viadotto in questione che in virtù della elevata rigidità sia del sistema di fondazione che della parte in elevazione, è interessata da spostamenti trascurabili durante l'evento sismico) un valore del coefficiente  $\beta_m$  pari ad 1.0.

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

➤ Sovraspinta sismica del terreno

Per il calcolo della spinta del terreno sulle opere di sostegno, occorre tenere presente che la mobilitazione della spinta attiva avviene per spostamenti di entità contenuta, come si evince dalla seguente tabella desunta dall'EC7 - Parte 1 - Annesso C (C.3 "Movements to mobilise limit earth pressures):

Table C.1 — Ratios  $v_a/h$ 

Kind of wall movement	$v_a/h$ loose soil %	$v_a/h$ dense soil %
a) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b) 	0,2	0,05 to 0,1
c) 	0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
where: $v_a$ is the wall motion to mobilise active earth pressure $h$ is the height of the wall		

In condizioni sismiche, l'entità degli spostamenti dipende principalmente dall'intensità dell'azione sismica e dalla rigidità del sistema pali-terreno; pertanto, la possibilità di ammettere la mobilitazione della spinta attiva è subordinata alla valutazione degli spostamenti dell'opera e potrà essere valutata caso per caso. Cautelativamente, la valutazione degli spostamenti, da effettuarsi calcolando le spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche, sarà riferita alla base dell'opera (i.e. alla sommità della palificata) e il confronto con i valori di riferimento per la mobilitazione della spinta attiva sarà effettuato in accordo con lo schema b) della tabella estratta dall'EC7 per terreni addensati (rilevati stradali e ferroviari). L'altezza  $h$  rispetto alla quale effettuare la verifica corrisponde all'altezza totale dell'opera su cui agisce la spinta del terreno, comprensiva dello spessore della fondazione.

Qualora, a seguito della verifica dell'entità degli spostamenti, non ricorressero le condizioni di spinta attiva, si procederà al calcolo delle spinte considerando la somma della spinta statica a riposo e dell'incremento di spinta sismica valutata con la teoria di Wood, secondo le indicazioni contenute nell'EC8 – Parte 5 – Annesso E (E.9 “Force due to earth pressure for rigid structures”):

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

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

Qualora, a seguito della verifica dell'entità degli spostamenti, ricorressero le condizioni di spinta attiva, si confermerà la correttezza dell'ipotesi di calcolo delle spinte come somma della spinta attiva in condizioni statiche e dell'incremento di spinta attiva in condizioni sismiche.

Per la valutazione del coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche si farà in generale riferimento alla formulazione di Muller – Breslau:

$$k_a = \frac{\cos^2(\alpha + \phi)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$\phi$  = angolo di attrito interno del terreno

$\alpha$  = inclinazione del paramento di monte rispetto alla verticale

$\beta$  = inclinazione del pendio di monte rispetto al piano orizzontale

$\delta$  = angolo di attrito terra-muro

Per la valutazione del coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche si farà riferimento alla formulazione di Mononobe-Okabe:

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \vartheta)}{\cos(\delta + \alpha + \vartheta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2} \quad \text{se } \beta \leq \phi - \theta$$

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta)} \quad \text{se } \beta > \phi - \theta$$

dove  $\theta$  = angolo sismico, definito secondo la seguente espressione (in assenza di falda) in funzione dei coefficienti sismici  $k_h$  e  $k_v$ :

$$\tan \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

Nella determinazione dei coefficienti sismici  $k_h$  e  $k_v$ , per le spalle di ponti e viadotti ferroviari fondate su pali si porrà  $\beta_m = 1$  in accordo con l'EC8-5.

Le forze di inerzia agenti sulla massa della struttura e del terreno presente sulla sua fondazione saranno valutate applicando l'accelerazione massima al suolo  $a_g$ .

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

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

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

➤ 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: 13.86822    LATITUDINE: 37.63076

**Ricerca per comune**  
REGIONE: Sicilia    PROVINCIA: Catania    COMUNE: Ramacca

**Elaborazioni grafiche**  
Grafici spettri di risposta  
Variabilità dei parametri

**Elaborazioni**  
Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**



**Reticolo di riferimento**

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

Interpolazione: 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) -  $V_H$ : 75 info

Coefficiente d'ura della costruzione -  $c_u$ : 1.5 info

**Valori di progetto**

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $T_R$ : 112.5 info

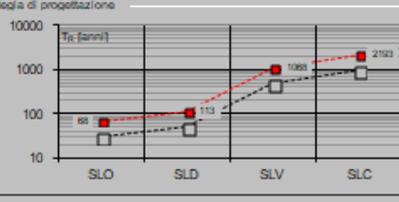
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	Valore
SLO - $P_{VE} - 81\%$	68
SLD - $P_{VE} - 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	
SLV - $P_{VE} - 10\%$	1068
SLC - $P_{VE} - 5\%$	2193

**Elaborazioni**  
Grafici parametri azione  
Grafici spettri di risposta  
Tabella parametri azione

**LEGENDA GRAFICO**  
 ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie  
 ---■--- Strategia scelta

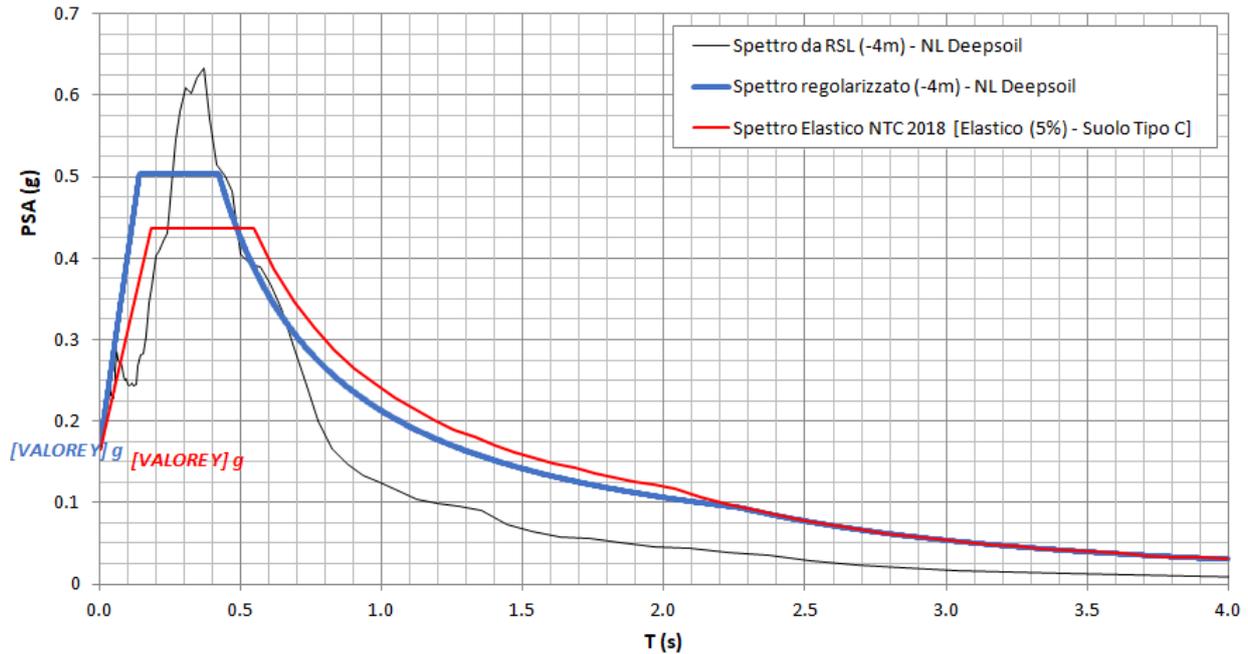
**Strategia di progettazione**



INTRO    FASE 1    **FASE 2**    FASE 3

Per il viadotto in esame è stato effettuato uno specifico studio di Risposta Simica Locale del quale si riportano i risultati:

IV-01 - prova: MASW 3aV09



#### 4.6.11 Incremento di spinta del terrapieno

Avendo valutato preliminarmente l'entità dello spostamento della struttura in fase sismica, e ricorrendo le condizioni sopra descritte (EC7 - Parte 1 - Annesso C), l'incremento di spinta del terrapieno viene valutato secondo la teoria di [Mononobe-Okabe](#) (vedi relazione geotecnica).

