

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

IV03 - CAVALCAFERROVIA SU NV62C

Relazione di calcolo spalla

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 09 CL IV0300 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.03.0.0.003.C

n. Elab.: 09\_618

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
3	MATERIALI .....	6
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	7
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	7
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	7
4	ANALISI E VERIFICHE SPALLA.....	9
4.1	GENERALITÀ .....	9
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE.....	9
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	9
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	13
4.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA .....	14
4.6	ANALISI DEI CARICHI.....	16
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	16
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	16
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	17
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	18
4.6.5	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	19
4.6.6	<i>Urto da traffico ferroviario</i> .....	19
4.6.7	<i>Spinta statica del terrapieno</i> .....	20
4.6.8	<i>Sovraccarico sul terrapieno</i> .....	20
4.6.9	<i>Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche</i> .....	21
4.6.10	<i>Azione sismica</i> .....	21
4.6.11	<i>Incremento di spinta del terrapieno</i> .....	27
4.6.12	<i>Inerzie strutturali</i> .....	27

4.6.13	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali.....	27
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 IV03 sulla viabilità NV62c. In particolare si tratterà la spalla A che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

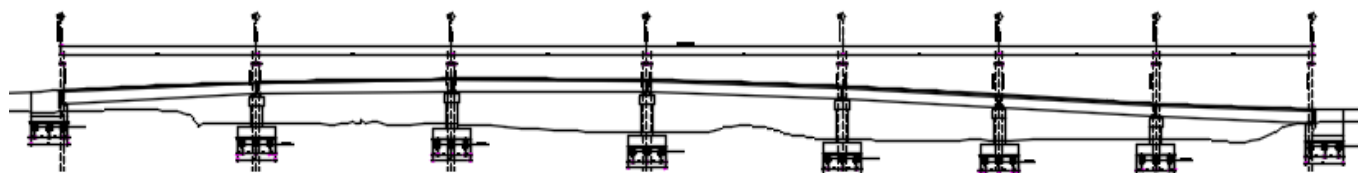
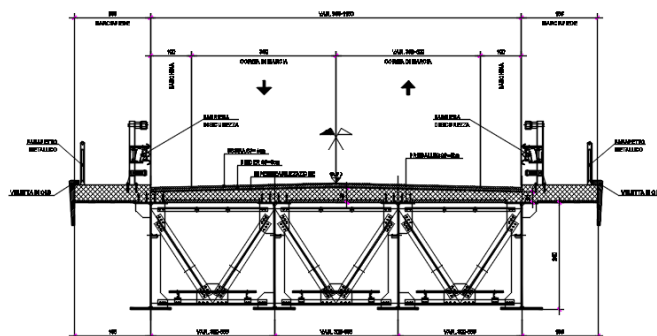
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Per la NV62C- Adeguamento SP44 (Continuità provinciale Strada Extraurbana Principale F2 Corsia 3.50m + Banchina 1.00m b=9.00m) in corrispondenza della progressiva 0+138 viene previsto un viadotto di lunghezza totale di 320 m circa.

Il primo viadotto è suddiviso in 7 campate, tre da 40.0m di luce e quattro da 49.0m di luce; gli impalcati saranno costituiti da quattro travi in carpenteria metallica collegate in testa da una soletta in c.a. collaborante, gettata in opera.

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



Sezione trasversale e prospetto

## 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 1.40 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 0.70 m. L'altezza della spalla A (escluso paraghiaia) è pari a 2.60 m.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 0.5 m ed altezza di circa 3.50 cm dalla testa muro frontale.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.20m collegate in testa da una platea di spessore 1.50 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	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	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	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	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	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	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	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	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	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	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	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	0.00	Vento Ponte Scarico	
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	0.50	0.50	Attrito permanente
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.20	0.20	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	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	1.00	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	0.00	0.00	Sisma verticale

Gli scarichi agli appoggi, riportati nei paragrafi seguenti, fanno riferimento alla seguente terna di assi:

- asse X coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

#### 4.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
  
- Lunghezze = m
- Forze = kN

#### 4.5 Geometria della spalla

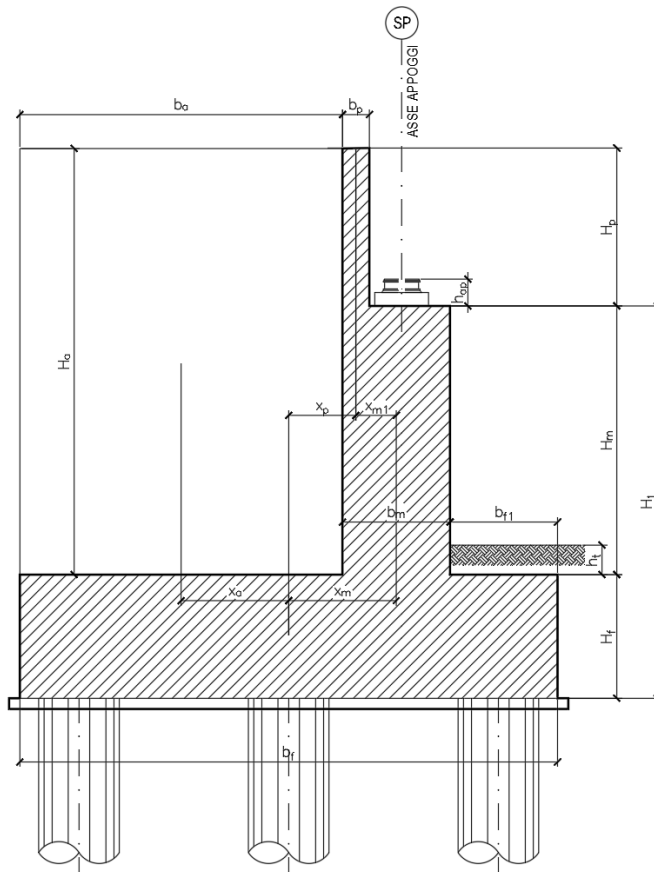


Figura 1 – Significato dei simboli: sezione tipica

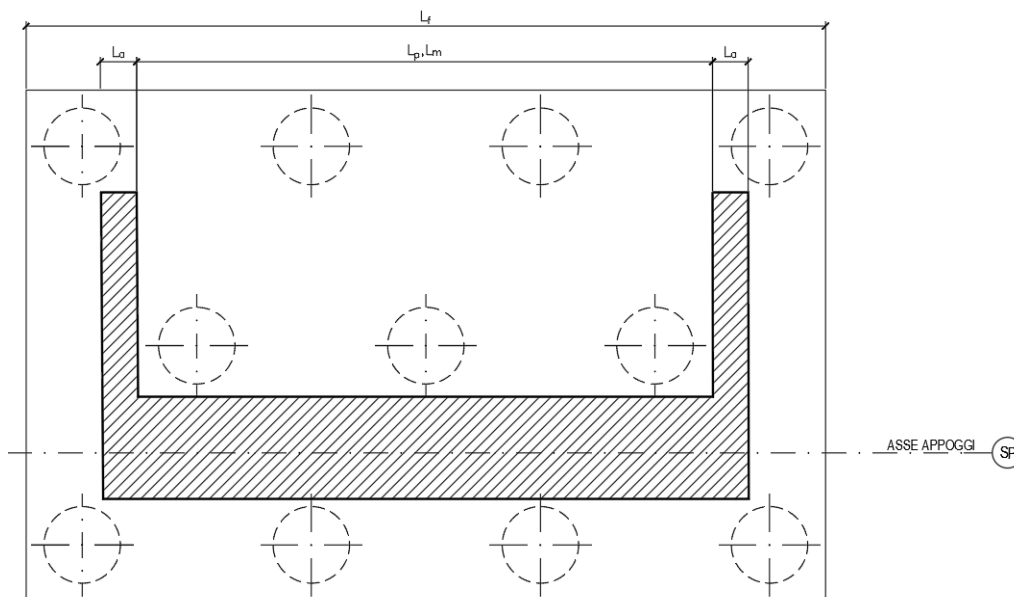


Figura 2 – Significato dei simboli: pianta tipica

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	$H_1$	4.50	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	3.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	11.90	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		11.90	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	2.55	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	2.60	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	1.40	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	11.90	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	4.00	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	$x_{m1}$	-1.45	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.00	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	1.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	14.40	m
Mensola anteriore plinto	$b_{n1}$	0.10	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		4.00	m
Muro andatore			
Altezza	$H_a$	6.10	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	0.70	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	8.10	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_a$	-0.75	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		<input type="checkbox"/>	$K_0 = 0.426$
Sisma			
$S_s$		1.000	
$a_g$		0.150	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.150	
Mononobe e Okabe	$K_{AE}$	0.368	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.075	

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		<b>3</b>	
Lunghezza	L	<b>50</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>160</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>60</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	<b>4</b>	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	<b>1000.0</b>	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	<b>375.0</b>	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n (ballast)	Ri	<b>0</b>	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			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio G1	1000			1000			1000			1000			0.00
Permanenti G2	380			380			380			380			0.00
Comb. Nmax Q1	551			752			651			439			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura					248			248					3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. Nmax Q folla	201			36			36			201			0.00
Comb. MTmax Q1	900			705			253			7			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura					248			248					3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. MTmax Q folla	254			63			27			-53			0.00
Comb. MLmax Q1													0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura													3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga													3.00
Comb. MLmax Q folla													0.00
Vento Ponte Scarico						112			112				3.80
Vento Ponte Carico						174			174				4.50
Attrito permanente		41	41		41	41		41	41		41	41	0.00
Attrito carichi mobili		27	27		23	23		20	20		13	13	0.00
Sisma longitudinale		468			459			453			440		2.80
Sisma trasversale			234			230			227			220	2.80
Sisma verticale	117			115			113			110			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)	$vb= vb_0 * (1 + ks(as/ao-1))$	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	150	150	anni
	$\alpha_R$	1.06	1.06	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.71	29.71	m/s
Densità dell'aria	$\rho$	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	$qb=0.5*\rho*vb^2$	0.55	0.55	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	11	11	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.41	2.41	
Larghezza impalcato	b	15.2	15.2	m
Altezza impalcato	h1	3	3	m
Altezza veicoli o parapetto	h2	1.5	3	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicoli)	dtot	4.5	6	m
Rapporto di forma	b/dtot	3.38	2.53	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.49	1.74	

#### Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.55	0.55	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.41	2.41	
Coefficiente di forza	cfx	1.49	1.74	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.5	6	m
Forza statica equivalente a m/1	f=prodotto	8.9	13.9	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	1.98	2.32	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/1 considerata	f	8.9	13.9	kN/m

#### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	8.9	kN/m
Luce impalcato	L	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	223	kN/m

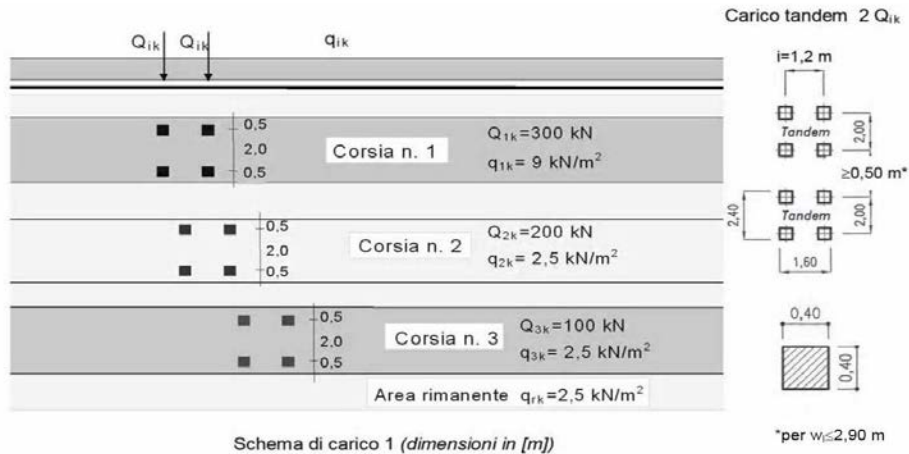
#### Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	13.9	kN/m
Luce impalcato	L	50	m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	347	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.

