

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)**

VIABILITA' - VIADOTTI

NW03 – VIADOTTO STRADALE SU NV53A

Relazione di calcolo spalla B

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 09 CL NW0300 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.NW.03.0.0.003.C

n. Elab.: 09\_671

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	6
3	MATERIALI .....	7
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	8
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	8
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	8
4	ANALISI E VERIFICHE SPALLA.....	10
4.1	GENERALITÀ .....	10
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE.....	10
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	10
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	14
4.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA .....	15
4.6	ANALISI DEI CARICHI.....	17
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	17
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	17
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	18
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	19
4.6.5	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	20
4.6.6	<i>Spinta statica del terrapieno</i> .....	20
4.6.7	<i>Sovraccarico sul terrapieno</i> .....	21
4.6.8	<i>Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche</i> .....	21
4.6.9	<i>Azione sismica</i> .....	22
4.6.10	<i>Incremento di spinta del terrapieno</i> .....	27
4.6.11	<i>Inerzie strutturali</i> .....	28
4.6.12	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i> .....	28

4.6.13	Riepilogo risultati.....	29
4.7	SOLLECITAZIONI.....	34
4.7.1	Muro paraghiaia .....	34
4.7.2	Muro frontale .....	36
4.7.3	Plinto di fondazione.....	38
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	40
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	41
4.9.1	Paraghiaia.....	42
4.9.2	Muro frontale .....	49
4.9.3	Zattera di fondazione.....	57
4.9.4	Palo di fondazione.....	59

## 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 NW03 sulla viabilità NV53. In particolare si tratterà la spalla **B** 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.

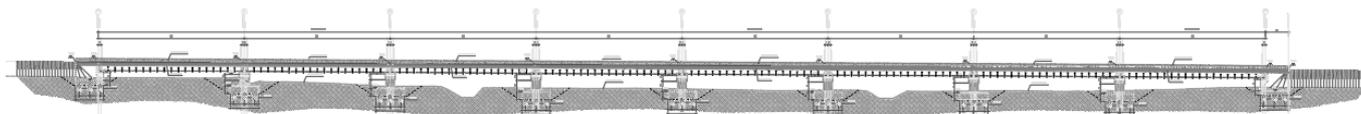
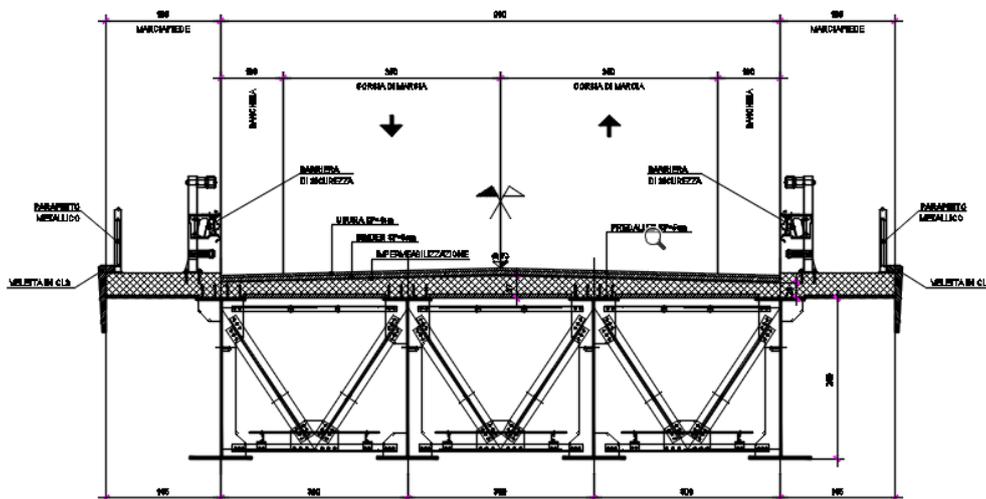
### 1.1 Descrizione dell'opera

Per la NV53A - Adeguamento SS121 Continuità provinciale (Strada Extraurbana Principale F1 Corsia 3.50m + Banchina 1.00m b=9.00m) in corrispondenza della progressive 1+250 ed 2+100 sono previsti due viadotti di lunghezza totale di 398 e 149 m circa.

Il primo viadotto è suddiviso in 8 campate 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.

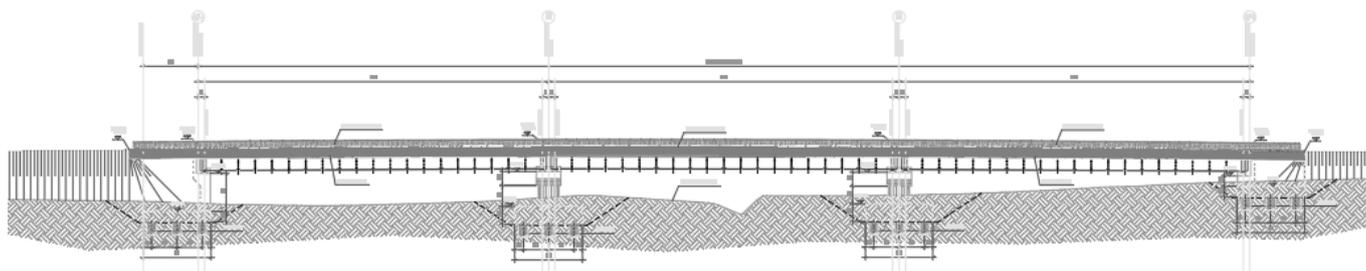
Il secondo viadotto è suddiviso in 3 campate da 49.0m di luce; gli impalcati saranno costituiti da quattro travi in carpenteria metallica collegate in testa da una soletta in c.a. collaborante, gettata in opera.

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



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	5 di 63



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 2.40 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 0.70 m. L'altezza della spalla B (escluso paraghiaia) è pari a 1.70 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 B, con altezza di paramento maggiore estendendo i risultati anche all'altra.

Per le verifiche dei singoli elementi della spalla (pali, platea di fondazione ed elevazioni) è stata effettuata un'analisi dei carichi agenti sul piano appoggi e allo spiccato della fondazione; l'analisi viene riportata nelle pagine seguenti.

### 4.2 Modelli a mensola per la verifica delle spalle

Le sollecitazioni di verifica della spalla sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio alle quali vanno combinate le azioni determinate dalle spinte del terreno di riempimento e del sovraccarico in condizioni sia statiche che sismiche e le azioni date dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Tutti i muri sono considerati sconnessi fra loro per la valutazione delle sollecitazioni alla base e quindi le azioni provenienti dall'impalcato sono applicate solamente al muro frontale. Tale schema pur risultando cautelativo, non fornisce sovrastime eccessive nel calcolo dei quantitativi di armatura previsti.

Il modello della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali muro paraghiaia e muro frontale che vengono tutti modellati come delle mensole incastrate alla base.

Per il plinto di fondazione, si è utilizzato un modello tirante-puntone per l'analisi e la verifica dello zoccolo anteriore al muro frontale.

Per quanto riguarda invece le sollecitazioni sui pali di fondazione a partire dalle azioni risultanti nel baricentro del plinto alla quota di intradosso, sono stati calcolati, per ciascuna combinazione di carico, gli sforzi assiali e di taglio in testa ai pali di fondazione utilizzando il classico modello a piastra rigida.