Mononobe e Okabe			
Inclinazione Paramento	$\alpha$	90.0	
Angolo d'attrito interno	$\varphi$	35.0	°
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.168	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.084	
$\theta (+k_v)$		8.8	
$\theta (-k_v)$		10.4	
Mononobe e Okabe (+ $k_v$ )	$K_{AE}$	0.363	
Mononobe e Okabe (- $k_v$ )	$K_{AE}$	0.383	

#### 4.6.12 Inerzie strutturali

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

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

#### 4.6.13 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

#### 4.6.14 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>	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	400			0.00	0.00	1.15	0	0
Rinterro	g3		314		0.00	0.00	0.77	0	240
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	2.30	0	414
Sovr. acc. sul rilevato			273		0.00	0.00	1.15	0	314

**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	400	0	0	-1.16		12.45	0	-464
Muro frontale	g1	12142	0	0			5.65	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>12541</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-464</b>
Rinterro	g3		12107	0			4.53	0	54884
Sovr. acc. sul rilevato			1612	0			6.80	0	10963

**FONDAZIONE**
**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	400			2.70	0.00	14.95	0	1079
Muro frontale	g1	12142			3.85	0.00	8.15	0	46746
Plinto	g1	21656			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	10914			-2.90	0.00	9.30	0	-31651
<b>Totale Permanenti</b>		<b>45112</b>						<b>0</b>	<b>16175</b>
Rinterro	g3	35943			-2.90	0.00	9.30	0	-104236
Ricop. Plinto	g3	5571			2.90	0.00	3.50	0	16156
Sovr. acc. sul rilevato		2975			-2.90	0.00	16.10	0	-8626

\* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni

Rinterro	g3		16967		-2.90	0.00	5.37	0	91055
Sovr. acc. sul rilevato			1909		0.00	0.00	8.05	0	15364

➤ *Fase sismica Monobe-Okabe*
**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	400			0.00	0.00	1.15	0	0
Rinterro	g3		199		0.00	0.00	0.77	0	153
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	2.30	0	414
Sovr. acc. sul rilevato			173		0.00	0.00	1.15	0	199

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	67	0	0.00	0.00	1.15	0	77
Rinterro	Inerzia		1149				1.15	0	1322
	Sovraspinta		91				0.77	0	70
<b>Rinterro [totale]</b>			1241					0	1392
Sovr. acc. sul rilevato			173		0.00	0.00	1.15	0	199
<b>Totale generale</b>			<b>1481</b>					<b>0</b>	<b>1668</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	0	0	67	0.00	0.00	1.15	77	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	34	0	0	0.00	0.00	1.15	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	400	0	0	-1.16		12.45	0	-464
Muro frontale	g1	12142	0	0			5.65	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>12541</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-464</b>
Rinterro	g3		7694	0			4.53	0	34878
Sovr. acc. sul rilevato			1025	0			6.80	0	6967

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		67		-1.16	0.00	12.45	0	836
Muro frontale	q6		2040		0.00	0.00	5.65	0	11525
Rinterro	Inerzia		6038				6.80	0	41062
	Sovraspinta		3192				4.53	0	14472
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>9231</b>					<b>0</b>	<b>55534</b>
Sovr. acc. sul rilevato			1025				6.80	0	6967
<b>Totale generale</b>			<b>12362</b>					<b>0</b>	<b>74862</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			67	-1.16	0.00	12.45	836	0
Muro frontale	q6			2040	0.00	0.00	5.65	11525	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>2107</b>				<b>12361</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	34			-1.16	0.00	12.45	0	-39
Muro frontale	q6	1020			0.00	0.00	5.65	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>1053</b>						<b>0</b>	<b>-39</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>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	400			2.70	0.00	14.95	0	1079
Muro frontale	g1	12142			3.85	0.00	8.15	0	46746
Plinto	g1	21656			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	10914			-2.90	0.00	9.30	0	-31651
<b>Totale Permanenti</b>		<b>45112</b>						<b>0</b>	<b>16175</b>
Rinterro	g3	35943			-2.90	0.00	9.30	0	-104236
Ricop. Plinto	g3	5571			2.90	0.00	3.50	0	16156
Sovr. acc. sul rilevato		2975			-2.90	0.00	16.10	0	-8626
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		10782		-2.90	0.00	5.37	0	57865
Sovr. acc. sul rilevato			1213		0.00	0.00	8.05	0	9764

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

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	q <sub>s</sub>		67		2.70	0.00	14.95	0	1004
Muro frontale	q <sub>s</sub>		2040		3.85	0.00	8.15	0	16625
Plinto	q <sub>s</sub>		3638		0.00	0.00	1.25	0	4548
Muri andatori	q <sub>s</sub>		1834		-2.90	0.00	9.30	0	17052
Rinterro	Inerzia		6038		-2.90	0.00	9.30	0	56158
	Sovraspinta		4474		-2.90	0.00	5.37	0	24010
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>10512</b>				<b>9.30</b>	<b>0</b>	<b>80168</b>
Sovr. acc. sul rilevato			1213		-2.90		9.30	0	9764
<b>Totale generale</b>			<b>19304</b>						<b>129160</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	q <sub>s</sub>			67	2.70	0.00	14.95	1004	0
Muro frontale	q <sub>s</sub>			2040	3.85	0.00	8.15	16625	0
Plinto	q <sub>s</sub>			3638	0.00	0.00	1.25	4548	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>			1834	-2.90	0.00	9.30	17052	0
Rinterro	Inerzia			6038	0.00		9.30	56158	0
	Sovraspinta			350			5.37	1876	0
<b>Rinterro [totale]</b>				<b>6388</b>				<b>58034</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato				1213	-2.90		16.10	19528	0
<b>Totale generale</b>				<b>15180</b>				<b>116790</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	q <sub>s</sub>	34			2.70	0.00	14.95	0.00	91
Muro frontale	q <sub>s</sub>	1020			3.85	0.00	8.15	0.00	3927
Plinto	q <sub>s</sub>	1819			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>	917			-2.90	0.00	9.30	0.00	-2659
Rinterro	q <sub>s</sub>	3019			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Ricop. Plinto	q <sub>s</sub>	468			2.90	0.00	3.50	0.00	1357
<b>Totale generale</b>		<b>7277</b>						<b>0.00</b>	<b>2716</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 [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	745	928	0	0	1149
A2 - SLU - MT max gr.1	745	928	0	0	1149
A2 - SLU - ML max gr.1	745	928	0	0	1149
A2 - SLU - N max gr.2	745	928	0	0	1149
A2 - SLU - MT max gr.2	745	928	0	0	1149
A2 - SLU - ML max gr.2	745	928	0	0	1149
A2 - SLU - N max gr.3	745	928	0	0	1149
A2 - SLU - MT max gr.3	745	928	0	0	1149
A2 - SLU - ML max gr.3	745	928	0	0	1149
A2 - SLU - Vento ponte scarico	400	408	0	0	313
A2 - SLU - N max gr.1	745	834	0	0	1077
A2 - SLU - MT max gr.1	745	834	0	0	1077
A2 - SLU - ML max gr.1	745	834	0	0	1077
A2 - SLU - N max gr.2	745	834	0	0	1077
A2 - SLU - MT max gr.2	745	834	0	0	1077
A2 - SLU - ML max gr.2	745	834	0	0	1077
A2 - SLU - N max gr.3	745	834	0	0	1077
A2 - SLU - MT max gr.3	745	834	0	0	1077
A2 - SLU - ML max gr.3	745	834	0	0	1077
A2 - SLU - Vento ponte scarico	400	314	0	0	240
A1 - SLU - N max gr.1	944	1081	0	0	1343
A1 - SLU - MT max gr.1	944	1081	0	0	1343
A1 - SLU - ML max gr.1	944	1081	0	0	1343
A1 - SLU - N max gr.2	944	1081	0	0	1343
A1 - SLU - MT max gr.2	944	1081	0	0	1343
A1 - SLU - ML max gr.2	944	1081	0	0	1343
A1 - SLU - N max gr.3	944	1081	0	0	1343
A1 - SLU - MT max gr.3	944	1081	0	0	1343
A1 - SLU - ML max gr.3	944	1081	0	0	1343
A1 - SLU - Vento ponte scarico	944	1081	0	0	1343
A1 - SLU - N max gr.1	805	925	0	0	1223
A1 - SLU - MT max gr.1	805	925	0	0	1223
A1 - SLU - ML max gr.1	805	925	0	0	1223
A1 - SLU - N max gr.2	805	925	0	0	1223
A1 - SLU - MT max gr.2	805	925	0	0	1223
A1 - SLU - ML max gr.2	805	925	0	0	1223
A1 - SLU - N max gr.3	805	925	0	0	1223
A1 - SLU - MT max gr.3	805	925	0	0	1223
A1 - SLU - ML max gr.3	805	925	0	0	1223
A1 - SLU - Vento ponte scarico	400	314	0	0	240
SLE Rara - N max gr.1	700	766	0	0	968
SLE Rara - MT max gr.1	700	766	0	0	968
SLE Rara - ML max gr.1	700	766	0	0	968
SLE Rara - N max gr.2	700	766	0	0	968
SLE Rara - MT max gr.2	700	766	0	0	968
SLE Rara - ML max gr.2	700	766	0	0	968
SLE Rara - N max gr.3	700	766	0	0	968
SLE Rara - MT max gr.3	700	766	0	0	968
SLE Rara - ML max gr.3	700	766	0	0	968
SLE Rara - Vento ponte scarico	400	314	0	0	240
SLE Freq. - N max gr.1	625	653	0	0	786
SLE Freq. - MT max gr.1	625	653	0	0	786
SLE Freq. - ML max gr.1	625	653	0	0	786
SLE Freq. - N max gr.2	625	653	0	0	786
SLE Freq. - MT max gr.2	625	653	0	0	786
SLE Freq. - ML max gr.2	625	653	0	0	786
SLE Freq. - N max gr.3	625	653	0	0	786
SLE Freq. - MT max gr.3	625	653	0	0	786
SLE Freq. - ML max gr.3	625	653	0	0	786
SLE Freq. - Vento ponte scarico	400	314	0	0	240
SLE Q.P. - ML max gr.3	400	314	0	0	240
SLV -dir.X 1	470	1578	20	23	1744
SLV -dir.X 2	450	1578	20	23	1744
SLV -dir.Y 1	470	662	67	77	716
SLV -dir.Y 2	450	662	67	77	716
SLV -dir.Z+	493	662	20	23	716
SLV -dir.Z-	426	662	20	23	716