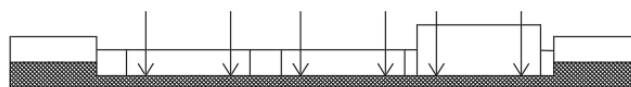
Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia Numero 1	300	9
Corsia Numero 2	200	2,5
Corsia Numero 3	100	2,5
Altre corsie	0,00	2,50

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

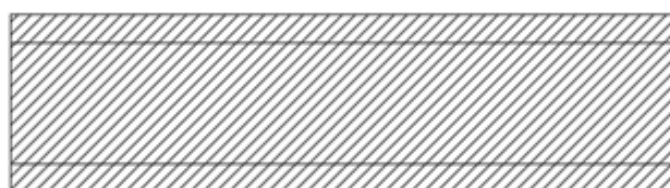
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

- 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

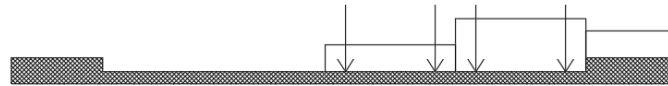


PIANTA



- 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	50	m
q3	495	kN
q3 (filtrata)	495	kN

Centrifuga		
Raggio planimetrico	10000	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	0	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

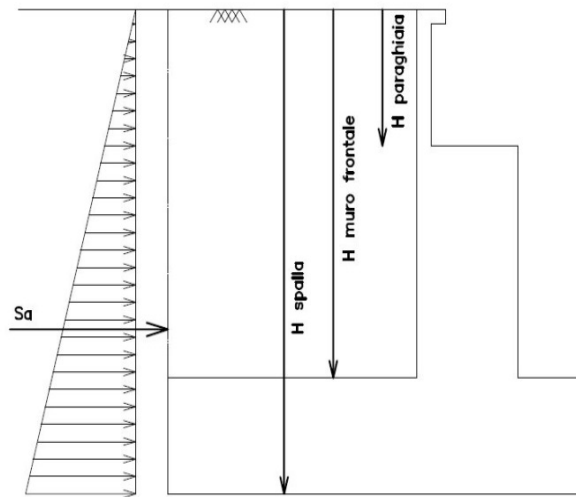
A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

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:

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

#### 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  $H/2$ .

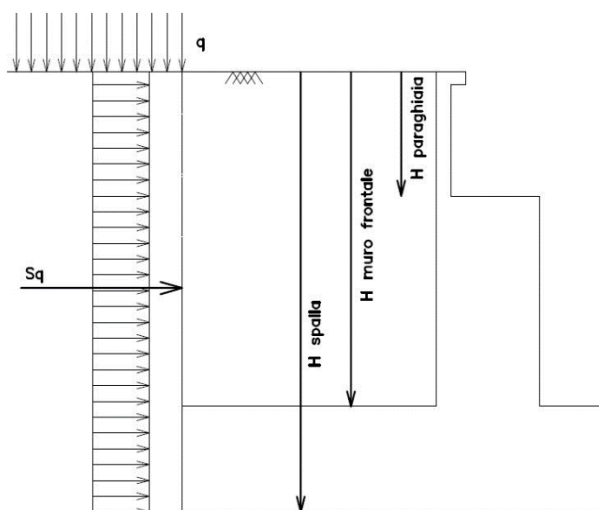


Fig. 2 : Spinta statica sovraccarico accidentale

#### 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.


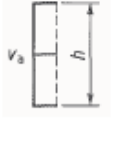
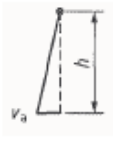

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale 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:

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

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

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: 13.99389  
LATITUDINE: 37.53523

**Ricerca per comune**

REGIONE: Sicilia  
PROVINCIA: Catania  
COMUNE: Ramacca

**Reticolo di riferimento**



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

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".

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ : 100 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$ : 1.5 info

**Valori di progetto**

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 150 info

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

Stati limite di esercizio - SLE: (SLO -  $P_{VR}$  = 81%: 90  
 (SLD -  $P_{VR}$  = 63%: 151

Stati limite ultimi - SLU: (SLV -  $P_{VR}$  = 10%: 1424  
 (SLC -  $P_{VR}$  = 5%: 2475

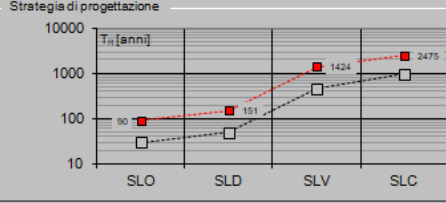
**Elaborazioni**

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

**Strategia di progettazione**



LEGENDA GRAFICO

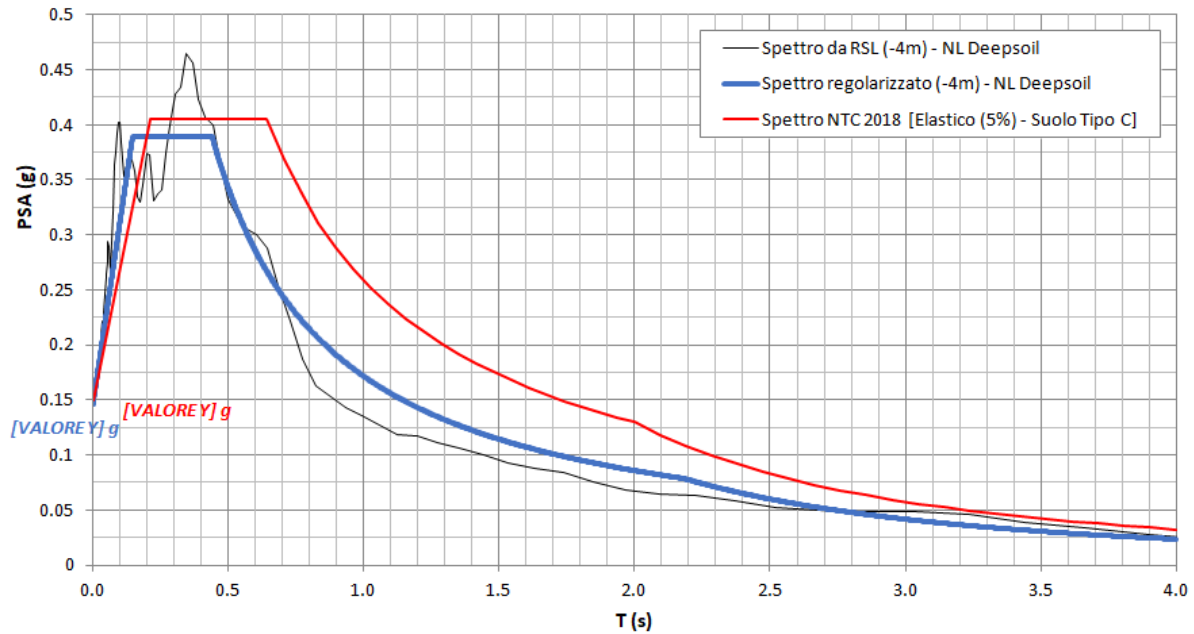
--- Strategia per costruzioni ordinarie

--- Strategia scelta

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:

IV03 - prova: DH3BVI20



Per T=0 lo spettro di Normativa risulta maggiore, pertanto non verrà usato lo spettro da RSL.

#### 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	$\alpha$	<b>90.0</b>	
Angolo d'attrito interno	$\varphi$	<b>35.0</b>	°
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	<b>0.150</b>	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	<b>0.075</b>	
$\theta (+k_v)$		<b>7.9</b>	
$\theta (-k_v)$		<b>9.2</b>	
Mononobe e Okabe (+ $k_v$ )	$K_{AE}$	<b>0.353</b>	
Mononobe e Okabe (- $k_v$ )	$K_{AE}$	<b>0.368</b>	

#### 4.6.12 Inerzie strutturali

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

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

#### 4.6.13 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	521			0.00	0.00	1.75	0	0
Rinterro	g3		622		0.00	0.00	1.17	0	725
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	3.50	0	630
Sovr. acc. sul rilevato			355		0.00	0.00	1.75	0	622

### 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	521	0	0	-1.45		4.35	0	-755
Muro frontale	g1	1210	0	0			1.30	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>1731</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-755</b>
Rinterro	g3		2110	0			2.03	0	4291
Sovr. acc. sul rilevato			619	0			3.05	0	1888

## 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	521			2.55	0.00	5.85	0	1328
Muro frontale	g1	1210			4.00	0.00	2.80	0	4841
Plinto	g1	5184			0.00	0.00	0.75	0	0
Muri andatori	g1	1729			-0.75	0.00	4.55	0	-1297
<b>Totale Permanenti</b>		<b>8644</b>						<b>0</b>	<b>4872</b>
Rinterro	g3	11760			-0.75	0.00	4.55	0	-8820
Ricop. Plinto	g3	238			0.75	0.00	2.00	0	178
Sovr. acc. sul rilevato		1928			-0.75	0.00	7.60	0	-1446
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		3276		-0.75	0.00	2.53	0	8299
Sovr. acc. sul rilevato			771		0.00	0.00	3.80	0	2931