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle 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	$\gamma_R = 1,1$



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**  
**TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3B)**  
**Viadotto NW03**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	13 di 63

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	A2 - SIU Gmin - Vento ponte scarico	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	A1 - SIU Gmin - Vento ponte scarico
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	1.35	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	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	1.00	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	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	1.25	0.00	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	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	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	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	0.00	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	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	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	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	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	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	1.45	0.00	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	1.45	0.00	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	0.00	0.00	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	0.78	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	1.00	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	1.25	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	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	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	0.00

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.5 Geometria della spalla

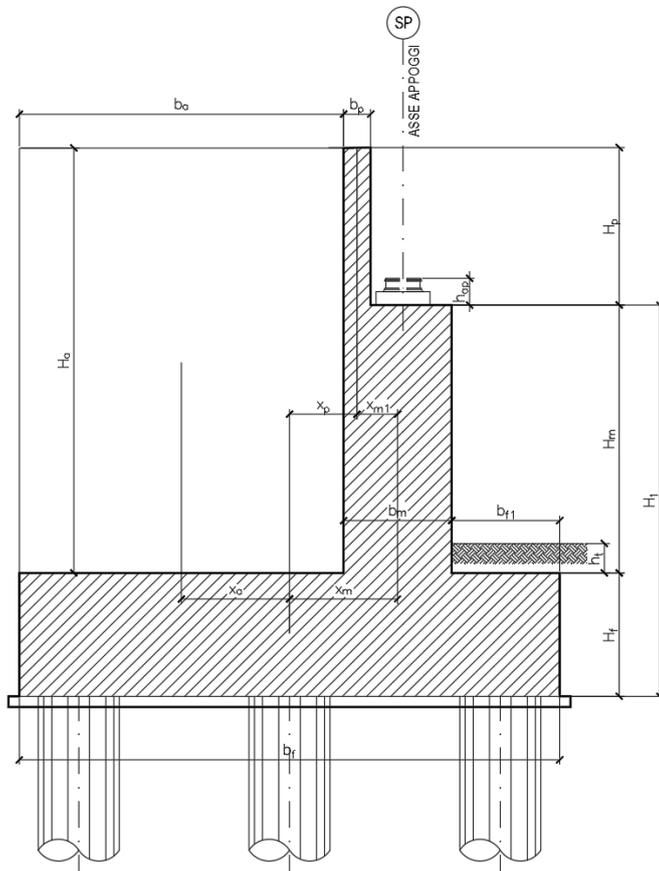


Figura 1 – Significato dei simboli: sezione tipica

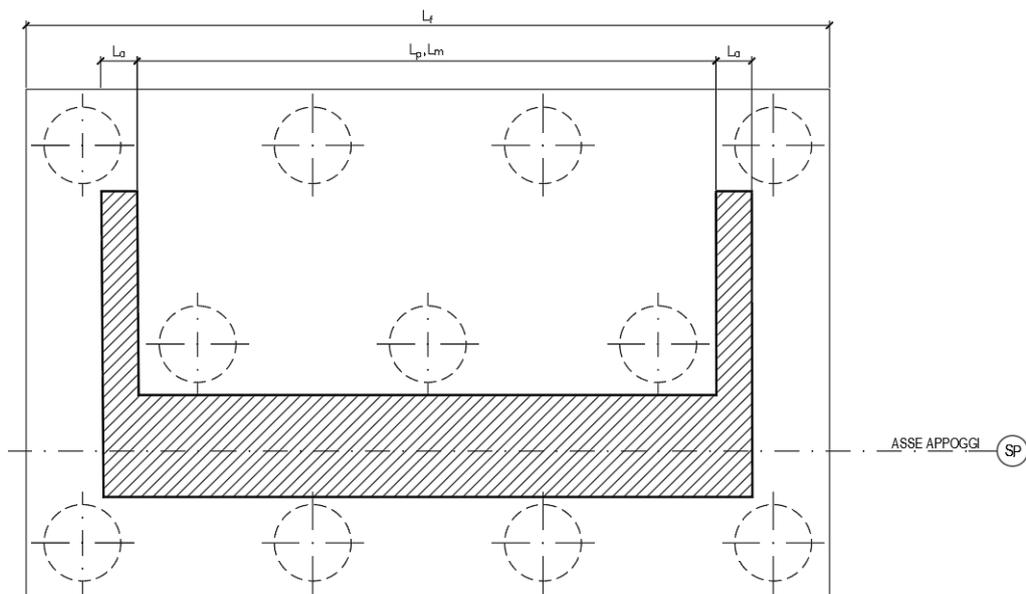


Figura 2 – Significato dei simboli: pianta tipica

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	$H_1$	3.60	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	3.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	14.10	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		14.10	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	2.55	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	1.70	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	2.40	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	14.10	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	3.50	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	$x_{m1}$	-0.90	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.50	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	1.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	16.80	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	$H_a$	5.20	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	0.70	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	7.10	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_a$	-1.25	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	
$a_g$		0.197	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.197	
Mononobe e Okabe	$K_{AE}$	0.410	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.099	

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										
Descrizione carico	[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					495								3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga						48			48				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					495								3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga						48			48				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						106			106				3.80
Vento Ponte Carico						165			165				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		615			603			595			578		2.80
Sisma trasversale			307			301			298			289	2.80
Sisma verticale	154			151			149			145			0.00

### 4.6.3 Azione del Vento

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

Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	430	430	m
Zona	Z	4	4	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	ao	500	500	m
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1)	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	150	150	anni
	αR	1.06	1.06	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.71	29.71	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*ρ*vb²	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	9	9	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.29	2.29	
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	2.29	2.29	
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	8.4	13.2	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	1.87	2.19	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/1 considerata	f	8.4	13.2	kN/m

#### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	8.4		kN/m
Luce impalcato	L	50		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	211		kN/m

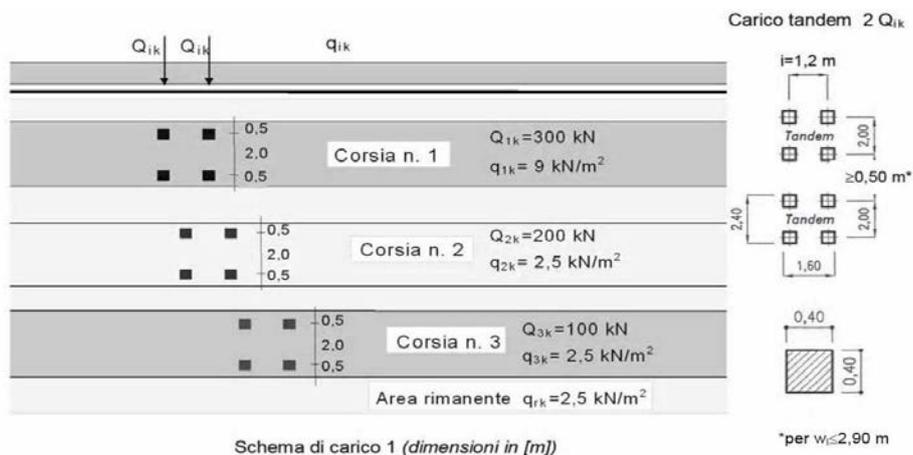
#### Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	13.2		kN/m
Luce impalcato	L	50		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	329		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.

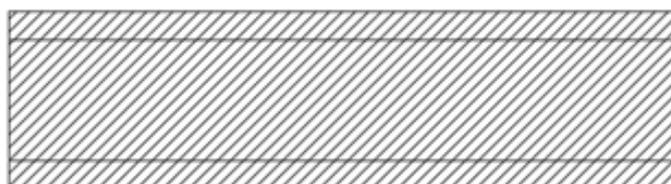
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

- 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

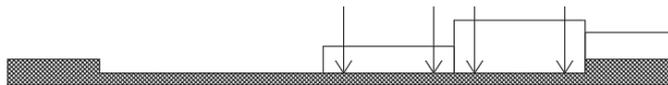


PIANTA

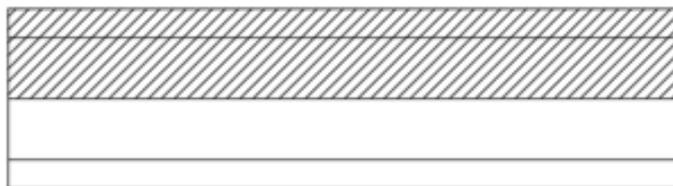


- Mt max, massimo momento lungo l'asse x (direzione di marcia): il carico è presente solo da un lato della carreggiata. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE



PIANTA



#### 4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	50	m
q3	495	kN
q3 (filtrata)	495	kN

Centrifuga		
Raggio planimetrico	500	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	96	kN

#### 4.6.6 Spinta statica del terrapieno

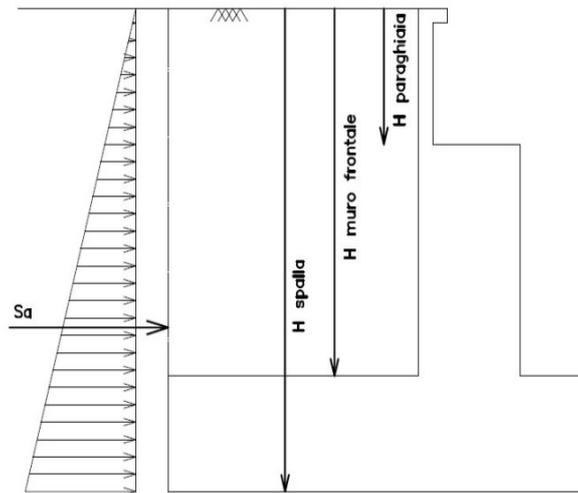
A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

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  $K_o = 1 - \sin \phi$ .