Tabella 3 – Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia

#### 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 [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	18925	17809	338	5027	86023
A2 - SLU - MT max gr.1	17933	17809	338	8201	86023
A2 - SLU - ML max gr.1	16716	17809	338	4355	86023
A2 - SLU - N max gr.2	18180	18304	338	4859	92699
A2 - SLU - MT max gr.2	17512	18304	338	6796	92699
A2 - SLU - ML max gr.2	16716	17809	338	4355	86023
A2 - SLU - N max gr.3	18180	17809	614	8585	86023
A2 - SLU - MT max gr.3	17512	17809	614	10522	86023
A2 - SLU - ML max gr.3	16716	17809	338	4355	86023
A2 - SLU - Vento ponte scarico	16716	15890	268	3406	72654
A2 - SLU - N max gr.1	18625	14142	303	4619	69150
A2 - SLU - MT max gr.1	17633	14142	303	7793	69150
A2 - SLU - ML max gr.1	16416	14142	303	3947	69150
A2 - SLU - N max gr.2	17880	14637	303	4451	75825
A2 - SLU - MT max gr.2	17212	14637	303	6388	75825
A2 - SLU - ML max gr.2	16416	14142	303	3947	69150
A2 - SLU - N max gr.3	17880	14142	579	8177	69150
A2 - SLU - MT max gr.3	17212	14142	579	10114	69150
A2 - SLU - ML max gr.3	16416	14142	303	3947	69150
A2 - SLU - Vento ponte scarico	16416	12223	233	2998	55780
A1 - SLU - N max gr.1	24905	20587	391	5829	99435
A1 - SLU - MT max gr.1	23740	20587	391	9555	99435
A1 - SLU - ML max gr.1	22312	20587	391	5040	99435
A1 - SLU - N max gr.2	24030	21168	391	5632	107271
A1 - SLU - MT max gr.2	23246	21168	391	7906	107271
A1 - SLU - ML max gr.2	22312	20587	391	5040	99435
A1 - SLU - N max gr.3	24030	20587	715	10006	99435
A1 - SLU - MT max gr.3	23246	20587	715	12280	99435
A1 - SLU - ML max gr.3	22312	20587	391	5040	99435
A1 - SLU - Vento ponte scarico	22312	20587	386	4824	99435
A1 - SLU - N max gr.1	19009	14476	333	5149	71475
A1 - SLU - MT max gr.1	17844	14476	333	8875	71475
A1 - SLU - ML max gr.1	16416	14476	333	4360	71475
A1 - SLU - N max gr.2	18135	15056	333	4952	79312
A1 - SLU - MT max gr.2	18135	15056	333	4952	79312
A1 - SLU - ML max gr.2	17350	15056	333	7226	79312
A1 - SLU - N max gr.3	16416	14476	333	4360	71475
A1 - SLU - MT max gr.3	18135	14476	657	9326	71475
A1 - SLU - ML max gr.3	17350	14476	657	11600	71475
A1 - SLU - Vento ponte scarico	16416	12299	333	4360	56675
SLE Rara - N max gr.1	16416	13835	251	3250	66744
SLE Rara - MT max gr.1	18337	13892	266	4010	67406
SLE Rara - ML max gr.1	17474	13892	266	6770	67406
SLE Rara - N max gr.2	16416	13892	266	3426	67406
SLE Rara - MT max gr.2	17689	14322	266	3864	73211
SLE Rara - ML max gr.2	17108	14322	266	5549	73211
SLE Rara - N max gr.3	16416	13892	266	3426	67406
SLE Rara - MT max gr.3	17689	13892	506	7104	67406
SLE Rara - ML max gr.3	17108	13892	506	8789	67406
SLE Rara - Vento ponte scarico	16416	12280	266	3426	56443
SLE Freq. - N max gr.1	17857	13475	159	2295	64500
SLE Freq. - MT max gr.1	17210	13475	159	4365	64500
SLE Freq. - ML max gr.1	16416	13475	159	1857	64500
SLE Freq. - N max gr.2	17371	13797	159	2185	68853
SLE Freq. - MT max gr.2	16935	13797	159	3449	68853
SLE Freq. - ML max gr.2	16416	13475	159	1857	64500
SLE Freq. - N max gr.3	17371	13475	339	4615	64500
SLE Freq. - MT max gr.3	16935	13475	339	5879	64500
SLE Freq. - ML max gr.3	16416	13475	159	1857	64500
SLE Freq. - Vento ponte scarico	16416	12223	134	1612	55780
SLE Q.P. - ML max gr.3	16416	12280	173	2022	56443
SLV -dir.X 1	16840	20793	974	8101	124473
SLV -dir.X 2	15993	20793	974	8087	124496
SLV -dir.Y 1	17051	11942	2997	24822	64605
SLV -dir.Y 2	16205	11942	2997	24808	64629
SLV -dir.Z+	18211	11942	1022	8882	64578
SLV -dir.Z-	15390	11942	1022	8836	64656

**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, del terreno interno alla spalla e delle spinte dovute al rilevato rispetto al baricentro del plinto. In condizioni sismiche si è tenuto conto dell'incremento di spinta delle inerzie.

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

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE

	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	108885	24468	338	5871	55438
A2 - SLU - MT max gr.1	107892	24468	338	9045	51617
A2 - SLU - ML max gr.1	106676	24468	338	5200	46935
A2 - SLU - N max gr.2	108140	24963	338	5704	60482
A2 - SLU - MT max gr.2	107472	24963	338	7641	57909
A2 - SLU - ML max gr.2	106676	24468	338	5200	46935
A2 - SLU - N max gr.3	108140	24468	614	10120	52570
A2 - SLU - MT max gr.3	107472	24468	614	12057	49997
A2 - SLU - ML max gr.3	106676	24468	338	5200	46935
A2 - SLU - Vento ponte scarico	103255	22208	268	4076	38262
A2 - SLU - N max gr.1	96131	19343	303	5376	52895
A2 - SLU - MT max gr.1	95138	19343	303	8550	49074
A2 - SLU - ML max gr.1	93922	19343	303	4705	44392
A2 - SLU - N max gr.2	95386	19838	303	5208	57939
A2 - SLU - MT max gr.2	94717	19838	303	7145	55366
A2 - SLU - ML max gr.2	93922	19343	303	4705	44392
A2 - SLU - N max gr.3	95386	19343	579	9624	50027
A2 - SLU - MT max gr.3	94717	19343	579	11561	47454
A2 - SLU - ML max gr.3	93922	19343	303	4705	44392
A2 - SLU - Vento ponte scarico	90501	17083	233	3581	35719
A1 - SLU - N max gr.1	135162	28278	391	6807	69656
A1 - SLU - MT max gr.1	133997	28278	391	10533	65170
A1 - SLU - ML max gr.1	132569	28278	391	6018	59674
A1 - SLU - N max gr.2	134288	28858	391	6610	75577
A1 - SLU - MT max gr.2	133503	28858	391	8884	72556
A1 - SLU - ML max gr.2	132569	28278	391	6018	59674
A1 - SLU - N max gr.3	134288	28278	715	11794	66289
A1 - SLU - MT max gr.3	133503	28278	715	14068	63268
A1 - SLU - ML max gr.3	132569	28278	391	6018	59674
A1 - SLU - Vento ponte scarico	132569	28278	386	5789	59674
A1 - SLU - N max gr.1	97110	19736	333	5981	55882
A1 - SLU - MT max gr.1	95945	19736	333	9707	51397
A1 - SLU - ML max gr.1	94517	19736	333	5193	45901
A1 - SLU - N max gr.2	96235	20317	333	5784	61804
A1 - SLU - MT max gr.2	96235	20317	333	5784	61804
A1 - SLU - ML max gr.2	95450	20317	333	8058	58783
A1 - SLU - N max gr.3	94517	19736	333	5193	45901
A1 - SLU - MT max gr.3	96235	19736	657	10968	52516
A1 - SLU - ML max gr.3	95450	19736	657	13242	49495
A1 - SLU - Vento ponte scarico	90501	17160	333	5193	36805
SLE Rara - N max gr.1	93476	18992	251	3878	42457
SLE Rara - MT max gr.1	95396	19048	266	4677	50655
SLE Rara - ML max gr.1	94533	19048	266	7437	47332
SLE Rara - N max gr.2	93476	19048	266	4093	43261
SLE Rara - MT max gr.2	94749	19478	266	4531	55041
SLE Rara - ML max gr.2	94167	19478	266	6215	52803
SLE Rara - N max gr.3	93476	19048	266	4093	43261
SLE Rara - MT max gr.3	94749	19048	506	8371	48161
SLE Rara - ML max gr.3	94167	19048	506	10055	45923
SLE Rara - Vento ponte scarico	90501	17140	266	4093	36523
SLE Freq. - N max gr.1	94172	18557	159	2692	46921
SLE Freq. - MT max gr.1	93525	18557	159	4762	44429
SLE Freq. - ML max gr.1	92732	18557	159	2254	41376
SLE Freq. - N max gr.2	93687	18880	159	2582	50211
SLE Freq. - MT max gr.2	93251	18880	159	3846	48532
SLE Freq. - ML max gr.2	92732	18557	159	2254	41376
SLE Freq. - N max gr.3	93687	18557	339	5462	45051
SLE Freq. - MT max gr.3	93251	18557	339	6726	43372
SLE Freq. - ML max gr.3	92732	18557	159	2254	41376
SLE Freq. - Vento ponte scarico	90501	17083	134	1948	35719
SLE Q.P. - ML max gr.3	90501	17140	173	2455	36523
SLV -dir.X_1	93386	30673	4605	35598	146402
SLV -dir.X_2	88806	30673	4605	35584	143948
SLV -dir.Y_1	93598	17095	15099	115853	49012
SLV -dir.Y_2	89017	17095	15099	115839	46558
SLV -dir.Z+	99114	17095	4653	36498	52540
SLV -dir.Z-	83846	17095	4653	36453	44359