➤ 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	521			0.00	0.00	1.75	0	0
Rinterro	g3		395		0.00	0.00	1.17	0	461
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	3.50	0	630
Sovr. acc. sul rilevato			226		0.00	0.00	1.75	0	395

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	78	0	0.00	0.00	1.75	0	137
Rinterro	Inerzia		1012				1.75	0	1771
	Sovraspinta		159				1.17	0	185
<b>Rinterro [totale]</b>			1171					0	1956
Sovr. acc. sul rilevato			226		0.00	0.00	1.75	0	395
<b>Totale generale</b>			1475					0	2488

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	78	0.00	0.00	1.75	137	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	39	0	0	0.00	0.00	1.75	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	521	0	0	-1.45		4.35	0	-755
Muro frontale	g1	1210	0	0			1.30	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>1731</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-755</b>
Rinterro	g3		1341	0			2.03	0	2727
Sovr. acc. sul rilevato			393	0			3.05	0	1200

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		78		-1.45	0.00	4.35	0	340
Muro frontale	q6		182		0.00	0.00	1.30	0	236
Rinterro	Inerzia		1764				3.05	0	5380
	Sovraspinta		482				2.03	0	980
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>2246</b>					<b>0</b>	<b>6360</b>
Sovr. acc. sul rilevato			393				3.05	0	1200
<b>Totale generale</b>			<b>2899</b>					<b>0</b>	<b>8136</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			78	-1.45	0.00	4.35	340	0
Muro frontale	q6			182	0.00	0.00	1.30	236	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>260</b>				<b>576</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	39			-1.45	0.00	4.35	0	-57
Muro frontale	q6	91			0.00	0.00	1.30	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>130</b>						<b>0</b>	<b>-57</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	521			2.55	0.00	5.85	0	1328
Muro frontale	g1	1210			4.00	0.00	2.80	0	4841
Plinto	g1	5184			0.00	0.00	0.75	0	0
Muri andatori	g1	1729			-0.75	0.00	4.55	0	-1297
<b>Totale Permanenti</b>		<b>8644</b>						<b>0</b>	<b>4872</b>
Rinterro	g3	11760			-0.75	0.00	4.55	0	-8820
Ricop. Plinto	g3	238			0.75	0.00	2.00	0	178
Sovr. acc. sul rilevato		1928			-0.75	0.00	7.60	0	-1446
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		2082		-0.75	0.00	2.53	0	5274
Sovr. acc. sul rilevato			490		0.00	0.00	3.80	0	1863

**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>		78		2.55	0.00	5.85	0	457
Muro frontale	q <sub>s</sub>		182		4.00	0.00	2.80	0	508
Plinto	q <sub>s</sub>		778		0.00	0.00	0.75	0	583
Muri andatori	q <sub>s</sub>		259		-0.75	0.00	4.55	0	1180
Rinterro	Inerzia		1764		-0.75	0.00	4.55	0	8026
	Sovraspinta		749		-0.75	0.00	2.53	0	1896
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>2512</b>				<b>4.55</b>	<b>0</b>	<b>9922</b>
Sovr. acc. sul rilevato			490		-0.75		4.55	0	1863
<b>Totale generale</b>			<b>4299</b>						<b>14513</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>			78	2.55	0.00	5.85	457	0
Muro frontale	q <sub>s</sub>			182	4.00	0.00	2.80	508	0
Plinto	q <sub>s</sub>			778	0.00	0.00	0.75	583	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>			259	-0.75	0.00	4.55	1180	0
Rinterro	Inerzia			1764	0.00		4.55	8026	0
	Sovraspinta			81			2.53	205	0
<b>Rinterro [totale]</b>				<b>1845</b>				<b>8231</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato				490	-0.75		7.60	3725	0
<b>Totale generale</b>				<b>3632</b>				<b>14685</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>	39			2.55	0.00	5.85	0.00	100
Muro frontale	q <sub>s</sub>	91			4.00	0.00	2.80	0.00	363
Plinto	q <sub>s</sub>	389			0.00	0.00	0.75	0.00	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>	130			-0.75	0.00	4.55	0.00	-97
Rinterro	q <sub>s</sub>	882			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Ricop. Plinto	q <sub>s</sub>	18			0.75	0.00	2.00	0.00	13
<b>Totale generale</b>		<b>1548</b>						<b>0.00</b>	<b>379</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	866	1424	0	0	2382
A2 - SLU - MT max gr.1	866	1424	0	0	2382
A2 - SLU - ML max gr.1	866	1424	0	0	2382
A2 - SLU - N max gr.2	866	1424	0	0	2382
A2 - SLU - MT max gr.2	866	1424	0	0	2382
A2 - SLU - ML max gr.2	866	1424	0	0	2382
A2 - SLU - N max gr.3	866	1424	0	0	2382
A2 - SLU - MT max gr.3	866	1424	0	0	2382
A2 - SLU - ML max gr.3	866	1424	0	0	2382
A2 - SLU - Vento ponte scarico	521	808	0	0	943
A2 - SLU - N max gr.1	866	1237	0	0	2165
A2 - SLU - MT max gr.1	866	1237	0	0	2165
A2 - SLU - ML max gr.1	866	1237	0	0	2165
A2 - SLU - N max gr.2	866	1237	0	0	2165
A2 - SLU - MT max gr.2	866	1237	0	0	2165
A2 - SLU - ML max gr.2	866	1237	0	0	2165
A2 - SLU - N max gr.3	866	1237	0	0	2165
A2 - SLU - MT max gr.3	866	1237	0	0	2165
A2 - SLU - ML max gr.3	866	1237	0	0	2165
A2 - SLU - Vento ponte scarico	521	622	0	0	725
A1 - SLU - N max gr.1	1108	1655	0	0	2778
A1 - SLU - MT max gr.1	1108	1655	0	0	2778
A1 - SLU - ML max gr.1	1108	1655	0	0	2778
A1 - SLU - N max gr.2	1108	1655	0	0	2778
A1 - SLU - MT max gr.2	1108	1655	0	0	2778
A1 - SLU - ML max gr.2	1108	1655	0	0	2778
A1 - SLU - N max gr.3	1108	1655	0	0	2778
A1 - SLU - MT max gr.3	1108	1655	0	0	2778
A1 - SLU - ML max gr.3	1108	1655	0	0	2778
A1 - SLU - Vento ponte scarico	1108	1655	0	0	2778
A1 - SLU - N max gr.1	926	1344	0	0	2415
A1 - SLU - MT max gr.1	926	1344	0	0	2415
A1 - SLU - ML max gr.1	926	1344	0	0	2415
A1 - SLU - N max gr.2	926	1344	0	0	2415
A1 - SLU - MT max gr.2	926	1344	0	0	2415
A1 - SLU - ML max gr.2	926	1344	0	0	2415
A1 - SLU - N max gr.3	926	1344	0	0	2415
A1 - SLU - MT max gr.3	926	1344	0	0	2415
A1 - SLU - ML max gr.3	926	1344	0	0	2415
A1 - SLU - Vento ponte scarico	521	622	0	0	725
SLE Rara - N max gr.1	821	1157	0	0	1977
SLE Rara - MT max gr.1	821	1157	0	0	1977
SLE Rara - ML max gr.1	821	1157	0	0	1977
SLE Rara - N max gr.2	821	1157	0	0	1977
SLE Rara - MT max gr.2	821	1157	0	0	1977
SLE Rara - ML max gr.2	821	1157	0	0	1977
SLE Rara - N max gr.3	821	1157	0	0	1977
SLE Rara - MT max gr.3	821	1157	0	0	1977
SLE Rara - ML max gr.3	821	1157	0	0	1977
SLE Rara - Vento ponte scarico	521	622	0	0	725
SLE Freq. - N max gr.1	746	1023	0	0	1664
SLE Freq. - MT max gr.1	746	1023	0	0	1664
SLE Freq. - ML max gr.1	746	1023	0	0	1664
SLE Freq. - N max gr.2	746	1023	0	0	1664
SLE Freq. - MT max gr.2	746	1023	0	0	1664
SLE Freq. - ML max gr.2	746	1023	0	0	1664
SLE Freq. - N max gr.3	746	1023	0	0	1664
SLE Freq. - MT max gr.3	746	1023	0	0	1664
SLE Freq. - ML max gr.3	746	1023	0	0	1664
SLE Freq. - Vento ponte scarico	521	622	0	0	725
SLE Q.P. - ML max gr.3	821	1157	0	0	1977
SLV -dir.X 1	592	1725	23	41	2759
SLV -dir.X 2	569	1725	23	41	2759
SLV -dir.Y 1	592	851	78	137	1294
SLV -dir.Y 2	569	851	78	137	1294
SLV -dir.Z+	620	851	23	41	1294
SLV -dir.Z-	542	851	23	41	1294