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:

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

#### 4.6.7 Sovraccarico sul terrapieno

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

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

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

#### 4.6.8 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  $H/2$ .

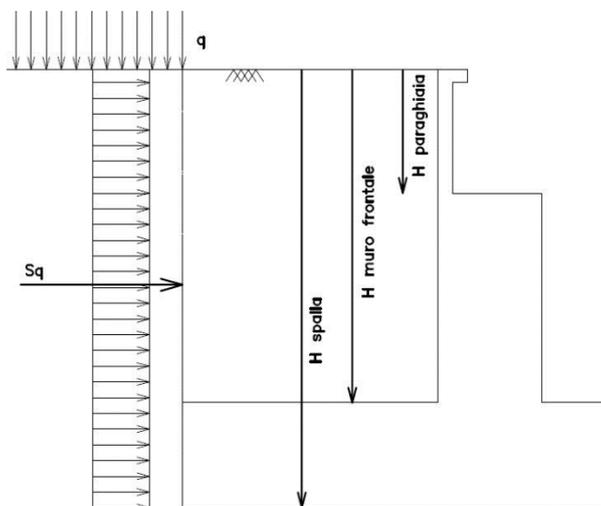


Fig. 2 : Spinta statica sovraccarico accidentale

#### 4.6.9 Azione sismica

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

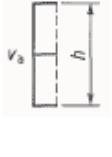
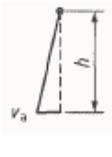
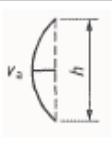
Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale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

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

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: 13.88982    LATITUDINE: 37.66503

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

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

**Elaborazioni**  
Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**



**Reticolo di riferimento**

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

Interpolazione: media ponderata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO    **FASE 1**    FASE 2    FASE 3

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

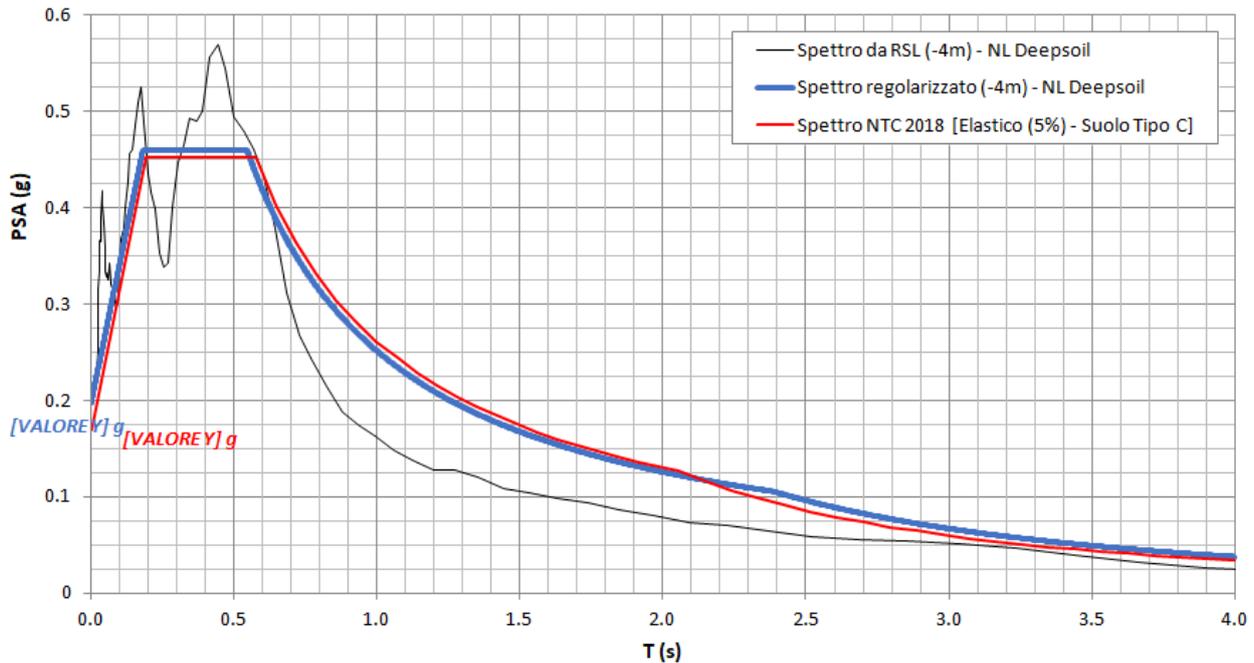


LEGENDA GRAFICO  
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie  
 . . . . . Strategia scelta

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:

NW03 - prova: DH3AVI21



#### 4.6.10 Incremento di spinta del terrapieno

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

Mononobe e Okabe			
Inclinazione Paramento	$\alpha$	90.0	
Angolo d'attrito interno	$\varphi$	35.0	°
Coefficiente sismico orizzontale	$k_{jh}$	0.197	
Coefficiente per sisma verticale	$k_{jv}$	0.099	
$\theta (+k_{jv})$		10.2	
$\theta (-k_{jv})$		12.3	
Mononobe e Okabe (+ $k_{jv}$ )	$K_{AE}$	0.381	
Mononobe e Okabe (- $k_{jv}$ )	$K_{AE}$	0.410	

#### 4.6.11 Inerzie strutturali

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

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

#### 4.6.12 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.

#### 4.6.13 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		$F_Z$	$F_X$	$F_Y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	617			0.00	0.00	1.75	0	0
Rinterro	g3		737		0.00	0.00	1.17	0	859
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	3.50	0	630
Sovr. acc. sul rilevato			421		0.00	0.00	1.75	0	737

#### SPICCATO MURO FRONTALE

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

cond statica

Descrizione carico		$F_Z$	$F_X$	$F_Y$	$b_{ix}$	$b_{iy}$	$b_{iz}$	$M_x$	$M_y$
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	617	0	0	-0.90		3.45	0	-555
Muro frontale	g1	1581	0	0			0.85	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>2198</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-555</b>
Rinterro	g3		1787	0			1.73	0	3098
Sovr. acc. sul rilevato			625	0			2.60	0	1626

## 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	617			2.55	0.00	4.95	0	1573
Muro frontale	g1	1581			3.50	0.00	2.35	0	5534
Plinto	g1	6048			0.00	0.00	0.75	0	0
Muri andatori	g1	1292			-1.25	0.00	4.10	0	-1615
<b>Totale Permanenti</b>		<b>9538</b>						<b>0</b>	<b>5491</b>
Rinterro	g3	10411			-1.25	0.00	4.10	0	-13014
Ricop. Plinto	g3	281			1.25	0.00	2.00	0	351
Sovr. acc. sul rilevato		2002			-1.25	0.00	6.70	0	-2503
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		2967		-1.25	0.00	2.23	0	6626
Sovr. acc. sul rilevato			806		0.00	0.00	3.35	0	2699

➤ 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	617			0.00	0.00	1.75	0	0
Rinterro	g3		468		0.00	0.00	1.17	0	546
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	3.50	0	630
Sovr. acc. sul rilevato			267		0.00	0.00	1.75	0	468