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
Al - SLU - N max gr.1	135162	28278	391	6807	69656	7762	5754	1414
Al - SLU - MT max gr.1	133997	28278	391	10533	65170	7686	5714	1414
Al - SLU - ML max gr.1	132569	28278	391	6018	59674	7491	5766	1414
Al - SLU - N max gr.2	134288	28858	391	6610	75577	7796	5633	1443
Al - SLU - MT max gr.2	133503	28858	391	8884	72556	7741	5609	1443
Al - SLU - ML max gr.2	132569	28278	391	6018	59674	7491	5766	1414
Al - SLU - N max gr.3	134288	28278	715	11794	66289	7729	5699	1414
Al - SLU - MT max gr.3	133503	28278	715	14068	63268	7675	5675	1414
Al - SLU - ML max gr.3	132569	28278	391	6018	59674	7491	5766	1414
Al - SLU - Vento ponte scarico	132569	28278	386	5789	59674	7488	5769	1414
Al - SLU - N max gr.1	97110	19736	333	5981	55882	5667	4044	987
Al - SLU - MT max gr.1	95945	19736	333	9707	51397	5590	4004	987
Al - SLU - ML max gr.1	94517	19736	333	5193	45901	5396	4056	987
Al - SLU - N max gr.2	96235	20317	333	5784	61804	5700	3923	1016
Al - SLU - MT max gr.2	96235	20317	333	5784	61804	5700	3923	1016
Al - SLU - ML max gr.2	95450	20317	333	8058	58783	5646	3899	1016
Al - SLU - N max gr.3	94517	19736	333	5193	45901	5396	4056	987
Al - SLU - MT max gr.3	96235	19736	657	10968	52516	5634	3990	987
Al - SLU - ML max gr.3	95450	19736	657	13242	49495	5580	3965	987
Al - SLU - Vento ponte scarico	90501	17160	333	5193	36805	5073	3977	858
						7796	3899	1443

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 -dir.X_1	93386	30673	4605	35598	146402	7017	2322	1551
SLV -dir.X_2	88806	30673	4605	35584	143948	6755	2126	1551
SLV -dir.Y_1	93598	17095	15099	115853	49012	6621	2739	1140
SLV -dir.Y_2	89017	17095	15099	115839	46558	6359	2543	1140
SLV -dir.Z+	99114	17095	4653	36498	52540	6062	3850	886
SLV -dir.Z-	83846	17095	4653	36453	44359	5189	3196	886
						7017	2126	1551

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	93476	18992	251	3878	42457	5283	4065	950
SLE Rara - MT max gr.1	95396	19048	266	4677	50655	5497	4042	953
SLE Rara - ML max gr.1	94533	19048	266	7437	47332	5440	4013	953
SLE Rara - N max gr.2	93476	19048	266	4093	43261	5296	4052	953
SLE Rara - MT max gr.2	94749	19478	266	4531	55041	5522	3953	974
SLE Rara - ML max gr.2	94167	19478	266	6215	52803	5481	3935	974
SLE Rara - N max gr.3	93476	19048	266	4093	43261	5296	4052	953
SLE Rara - MT max gr.3	94749	19048	506	8371	48161	5473	4002	953
SLE Rara - ML max gr.3	94167	19048	506	10055	45923	5432	3984	953
SLE Rara - Vento ponte scarico	90501	17140	266	4093	36523	5058	3993	857
						5522	3935	974

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)

#### 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 0.5x13.90 m

Armatura verticale

$A_s = \phi 16/10$  (lato controterra)

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

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 12/20$

$A'_s = \phi 12/20$

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  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice: X [cm] Y [cm]

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	42 di 62

1	0.0	0.0
2	0.0	1390.0
3	50.0	1390.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	8.3	8.3	16
2	8.3	1381.7	16
3	41.7	1381.7	16
4	41.7	8.3	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	136	16
2	3	4	68	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	944.00	0.00	1343.00	0.00	1081.00
2	944.00	0.00	1343.00	0.00	1081.00
3	944.00	0.00	1343.00	0.00	1081.00
4	944.00	0.00	1343.00	0.00	1081.00
5	944.00	0.00	1343.00	0.00	1081.00
6	944.00	0.00	1343.00	0.00	1081.00
7	944.00	0.00	1343.00	0.00	1081.00
8	944.00	0.00	1343.00	0.00	1081.00
9	944.00	0.00	1343.00	0.00	1081.00
10	944.00	0.00	1343.00	0.00	1081.00
11	805.00	0.00	1223.00	0.00	925.00
12	805.00	0.00	1223.00	0.00	925.00
13	805.00	0.00	1223.00	0.00	925.00
14	805.00	0.00	1223.00	0.00	925.00
15	805.00	0.00	1223.00	0.00	925.00
16	805.00	0.00	1223.00	0.00	925.00
17	805.00	0.00	1223.00	0.00	925.00
18	805.00	0.00	1223.00	0.00	925.00
19	805.00	0.00	1223.00	0.00	925.00
20	400.00	0.00	240.00	0.00	314.00
21	470.00	23.00	1744.00	20.00	1578.00
22	450.00	23.00	1744.00	20.00	1578.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	43 di 62

23	470.00	77.00	716.00	67.00	662.00
24	450.00	77.00	716.00	67.00	662.00
25	493.00	23.00	716.00	20.00	662.00
26	426.00	23.00	716.00	20.00	662.00

**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	700.00	0.00	968.00
2	700.00	0.00	968.00
3	700.00	0.00	968.00
4	700.00	0.00	968.00
5	700.00	0.00	968.00
6	700.00	0.00	968.00
7	700.00	0.00	968.00
8	700.00	0.00	968.00
9	700.00	0.00	968.00
10	400.00	0.00	240.00

**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	625.00	0.00 (0.00)	786.00 (2191.47)
2	625.00	0.00 (0.00)	786.00 (2191.47)
3	625.00	0.00 (0.00)	786.00 (2191.47)
4	625.00	0.00 (0.00)	786.00 (2191.47)
5	625.00	0.00 (0.00)	786.00 (2191.47)
6	625.00	0.00 (0.00)	786.00 (2191.47)
7	625.00	0.00 (0.00)	786.00 (2191.47)
8	625.00	0.00 (0.00)	786.00 (2191.47)
9	625.00	0.00 (0.00)	786.00 (2191.47)
10	400.00	0.00 (0.00)	240.00 (2374.52)

**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	400.00	0.00 (0.00)	240.00 (2374.52)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	44 di 62

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

 Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.5 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.4 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis. Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] 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	944.00	0.00	1343.00	943.85	0.07	4564.76	3.39418.2(124.5)	
2	S	944.00	0.00	1343.00	943.85	0.07	4564.76	3.39418.2(124.5)	
3	S	944.00	0.00	1343.00	943.85	0.07	4564.76	3.39418.2(124.5)	
4	S	944.00	0.00	1343.00	943.85	0.07	4564.76	3.39418.2(124.5)	
5	S	944.00	0.00	1343.00	943.85	0.07	4564.76	3.39418.2(124.5)	
6	S	944.00	0.00	1343.00	943.85	0.07	4564.76	3.39418.2(124.5)	
7	S	944.00	0.00	1343.00	943.85	0.07	4564.76	3.39418.2(124.5)	
8	S	944.00	0.00	1343.00	943.85	0.07	4564.76	3.39418.2(124.5)	
9	S	944.00	0.00	1343.00	943.85	0.07	4564.76	3.39418.2(124.5)	
10	S	944.00	0.00	1343.00	943.85	0.07	4564.76	3.39418.2(124.5)	
11	S	805.00	0.00	1223.00	804.98	0.08	4539.54	3.70418.2(124.5)	
12	S	805.00	0.00	1223.00	804.98	0.08	4539.54	3.70418.2(124.5)	
13	S	805.00	0.00	1223.00	804.98	0.08	4539.54	3.70418.2(124.5)	
14	S	805.00	0.00	1223.00	804.98	0.08	4539.54	3.70418.2(124.5)	
15	S	805.00	0.00	1223.00	804.98	0.08	4539.54	3.70418.2(124.5)	
16	S	805.00	0.00	1223.00	804.98	0.08	4539.54	3.70418.2(124.5)	
17	S	805.00	0.00	1223.00	804.98	0.08	4539.54	3.70418.2(124.5)	
18	S	805.00	0.00	1223.00	804.98	0.08	4539.54	3.70418.2(124.5)	
19	S	805.00	0.00	1223.00	804.98	0.08	4539.54	3.70418.2(124.5)	
20	S	400.00	0.00	240.00	400.21	0.40	4465.97	18.43418.2(124.5)	
21	S	470.00	23.00	1744.00	470.21	75.15	4482.17	2.57418.2(124.5)	
22	S	450.00	23.00	1744.00	450.22	77.43	4478.64	2.57418.2(124.5)	
23	S	470.00	77.00	716.00	469.97	488.13	4498.64	6.26418.2(124.5)	
24	S	450.00	77.00	716.00	450.00	484.92	4495.03	6.26418.2(124.5)	
25	S	493.00	23.00	716.00	492.74	126.12	4488.65	6.25418.2(124.5)	
26	S	426.00	23.00	716.00	426.25	123.86	4476.43	6.23418.2(124.5)	