**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	10731	3765	581	3920	7924
A2 - SLU - MT max gr.1	10019	3765	581	10852	7924
A2 - SLU - ML max gr.1	7707	3765	581	2965	7924
A2 - SLU - N max gr.2	9771	4336	581	3682	11347
A2 - SLU - MT max gr.2	9315	4336	581	8096	11347
A2 - SLU - ML max gr.2	7707	3765	581	2965	7924
A2 - SLU - N max gr.3	9771	3765	581	3682	7924
A2 - SLU - MT max gr.3	9315	3765	581	8096	7924
A2 - SLU - ML max gr.3	7707	3765	581	2965	7924
A2 - SLU - Vento ponte scarico	7707	2959	506	2626	5469
A2 - SLU - N max gr.1	10275	3082	532	3771	6488
A2 - SLU - MT max gr.1	9563	3082	532	10703	6488
A2 - SLU - ML max gr.1	7251	3082	532	2816	6488
A2 - SLU - N max gr.2	9315	3653	532	3533	9911
A2 - SLU - MT max gr.2	8859	3653	532	7947	9911
A2 - SLU - ML max gr.2	7251	3082	532	2816	6488
A2 - SLU - N max gr.3	9315	3082	532	3533	6488
A2 - SLU - MT max gr.3	8859	3082	532	7947	6488
A2 - SLU - ML max gr.3	7251	3082	532	2816	6488
A2 - SLU - Vento ponte scarico	7251	2276	457	2477	4033
A1 - SLU - N max gr.1	13567	4361	673	4548	9045
A1 - SLU - MT max gr.1	12731	4361	673	12686	9045
A1 - SLU - ML max gr.1	10017	4361	673	3427	9045
A1 - SLU - N max gr.2	12440	5030	673	4268	13062
A1 - SLU - MT max gr.2	11905	5030	673	9451	13062
A1 - SLU - ML max gr.2	10017	4361	673	3427	9045
A1 - SLU - N max gr.3	12440	4361	673	4268	9045
A1 - SLU - MT max gr.3	11905	4361	673	9451	9045
A1 - SLU - ML max gr.3	10017	4361	673	3427	9045
A1 - SLU - Vento ponte scarico	10017	4361	695	3363	9045
A1 - SLU - N max gr.1	10801	3223	590	4300	6915
A1 - SLU - MT max gr.1	9965	3223	590	12437	6915
A1 - SLU - ML max gr.1	7251	3223	590	3179	6915
A1 - SLU - N max gr.2	9674	3892	590	4020	10933
A1 - SLU - MT max gr.2	9674	3892	590	4020	10933
A1 - SLU - ML max gr.2	9139	3892	590	9202	10933
A1 - SLU - N max gr.3	7251	3223	590	3179	6915
A1 - SLU - MT max gr.3	9674	3223	590	4020	6915
A1 - SLU - ML max gr.3	9139	3223	590	9202	6915
A1 - SLU - Vento ponte scarico	7251	2387	590	3179	4366
SLE Rara - N max gr.1	7251	2895	502	2782	5921
SLE Rara - MT max gr.1	9881	2977	457	3140	6168
SLE Rara - ML max gr.1	9261	2977	457	9168	6168
SLE Rara - N max gr.2	7251	2977	457	2310	6168
SLE Rara - MT max gr.2	9046	3473	457	2932	9144
SLE Rara - ML max gr.2	8650	3473	457	6771	9144
SLE Rara - N max gr.3	7251	2977	457	2310	6168
SLE Rara - MT max gr.3	9046	2977	457	2932	6168
SLE Rara - ML max gr.3	8650	2977	457	6771	6168
SLE Rara - Vento ponte scarico	7251	2358	457	2310	4280
SLE Freq. - N max gr.1	9223	2802	227	1305	5634
SLE Freq. - MT max gr.1	8759	2802	227	5825	5634
SLE Freq. - ML max gr.1	7251	2802	227	682	5634
SLE Freq. - N max gr.2	8597	3174	227	1149	7866
SLE Freq. - MT max gr.2	8300	3174	227	4028	7866
SLE Freq. - ML max gr.2	7251	2802	227	682	5634
SLE Freq. - N max gr.3	8597	2802	227	1149	5634
SLE Freq. - MT max gr.3	8300	2802	227	4028	5634
SLE Freq. - ML max gr.3	7251	2802	227	682	5634
SLE Freq. - Vento ponte scarico	7251	2276	210	801	4033
SLE Q.P. - ML max gr.3	7251	2977	248	744	6168
SLV -dir.X 1	7426	5928	533	2315	20236
SLV -dir.X 2	7075	5928	533	2290	20270
SLV -dir.Y 1	7829	2999	1352	7786	8585
SLV -dir.Y 2	7478	2999	1352	7760	8619
SLV -dir.Z+	8362	2999	533	2511	8545
SLV -dir.Z-	7192	2999	533	2426	8659

**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	35458	5455	581	4792	43531
A2 - SLU - MT max gr.1	34746	5455	581	11724	40681
A2 - SLU - ML max gr.1	32434	5455	581	3837	31433
A2 - SLU - N max gr.2	34498	6026	581	4554	43967
A2 - SLU - MT max gr.2	34042	6026	581	8968	42145
A2 - SLU - ML max gr.2	32434	5455	581	3837	31433
A2 - SLU - N max gr.3	34498	5455	581	4554	39689
A2 - SLU - MT max gr.3	34042	5455	581	8968	37867
A2 - SLU - ML max gr.3	32434	5455	581	3837	31433
A2 - SLU - Vento ponte scarico	30217	4474	506	3386	29299
A2 - SLU - N max gr.1	31403	4423	532	4569	41586
A2 - SLU - MT max gr.1	30691	4423	532	11501	38736
A2 - SLU - ML max gr.1	28379	4423	532	3614	29488
A2 - SLU - N max gr.2	30443	4993	532	4330	42022
A2 - SLU - MT max gr.2	29987	4993	532	8745	40200
A2 - SLU - ML max gr.2	28379	4423	532	3614	29488
A2 - SLU - N max gr.3	30443	4423	532	4330	37744
A2 - SLU - MT max gr.3	29987	4423	532	8745	35922
A2 - SLU - ML max gr.3	28379	4423	532	3614	29488
A2 - SLU - Vento ponte scarico	26162	3441	457	3162	27354
A1 - SLU - N max gr.1	43499	6314	673	5557	54607
A1 - SLU - MT max gr.1	42663	6314	673	13695	51262
A1 - SLU - ML max gr.1	39948	6314	673	4436	40405
A1 - SLU - N max gr.2	42371	6984	673	5277	55119
A1 - SLU - MT max gr.2	41837	6984	673	10460	52981
A1 - SLU - ML max gr.2	39948	6314	673	4436	40405
A1 - SLU - N max gr.3	42371	6314	673	5277	50097
A1 - SLU - MT max gr.3	41837	6314	673	10460	47959
A1 - SLU - ML max gr.3	39948	6314	673	4436	40405
A1 - SLU - Vento ponte scarico	39948	6314	695	4406	40405
A1 - SLU - N max gr.1	32315	4594	590	5185	44061
A1 - SLU - MT max gr.1	31478	4594	590	13322	40716
A1 - SLU - ML max gr.1	28764	4594	590	4064	29859
A1 - SLU - N max gr.2	31187	5263	590	4904	44573
A1 - SLU - MT max gr.2	31187	5263	590	4904	44573
A1 - SLU - ML max gr.2	30652	5263	590	10087	42434
A1 - SLU - N max gr.3	28764	4594	590	4064	29859
A1 - SLU - MT max gr.3	31187	4594	590	4904	39551
A1 - SLU - ML max gr.3	30652	4594	590	10087	37412
A1 - SLU - Vento ponte scarico	26162	3552	590	4064	27854
SLE Rara - N max gr.1	28089	4213	502	3534	28840
SLE Rara - MT max gr.1	30719	4295	457	3825	39730
SLE Rara - ML max gr.1	30100	4295	457	9853	37252
SLE Rara - N max gr.2	28089	4295	457	2995	29210
SLE Rara - MT max gr.2	29884	4791	457	3617	40109
SLE Rara - ML max gr.2	29488	4791	457	7456	38525
SLE Rara - N max gr.3	28089	4295	457	2995	29210
SLE Rara - MT max gr.3	29884	4295	457	3617	36389
SLE Rara - ML max gr.3	29488	4295	457	7456	34805
SLE Rara - Vento ponte scarico	26162	3524	457	2995	27725
SLE Freq. - N max gr.1	29580	4082	227	1646	36636
SLE Freq. - MT max gr.1	29115	4082	227	6166	34777
SLE Freq. - ML max gr.1	27608	4082	227	1023	28746
SLE Freq. - N max gr.2	28954	4454	227	1490	36920
SLE Freq. - MT max gr.2	28657	4454	227	4369	35732
SLE Freq. - ML max gr.2	27608	4082	227	1023	28746
SLE Freq. - N max gr.3	28954	4082	227	1490	34130
SLE Freq. - MT max gr.3	28657	4082	227	4369	32942
SLE Freq. - ML max gr.3	27608	4082	227	1023	28746
SLE Freq. - Vento ponte scarico	26162	3441	210	1117	27354
SLE Q.P. - ML max gr.3	28089	4295	248	1115	29210
SLV -dir.X_ 1	27148	7991	1427	6337	51087
SLV -dir.X_ 2	25946	7991	1427	6311	49768
SLV -dir.Y_ 1	27550	4150	4332	20553	35281
SLV -dir.Y_ 2	26348	4150	4332	20528	33962
SLV -dir.Z+	29076	4150	1427	6532	37316
SLV -dir.Z-	25070	4150	1427	6448	32918

**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	43499	6314	673	5557	54607	5663	1587	529
Al - SLU - MT max gr.1	42663	6314	673	13695	51262	5686	1425	529
Al - SLU - ML max gr.1	39948	6314	673	4436	40405	4846	1813	529
Al - SLU - N max gr.2	42371	6984	673	5277	55119	5580	1482	585
Al - SLU - MT max gr.2	41837	6984	673	10460	52981	5594	1379	585
Al - SLU - ML max gr.2	39948	6314	673	4436	40405	4846	1813	529
Al - SLU - N max gr.3	42371	6314	673	5277	50097	5405	1656	529
Al - SLU - MT max gr.3	41837	6314	673	10460	47959	5419	1553	529
Al - SLU - ML max gr.3	39948	6314	673	4436	40405	4846	1813	529
Al - SLU - Vento ponte scarico	39948	6314	695	4406	40405	4845	1813	529
Al - SLU - N max gr.1	32315	4594	590	5185	44061	4355	1030	386
Al - SLU - MT max gr.1	31478	4594	590	13322	40716	4378	868	386
Al - SLU - ML max gr.1	28764	4594	590	4064	29859	3538	1256	386
Al - SLU - N max gr.2	31187	5263	590	4904	44573	4272	926	441
Al - SLU - MT max gr.2	31187	5263	590	4904	44573	4272	926	441
Al - SLU - ML max gr.2	30652	5263	590	10087	42434	4286	823	441
Al - SLU - N max gr.3	28764	4594	590	4064	29859	3538	1256	386
Al - SLU - MT max gr.3	31187	4594	590	4904	39551	4098	1100	386
Al - SLU - ML max gr.3	30652	4594	590	10087	37412	4112	997	386
Al - SLU - Vento ponte scarico	26162	3552	590	4064	27854	3251	1109	300
						5686	823	585

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	27148	7991	1427	6337	51087	4198	326	676
SLV-dir.X_2	25946	7991	1427	6311	49768	4052	273	676
SLV-dir.Y_1	27550	4150	4332	20553	35281	4047	545	500
SLV-dir.Y_2	26348	4150	4332	20528	33962	3900	491	500
SLV-dir.Z+	29076	4150	1427	6532	37316	3886	960	366
SLV-dir.Z-	25070	4150	1427	6448	32918	3397	781	366
						4198	273	676

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	28089	4213	502	3534	28840	3433	1249	354
SLE Rara - MT max gr.1	30719	4295	457	3825	39730	4037	1083	360
SLE Rara - ML max gr.1	30100	4295	457	9853	37252	4054	963	360
SLE Rara - N max gr.2	28089	4295	457	2995	29210	3432	1250	360
SLE Rara - MT max gr.2	29884	4791	457	3617	40109	3976	1005	401
SLE Rara - ML max gr.2	29488	4791	457	7456	38525	3986	929	401
SLE Rara - N max gr.3	28089	4295	457	2995	29210	3432	1250	360
SLE Rara - MT max gr.3	29884	4295	457	3617	36389	3846	1134	360
SLE Rara - ML max gr.3	29488	4295	457	7456	34805	3857	1058	360
SLE Rara - Vento ponte scarico	26162	3524	457	2995	27725	3219	1141	296
						4054	929	401