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	122	0	0.00	0.00	1.75	0	213
Rinterro	Inerzia		1381				1.75	0	2416
	Sovraspinta		263				1.17	0	307
<b>Rinterro [totale]</b>			1644					0	2723
Sovr. acc. sul rilevato			267		0.00	0.00	1.75	0	468
<b>Totale generale</b>			<b>2033</b>					<b>0</b>	<b>3404</b>

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	0	122	0.00	0.00	1.75	213	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	61	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	617	0	0	-0.90		3.45	0	-555
Muro frontale	g1	1581	0	0			0.85	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>2198</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-555</b>
Rinterro	g3		1136	0			1.73	0	1969
Sovr. acc. sul rilevato			397	0			2.60	0	1033

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		122		-0.90	0.00	3.45	0	419
Muro frontale	q6		311		0.00	0.00	0.85	0	265
Rinterro	Inerzia		2051				2.60	0	5333
	Sovraspinta		581				1.73	0	1007
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>2632</b>					<b>0</b>	<b>6340</b>
Sovr. acc. sul rilevato			397				2.60	0	1033
<b>Totale generale</b>			<b>3462</b>					<b>0</b>	<b>8057</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			122	-0.90	0.00	3.45	419	0
Muro frontale	q6			311	0.00	0.00	0.85	265	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>433</b>				<b>684</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	61			-0.90	0.00	3.45	0	-55
Muro frontale	q6	156			0.00	0.00	0.85	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>216</b>						<b>0</b>	<b>-55</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	617			2.55	0.00	4.95	0	1573
Muro frontale	g1	1581			3.50	0.00	2.35	0	5534
Plinto	g1	6048			0.00	0.00	0.75	0	0
Muri andatori	g1	1292			-1.25	0.00	4.10	0	-1615
<b>Totale Permanenti</b>		<b>9538</b>						<b>0</b>	<b>5491</b>
Rinterro	g3	10411			-1.25	0.00	4.10	0	-13014
Ricop. Plinto	g3	281			1.25	0.00	2.00	0	351
Sovr. acc. sul rilevato		2002			-1.25	0.00	6.70	0	-2503
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		1886		-1.25	0.00	2.23	0	4211
Sovr. acc. sul rilevato			512		0.00	0.00	3.35	0	1715

**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>		122		2.55	0.00	4.95	0	602
Muro frontale	q <sub>s</sub>		311		3.50	0.00	2.35	0	732
Plinto	q <sub>s</sub>		1191		0.00	0.00	0.75	0	894
Muri andatori	q <sub>s</sub>		255		-1.25	0.00	4.10	0	1044
Rinterro	Inerzia		2051		-1.25	0.00	4.10	0	8409
	Sovraspinta		965		-1.25	0.00	2.23	0	2154
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>3016</b>				<b>4.10</b>	<b>0</b>	<b>10564</b>
Sovr. acc. sul rilevato			512		-1.25		4.10	0	1715
<b>Totale generale</b>			<b>5407</b>						<b>15550</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>			122	2.55	0.00	4.95	602	0
Muro frontale	q <sub>s</sub>			311	3.50	0.00	2.35	732	0
Plinto	q <sub>s</sub>			1191	0.00	0.00	0.75	894	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>			255	-1.25	0.00	4.10	1044	0
Rinterro	Inerzia			2051	0.00		4.10	8409	0
	Sovraspinta			134			2.23	300	0
<b>Rinterro [totale]</b>				<b>2185</b>				<b>8709</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato				512	-1.25		6.70	3430	0
<b>Totale generale</b>				<b>4576</b>				<b>15410</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>	61			2.55	0.00	4.95	0.00	155
Muro frontale	q <sub>s</sub>	156			3.50	0.00	2.35	0.00	545
Plinto	q <sub>s</sub>	596			0.00	0.00	0.75	0.00	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>	127			-1.25	0.00	4.10	0.00	-159
Rinterro	q <sub>s</sub>	1026			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Ricop. Plinto	q <sub>s</sub>	28			1.25	0.00	2.00	0.00	35
<b>Totale generale</b>		<b>1993</b>						<b>0.00</b>	<b>575</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	962	1649	0	0	2689
A2 - SLU - MT max gr.1	962	1649	0	0	2689
A2 - SLU - ML max gr.1	962	1649	0	0	2689
A2 - SLU - N max gr.2	962	1649	0	0	2689
A2 - SLU - MT max gr.2	962	1649	0	0	2689
A2 - SLU - ML max gr.2	962	1649	0	0	2689
A2 - SLU - N max gr.3	962	1649	0	0	2689
A2 - SLU - MT max gr.3	962	1649	0	0	2689
A2 - SLU - ML max gr.3	962	1649	0	0	2689
A2 - SLU - Vento ponte scarico	617	958	0	0	1117
A2 - SLU - N max gr.1	962	1428	0	0	2431
A2 - SLU - MT max gr.1	962	1428	0	0	2431
A2 - SLU - ML max gr.1	962	1428	0	0	2431
A2 - SLU - N max gr.2	962	1428	0	0	2431
A2 - SLU - MT max gr.2	962	1428	0	0	2431
A2 - SLU - ML max gr.2	962	1428	0	0	2431
A2 - SLU - N max gr.3	962	1428	0	0	2431
A2 - SLU - MT max gr.3	962	1428	0	0	2431
A2 - SLU - ML max gr.3	962	1428	0	0	2431
A2 - SLU - Vento ponte scarico	617	737	0	0	859
A1 - SLU - N max gr.1	1238	1916	0	0	3134
A1 - SLU - MT max gr.1	1238	1916	0	0	3134
A1 - SLU - ML max gr.1	1238	1916	0	0	3134
A1 - SLU - N max gr.2	1238	1916	0	0	3134
A1 - SLU - MT max gr.2	1238	1916	0	0	3134
A1 - SLU - ML max gr.2	1238	1916	0	0	3134
A1 - SLU - N max gr.3	1238	1916	0	0	3134
A1 - SLU - MT max gr.3	1238	1916	0	0	3134
A1 - SLU - ML max gr.3	1238	1916	0	0	3134
A1 - SLU - Vento ponte scarico	1238	1916	0	0	3134
A1 - SLU - N max gr.1	1022	1548	0	0	2704
A1 - SLU - MT max gr.1	1022	1548	0	0	2704
A1 - SLU - ML max gr.1	1022	1548	0	0	2704
A1 - SLU - N max gr.2	1022	1548	0	0	2704
A1 - SLU - MT max gr.2	1022	1548	0	0	2704
A1 - SLU - ML max gr.2	1022	1548	0	0	2704
A1 - SLU - N max gr.3	1022	1548	0	0	2704
A1 - SLU - MT max gr.3	1022	1548	0	0	2704
A1 - SLU - ML max gr.3	1022	1548	0	0	2704
A1 - SLU - Vento ponte scarico	617	737	0	0	859
SLE Rara - N max gr.1	917	1337	0	0	2226
SLE Rara - MT max gr.1	917	1337	0	0	2226
SLE Rara - ML max gr.1	917	1337	0	0	2226
SLE Rara - N max gr.2	917	1337	0	0	2226
SLE Rara - MT max gr.2	917	1337	0	0	2226
SLE Rara - ML max gr.2	917	1337	0	0	2226
SLE Rara - N max gr.3	917	1337	0	0	2226
SLE Rara - MT max gr.3	917	1337	0	0	2226
SLE Rara - ML max gr.3	917	1337	0	0	2226
SLE Rara - Vento ponte scarico	617	737	0	0	859
SLE Freq. - N max gr.1	842	1187	0	0	1884
SLE Freq. - MT max gr.1	842	1187	0	0	1884
SLE Freq. - ML max gr.1	842	1187	0	0	1884
SLE Freq. - N max gr.2	842	1187	0	0	1884
SLE Freq. - MT max gr.2	842	1187	0	0	1884
SLE Freq. - ML max gr.2	842	1187	0	0	1884
SLE Freq. - N max gr.3	842	1187	0	0	1884
SLE Freq. - MT max gr.3	842	1187	0	0	1884
SLE Freq. - ML max gr.3	842	1187	0	0	1884
SLE Freq. - Vento ponte scarico	617	737	0	0	859
SLE Q.P. - ML max gr.3	617	737	0	0	859
SLV -dir.X 1	695	2323	36	64	3701
SLV -dir.X 2	659	2323	36	64	3701
SLV -dir.Y 1	695	1087	122	213	1646
SLV -dir.Y 2	659	1087	122	213	1646
SLV -dir.Z+	738	1087	36	64	1646
SLV -dir.Z-	616	1087	36	64	1646