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.161	50.0	1390.0	-0.00084	41.7	1381.7	-0.01829	8.3	8.3
2	0.00350	0.161	50.0	1390.0	-0.00084	41.7	1381.7	-0.01829	8.3	8.3

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	45 di 62

3	0.00350	0.161	50.0	1390.0	-0.00084	41.7	1381.7	-0.01829	8.3	8.3
4	0.00350	0.161	50.0	1390.0	-0.00084	41.7	1381.7	-0.01829	8.3	8.3
5	0.00350	0.161	50.0	1390.0	-0.00084	41.7	1381.7	-0.01829	8.3	8.3
6	0.00350	0.161	50.0	1390.0	-0.00084	41.7	1381.7	-0.01829	8.3	8.3
7	0.00350	0.161	50.0	1390.0	-0.00084	41.7	1381.7	-0.01829	8.3	8.3
8	0.00350	0.161	50.0	1390.0	-0.00084	41.7	1381.7	-0.01829	8.3	8.3
9	0.00350	0.161	50.0	1390.0	-0.00084	41.7	1381.7	-0.01829	8.3	8.3
10	0.00350	0.161	50.0	1390.0	-0.00084	41.7	1381.7	-0.01829	8.3	8.3
11	0.00350	0.160	50.0	1390.0	-0.00086	41.7	1381.7	-0.01841	8.3	8.3
12	0.00350	0.160	50.0	1390.0	-0.00086	41.7	1381.7	-0.01841	8.3	8.3
13	0.00350	0.160	50.0	1390.0	-0.00086	41.7	1381.7	-0.01841	8.3	8.3
14	0.00350	0.160	50.0	1390.0	-0.00086	41.7	1381.7	-0.01841	8.3	8.3
15	0.00350	0.160	50.0	1390.0	-0.00086	41.7	1381.7	-0.01841	8.3	8.3
16	0.00350	0.160	50.0	1390.0	-0.00086	41.7	1381.7	-0.01841	8.3	8.3
17	0.00350	0.160	50.0	1390.0	-0.00086	41.7	1381.7	-0.01841	8.3	8.3
18	0.00350	0.160	50.0	1390.0	-0.00086	41.7	1381.7	-0.01841	8.3	8.3
19	0.00350	0.160	50.0	1390.0	-0.00086	41.7	1381.7	-0.01841	8.3	8.3
20	0.00350	0.157	50.0	1390.0	-0.00093	41.7	1381.7	-0.01876	8.3	8.3
21	0.00350	0.158	50.0	1390.0	-0.00091	41.7	1381.7	-0.01870	8.3	8.3
22	0.00350	0.158	50.0	1390.0	-0.00092	41.7	1381.7	-0.01872	8.3	8.3
23	0.00350	0.158	50.0	1390.0	-0.00089	41.7	1381.7	-0.01867	8.3	8.3
24	0.00350	0.158	50.0	1390.0	-0.00089	41.7	1381.7	-0.01869	8.3	8.3
25	0.00350	0.158	50.0	1390.0	-0.00091	41.7	1381.7	-0.01868	8.3	8.3
26	0.00350	0.157	50.0	1390.0	-0.00092	41.7	1381.7	-0.01873	8.3	8.3

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000522515	0.000000000	-0.022625768	0.161	0.700
2	0.000522515	0.000000000	-0.022625768	0.161	0.700
3	0.000522515	0.000000000	-0.022625768	0.161	0.700
4	0.000522515	0.000000000	-0.022625768	0.161	0.700
5	0.000522515	0.000000000	-0.022625768	0.161	0.700
6	0.000522515	0.000000000	-0.022625768	0.161	0.700
7	0.000522515	0.000000000	-0.022625768	0.161	0.700
8	0.000522515	0.000000000	-0.022625768	0.161	0.700
9	0.000522515	0.000000000	-0.022625768	0.161	0.700
10	0.000522515	0.000000000	-0.022625768	0.161	0.700
11	0.000525454	0.000000000	-0.022772748	0.160	0.700
12	0.000525454	0.000000000	-0.022772748	0.160	0.700
13	0.000525454	0.000000000	-0.022772748	0.160	0.700
14	0.000525454	0.000000000	-0.022772748	0.160	0.700
15	0.000525454	0.000000000	-0.022772748	0.160	0.700
16	0.000525454	0.000000000	-0.022772748	0.160	0.700
17	0.000525454	0.000000000	-0.022772748	0.160	0.700
18	0.000525454	0.000000000	-0.022772748	0.160	0.700
19	0.000525454	0.000000000	-0.022772748	0.160	0.700
20	0.000533910	0.000000000	-0.023195614	0.157	0.700
21	0.000531805	0.000000017	-0.023113174	0.158	0.700
22	0.000532199	0.000000017	-0.023133606	0.158	0.700
23	0.000528498	0.000000096	-0.023058461	0.158	0.700
24	0.000528921	0.000000096	-0.023079623	0.158	0.700
25	0.000530891	0.000000028	-0.023083068	0.158	0.700
26	0.000532290	0.000000027	-0.023152316	0.157	0.700

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	46 di 62

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	1081.00	3511.73	41.7	1390.0	0.0072	0.14
2	S	1081.00	3511.73	41.7	1390.0	0.0072	0.14
3	S	1081.00	3511.73	41.7	1390.0	0.0072	0.14
4	S	1081.00	3511.73	41.7	1390.0	0.0072	0.14
5	S	1081.00	3511.73	41.7	1390.0	0.0072	0.14
6	S	1081.00	3511.73	41.7	1390.0	0.0072	0.14
7	S	1081.00	3511.73	41.7	1390.0	0.0072	0.14
8	S	1081.00	3511.73	41.7	1390.0	0.0072	0.14
9	S	1081.00	3511.73	41.7	1390.0	0.0072	0.14
10	S	1081.00	3511.73	41.7	1390.0	0.0072	0.14
11	S	925.00	3494.34	41.7	1390.0	0.0072	0.12
12	S	925.00	3494.34	41.7	1390.0	0.0072	0.12
13	S	925.00	3494.34	41.7	1390.0	0.0072	0.12
14	S	925.00	3494.34	41.7	1390.0	0.0072	0.12
15	S	925.00	3494.34	41.7	1390.0	0.0072	0.12
16	S	925.00	3494.34	41.7	1390.0	0.0072	0.12
17	S	925.00	3494.34	41.7	1390.0	0.0072	0.12
18	S	925.00	3494.34	41.7	1390.0	0.0072	0.12
19	S	925.00	3494.34	41.7	1390.0	0.0072	0.12
20	S	314.00	3443.68	41.7	1390.0	0.0072	0.06
21	S	1578.00	3452.44	41.7	1390.0	0.0072	0.07
22	S	1578.00	3449.93	41.7	1390.0	0.0072	0.06
23	S	662.01	3452.45	41.7	1390.0	0.0072	0.07
24	S	662.01	3449.95	41.7	1390.0	0.0072	0.06
25	S	662.00	3455.32	41.7	1390.0	0.0072	0.07
26	S	662.00	3446.93	41.7	1390.0	0.0072	0.06

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.77	50.0	1390.0	-81.3	8.3	28.3	16680	277.5
2	S	2.77	50.0	1390.0	-81.3	8.3	28.3	16680	277.5
3	S	2.77	50.0	1390.0	-81.3	8.3	28.3	16680	277.5
4	S	2.77	50.0	1390.0	-81.3	8.3	28.3	16680	277.5
5	S	2.77	50.0	1390.0	-81.3	8.3	28.3	16680	277.5
6	S	2.77	50.0	1390.0	-81.3	8.3	28.3	16680	277.5
7	S	2.77	50.0	1390.0	-81.3	8.3	28.3	16680	277.5
8	S	2.77	50.0	1390.0	-81.3	8.3	28.3	16680	277.5
9	S	2.77	50.0	1390.0	-81.3	8.3	28.3	16680	277.5
10	S	0.69	50.0	1390.0	-16.3	8.3	18.3	15985	277.5

**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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	47 di 62

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	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 = $sr_{max} \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00053	0	0.500	16.0	75	0.00024 (0.00024)	419	0.102 (0.20)	0.00	2177.59
2	S	-0.00053	0	0.500	16.0	75	0.00024 (0.00024)	419	0.102 (0.20)	0.00	2177.59
3	S	-0.00053	0	0.500	16.0	75	0.00024 (0.00024)	419	0.102 (0.20)	0.00	2177.59
4	S	-0.00053	0	0.500	16.0	75	0.00024 (0.00024)	419	0.102 (0.20)	0.00	2177.59
5	S	-0.00053	0	0.500	16.0	75	0.00024 (0.00024)	419	0.102 (0.20)	0.00	2177.59
6	S	-0.00053	0	0.500	16.0	75	0.00024 (0.00024)	419	0.102 (0.20)	0.00	2177.59
7	S	-0.00053	0	0.500	16.0	75	0.00024 (0.00024)	419	0.102 (0.20)	0.00	2177.59
8	S	-0.00053	0	0.500	16.0	75	0.00024 (0.00024)	419	0.102 (0.20)	0.00	2177.59
9	S	-0.00053	0	0.500	16.0	75	0.00024 (0.00024)	419	0.102 (0.20)	0.00	2177.59
10	S	-0.00011	0	0.500	16.0	75	0.00005 (0.00005)	412	0.020 (0.20)	0.00	2374.52