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 0.5x11.90 m

Armatura verticale

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

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

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 14/20$

$A'_s = \phi 12/20$

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1^* \beta 2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta 1^* \beta 2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice: X [cm] Y [cm]

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	42 di 62

1	0.0	0.0
2	0.0	1190.0
3	50.0	1190.0
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	1181.7	16
3	41.7	1181.7	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	116	20
2	3	4	58	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	1108.00	0.00	2778.00	0.00	1655.00
2	1108.00	0.00	2778.00	0.00	1655.00
3	1108.00	0.00	2778.00	0.00	1655.00
4	1108.00	0.00	2778.00	0.00	1655.00
5	1108.00	0.00	2778.00	0.00	1655.00
6	1108.00	0.00	2778.00	0.00	1655.00
7	1108.00	0.00	2778.00	0.00	1655.00
8	1108.00	0.00	2778.00	0.00	1655.00
9	1108.00	0.00	2778.00	0.00	1655.00
10	1108.00	0.00	2778.00	0.00	1655.00
11	926.00	0.00	2415.00	0.00	1344.00
12	926.00	0.00	2415.00	0.00	1344.00
13	926.00	0.00	2415.00	0.00	1344.00
14	926.00	0.00	2415.00	0.00	1344.00
15	926.00	0.00	2415.00	0.00	1344.00
16	926.00	0.00	2415.00	0.00	1344.00
17	926.00	0.00	2415.00	0.00	1344.00
18	926.00	0.00	2415.00	0.00	1344.00
19	926.00	0.00	2415.00	0.00	1344.00
20	521.00	0.00	725.00	0.00	622.00
21	592.00	41.00	2759.00	23.00	1725.00
22	569.00	41.00	2759.00	23.00	1725.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	43 di 62

23	592.00	137.00	1294.00	78.00	851.00
24	569.00	137.00	1294.00	78.00	851.00
25	620.00	41.00	1294.00	23.00	851.00
26	542.00	41.00	1294.00	23.00	851.00

**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	821.00	0.00	1977.00
2	821.00	0.00	1977.00
3	821.00	0.00	1977.00
4	821.00	0.00	1977.00
5	821.00	0.00	1977.00
6	821.00	0.00	1977.00
7	821.00	0.00	1977.00
8	821.00	0.00	1977.00
9	821.00	0.00	1977.00
10	521.00	0.00	725.00

**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	746.00	0.00 (0.00)	1664.00 (1921.48)
2	746.00	0.00 (0.00)	1664.00 (1921.48)
3	746.00	0.00 (0.00)	1664.00 (1921.48)
4	746.00	0.00 (0.00)	1664.00 (1921.48)
5	746.00	0.00 (0.00)	1664.00 (1921.48)
6	746.00	0.00 (0.00)	1664.00 (1921.48)
7	746.00	0.00 (0.00)	1664.00 (1921.48)
8	746.00	0.00 (0.00)	1664.00 (1921.48)
9	746.00	0.00 (0.00)	1664.00 (1921.48)
10	521.00	0.00 (0.00)	725.00 (1965.63)

**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	821.00	0.00 (0.00)	1977.00 (1916.22)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	44 di 62

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

 Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 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  $\geq 1.000$   
 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	1108.00	0.00	2778.00	1108.04	0.02	5732.97	2.06368.4(106.6)	
2	S	1108.00	0.00	2778.00	1108.04	0.02	5732.97	2.06368.4(106.6)	
3	S	1108.00	0.00	2778.00	1108.04	0.02	5732.97	2.06368.4(106.6)	
4	S	1108.00	0.00	2778.00	1108.04	0.02	5732.97	2.06368.4(106.6)	
5	S	1108.00	0.00	2778.00	1108.04	0.02	5732.97	2.06368.4(106.6)	
6	S	1108.00	0.00	2778.00	1108.04	0.02	5732.97	2.06368.4(106.6)	
7	S	1108.00	0.00	2778.00	1108.04	0.02	5732.97	2.06368.4(106.6)	
8	S	1108.00	0.00	2778.00	1108.04	0.02	5732.97	2.06368.4(106.6)	
9	S	1108.00	0.00	2778.00	1108.04	0.02	5732.97	2.06368.4(106.6)	
10	S	1108.00	0.00	2778.00	1108.04	0.02	5732.97	2.06368.4(106.6)	
11	S	926.00	0.00	2415.00	925.73	0.02	5701.04	2.35368.4(106.6)	
12	S	926.00	0.00	2415.00	925.73	0.02	5701.04	2.35368.4(106.6)	
13	S	926.00	0.00	2415.00	925.73	0.02	5701.04	2.35368.4(106.6)	
14	S	926.00	0.00	2415.00	925.73	0.02	5701.04	2.35368.4(106.6)	
15	S	926.00	0.00	2415.00	925.73	0.02	5701.04	2.35368.4(106.6)	
16	S	926.00	0.00	2415.00	925.73	0.02	5701.04	2.35368.4(106.6)	
17	S	926.00	0.00	2415.00	925.73	0.02	5701.04	2.35368.4(106.6)	
18	S	926.00	0.00	2415.00	925.73	0.02	5701.04	2.35368.4(106.6)	
19	S	926.00	0.00	2415.00	925.73	0.02	5701.04	2.35368.4(106.6)	
20	S	521.00	0.00	725.00	520.94	0.07	5630.09	7.71368.4(106.6)	
21	S	592.00	41.00	2759.00	591.82	66.92	5647.78	2.04368.4(106.6)	
22	S	569.00	41.00	2759.00	568.87	68.82	5643.90	2.04368.4(106.6)	
23	S	592.00	137.00	1294.00	591.86	619.94	5659.16	4.36368.4(106.6)	
24	S	569.00	137.00	1294.00	568.95	588.14	5655.44	4.35368.4(106.6)	
25	S	620.00	41.00	1294.00	620.28	187.63	5662.36	4.36368.4(106.6)	
26	S	542.00	41.00	1294.00	542.04	170.17	5647.18	4.35368.4(106.6)	

**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	0.203	50.0	1190.0	0.00007	41.7	1181.7	-0.01373	8.3	8.3
2	0.00350	0.203	50.0	1190.0	0.00007	41.7	1181.7	-0.01373	8.3	8.3

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	45 di 62

3	0.00350	0.203	50.0	1190.0	0.00007	41.7	1181.7	-0.01373	8.3	8.3
4	0.00350	0.203	50.0	1190.0	0.00007	41.7	1181.7	-0.01373	8.3	8.3
5	0.00350	0.203	50.0	1190.0	0.00007	41.7	1181.7	-0.01373	8.3	8.3
6	0.00350	0.203	50.0	1190.0	0.00007	41.7	1181.7	-0.01373	8.3	8.3
7	0.00350	0.203	50.0	1190.0	0.00007	41.7	1181.7	-0.01373	8.3	8.3
8	0.00350	0.203	50.0	1190.0	0.00007	41.7	1181.7	-0.01373	8.3	8.3
9	0.00350	0.203	50.0	1190.0	0.00007	41.7	1181.7	-0.01373	8.3	8.3
10	0.00350	0.203	50.0	1190.0	0.00007	41.7	1181.7	-0.01373	8.3	8.3
11	0.00350	0.202	50.0	1190.0	0.00005	41.7	1181.7	-0.01386	8.3	8.3
12	0.00350	0.202	50.0	1190.0	0.00005	41.7	1181.7	-0.01386	8.3	8.3
13	0.00350	0.202	50.0	1190.0	0.00005	41.7	1181.7	-0.01386	8.3	8.3
14	0.00350	0.202	50.0	1190.0	0.00005	41.7	1181.7	-0.01386	8.3	8.3
15	0.00350	0.202	50.0	1190.0	0.00005	41.7	1181.7	-0.01386	8.3	8.3
16	0.00350	0.202	50.0	1190.0	0.00005	41.7	1181.7	-0.01386	8.3	8.3
17	0.00350	0.202	50.0	1190.0	0.00005	41.7	1181.7	-0.01386	8.3	8.3
18	0.00350	0.202	50.0	1190.0	0.00005	41.7	1181.7	-0.01386	8.3	8.3
19	0.00350	0.202	50.0	1190.0	0.00005	41.7	1181.7	-0.01386	8.3	8.3
20	0.00350	0.198	50.0	1190.0	-0.00001	41.7	1181.7	-0.01414	8.3	8.3
21	0.00350	0.199	50.0	1190.0	0.00000	41.7	1181.7	-0.01410	8.3	8.3
22	0.00350	0.199	50.0	1190.0	0.00000	41.7	1181.7	-0.01411	8.3	8.3
23	0.00350	0.199	50.0	1190.0	0.00003	41.7	1181.7	-0.01406	8.3	8.3
24	0.00350	0.199	50.0	1190.0	0.00002	41.7	1181.7	-0.01408	8.3	8.3
25	0.00350	0.199	50.0	1190.0	0.00002	41.7	1181.7	-0.01408	8.3	8.3
26	0.00350	0.198	50.0	1190.0	0.00000	41.7	1181.7	-0.01414	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	0.000413108	0.000000000	-0.017155389	0.203	0.700
2	0.000413108	0.000000000	-0.017155389	0.203	0.700
3	0.000413108	0.000000000	-0.017155389	0.203	0.700
4	0.000413108	0.000000000	-0.017155389	0.203	0.700
5	0.000413108	0.000000000	-0.017155389	0.203	0.700
6	0.000413108	0.000000000	-0.017155389	0.203	0.700
7	0.000413108	0.000000000	-0.017155389	0.203	0.700
8	0.000413108	0.000000000	-0.017155389	0.203	0.700
9	0.000413108	0.000000000	-0.017155389	0.203	0.700
10	0.000413108	0.000000000	-0.017155389	0.203	0.700
11	0.000416253	0.000000000	-0.017312647	0.202	0.700
12	0.000416253	0.000000000	-0.017312647	0.202	0.700
13	0.000416253	0.000000000	-0.017312647	0.202	0.700
14	0.000416253	0.000000000	-0.017312647	0.202	0.700
15	0.000416253	0.000000000	-0.017312647	0.202	0.700
16	0.000416253	0.000000000	-0.017312647	0.202	0.700
17	0.000416253	0.000000000	-0.017312647	0.202	0.700
18	0.000416253	0.000000000	-0.017312647	0.202	0.700
19	0.000416253	0.000000000	-0.017312647	0.202	0.700
20	0.000423109	0.000000000	-0.017655496	0.198	0.700
21	0.000421322	0.000000023	-0.017593899	0.199	0.700
22	0.000421689	0.000000024	-0.017613075	0.199	0.700
23	0.000418477	0.000000094	-0.017535208	0.199	0.700
24	0.000418967	0.000000093	-0.017559261	0.199	0.700
25	0.000419765	0.000000066	-0.017566272	0.199	0.700
26	0.000421230	0.000000059	-0.017632239	0.198	0.700