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	11198	3352	567	3304	10493
A2 - SLU - MT max gr.1	10486	3352	567	10236	10136
A2 - SLU - ML max gr.1	8174	3352	567	2350	8980
A2 - SLU - N max gr.2	10238	3922	567	3066	12916
A2 - SLU - MT max gr.2	9782	3922	567	7481	12688
A2 - SLU - ML max gr.2	8174	3352	567	2350	8980
A2 - SLU - N max gr.3	10238	3352	678	3629	10012
A2 - SLU - MT max gr.3	9782	3352	678	8044	9785
A2 - SLU - ML max gr.3	8174	3352	567	2350	8980
A2 - SLU - Vento ponte scarico	8174	2539	491	2078	6912
A2 - SLU - N max gr.1	10742	2767	518	3200	9231
A2 - SLU - MT max gr.1	10030	2767	518	10132	8875
A2 - SLU - ML max gr.1	7718	2767	518	2245	7719
A2 - SLU - N max gr.2	9782	3336	518	2961	11654
A2 - SLU - MT max gr.2	9326	3336	518	7376	11426
A2 - SLU - ML max gr.2	7718	2767	518	2245	7719
A2 - SLU - N max gr.3	9782	2767	628	3524	8751
A2 - SLU - MT max gr.3	9326	2767	628	7939	8523
A2 - SLU - ML max gr.3	7718	2767	518	2245	7719
A2 - SLU - Vento ponte scarico	7718	1953	441	1974	5650
A1 - SLU - N max gr.1	14198	3884	656	3836	12462
A1 - SLU - MT max gr.1	13361	3884	656	11973	12044
A1 - SLU - ML max gr.1	10647	3884	656	2715	10687
A1 - SLU - N max gr.2	13070	4553	656	3556	15306
A1 - SLU - MT max gr.2	12535	4553	656	8738	15039
A1 - SLU - ML max gr.2	10647	3884	656	2715	10687
A1 - SLU - N max gr.3	13070	3884	786	4217	11898
A1 - SLU - MT max gr.3	12535	3884	786	9399	11631
A1 - SLU - ML max gr.3	10647	3884	656	2715	10687
A1 - SLU - Vento ponte scarico	10647	3884	677	2631	10687
A1 - SLU - N max gr.1	11268	2908	574	3662	9854
A1 - SLU - MT max gr.1	10432	2908	574	11800	9436
A1 - SLU - ML max gr.1	7718	2908	574	2541	8078
A1 - SLU - N max gr.2	10141	3576	574	3382	12698
A1 - SLU - MT max gr.2	10141	3576	574	3382	12698
A1 - SLU - ML max gr.2	9606	3576	574	8564	12431
A1 - SLU - N max gr.3	7718	2908	574	2541	8078
A1 - SLU - MT max gr.3	10141	2908	703	4043	9290
A1 - SLU - ML max gr.3	9606	2908	703	9225	9023
A1 - SLU - Vento ponte scarico	7718	2064	574	2541	5884
SLE Rara - N max gr.1	7718	2578	484	2224	7276
SLE Rara - MT max gr.1	10348	2660	446	2658	8764
SLE Rara - ML max gr.1	9728	2660	446	8685	8454
SLE Rara - N max gr.2	7718	2660	446	1827	7449
SLE Rara - MT max gr.2	9513	3155	446	2450	10871
SLE Rara - ML max gr.2	9117	3155	446	6289	10673
SLE Rara - N max gr.3	7718	2660	446	1827	7449
SLE Rara - MT max gr.3	9513	2660	542	2940	8346
SLE Rara - ML max gr.3	9117	2660	542	6779	8148
SLE Rara - Vento ponte scarico	7718	2035	446	1827	5823
SLE Freq. - N max gr.1	9690	2484	227	1100	7986
SLE Freq. - MT max gr.1	9226	2484	227	5621	7753
SLE Freq. - ML max gr.1	7718	2484	227	477	6999
SLE Freq. - N max gr.2	9064	2855	227	944	9566
SLE Freq. - MT max gr.2	8767	2855	227	3824	9417
SLE Freq. - ML max gr.2	7718	2484	227	477	6999
SLE Freq. - N max gr.3	9064	2484	299	1312	7672
SLE Freq. - MT max gr.3	8767	2484	299	4191	7524
SLE Freq. - ML max gr.3	7718	2484	227	477	6999
SLE Freq. - Vento ponte scarico	7718	1953	208	598	5650
SLE Q.P. - ML max gr.3	7718	2660	248	521	7449
SLV -dir.X 1	7962	6853	671	2362	23575
SLV -dir.X 2	7474	6853	671	2328	23429
SLV -dir.Y 1	8364	3133	1830	8410	11163
SLV -dir.Y 2	7876	3133	1830	8377	11017
SLV -dir.Z+	9058	3133	690	2664	11396
SLV -dir.Z-	7430	3133	690	2553	10908

**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	34741	5094	567	4155	34986
A2 - SLU - MT max gr.1	34028	5094	567	11087	32137
A2 - SLU - ML max gr.1	31716	5094	567	3201	22888
A2 - SLU - N max gr.2	33780	5663	567	3917	34901
A2 - SLU - MT max gr.2	33325	5663	567	8331	33080
A2 - SLU - ML max gr.2	31716	5094	567	3201	22888
A2 - SLU - N max gr.3	33780	5094	678	4645	31144
A2 - SLU - MT max gr.3	33325	5094	678	9060	29323
A2 - SLU - ML max gr.3	31716	5094	567	3201	22888
A2 - SLU - Vento ponte scarico	29414	4072	491	2814	22322
A2 - SLU - N max gr.1	31077	4154	518	3977	34795
A2 - SLU - MT max gr.1	30365	4154	518	10908	31945
A2 - SLU - ML max gr.1	28053	4154	518	3022	22697
A2 - SLU - N max gr.2	30117	4723	518	3738	34709
A2 - SLU - MT max gr.2	29661	4723	518	8153	32888
A2 - SLU - ML max gr.2	28053	4154	518	3022	22697
A2 - SLU - N max gr.3	30117	4154	628	4466	30952
A2 - SLU - MT max gr.3	29661	4154	628	8881	29131
A2 - SLU - ML max gr.3	28053	4154	518	3022	22697
A2 - SLU - Vento ponte scarico	25750	3133	441	2636	22130
A1 - SLU - N max gr.1	42848	5898	656	4821	44838
A1 - SLU - MT max gr.1	42012	5898	656	12958	41493
A1 - SLU - ML max gr.1	39297	5898	656	3700	30636
A1 - SLU - N max gr.2	41720	6566	656	4540	44739
A1 - SLU - MT max gr.2	41186	6566	656	9723	42600
A1 - SLU - ML max gr.2	39297	5898	656	3700	30636
A1 - SLU - N max gr.3	41720	5898	786	5396	40328
A1 - SLU - MT max gr.3	41186	5898	786	10578	38190
A1 - SLU - ML max gr.3	39297	5898	656	3700	30636
A1 - SLU - Vento ponte scarico	39297	5898	677	3647	30636
A1 - SLU - N max gr.1	32004	4331	574	4523	36997
A1 - SLU - MT max gr.1	31167	4331	574	12660	33652
A1 - SLU - ML max gr.1	28453	4331	574	3402	22795
A1 - SLU - N max gr.2	30876	5000	574	4242	36897
A1 - SLU - MT max gr.2	30876	5000	574	4242	36897
A1 - SLU - ML max gr.2	30341	5000	574	9425	34759
A1 - SLU - N max gr.3	28453	4331	574	3402	22795
A1 - SLU - MT max gr.3	30876	4331	703	5098	32487
A1 - SLU - ML max gr.3	30341	4331	703	10280	30348
A1 - SLU - Vento ponte scarico	25750	3244	574	3402	22530
SLE Rara - N max gr.1	27752	3938	484	2949	22327
SLE Rara - MT max gr.1	30382	4021	446	3326	33143
SLE Rara - ML max gr.1	29763	4021	446	9354	30665
SLE Rara - N max gr.2	27752	4021	446	2496	22623
SLE Rara - MT max gr.2	29547	4516	446	3119	33069
SLE Rara - ML max gr.2	29151	4516	446	6958	31485
SLE Rara - N max gr.3	27752	4021	446	2496	22623
SLE Rara - MT max gr.3	29547	4021	542	3752	29802
SLE Rara - ML max gr.3	29151	4021	542	7591	28218
SLE Rara - Vento ponte scarico	25750	3215	446	2496	22426
SLE Freq. - N max gr.1	29224	3799	227	1441	30390
SLE Freq. - MT max gr.1	28760	3799	227	5962	28531
SLE Freq. - ML max gr.1	27252	3799	227	818	22500
SLE Freq. - N max gr.2	28598	4170	227	1285	30334
SLE Freq. - MT max gr.2	28301	4170	227	4165	29146
SLE Freq. - ML max gr.2	27252	3799	227	818	22500
SLE Freq. - N max gr.3	28598	3799	299	1761	27884
SLE Freq. - MT max gr.3	28301	3799	299	4640	26696
SLE Freq. - ML max gr.3	27252	3799	227	818	22500
SLE Freq. - Vento ponte scarico	25750	3133	208	910	22130
SLE Q.P. - ML max gr.3	27752	4021	248	892	22623
SLV -dir.X_1	26928	9456	1791	6767	49643
SLV -dir.X_2	25373	9456	1791	6734	47863
SLV -dir.Y_1	27330	4455	5563	22488	31509
SLV -dir.Y_2	25776	4455	5563	22454	29729
SLV -dir.Z+	29267	4455	1810	7099	34081
SLV -dir.Z-	24086	4455	1810	6988	28149