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.25	50.0	1390.0	-65.0	8.3	8.3	16680	277.5
2	S	2.25	50.0	1390.0	-65.0	8.3	8.3	16680	277.5
3	S	2.25	50.0	1390.0	-65.0	8.3	8.3	16680	277.5
4	S	2.25	50.0	1390.0	-65.0	8.3	8.3	16680	277.5
5	S	2.25	50.0	1390.0	-65.0	8.3	8.3	16680	277.5
6	S	2.25	50.0	1390.0	-65.0	8.3	8.3	16680	277.5
7	S	2.25	50.0	1390.0	-65.0	8.3	8.3	16680	277.5
8	S	2.25	50.0	1390.0	-65.0	8.3	8.3	16680	277.5
9	S	2.25	50.0	1390.0	-65.0	8.3	8.3	16680	277.5
10	S	0.69	50.0	1390.0	-16.3	8.3	18.3	15985	277.5

**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	-0.00042	0	0.500	16.0	75	0.00020 (0.00020)	419	0.082 (0.20)	0.00	2191.47
2	S	-0.00042	0	0.500	16.0	75	0.00020 (0.00020)	419	0.082 (0.20)	0.00	2191.47
3	S	-0.00042	0	0.500	16.0	75	0.00020 (0.00020)	419	0.082 (0.20)	0.00	2191.47
4	S	-0.00042	0	0.500	16.0	75	0.00020 (0.00020)	419	0.082 (0.20)	0.00	2191.47
5	S	-0.00042	0	0.500	16.0	75	0.00020 (0.00020)	419	0.082 (0.20)	0.00	2191.47
6	S	-0.00042	0	0.500	16.0	75	0.00020 (0.00020)	419	0.082 (0.20)	0.00	2191.47
7	S	-0.00042	0	0.500	16.0	75	0.00020 (0.00020)	419	0.082 (0.20)	0.00	2191.47
8	S	-0.00042	0	0.500	16.0	75	0.00020 (0.00020)	419	0.082 (0.20)	0.00	2191.47
9	S	-0.00042	0	0.500	16.0	75	0.00020 (0.00020)	419	0.082 (0.20)	0.00	2191.47
10	S	-0.00011	0	0.500	16.0	75	0.00005 (0.00005)	412	0.020 (0.20)	0.00	2374.52

**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	0.69	50.0	1390.0	-16.3	8.3	18.3	15985	277.5

**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	-0.00011	0	0.500	16.0	75	0.00005 (0.00005)	412	0.020 (0.20)	0.00	2374.52

**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 2.80 x12.35 m

Armatura verticale

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

$$A'_s = \phi 26/10 + \phi 26/20 \text{ (lato esterno)}$$

Armatura orizzontale

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

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

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.

**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	

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	49 di 62

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	0.0	0.0
2	0.0	1235.0
3	280.0	1235.0
4	280.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	9.0	9.0	26
2	9.0	1226.0	26
3	271.0	1226.0	26
4	271.0	9.0	26
5	13.7	9.0	26
6	13.7	1226.0	26
7	266.0	9.0	26
8	266.0	1226.0	26
9	18.7	9.0	26
10	18.7	1226.0	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	120	26
2	3	4	120	26
3	5	6	120	26
4	7	8	60	26
5	9	10	60	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 8 mm  
Passo staffe: 1.1 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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	50 di 62

Vy con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
 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	24904.92	5828.74	99434.59	391.20	20587.42
2	23739.87	9554.74	99434.59	391.20	20587.42
3	22312.24	5040.34	99434.59	391.20	20587.42
4	24030.45	5631.64	107271.35	391.20	21167.92
5	23245.77	7905.72	107271.35	391.20	21167.92
6	22312.24	5040.34	99434.59	391.20	20587.42
7	24030.45	10005.64	99434.59	715.20	20587.42
8	23245.77	12279.72	99434.59	715.20	20587.42
9	22312.24	5040.34	99434.59	391.20	20587.42
10	22312.24	4824.34	99434.59	385.80	20587.42
11	19009.15	5148.68	71474.83	333.07	14475.92
12	17844.10	8874.68	71474.83	333.07	14475.92
13	16416.48	4360.28	71474.83	333.07	14475.92
14	18134.69	4951.58	79311.58	333.07	15056.42
15	18134.69	4951.58	79311.58	333.07	15056.42
16	17350.00	7225.65	79311.58	333.07	15056.42
17	16416.48	4360.28	71474.83	333.07	14475.92
18	18134.69	9325.58	71474.83	657.07	14475.92
19	17350.00	11599.65	71474.83	657.07	14475.92
20	16416.48	4360.28	56674.63	333.07	12299.42
21	16839.68	8100.97	124473.03	973.98	20792.94
22	15993.27	8087.42	124496.39	973.98	20792.94
23	17051.18	24821.51	64605.35	2996.94	11942.26
24	16204.77	24807.96	64628.71	2996.94	11942.26
25	18211.26	8881.57	64578.09	1021.98	11942.26
26	15389.89	8836.42	64655.97	1021.98	11942.26

**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	16416.48	3250.13	66743.58
2	18336.98	4010.46	67405.92
3	17473.98	6770.46	67405.92
4	16416.48	3426.46	67405.92
5	17689.23	3864.46	73210.92
6	17107.98	5548.96	73210.92
7	16416.48	3426.46	67405.92
8	17689.23	7104.46	67405.92
9	17107.98	8788.96	67405.92
10	16416.48	3426.46	56442.81

**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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	51 di 62

N°Comb.	N	Mx	My
1	17856.85	2294.88 (2693.85)	64499.56 (75713.08)
2	17209.60	4364.88 (5043.48)	64499.56 (74527.28)
3	16416.48	1856.88 (2155.41)	64499.56 (74869.25)
4	17371.04	2185.38 (2371.06)	68853.31 (74703.38)
5	16935.10	3448.75 (3707.20)	68853.31 (74013.10)
6	16416.48	1856.88 (2155.41)	64499.56 (74869.25)
7	17371.04	4615.38 (5334.50)	64499.56 (74549.26)
8	16935.10	5878.75 (6727.88)	64499.56 (73815.87)
9	16416.48	1856.88 (2155.41)	64499.56 (74869.25)
10	16416.48	1612.13 (2215.92)	55780.47 (76672.05)

**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	16416.48	2022.46 (2735.67)	56442.81 (76346.86)

**RISULTATI DEL CALCOLO**
**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.1 cm
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	24904.92	5828.74	99434.59	24905.07	10781.70	194838.82	1.952601.6(1037.4)	
2	S	23739.87	9554.74	99434.59	23739.93	19067.66	193369.72	1.942601.6(1037.4)	
3	S	22312.24	5040.34	99434.59	22312.33	9620.94	191759.76	1.922601.6(1037.4)	
4	S	24030.45	5631.64	107271.35	24030.28	9312.45	193808.45	1.802601.6(1037.4)	
5	S	23245.77	7905.72	107271.35	23245.83	14118.76	192841.26	1.792601.6(1037.4)	
6	S	22312.24	5040.34	99434.59	22312.33	9620.94	191759.76	1.922601.6(1037.4)	
7	S	24030.45	10005.64	99434.59	24030.59	19700.33	193705.73	1.942601.6(1037.4)	
8	S	23245.77	12279.72	99434.59	23245.56	24425.85	192708.20	1.932601.6(1037.4)	
9	S	22312.24	5040.34	99434.59	22312.33	9620.94	191759.76	1.922601.6(1037.4)	
10	S	22312.24	4824.34	99434.59	22312.14	9623.86	191759.49	1.922601.6(1037.4)	
11	S	19009.15	5148.68	71474.83	19009.19	12657.79	187778.88	2.612601.6(1037.4)	
12	S	17844.10	8874.68	71474.83	17843.91	23579.78	186240.02	2.592601.6(1037.4)	
13	S	16416.48	4360.28	71474.83	16416.18	11760.98	184647.41	2.572601.6(1037.4)	
14	S	18134.69	4951.58	79311.58	18134.52	11868.77	186734.51	2.342601.6(1037.4)	
15	S	18134.69	4951.58	79311.58	18134.52	11868.77	186734.51	2.342601.6(1037.4)	

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	52 di 62

16	S	17350.00	7225.65	79311.58	17350.17	17391.77	185721.14	2.332601.6(1037.4)
17	S	16416.48	4360.28	71474.83	16416.18	11760.98	184647.41	2.572601.6(1037.4)
18	S	18134.69	9325.58	71474.83	18134.72	23385.87	186594.06	2.592601.6(1037.4)
19	S	17350.00	11599.65	71474.83	17349.94	29482.16	185563.19	2.582601.6(1037.4)
20	S	16416.48	4360.28	56674.63	16416.57	14444.20	184618.85	3.232601.6(1037.4)
21	S	16839.68	8100.97	124473.03	16839.81	11532.23	185164.10	1.482601.6(1037.4)
22	S	15993.27	8087.42	124496.39	15992.97	11437.51	184132.77	1.482601.6(1037.4)
23	S	17051.18	24821.51	64605.35	17050.98	70031.74	184455.06	2.832601.6(1037.4)
24	S	16204.77	24807.96	64628.71	16204.93	70046.03	183444.97	2.822601.6(1037.4)
25	S	18211.26	8881.57	64578.09	18211.26	26283.91	186647.59	2.872601.6(1037.4)
26	S	15389.89	8836.42	64655.97	15389.97	24658.63	183249.21	2.822601.6(1037.4)