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 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	1655.00	3071.85	41.7	1190.0	0.0074	0.19
2	S	1655.00	3071.85	41.7	1190.0	0.0074	0.19
3	S	1655.00	3071.85	41.7	1190.0	0.0074	0.19
4	S	1655.00	3071.85	41.7	1190.0	0.0074	0.19
5	S	1655.00	3071.85	41.7	1190.0	0.0074	0.19
6	S	1655.00	3071.85	41.7	1190.0	0.0074	0.19
7	S	1655.00	3071.85	41.7	1190.0	0.0074	0.19
8	S	1655.00	3071.85	41.7	1190.0	0.0074	0.19
9	S	1655.00	3071.85	41.7	1190.0	0.0074	0.19
10	S	1655.00	3071.85	41.7	1190.0	0.0074	0.19
11	S	1344.00	3049.08	41.7	1190.0	0.0074	0.16
12	S	1344.00	3049.08	41.7	1190.0	0.0074	0.16
13	S	1344.00	3049.08	41.7	1190.0	0.0074	0.16
14	S	1344.00	3049.08	41.7	1190.0	0.0074	0.16
15	S	1344.00	3049.08	41.7	1190.0	0.0074	0.16
16	S	1344.00	3049.08	41.7	1190.0	0.0074	0.16
17	S	1344.00	3049.08	41.7	1190.0	0.0074	0.16
18	S	1344.00	3049.08	41.7	1190.0	0.0074	0.16
19	S	1344.00	3049.08	41.7	1190.0	0.0074	0.16
20	S	622.00	3288.84	41.7	1190.0	0.0099	0.09
21	S	1725.00	3266.51	41.7	1190.0	0.0096	0.10
22	S	1725.00	3294.85	41.7	1190.0	0.0099	0.10
23	S	851.02	3234.67	41.7	1190.0	0.0093	0.10
24	S	851.02	3240.96	41.7	1190.0	0.0094	0.10
25	S	851.00	3247.34	41.7	1190.0	0.0094	0.10
26	S	851.00	3278.18	41.7	1190.0	0.0097	0.09

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.64	50.0	1190.0	-136.5	8.3	88.5	13685	368.4
2	S	5.64	50.0	1190.0	-136.5	8.3	88.5	13685	368.4
3	S	5.64	50.0	1190.0	-136.5	8.3	88.5	13685	368.4
4	S	5.64	50.0	1190.0	-136.5	8.3	88.5	13685	368.4
5	S	5.64	50.0	1190.0	-136.5	8.3	88.5	13685	368.4
6	S	5.64	50.0	1190.0	-136.5	8.3	88.5	13685	368.4
7	S	5.64	50.0	1190.0	-136.5	8.3	88.5	13685	368.4
8	S	5.64	50.0	1190.0	-136.5	8.3	88.5	13685	368.4
9	S	5.64	50.0	1190.0	-136.5	8.3	88.5	13685	368.4
10	S	2.09	50.0	1190.0	-47.2	8.3	18.3	13090	368.4

**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 SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 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	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 = $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00090	0	0.500	19.9	73	0.00041 (0.00041)	374	0.153 (0.20)	0.00	1916.22
2	S	-0.00090	0	0.500	19.9	73	0.00041 (0.00041)	374	0.153 (0.20)	0.00	1916.22
3	S	-0.00090	0	0.500	19.9	73	0.00041 (0.00041)	374	0.153 (0.20)	0.00	1916.22
4	S	-0.00090	0	0.500	19.9	73	0.00041 (0.00041)	374	0.153 (0.20)	0.00	1916.22
5	S	-0.00090	0	0.500	19.9	73	0.00041 (0.00041)	374	0.153 (0.20)	0.00	1916.22
6	S	-0.00090	0	0.500	19.9	73	0.00041 (0.00041)	374	0.153 (0.20)	0.00	1916.22
7	S	-0.00090	0	0.500	19.9	73	0.00041 (0.00041)	374	0.153 (0.20)	0.00	1916.22
8	S	-0.00090	0	0.500	19.9	73	0.00041 (0.00041)	374	0.153 (0.20)	0.00	1916.22
9	S	-0.00090	0	0.500	19.9	73	0.00041 (0.00041)	374	0.153 (0.20)	0.00	1916.22
10	S	-0.00031	0	0.500	19.9	73	0.00014 (0.00014)	369	0.052 (0.20)	0.00	1965.63

**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	4.76	50.0	1190.0	-114.2	8.3	18.3	13685	368.4
2	S	4.76	50.0	1190.0	-114.2	8.3	18.3	13685	368.4
3	S	4.76	50.0	1190.0	-114.2	8.3	18.3	13685	368.4
4	S	4.76	50.0	1190.0	-114.2	8.3	18.3	13685	368.4
5	S	4.76	50.0	1190.0	-114.2	8.3	18.3	13685	368.4
6	S	4.76	50.0	1190.0	-114.2	8.3	18.3	13685	368.4
7	S	4.76	50.0	1190.0	-114.2	8.3	18.3	13685	368.4
8	S	4.76	50.0	1190.0	-114.2	8.3	18.3	13685	368.4
9	S	4.76	50.0	1190.0	-114.2	8.3	18.3	13685	368.4
10	S	2.09	50.0	1190.0	-47.2	8.3	18.3	13090	368.4

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00076	0	0.500	19.9	73	0.00034 (0.00034)	374	0.128 (0.20)	0.00	1921.48
2	S	-0.00076	0	0.500	19.9	73	0.00034 (0.00034)	374	0.128 (0.20)	0.00	1921.48
3	S	-0.00076	0	0.500	19.9	73	0.00034 (0.00034)	374	0.128 (0.20)	0.00	1921.48
4	S	-0.00076	0	0.500	19.9	73	0.00034 (0.00034)	374	0.128 (0.20)	0.00	1921.48
5	S	-0.00076	0	0.500	19.9	73	0.00034 (0.00034)	374	0.128 (0.20)	0.00	1921.48
6	S	-0.00076	0	0.500	19.9	73	0.00034 (0.00034)	374	0.128 (0.20)	0.00	1921.48
7	S	-0.00076	0	0.500	19.9	73	0.00034 (0.00034)	374	0.128 (0.20)	0.00	1921.48
8	S	-0.00076	0	0.500	19.9	73	0.00034 (0.00034)	374	0.128 (0.20)	0.00	1921.48
9	S	-0.00076	0	0.500	19.9	73	0.00034 (0.00034)	374	0.128 (0.20)	0.00	1921.48
10	S	-0.00031	0	0.500	19.9	73	0.00014 (0.00014)	369	0.052 (0.20)	0.00	1965.63

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.64	50.0	1190.0	-136.5	8.3	88.5	13685	368.4

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00090	0	0.500	19.9	73	0.00042 (0.00041)	374	0.155 (0.20)	0.00	1916.22

**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 1.40 x11.90 m*

*Armatura verticale*

$A_s = \phi 26/10$  (lato controterra)

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

*Armatura orizzontale*

$A_s = \phi 20/20$  (lato controterra)

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



**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	49 di 62

Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	1190.0
3	140.0	1190.0
4	140.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	9.0	9.0	26
2	9.0	1181.0	26
3	131.0	1181.0	26
4	131.0	9.0	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	98	26
2	3	4	98	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 2.0 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	13567.25	4548.26	9044.84	672.65	4360.72
2	12730.92	12685.72	9044.84	672.65	4360.72

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	50 di 62

3	10016.75	3427.35	9044.84	672.65	4360.72
4	12439.66	4268.03	13062.44	672.65	5030.32
5	11905.06	9450.61	13062.44	672.65	5030.32
6	10016.75	3427.35	9044.84	672.65	4360.72
7	12439.66	4268.03	9044.84	672.65	4360.72
8	11905.06	9450.61	9044.84	672.65	4360.72
9	10016.75	3427.35	9044.84	672.65	4360.72
10	10016.75	3363.15	9044.84	695.45	4360.72
11	10801.43	4299.86	6915.14	589.85	3222.75
12	9965.10	12437.32	6915.14	589.85	3222.75
13	7250.93	3178.95	6915.14	589.85	3222.75
14	9673.84	4019.63	10932.74	589.85	3892.35
15	9673.84	4019.63	10932.74	589.85	3892.35
16	9139.24	9202.21	10932.74	589.85	3892.35
17	7250.93	3178.95	6915.14	589.85	3222.75
18	9673.84	4019.63	6915.14	589.85	3222.75
19	9139.24	9202.21	6915.14	589.85	3222.75
20	7250.93	3178.95	4366.07	589.85	2386.99
21	7426.41	2315.41	20236.39	533.02	5928.14
22	7075.44	2290.04	20270.36	533.02	5928.14
23	7828.51	7785.68	8584.94	1351.95	2998.94
24	7477.54	7760.30	8618.91	1351.95	2998.94
25	8361.87	2511.08	8545.31	533.02	2998.94
26	7191.98	2426.49	8658.54	533.02	2998.94

**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	7250.93	2781.60	5921.12
2	9880.93	3139.88	6167.90
3	9261.43	9167.63	6167.90
4	7250.93	2309.58	6167.90
5	9045.68	2932.31	9143.90
6	8649.68	6771.26	9143.90
7	7250.93	2309.58	6167.90
8	9045.68	2932.31	6167.90
9	8649.68	6771.26	6167.90
10	7250.93	2309.58	4279.70

**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	9223.43	1304.61 (5610.08)	5634.15 (24227.96)
2	8758.80	5825.42 (20725.19)	5634.15 (20044.71)
3	7250.93	681.89 (2604.07)	5634.15 (21516.43)
4	8596.99	1148.93 (2913.69)	7866.15 (19948.61)
5	8299.99	4028.14 (9472.43)	7866.15 (18497.76)

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	51 di 62

6	7250.93	681.89 (2604.07)	5634.15 (21516.43)
7	8596.99	1148.93 (4743.13)	5634.15 (23259.51)
8	8299.99	4028.14 (14746.55)	5634.15 (20625.97)
9	7250.93	681.89 (2604.07)	5634.15 (21516.43)
10	7250.93	801.44 (5210.58)	4032.92 (26220.14)