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	42848	5898	656	4821	44838	4191	1522	396
Al - SLU - MT max gr.1	42012	5898	656	12958	41493	4193	1408	396
Al - SLU - ML max gr.1	39297	5898	656	3700	30636	3539	1700	396
Al - SLU - N max gr.2	41720	6566	656	4540	44739	4108	1455	440
Al - SLU - MT max gr.2	41186	6566	656	9723	42600	4109	1382	440
Al - SLU - ML max gr.2	39297	5898	656	3700	30636	3539	1700	396
Al - SLU - N max gr.3	41720	5898	786	5396	40328	4002	1561	397
Al - SLU - MT max gr.3	41186	5898	786	10578	38190	4002	1489	397
Al - SLU - ML max gr.3	39297	5898	656	3700	30636	3539	1700	396
Al - SLU - Vento ponte scarico	39297	5898	677	3647	30636	3538	1701	396
Al - SLU - N max gr.1	32004	4331	574	4523	36997	3245	1022	291
Al - SLU - MT max gr.1	31167	4331	574	12660	33652	3247	909	291
Al - SLU - ML max gr.1	28453	4331	574	3402	22795	2593	1201	291
Al - SLU - N max gr.2	30876	5000	574	4242	36897	3162	955	335
Al - SLU - MT max gr.2	30876	5000	574	4242	36897	3162	955	335
Al - SLU - ML max gr.2	30341	5000	574	9425	34759	3163	883	335
Al - SLU - N max gr.3	28453	4331	574	3402	22795	2593	1201	291
Al - SLU - MT max gr.3	30876	4331	703	5098	32487	3055	1062	293
Al - SLU - ML max gr.3	30341	4331	703	10280	30348	3056	989	293
Al - SLU - Vento ponte scarico	25750	3244	574	3402	22530	2406	1028	220
						4193	883	440

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	26928	9456	1791	6767	49643	3299	291	642
SLV-dir.X_2	25373	9456	1791	6734	47863	3146	237	642
SLV-dir.Y_1	27330	4455	5563	22488	31509	3114	530	475
SLV-dir.Y_2	25776	4455	5563	22454	29729	2960	477	475
SLV-dir.Z+	29267	4455	1810	7099	34081	3029	873	321
SLV-dir.Z-	24086	4455	1810	6988	28149	2517	694	321
						3299	237	642

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	27752	3938	484	2949	22327	2525	1175	265
SLE Rara - MT max gr.1	30382	4021	446	3326	33143	3008	1043	270
SLE Rara - ML max gr.1	29763	4021	446	9354	30665	3009	959	270
SLE Rara - N max gr.2	27752	4021	446	2496	22623	2525	1176	270
SLE Rara - MT max gr.2	29547	4516	446	3119	33069	2946	993	303
SLE Rara - ML max gr.2	29151	4516	446	6958	31485	2947	940	303
SLE Rara - N max gr.3	27752	4021	446	2496	22623	2525	1176	270
SLE Rara - MT max gr.3	29547	4021	542	3752	29802	2867	1072	270
SLE Rara - ML max gr.3	29151	4021	542	7591	28218	2868	1019	270
SLE Rara - Vento ponte scarico	25750	3215	446	2496	22426	2386	1047	216
						3009	940	303

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 0.5x14.10 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 SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	43 di 63

1	0.0	0.0
2	0.0	1410.0
3	50.0	1410.0
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	1401.7	16
3	41.7	1401.7	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	138	20
2	3	4	69	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	1238.00	0.00	3134.00	0.00	1916.00
2	1238.00	0.00	3134.00	0.00	1916.00
3	1238.00	0.00	3134.00	0.00	1916.00
4	1238.00	0.00	3134.00	0.00	1916.00
5	1238.00	0.00	3134.00	0.00	1916.00
6	1238.00	0.00	3134.00	0.00	1916.00
7	1238.00	0.00	3134.00	0.00	1916.00
8	1238.00	0.00	3134.00	0.00	1916.00
9	1238.00	0.00	3134.00	0.00	1916.00
10	1238.00	0.00	3134.00	0.00	1916.00
11	1022.00	0.00	2704.00	0.00	1548.00
12	1022.00	0.00	2704.00	0.00	1548.00
13	1022.00	0.00	2704.00	0.00	1548.00
14	1022.00	0.00	2704.00	0.00	1548.00
15	1022.00	0.00	2704.00	0.00	1548.00
16	1022.00	0.00	2704.00	0.00	1548.00
17	1022.00	0.00	2704.00	0.00	1548.00
18	1022.00	0.00	2704.00	0.00	1548.00
19	1022.00	0.00	2704.00	0.00	1548.00
20	617.00	0.00	859.00	0.00	737.00
21	695.00	64.00	3701.00	36.00	2323.00
22	659.00	64.00	3701.00	36.00	2323.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	44 di 63

23	695.00	213.00	1646.00	122.00	1087.00
24	659.00	213.00	1646.00	122.00	1087.00
25	738.00	64.00	1646.00	36.00	1087.00
26	616.00	64.00	1646.00	36.00	1087.00

**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	917.00	0.00	2226.00
2	917.00	0.00	2226.00
3	917.00	0.00	2226.00
4	917.00	0.00	2226.00
5	917.00	0.00	2226.00
6	917.00	0.00	2226.00
7	917.00	0.00	2226.00
8	917.00	0.00	2226.00
9	917.00	0.00	2226.00
10	617.00	0.00	859.00

**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	842.00	0.00 (0.00)	1884.00 (2277.15)
2	842.00	0.00 (0.00)	1884.00 (2277.15)
3	842.00	0.00 (0.00)	1884.00 (2277.15)
4	842.00	0.00 (0.00)	1884.00 (2277.15)
5	842.00	0.00 (0.00)	1884.00 (2277.15)
6	842.00	0.00 (0.00)	1884.00 (2277.15)
7	842.00	0.00 (0.00)	1884.00 (2277.15)
8	842.00	0.00 (0.00)	1884.00 (2277.15)
9	842.00	0.00 (0.00)	1884.00 (2277.15)
10	617.00	0.00 (0.00)	859.00 (2329.66)