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

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 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	280.0	1235.0	0.00244	271.0	1226.0	-0.02869	9.0	9.0
2	0.00350	280.0	1235.0	0.00248	271.0	1226.0	-0.02774	9.0	9.0
3	0.00350	280.0	1235.0	0.00239	271.0	1226.0	-0.03027	9.0	9.0
4	0.00350	280.0	1235.0	0.00241	271.0	1226.0	-0.02946	9.0	9.0
5	0.00350	280.0	1235.0	0.00244	271.0	1226.0	-0.02883	9.0	9.0
6	0.00350	280.0	1235.0	0.00239	271.0	1226.0	-0.03027	9.0	9.0
7	0.00350	280.0	1235.0	0.00249	271.0	1226.0	-0.02751	9.0	9.0
8	0.00350	280.0	1235.0	0.00250	271.0	1226.0	-0.02710	9.0	9.0
9	0.00350	280.0	1235.0	0.00239	271.0	1226.0	-0.03027	9.0	9.0
10	0.00350	280.0	1235.0	0.00239	271.0	1226.0	-0.03027	9.0	9.0
11	0.00350	280.0	1235.0	0.00235	271.0	1226.0	-0.03136	9.0	9.0
12	0.00350	280.0	1235.0	0.00241	271.0	1226.0	-0.02989	9.0	9.0
13	0.00350	280.0	1235.0	0.00230	271.0	1226.0	-0.03311	9.0	9.0
14	0.00350	280.0	1235.0	0.00233	271.0	1226.0	-0.03202	9.0	9.0
15	0.00350	280.0	1235.0	0.00233	271.0	1226.0	-0.03202	9.0	9.0
16	0.00350	280.0	1235.0	0.00236	271.0	1226.0	-0.03136	9.0	9.0
17	0.00350	280.0	1235.0	0.00230	271.0	1226.0	-0.03311	9.0	9.0
18	0.00350	280.0	1235.0	0.00241	271.0	1226.0	-0.02978	9.0	9.0
19	0.00350	280.0	1235.0	0.00244	271.0	1226.0	-0.02906	9.0	9.0
20	0.00350	280.0	1235.0	0.00232	271.0	1226.0	-0.03254	9.0	9.0
21	0.00350	280.0	1235.0	0.00230	271.0	1226.0	-0.03289	9.0	9.0
22	0.00350	280.0	1235.0	0.00228	271.0	1226.0	-0.03347	9.0	9.0
23	0.00350	280.0	1235.0	0.00267	271.0	1226.0	-0.02295	9.0	9.0
24	0.00350	280.0	1235.0	0.00266	271.0	1226.0	-0.02324	9.0	9.0
25	0.00350	280.0	1235.0	0.00243	271.0	1226.0	-0.02920	9.0	9.0
26	0.00350	280.0	1235.0	0.00237	271.0	1226.0	-0.03101	9.0	9.0

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

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000117347	0.000000320	-0.029751995	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	53 di 62

2	0.000112901	0.000000526	-0.028761768	----	----
3	0.000123332	0.000000286	-0.031385989	----	----
4	0.000120403	0.000000273	-0.030549635	----	----
5	0.000117391	0.000000419	-0.029887325	----	----
6	0.000123332	0.000000286	-0.031385989	----	----
7	0.000111979	0.000000537	-0.028517873	----	----
8	0.000110076	0.000000631	-0.028099955	----	----
9	0.000123332	0.000000286	-0.031385989	----	----
10	0.000123330	0.000000286	-0.031385454	----	----
11	0.000126915	0.000000383	-0.032508688	----	----
12	0.000120463	0.000000611	-0.030984522	----	----
13	0.000133471	0.000000357	-0.034312723	----	----
14	0.000129393	0.000000370	-0.033186727	----	----
15	0.000129393	0.000000370	-0.033186727	----	----
16	0.000126447	0.000000484	-0.032502714	----	----
17	0.000133471	0.000000357	-0.034312723	----	----
18	0.000120046	0.000000608	-0.030863649	----	----
19	0.000116850	0.000000725	-0.030114021	----	----
20	0.000131105	0.000000414	-0.033721010	----	----
21	0.000132694	0.000000352	-0.034089291	----	----
22	0.000134861	0.000000344	-0.034686179	----	----
23	0.000091311	0.000001393	-0.023786952	----	----
24	0.000092361	0.000001398	-0.024087076	----	----
25	0.000117682	0.000000663	-0.030269899	----	----
26	0.000124518	0.000000627	-0.032139728	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 1.1 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezi. 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	20588.40	107907.76	23217.74270.9	259.7	1234.6	2.500	1.038	81.0	91.4(0.0)
2	S	20589.01	107746.37	23218.83270.9	259.7	1234.8	2.500	1.037	81.0	91.4(0.0)
3	S	20588.27	107692.24	23261.39271.0	260.2	1234.6	2.500	1.034	80.9	91.4(0.0)
4	S	21168.75	107847.84	23235.73271.0	259.9	1234.6	2.500	1.037	83.3	91.4(0.0)
5	S	21169.18	107737.27	23236.64270.9	259.9	1234.7	2.500	1.036	83.3	91.4(0.0)
6	S	20588.27	107692.24	23261.39271.0	260.2	1234.6	2.500	1.034	80.9	91.4(0.0)
7	S	20590.61	107767.25	23212.91271.0	259.6	1234.9	2.500	1.037	81.1	91.4(0.0)
8	S	20591.17	107654.52	23212.75270.9	259.6	1235.0	2.500	1.036	81.1	91.4(0.0)
9	S	20588.27	107692.24	23261.39271.0	260.2	1234.6	2.500	1.034	80.9	91.4(0.0)
10	S	20588.25	107692.21	23261.38271.0	260.2	1234.6	2.500	1.034	80.9	91.4(0.0)
11	S	14476.86	107366.50	23304.34270.9	260.7	1234.6	2.500	1.029	56.8	91.4(0.0)
12	S	14477.42	107173.31	23297.87271.0	260.6	1234.9	2.500	1.027	56.8	91.4(0.0)
13	S	14476.76	107137.04	23345.54271.0	261.1	1234.6	2.500	1.025	56.7	91.4(0.0)
14	S	15057.31	107296.39	23319.86270.9	260.8	1234.6	2.500	1.028	59.0	91.4(0.0)

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	54 di 62

15	S	15057.31	107296.39	23319.86270.9	260.8	1234.6	2.500	1.028	59.0	91.4(0.0)
16	S	15057.58	107173.84	23318.70270.9	260.8	1234.7	2.500	1.027	59.0	91.4(0.0)
17	S	14476.76	107137.04	23345.54271.0	261.1	1234.6	2.500	1.025	56.7	91.4(0.0)
18	S	14479.06	107201.98	23294.00271.0	260.5	1234.9	2.500	1.028	56.8	91.4(0.0)
19	S	14479.72	106983.98	23289.26270.9	260.5	1234.1	2.500	1.027	56.8	91.4(0.0)
20	S	12300.41	107110.79	23339.00270.9	261.1	1234.7	2.500	1.025	48.2	91.4(0.0)
21	S	20795.45	107177.78	23339.64271.0	261.1	1234.6	2.500	1.026	81.4	91.4(0.0)
22	S	20795.36	107101.01	23352.72271.0	261.2	1234.6	2.500	1.025	81.4	91.4(0.0)
23	S	11986.58	106404.88	23185.48270.9	259.3	1233.5	2.500	1.026	47.2	91.4(0.0)
24	S	11986.24	106327.73	23198.40270.9	259.5	1233.5	2.500	1.025	47.2	91.4(0.0)
25	S	11947.83	107179.14	23284.54270.9	260.4	1235.0	2.500	1.028	46.9	91.4(0.0)
26	S	11947.26	106930.30	23330.85271.0	261.0	1234.9	2.500	1.024	46.8	91.4(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	5.05	280.0	1235.0	-129.8	9.0	9.0	42971	1624.6
2	S	5.15	280.0	1235.0	-127.1	9.0	9.0	43404	1624.6
3	S	5.22	280.0	1235.0	-130.4	9.0	9.0	44112	1624.6
4	S	5.10	280.0	1235.0	-131.6	9.0	9.0	43068	1624.6
5	S	5.54	280.0	1235.0	-143.3	9.0	9.0	43151	1624.6
6	S	5.58	280.0	1235.0	-145.5	9.0	9.0	43801	1624.6
7	S	5.10	280.0	1235.0	-131.6	9.0	9.0	43068	1624.6
8	S	5.23	280.0	1235.0	-130.1	9.0	9.0	44157	1624.6
9	S	5.27	280.0	1235.0	-132.3	9.0	9.0	44304	1624.6
10	S	4.33	280.0	1235.0	-103.8	9.0	9.0	43442	1624.6

**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 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00068	0	0.500	26.0	77	0.00039 (0.00039)	379	0.147 (0.20)	3605.64	74044.40
2	S	-0.00067	0	0.500	26.0	77	0.00038 (0.00038)	380	0.145 (0.20)	4458.95	74943.94
3	S	-0.00069	0	0.500	26.0	77	0.00039 (0.00039)	382	0.149 (0.20)	7379.33	73467.70
4	S	-0.00069	0	0.500	26.0	77	0.00039 (0.00039)	379	0.150 (0.20)	3756.18	73892.19
5	S	-0.00075	0	0.500	26.0	77	0.00043 (0.00043)	379	0.163 (0.20)	3893.75	73765.81
6	S	-0.00077	0	0.500	26.0	77	0.00044 (0.00044)	381	0.166 (0.20)	5527.19	72923.67