**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	7250.93	743.58 (2488.77)	6167.90 (20644.05)

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 9.2 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	13567.25	4548.26	9044.84	13567.42	17121.40	34443.10	3.801061.9(499.8)	
2	S	12730.92	12685.72	9044.84	12730.66	47032.55	33781.31	3.721061.9(499.8)	
3	S	10016.75	3427.35	9044.84	10016.79	12221.60	32313.49	3.571061.9(499.8)	
4	S	12439.66	4268.03	13062.44	12439.85	11212.54	33779.42	2.591061.9(499.8)	
5	S	11905.06	9450.61	13062.44	11904.96	24300.66	33419.80	2.561061.9(499.8)	
6	S	10016.75	3427.35	9044.84	10016.79	12221.60	32313.49	3.571061.9(499.8)	
7	S	12439.66	4268.03	9044.84	12439.73	16050.11	33767.71	3.741061.9(499.8)	
8	S	11905.06	9450.61	9044.84	11905.13	35101.91	33370.16	3.701061.9(499.8)	
9	S	10016.75	3427.35	9044.84	10016.79	12221.60	32313.49	3.571061.9(499.8)	
10	S	10016.75	3363.15	9044.84	10016.68	11946.86	32314.25	3.571061.9(499.8)	
11	S	10801.43	4299.86	6915.14	10801.52	20432.60	32768.22	4.741061.9(499.8)	
12	S	9965.10	12437.32	6915.14	9965.33	57100.14	32040.52	4.601061.9(499.8)	
13	S	7250.93	3178.95	6915.14	7250.92	14229.01	30633.50	4.441061.9(499.8)	
14	S	9673.84	4019.63	10932.74	9673.83	11630.37	32108.25	2.931061.9(499.8)	
15	S	9673.84	4019.63	10932.74	9673.83	11630.37	32108.25	2.931061.9(499.8)	
16	S	9139.24	9202.21	10932.74	9139.08	26842.56	31742.82	2.911061.9(499.8)	
17	S	7250.93	3178.95	6915.14	7250.92	14229.01	30633.50	4.441061.9(499.8)	
18	S	9673.84	4019.63	6915.14	9673.69	18738.29	32091.77	4.651061.9(499.8)	
19	S	9139.24	9202.21	6915.14	9139.25	42460.07	31662.71	4.601061.9(499.8)	
20	S	7250.93	3178.95	4366.07	7250.89	22418.30	30613.99	7.031061.9(499.8)	
21	S	7426.41	2315.41	20236.39	7426.34	3635.72	30757.66	1.521061.9(499.8)	
22	S	7075.44	2290.04	20270.36	7075.27	3535.42	30541.92	1.511061.9(499.8)	

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	52 di 62

23	S	7828.51	7785.68	8584.94	7828.36	27840.41	30945.68	3.591061.9(499.8)
24	S	7477.54	7760.30	8618.91	7477.43	27638.91	30733.48	3.561061.9(499.8)
25	S	8361.87	2511.08	8545.31	8361.84	9262.79	31317.42	3.671061.9(499.8)
26	S	7191.98	2426.49	8658.54	7192.08	8728.56	30607.34	3.541061.9(499.8)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	140.0	1190.0	0.00144	131.0	1181.0	-0.02731	9.0	9.0
2	0.00350	140.0	1190.0	0.00193	131.0	1181.0	-0.02114	9.0	9.0
3	0.00350	140.0	1190.0	0.00117	131.0	1181.0	-0.03103	9.0	9.0
4	0.00350	140.0	1190.0	0.00126	131.0	1181.0	-0.02967	9.0	9.0
5	0.00350	140.0	1190.0	0.00151	131.0	1181.0	-0.02648	9.0	9.0
6	0.00350	140.0	1190.0	0.00117	131.0	1181.0	-0.03103	9.0	9.0
7	0.00350	140.0	1190.0	0.00136	131.0	1181.0	-0.02831	9.0	9.0
8	0.00350	140.0	1190.0	0.00171	131.0	1181.0	-0.02394	9.0	9.0
9	0.00350	140.0	1190.0	0.00117	131.0	1181.0	-0.03103	9.0	9.0
10	0.00350	140.0	1190.0	0.00116	131.0	1181.0	-0.03111	9.0	9.0
11	0.00350	140.0	1190.0	0.00139	131.0	1181.0	-0.02816	9.0	9.0
12	0.00350	140.0	1190.0	0.00200	131.0	1181.0	-0.02051	9.0	9.0
13	0.00350	140.0	1190.0	0.00108	131.0	1181.0	-0.03236	9.0	9.0
14	0.00350	140.0	1190.0	0.00114	131.0	1181.0	-0.03144	9.0	9.0
15	0.00350	140.0	1190.0	0.00114	131.0	1181.0	-0.03144	9.0	9.0
16	0.00350	140.0	1190.0	0.00145	131.0	1181.0	-0.02749	9.0	9.0
17	0.00350	140.0	1190.0	0.00108	131.0	1181.0	-0.03236	9.0	9.0
18	0.00350	140.0	1190.0	0.00130	131.0	1181.0	-0.02935	9.0	9.0
19	0.00350	140.0	1190.0	0.00174	131.0	1181.0	-0.02378	9.0	9.0
20	0.00350	140.0	1190.0	0.00128	131.0	1181.0	-0.02990	9.0	9.0
21	0.00350	140.0	1190.0	0.00082	131.0	1181.0	-0.03572	9.0	9.0
22	0.00350	140.0	1190.0	0.00079	131.0	1181.0	-0.03608	9.0	9.0
23	0.00350	140.0	1190.0	0.00142	131.0	1181.0	-0.02803	9.0	9.0
24	0.00350	140.0	1190.0	0.00140	131.0	1181.0	-0.02831	9.0	9.0
25	0.00350	140.0	1190.0	0.00101	131.0	1181.0	-0.03312	9.0	9.0
26	0.00350	140.0	1190.0	0.00094	131.0	1181.0	-0.03416	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	0.000228720	0.000000716	-0.029372269	----	----
2	0.000172744	0.000001701	-0.022708161	----	----
3	0.000258788	0.000000536	-0.033368063	----	----
4	0.000248805	0.000000486	-0.031911055	----	----
5	0.000219890	0.000000994	-0.028467921	----	----
6	0.000258788	0.000000536	-0.033368063	----	----
7	0.000236686	0.000000679	-0.030443648	----	----
8	0.000197175	0.000001361	-0.025724144	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	53 di 62

9	0.000258788	0.000000536	-0.033368063	----	----
10	0.000259492	0.000000525	-0.033453828	----	----
11	0.000233920	0.000000861	-0.030273383	----	----
12	0.000165017	0.000002026	-0.022012907	----	----
13	0.000267978	0.000000638	-0.034776185	----	----
14	0.000262035	0.000000515	-0.033798202	----	----
15	0.000262035	0.000000515	-0.033798202	----	----
16	0.000226506	0.000001115	-0.029537668	----	----
17	0.000267978	0.000000638	-0.034776185	----	----
18	0.000243533	0.000000804	-0.031550964	----	----
19	0.000193535	0.000001630	-0.025535122	----	----
20	0.000246193	0.000000969	-0.032119958	----	----
21	0.000297918	0.000000167	-0.038407667	----	----
22	0.000300774	0.000000155	-0.038793361	----	----
23	0.000230207	0.000001165	-0.030114797	----	----
24	0.000232367	0.000001161	-0.030413391	----	----
25	0.000275741	0.000000420	-0.035603926	----	----
26	0.000283891	0.000000401	-0.036721739	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 2.0 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	4362.80	50573.54	6177.28134.6	125.6	1190.4	2.500	1.043	35.5	50.3(0.0)
2	S	4367.13	50257.18	6158.10134.2	125.2	1189.7	2.500	1.041	35.6	50.3(0.0)
3	S	4362.11	50200.80	6199.82135.1	126.1	1190.3	2.500	1.032	35.4	50.3(0.0)
4	S	5031.63	50478.12	6187.77134.8	125.8	1190.3	2.500	1.040	40.9	50.3(0.0)
5	S	5033.31	50307.05	6180.70134.7	125.7	1189.5	2.500	1.038	40.9	50.3(0.0)
6	S	4362.11	50200.80	6199.82135.1	126.1	1190.3	2.500	1.032	35.4	50.3(0.0)
7	S	4362.63	50455.21	6184.34134.8	125.8	1190.4	2.500	1.040	35.5	50.3(0.0)
8	S	4365.26	50241.49	6172.37134.5	125.5	1189.6	2.500	1.038	35.5	50.3(0.0)
9	S	4362.11	50200.80	6199.82135.1	126.1	1190.3	2.500	1.032	35.4	50.3(0.0)
10	S	4362.12	50201.91	6199.99135.1	126.1	1190.3	2.500	1.032	35.4	50.3(0.0)
11	S	3224.90	50253.25	6190.20134.9	125.9	1190.5	2.500	1.034	26.2	50.3(0.0)
12	S	3229.75	49911.05	6167.52134.4	125.4	1189.8	2.500	1.032	26.3	50.3(0.0)
13	S	3224.15	49875.43	6212.59135.3	126.3	1190.3	2.500	1.023	26.1	50.3(0.0)
14	S	3893.50	50163.77	6201.90135.1	126.1	1190.3	2.500	1.031	31.6	50.3(0.0)
15	S	3893.50	50163.77	6201.90135.1	126.1	1190.3	2.500	1.031	31.6	50.3(0.0)
16	S	3895.21	49990.05	6194.39135.0	126.0	1189.6	2.500	1.029	31.6	50.3(0.0)
17	S	3224.15	49875.43	6212.59135.3	126.3	1190.3	2.500	1.023	26.1	50.3(0.0)
18	S	3224.68	50136.33	6197.61135.0	126.0	1190.4	2.500	1.031	26.2	50.3(0.0)
19	S	3227.61	49909.33	6183.91134.8	125.8	1189.6	2.500	1.029	26.2	50.3(0.0)
20	S	2389.29	49841.13	6207.36135.2	126.2	1190.5	2.500	1.023	19.3	50.3(0.0)
21	S	5928.44	49928.44	6217.06135.4	126.4	1190.1	2.500	1.024	47.9	50.3(0.0)

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	54 di 62

22	S	5928.42	49886.93	6218.73135.5	126.5	1190.1	2.500	1.023	47.9	50.3(0.0)
23	S	3005.74	49838.74	6200.83135.1	126.1	1189.6	2.500	1.025	24.4	50.3(0.0)
24	S	3005.66	49800.93	6202.92135.1	126.1	1189.6	2.500	1.024	24.4	50.3(0.0)
25	S	2999.74	50020.81	6209.76135.3	126.3	1190.2	2.500	1.027	24.3	50.3(0.0)
26	S	2999.69	49885.14	6215.61135.4	126.4	1190.2	2.500	1.023	24.3	50.3(0.0)