**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	617.00	0.00 (0.00)	859.00 (2329.66)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	45 di 63

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	1238.00	0.00	3134.00	1237.70	0.02	6793.15	2.16437.6(126.3)	
2	S	1238.00	0.00	3134.00	1237.70	0.02	6793.15	2.16437.6(126.3)	
3	S	1238.00	0.00	3134.00	1237.70	0.02	6793.15	2.16437.6(126.3)	
4	S	1238.00	0.00	3134.00	1237.70	0.02	6793.15	2.16437.6(126.3)	
5	S	1238.00	0.00	3134.00	1237.70	0.02	6793.15	2.16437.6(126.3)	
6	S	1238.00	0.00	3134.00	1237.70	0.02	6793.15	2.16437.6(126.3)	
7	S	1238.00	0.00	3134.00	1237.70	0.02	6793.15	2.16437.6(126.3)	
8	S	1238.00	0.00	3134.00	1237.70	0.02	6793.15	2.16437.6(126.3)	
9	S	1238.00	0.00	3134.00	1237.70	0.02	6793.15	2.16437.6(126.3)	
10	S	1238.00	0.00	3134.00	1237.70	0.02	6793.15	2.16437.6(126.3)	
11	S	1022.00	0.00	2704.00	1021.91	0.03	6755.05	2.49437.6(126.3)	
12	S	1022.00	0.00	2704.00	1021.91	0.03	6755.05	2.49437.6(126.3)	
13	S	1022.00	0.00	2704.00	1021.91	0.03	6755.05	2.49437.6(126.3)	
14	S	1022.00	0.00	2704.00	1021.91	0.03	6755.05	2.49437.6(126.3)	
15	S	1022.00	0.00	2704.00	1021.91	0.03	6755.05	2.49437.6(126.3)	
16	S	1022.00	0.00	2704.00	1021.91	0.03	6755.05	2.49437.6(126.3)	
17	S	1022.00	0.00	2704.00	1021.91	0.03	6755.05	2.49437.6(126.3)	
18	S	1022.00	0.00	2704.00	1021.91	0.03	6755.05	2.49437.6(126.3)	
19	S	1022.00	0.00	2704.00	1021.91	0.03	6755.05	2.49437.6(126.3)	
20	S	617.00	0.00	859.00	616.90	0.09	6683.47	7.72437.6(126.3)	
21	S	695.00	64.00	3701.00	695.00	140.13	6706.62	1.81437.6(126.3)	
22	S	659.00	64.00	3701.00	659.22	144.48	6700.57	1.81437.6(126.3)	
23	S	695.00	213.00	1646.00	694.71	894.35	6743.94	4.08437.6(126.3)	
24	S	659.00	213.00	1646.00	659.21	866.37	6737.84	4.08437.6(126.3)	
25	S	738.00	64.00	1646.00	738.06	288.27	6724.25	4.07437.6(126.3)	
26	S	616.00	64.00	1646.00	616.27	283.69	6702.26	4.06437.6(126.3)	

**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	0.204	50.0	1410.0	0.00008	41.7	1401.7	-0.01369	8.3	8.3
2	0.00350	0.204	50.0	1410.0	0.00008	41.7	1401.7	-0.01369	8.3	8.3

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	46 di 63

3	0.00350	0.204	50.0	1410.0	0.00008	41.7	1401.7	-0.01369	8.3	8.3
4	0.00350	0.204	50.0	1410.0	0.00008	41.7	1401.7	-0.01369	8.3	8.3
5	0.00350	0.204	50.0	1410.0	0.00008	41.7	1401.7	-0.01369	8.3	8.3
6	0.00350	0.204	50.0	1410.0	0.00008	41.7	1401.7	-0.01369	8.3	8.3
7	0.00350	0.204	50.0	1410.0	0.00008	41.7	1401.7	-0.01369	8.3	8.3
8	0.00350	0.204	50.0	1410.0	0.00008	41.7	1401.7	-0.01369	8.3	8.3
9	0.00350	0.204	50.0	1410.0	0.00008	41.7	1401.7	-0.01369	8.3	8.3
10	0.00350	0.204	50.0	1410.0	0.00008	41.7	1401.7	-0.01369	8.3	8.3
11	0.00350	0.202	50.0	1410.0	0.00005	41.7	1401.7	-0.01384	8.3	8.3
12	0.00350	0.202	50.0	1410.0	0.00005	41.7	1401.7	-0.01384	8.3	8.3
13	0.00350	0.202	50.0	1410.0	0.00005	41.7	1401.7	-0.01384	8.3	8.3
14	0.00350	0.202	50.0	1410.0	0.00005	41.7	1401.7	-0.01384	8.3	8.3
15	0.00350	0.202	50.0	1410.0	0.00005	41.7	1401.7	-0.01384	8.3	8.3
16	0.00350	0.202	50.0	1410.0	0.00005	41.7	1401.7	-0.01384	8.3	8.3
17	0.00350	0.202	50.0	1410.0	0.00005	41.7	1401.7	-0.01384	8.3	8.3
18	0.00350	0.202	50.0	1410.0	0.00005	41.7	1401.7	-0.01384	8.3	8.3
19	0.00350	0.202	50.0	1410.0	0.00005	41.7	1401.7	-0.01384	8.3	8.3
20	0.00350	0.199	50.0	1410.0	-0.00001	41.7	1401.7	-0.01413	8.3	8.3
21	0.00350	0.199	50.0	1410.0	0.00001	41.7	1401.7	-0.01408	8.3	8.3
22	0.00350	0.199	50.0	1410.0	0.00000	41.7	1401.7	-0.01410	8.3	8.3
23	0.00350	0.199	50.0	1410.0	0.00004	41.7	1401.7	-0.01408	8.3	8.3
24	0.00350	0.199	50.0	1410.0	0.00004	41.7	1401.7	-0.01410	8.3	8.3
25	0.00350	0.199	50.0	1410.0	0.00002	41.7	1401.7	-0.01405	8.3	8.3
26	0.00350	0.198	50.0	1410.0	0.00001	41.7	1401.7	-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	0.000412167	0.000000000	-0.017108368	0.204	0.700
2	0.000412167	0.000000000	-0.017108368	0.204	0.700
3	0.000412167	0.000000000	-0.017108368	0.204	0.700
4	0.000412167	0.000000000	-0.017108368	0.204	0.700
5	0.000412167	0.000000000	-0.017108368	0.204	0.700
6	0.000412167	0.000000000	-0.017108368	0.204	0.700
7	0.000412167	0.000000000	-0.017108368	0.204	0.700
8	0.000412167	0.000000000	-0.017108368	0.204	0.700
9	0.000412167	0.000000000	-0.017108368	0.204	0.700
10	0.000412167	0.000000000	-0.017108368	0.204	0.700
11	0.000415904	0.000000000	-0.017295208	0.202	0.700
12	0.000415904	0.000000000	-0.017295208	0.202	0.700
13	0.000415904	0.000000000	-0.017295208	0.202	0.700
14	0.000415904	0.000000000	-0.017295208	0.202	0.700
15	0.000415904	0.000000000	-0.017295208	0.202	0.700
16	0.000415904	0.000000000	-0.017295208	0.202	0.700
17	0.000415904	0.000000000	-0.017295208	0.202	0.700
18	0.000415904	0.000000000	-0.017295208	0.202	0.700
19	0.000415904	0.000000000	-0.017295208	0.202	0.700
20	0.000422792	0.000000000	-0.017639614	0.199	0.700
21	0.000420570	0.000000029	-0.017570085	0.199	0.700
22	0.000421144	0.000000030	-0.017600073	0.199	0.700
23	0.000416453	0.000000151	-0.017535039	0.199	0.700
24	0.000417113	0.000000151	-0.017568035	0.199	0.700
25	0.000418890	0.000000061	-0.017530053	0.199	0.700
26	0.000420964	0.000000060	-0.017632406	0.198	0.700