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	55 di 62

7	S	-0.00069	0	0.500	26.0	77	0.00039 (0.00039)	379	0.150 (0.20)	3756.18	73892.19
8	S	-0.00068	0	0.500	26.0	77	0.00039 (0.00039)	382	0.149 (0.20)	7746.23	73494.95
9	S	-0.00070	0	0.500	26.0	77	0.00040 (0.00040)	382	0.152 (0.20)	9464.63	72587.84
10	S	-0.00055	0	0.500	26.0	77	0.00031 (0.00031)	380	0.118 (0.20)	4599.17	75760.39

**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	4.89	280.0	1235.0	-120.2	9.0	9.0	42213	1624.6
2	S	4.94	280.0	1235.0	-122.7	9.0	9.0	43643	1624.6
3	S	4.85	280.0	1235.0	-123.5	9.0	9.0	41795	1624.6
4	S	5.18	280.0	1235.0	-132.3	9.0	9.0	41971	1624.6
5	S	5.21	280.0	1235.0	-134.0	9.0	9.0	43034	1624.6
6	S	4.85	280.0	1235.0	-123.5	9.0	9.0	41795	1624.6
7	S	4.95	280.0	1235.0	-122.4	9.0	9.0	43726	1624.6
8	S	4.98	280.0	1235.0	-124.0	9.0	9.0	44011	1624.6
9	S	4.85	280.0	1235.0	-123.5	9.0	9.0	41795	1624.6
10	S	4.23	280.0	1235.0	-101.4	9.0	9.0	41802	1624.6

**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	-0.00063	0	0.500	26.0	77	0.00036 (0.00036)	377	0.136 (0.20)	2693.85	75713.08
2	S	-0.00065	0	0.500	26.0	77	0.00037 (0.00037)	381	0.140 (0.20)	5043.48	74527.28
3	S	-0.00065	0	0.500	26.0	77	0.00037 (0.00037)	376	0.139 (0.20)	2155.41	74869.25
4	S	-0.00070	0	0.500	26.0	77	0.00040 (0.00040)	376	0.149 (0.20)	2371.06	74703.38
5	S	-0.00070	0	0.500	26.0	77	0.00040 (0.00040)	379	0.152 (0.20)	3707.20	74013.10
6	S	-0.00065	0	0.500	26.0	77	0.00037 (0.00037)	376	0.139 (0.20)	2155.41	74869.25
7	S	-0.00064	0	0.500	26.0	77	0.00037 (0.00037)	381	0.140 (0.20)	5334.50	74549.26
8	S	-0.00065	0	0.500	26.0	77	0.00037 (0.00037)	382	0.142 (0.20)	6727.88	73815.87
9	S	-0.00065	0	0.500	26.0	77	0.00037 (0.00037)	376	0.139 (0.20)	2155.41	74869.25
10	S	-0.00053	0	0.500	26.0	77	0.00030 (0.00030)	376	0.114 (0.20)	2215.92	76672.05

**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	4.29	280.0	1235.0	-103.2	9.0	9.0	42231	1624.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00054	0	0.500	26.0	77	0.00032 (0.00031)	377	0.120 (0.20)	2735.67	76346.86

### 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 :

$$N_{\max} = 7796 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{\max} = 1443 \text{ kN (CC. SLV)}$$

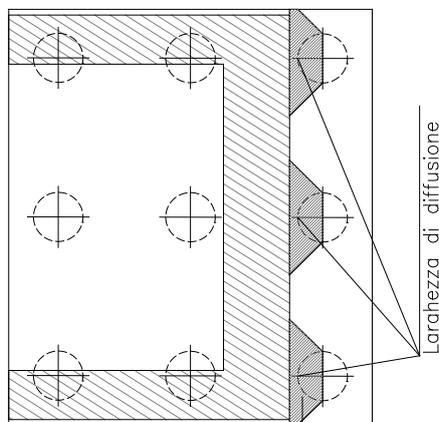
$$N_{\max} = 7017 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 1551 \text{ kN (CC. SLV)}$$

#### 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).

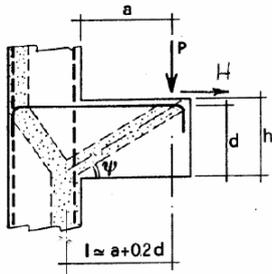
La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.



**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° 7/19.

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTOLE.



**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**

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

- $P_R \geq P_{Ed}$
- $P. > P$

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>4.50</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>7796.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>1443.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>1.50</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>2.50</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.12</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	<b>2.38</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>1.98</b>	m	$a + 0,2d$
$\lambda =$	<b>0.92</b>		$\lambda = \text{ctg} \psi \approx l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente C)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd} =$	<b>14.1</b>	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd} =$	<b>391.0</b>	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>						
$n^\circ R1 =$	<b>1</b>	$\phi 1 (mm) =$	<b>20.0</b>	$p1 (cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 1^\circ =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>314.16</b>	$nb \text{ tot } 1 =$	<b>45.0</b>	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	<b>14137.16</b>	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>14137.16</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
$n^\circ R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2 (mm) =$	<b>20.0</b>	$p2 (cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 2^\circ =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>314.16</b>	$nb \text{ tot } 2 =$	<b>45.0</b>	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	<b>14137.16</b>	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>14137.16</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
$n^\circ R3 =$	<b>0</b>	$\phi 3 (mm) =$	<b>24.0</b>	$p3 (cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 3^\circ =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	<b>452.39</b>	$nb \text{ tot } 3 =$	<b>0.0</b>	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	<b>0.00</b>	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>0.00</b>

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$	<input type="text" value="0.826"/>	rad	$=$	<input type="text" value="47.31"/>	$^\circ$
$P_{Rs} =$	<input type="text" value="10419.8"/>	KN		<input type="text" value="PRs &gt; PEd - Verifica Soddisfatta"/>	
$P_{Rc} =$	<input type="text" value="32633.2"/>	KN		<input type="text" value="PRc &gt; PRs - Verifica Soddisfatta"/>	

#### 4.9.4 Palo di fondazione

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

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 3.10$  (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	Ty,A [kN]
7796	4473		1443
3899	4473		1443
7017	4808		1551
2126	4808		1551

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\varnothing 150$  cm

$$A_s = 56 + 56\phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/20$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 33.00$  m

#### 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
	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:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	59 di 62

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

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	66.3	56	26
2	0.0	0.0	61.3	56	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 14 mm  
 Passo staffe: 20.0 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	7796.00	4473.00	0.00	1443.00	0.00
2	3899.00	4473.00	0.00	1443.00	0.00
3	7017.00	4808.00	0.00	1551.00	0.00
4	2126.00	4808.00	0.00	1551.00	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	5522.00	3019.00	0.00
2	3935.00	3019.00	0.00

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	60 di 62

N° Comb.	N	Mx	My
1	5383.00	2926.00 (2435.67)	0.00 (0.00)
2	3973.00	2926.00 (2077.47)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**
**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0 cm

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

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

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	7796.00	4473.00	0.00	7795.74	12347.92	0.00	2.76 594.6(53.0)	
2	S	3899.00	4473.00	0.00	3898.74	11979.51	0.00	2.68 594.6(53.0)	
3	S	7017.00	4808.00	0.00	7016.95	12304.08	0.00	2.56 594.6(53.0)	
4	S	2126.00	4808.00	0.00	2126.19	11681.83	0.00	2.43 594.6(53.0)	

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

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

N° Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00307	0.0	66.3	-0.00348	0.0	-66.3
2	0.00350	0.0	75.0	0.00300	0.0	66.3	-0.00455	0.0	-66.3
3	0.00350	0.0	75.0	0.00306	0.0	66.3	-0.00367	0.0	-66.3
4	0.00350	0.0	75.0	0.00297	0.0	66.3	-0.00516	0.0	-66.3

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

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

N° Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000049388	-0.000204134	----	----
2	0.000000000	0.000056998	-0.000774815	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3T</b>	30	D09CL	IV 01 00 003	C	61 di 62

3	0.000000000	0.000050726	-0.000304479	----	----
4	0.000000000	0.000061289	-0.001096688	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 14 mm  
 Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di  $V_x$  e  $V_y$  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  $D_{med}$ .  
 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	1443.00	3992.43	2765.20118.6	95.4	137.1	2.500	1.250	15.5	29.6(0.0)
2	S	1443.00	3845.83	2868.97118.8	99.0	137.7	2.500	1.156	14.9	29.6(0.0)
3	S	1551.00	4026.66	2784.85118.6	96.1	137.3	2.500	1.250	16.5	29.6(0.0)
4	S	1551.00	3665.66	2922.47119.2	100.8	137.2	2.500	1.085	15.7	29.6(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 [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.95	0.0	1235.0	-58.9	0.0	-66.3	1245	84.9
2	S	7.63	0.0	1235.0	-80.4	0.0	-66.3	1663	106.2

**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 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]

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 01 00 003	C	62 di 62

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00035	0	0.500	26.0	74	0.00018 (0.00018)	316	0.056 (0.20)	2426.44	0.00
2	S	-0.00046	0	0.500	26.0	74	0.00024 (0.00024)	321	0.077 (0.20)	2043.54	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	7.71	0.0	1235.0	-56.7	0.0	-66.3	1245	84.9
2	S	7.43	0.0	1235.0	-75.6	0.0	-66.3	1609	106.2

**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	-0.00034	0	0.500	26.0	74	0.00017 (0.00017)	316	0.054 (0.20)	2435.67	0.00
2	S	-0.00044	0	0.500	26.0	74	0.00023 (0.00023)	319	0.072 (0.20)	2077.47	0.00