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [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	2.29	140.0	1190.0	-39.1	9.0	9.0	27677	530.9
2	S	2.36	140.0	1190.0	-27.9	9.0	9.0	22201	530.9
3	S	2.68	140.0	1190.0	-36.2	9.0	9.0	14698	350.4
4	S	2.36	140.0	1190.0	-42.1	9.0	9.0	28966	530.9
5	S	3.49	140.0	1190.0	-73.5	9.0	9.0	30924	530.9
6	S	3.73	140.0	1190.0	-80.2	9.0	9.0	28234	530.9
7	S	2.36	140.0	1190.0	-42.1	9.0	9.0	28966	530.9
8	S	2.36	140.0	1190.0	-32.0	9.0	9.0	24419	530.9
9	S	2.57	140.0	1190.0	-37.6	9.0	9.0	19618	472.5
10	S	1.64	140.0	1190.0	-17.6	9.0	9.0	20599	530.9

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00022	0	0.500	26.0	77	0.00012 (0.00012)	492	0.058 (0.20)	9267.84	19728.21
2	S	-0.00016	0	0.500	26.0	77	0.00008 (0.00008)	447	0.037 (0.20)	11473.40	22538.05
3	S	-0.00020	0	0.500	26.0	77	0.00011 (0.00011)	447	0.049 (0.20)	27093.10	18228.00
4	S	-0.00024	0	0.500	26.0	77	0.00013 (0.00013)	503	0.064 (0.20)	7384.97	19722.09
5	S	-0.00041	0	0.500	26.0	77	0.00022 (0.00022)	519	0.114 (0.20)	5992.08	18685.28
6	S	-0.00044	0	0.500	26.0	77	0.00024 (0.00024)	497	0.119 (0.20)	12761.47	17233.09
7	S	-0.00024	0	0.500	26.0	77	0.00013 (0.00013)	503	0.064 (0.20)	7384.97	19722.09
8	S	-0.00018	0	0.500	26.0	77	0.00010 (0.00010)	465	0.045 (0.20)	10232.21	21522.73
9	S	-0.00021	0	0.500	26.0	77	0.00011 (0.00011)	445	0.050 (0.20)	20655.81	18815.26
10	S	-0.00010	0	0.500	26.0	77	0.00005 (0.00005)	433	0.023 (0.20)	12546.83	23249.54

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	55 di 62

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.08	140.0	1190.0	-23.4	9.0	9.0	23881	530.9
2	S	2.31	140.0	1190.0	-29.2	9.0	9.0	17468	440.7
3	S	2.07	140.0	1190.0	-33.4	9.0	9.0	28877	530.9
4	S	2.91	140.0	1190.0	-56.4	9.0	9.0	29264	530.9
5	S	3.09	140.0	1190.0	-61.1	9.0	9.0	29040	530.9
6	S	2.07	140.0	1190.0	-33.4	9.0	9.0	28877	530.9
7	S	2.08	140.0	1190.0	-26.3	9.0	9.0	25693	530.9
8	S	2.23	140.0	1190.0	-30.2	9.0	9.0	22483	530.9
9	S	2.07	140.0	1190.0	-33.4	9.0	9.0	28877	530.9
10	S	1.47	140.0	1190.0	-13.8	9.0	9.0	21773	530.9

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00014	0	0.500	26.0	77	0.00007 (0.00007)	461	0.032 (0.20)	5610.08	24227.96
2	S	-0.00017	0	0.500	26.0	77	0.00009 (0.00009)	437	0.038 (0.20)	20725.19	20044.71
3	S	-0.00019	0	0.500	26.0	77	0.00010 (0.00010)	502	0.050 (0.20)	2604.07	21516.43
4	S	-0.00032	0	0.500	26.0	77	0.00017 (0.00017)	505	0.085 (0.20)	2913.69	19948.61
5	S	-0.00034	0	0.500	26.0	77	0.00018 (0.00018)	504	0.092 (0.20)	9472.43	18497.76
6	S	-0.00019	0	0.500	26.0	77	0.00010 (0.00010)	502	0.050 (0.20)	2604.07	21516.43
7	S	-0.00015	0	0.500	26.0	77	0.00008 (0.00008)	476	0.038 (0.20)	4743.13	23259.51
8	S	-0.00017	0	0.500	26.0	77	0.00009 (0.00009)	449	0.041 (0.20)	14746.55	20625.97
9	S	-0.00019	0	0.500	26.0	77	0.00010 (0.00010)	502	0.050 (0.20)	2604.07	21516.43
10	S	-0.00008	0	0.500	26.0	77	0.00004 (0.00004)	443	0.018 (0.20)	5210.58	26220.14

**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	2.27	140.0	1190.0	-40.8	9.0	9.0	28841	530.9

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00023	0	0.500	26.0	77	0.00012 (0.00012)	502	0.061 (0.20)	2488.77	20644.05

### 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 :

$$N_{\max} = 5686 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{\max} = 585 \text{ kN (CC. SLV)}$$

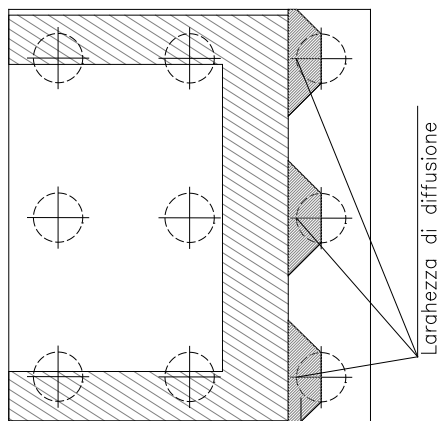
$$N_{\max} = 4198 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 676 \text{ kN (CC. SLV)}$$

#### 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° a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a 0.2 d<sub>p</sub> (con d<sub>p</sub> altezza utile della sezione del plinto).

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

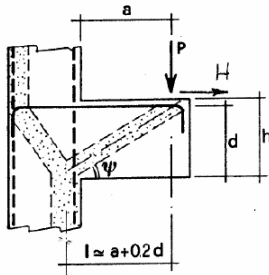


**Figura 3 – Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale**

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

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

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

$P_r$ : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

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

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>3.90</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>5686.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>585.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>1.20</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>1.50</b>	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	<b>0.12</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature compressive in trazione
$d(m) =$	<b>1.38</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>1.48</b>	m	$a + 0,2d$
$\lambda =$	<b>1.19</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>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	314.16	$nb \text{ tot } 1 =$	39.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	12252.20
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>12252.20</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>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	314.16	$nb \text{ tot } 2 =$	39.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	12252.20
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>12252.20</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>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	0.00
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>0.00</b>

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$	<input type="text" value="0.700"/>	rad	$=$	<input type="text" value="40.08"/>	$^\circ$
$P_{R_s} =$	<input type="text" value="7570.0"/>	KN		<input type="text" value="PRs &gt; PEd - Verifica Soddisfatta"/>	
$P_{R_c} =$	<input type="text" value="12583.2"/>	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

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 2.30$  (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	Ty,A [kN]
5686	1345		585
823	1345		585
4198	1556		676
273	1556		676

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\varnothing 120$  cm

$$A_s = 18 + 18\phi 26 \quad \text{staffe } \phi 12/20$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 38.00$  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 SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	59 di 62

Raggio circ.: 60.0 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	51.5	18	26
2	0.0	0.0	46.0	18	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 12 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	5686.00	1345.00	0.00	585.00	0.00
2	823.00	1345.00	0.00	585.00	0.00
3	4198.00	1556.00	0.00	676.00	0.00
4	273.00	1556.00	0.00	676.00	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	4054.00	922.00	0.00
2	929.00	922.00	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 SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	60 di 62

N° Comb.	N	Mx	My
1	3792.00	855.00 (1992.99)	0.00 (0.00)
2	1036.00	855.00 (719.46)	0.00 (0.00)

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.9 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 $\geq 1.000$
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	5686.00	1345.00	0.00	5685.84	3981.86	0.00	2.96	191.1(33.9)
2	S	823.00	1345.00	0.00	822.84	3271.75	0.00	2.43	191.1(33.9)
3	S	4198.00	1556.00	0.00	4198.16	3876.14	0.00	2.49	191.1(33.9)
4	S	273.00	1556.00	0.00	273.29	3133.84	0.00	2.01	191.1(33.9)

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

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

N° Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00299	0.0	51.5	-0.00320	0.0	-51.5
2	0.00350	0.0	60.0	0.00271	0.0	51.5	-0.00690	0.0	-51.5
3	0.00350	0.0	60.0	0.00293	0.0	51.5	-0.00400	0.0	-51.5
4	0.00350	0.0	60.0	0.00266	0.0	51.5	-0.00754	0.0	-51.5

**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	0.000060082	-0.000104911	----	----
2	0.000000000	0.000093250	-0.002094998	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 00 003	C	61 di 62

3	0.000000000	0.000067253	-0.000535193	----	----
4	0.000000000	0.000099017	-0.002441003	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 12 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 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	585.00	2476.09	1557.71	93.3  74.4	109.1	2.500	1.250	8.0	21.4(0.0)
2	S	585.00	2289.00	1740.84	94.8  83.1	107.3	2.500	1.051	7.2	21.4(0.0)
3	S	676.00	2562.78	1607.18	93.6  76.7	109.4	2.500	1.250	9.0	21.4(0.0)
4	S	676.00	2219.75	1766.54	95.3  84.3	106.0	2.500	1.017	8.2	21.4(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	7.04	0.0	1190.0	-12.4	0.0	-51.5	273	5.3
2	S	6.51	0.0	1190.0	-115.4	0.0	-51.5	1515	42.5

**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 SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	IV 03 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	-0.00011	0	0.500	26.0	72	0.00004 (0.00004)	472	0.018 (0.20)	1952.12	0.00
2	S	-0.00066	0	0.500	26.0	72	0.00035 (0.00035)	403	0.139 (0.20)	691.48	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.55	0.0	1190.0	-11.0	0.0	-51.5	327	5.3
2	S	6.04	0.0	1190.0	-97.8	0.0	-51.5	1422	42.5

**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	-0.00010	0	0.500	26.0	72	0.00003 (0.00003)	517	0.017 (0.20)	1992.99	0.00
2	S	-0.00056	0	0.500	26.0	72	0.00029 (0.00029)	393	0.115 (0.20)	719.46	0.00