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	47 di 63

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	1916.00	3633.04	41.7	1410.0	0.0074	0.18
2	S	1916.00	3633.04	41.7	1410.0	0.0074	0.18
3	S	1916.00	3633.04	41.7	1410.0	0.0074	0.18
4	S	1916.00	3633.04	41.7	1410.0	0.0074	0.18
5	S	1916.00	3633.04	41.7	1410.0	0.0074	0.18
6	S	1916.00	3633.04	41.7	1410.0	0.0074	0.18
7	S	1916.00	3633.04	41.7	1410.0	0.0074	0.18
8	S	1916.00	3633.04	41.7	1410.0	0.0074	0.18
9	S	1916.00	3633.04	41.7	1410.0	0.0074	0.18
10	S	1916.00	3633.04	41.7	1410.0	0.0074	0.18
11	S	1548.00	3606.02	41.7	1410.0	0.0074	0.14
12	S	1548.00	3606.02	41.7	1410.0	0.0074	0.14
13	S	1548.00	3606.02	41.7	1410.0	0.0074	0.14
14	S	1548.00	3606.02	41.7	1410.0	0.0074	0.14
15	S	1548.00	3606.02	41.7	1410.0	0.0074	0.14
16	S	1548.00	3606.02	41.7	1410.0	0.0074	0.14
17	S	1548.00	3606.02	41.7	1410.0	0.0074	0.14
18	S	1548.00	3606.02	41.7	1410.0	0.0074	0.14
19	S	1548.00	3606.02	41.7	1410.0	0.0074	0.14
20	S	737.00	3898.61	41.7	1410.0	0.0099	0.09
21	S	2323.00	3836.41	41.7	1410.0	0.0093	0.10
22	S	2323.00	3868.23	41.7	1410.0	0.0096	0.09
23	S	1087.04	3841.02	41.7	1410.0	0.0094	0.10
24	S	1087.04	3845.64	41.7	1410.0	0.0094	0.09
25	S	1087.01	3828.00	41.7	1410.0	0.0092	0.10
26	S	1087.01	3876.30	41.7	1410.0	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	5.36	50.0	0.0	-129.5	8.3	1391.7	15510	437.6
2	S	5.36	50.0	0.0	-129.5	8.3	1391.7	15510	437.6
3	S	5.36	50.0	0.0	-129.5	8.3	1391.7	15510	437.6
4	S	5.36	50.0	0.0	-129.5	8.3	1391.7	15510	437.6
5	S	5.36	50.0	0.0	-129.5	8.3	1391.7	15510	437.6
6	S	5.36	50.0	0.0	-129.5	8.3	1391.7	15510	437.6
7	S	5.36	50.0	0.0	-129.5	8.3	1391.7	15510	437.6
8	S	5.36	50.0	0.0	-129.5	8.3	1391.7	15510	437.6
9	S	5.36	50.0	0.0	-129.5	8.3	1391.7	15510	437.6
10	S	2.09	50.0	0.0	-47.1	8.3	1401.7	15510	437.6

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	48 di 63

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	-0.00086	0	0.500	20.0	73	0.00039 (0.00039)	368	0.143 (0.20)	0.00	2270.55
2	S	-0.00086	0	0.500	20.0	73	0.00039 (0.00039)	368	0.143 (0.20)	0.00	2270.55
3	S	-0.00086	0	0.500	20.0	73	0.00039 (0.00039)	368	0.143 (0.20)	0.00	2270.55
4	S	-0.00086	0	0.500	20.0	73	0.00039 (0.00039)	368	0.143 (0.20)	0.00	2270.55
5	S	-0.00086	0	0.500	20.0	73	0.00039 (0.00039)	368	0.143 (0.20)	0.00	2270.55
6	S	-0.00086	0	0.500	20.0	73	0.00039 (0.00039)	368	0.143 (0.20)	0.00	2270.55
7	S	-0.00086	0	0.500	20.0	73	0.00039 (0.00039)	368	0.143 (0.20)	0.00	2270.55
8	S	-0.00086	0	0.500	20.0	73	0.00039 (0.00039)	368	0.143 (0.20)	0.00	2270.55
9	S	-0.00086	0	0.500	20.0	73	0.00039 (0.00039)	368	0.143 (0.20)	0.00	2270.55
10	S	-0.00031	0	0.500	20.0	75	0.00014 (0.00014)	375	0.053 (0.20)	0.00	2329.66

**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	4.54	50.0	0.0	-108.9	8.3	1391.7	15510	437.6
2	S	4.54	50.0	0.0	-108.9	8.3	1391.7	15510	437.6
3	S	4.54	50.0	0.0	-108.9	8.3	1391.7	15510	437.6
4	S	4.54	50.0	0.0	-108.9	8.3	1391.7	15510	437.6
5	S	4.54	50.0	0.0	-108.9	8.3	1391.7	15510	437.6
6	S	4.54	50.0	0.0	-108.9	8.3	1391.7	15510	437.6
7	S	4.54	50.0	0.0	-108.9	8.3	1391.7	15510	437.6
8	S	4.54	50.0	0.0	-108.9	8.3	1391.7	15510	437.6
9	S	4.54	50.0	0.0	-108.9	8.3	1391.7	15510	437.6
10	S	2.09	50.0	0.0	-47.1	8.3	1401.7	15510	437.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00072	0	0.500	20.0	73	0.00033 (0.00033)	368	0.120 (0.20)	0.00	2277.15
2	S	-0.00072	0	0.500	20.0	73	0.00033 (0.00033)	368	0.120 (0.20)	0.00	2277.15
3	S	-0.00072	0	0.500	20.0	73	0.00033 (0.00033)	368	0.120 (0.20)	0.00	2277.15
4	S	-0.00072	0	0.500	20.0	73	0.00033 (0.00033)	368	0.120 (0.20)	0.00	2277.15
5	S	-0.00072	0	0.500	20.0	73	0.00033 (0.00033)	368	0.120 (0.20)	0.00	2277.15
6	S	-0.00072	0	0.500	20.0	73	0.00033 (0.00033)	368	0.120 (0.20)	0.00	2277.15
7	S	-0.00072	0	0.500	20.0	73	0.00033 (0.00033)	368	0.120 (0.20)	0.00	2277.15
8	S	-0.00072	0	0.500	20.0	73	0.00033 (0.00033)	368	0.120 (0.20)	0.00	2277.15
9	S	-0.00072	0	0.500	20.0	73	0.00033 (0.00033)	368	0.120 (0.20)	0.00	2277.15
10	S	-0.00031	0	0.500	20.0	75	0.00014 (0.00014)	375	0.053 (0.20)	0.00	2329.66

**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	2.09	50.0	0.0	-47.1	8.3	1401.7	15510	437.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0	0.500	20.0	75	0.00014 (0.00014)	375	0.053 (0.20)	0.00	2329.66

**4.9.2 Muro frontale**

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

*Caratteristiche della sezione :*

*Sezione rettangolare 2.40 x14.10 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
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	50 di 63

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	1410.0
3	240.0	1410.0
4	240.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	9.0	9.0	26
2	9.0	1401.0	26
3	231.0	1401.0	26
4	231.0	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	138	26
2	3	4	138	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 8 mm  
Passo staffe: 3.1 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia 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	14197.63	3835.95	12462.21	656.45	3884.46
2	13361.31	11973.41	12044.05	656.45	3884.46
3	10647.13	2715.05	10686.96	656.45	3884.46
4	13070.04	3555.73	15306.49	656.45	4552.71

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	51 di 63

5	12535.44	8738.31	15039.19	656.45	4552.71
6	10647.13	2715.05	10686.96	656.45	3884.46
7	13070.04	4216.69	11898.42	786.05	3884.46
8	12535.44	9399.27	11631.12	786.05	3884.46
9	10647.13	2715.05	10686.96	656.45	3884.46
10	10647.13	2631.05	10686.96	677.45	3884.46
11	11268.38	3662.07	9853.72	573.65	2908.04
12	10432.05	11799.53	9435.56	573.65	2908.04
13	7717.88	2541.17	8078.47	573.65	2908.04
14	10140.79	3381.85	12698.00	573.65	3576.29
15	10140.79	3381.85	12698.00	573.65	3576.29
16	9606.19	8564.43	12430.70	573.65	3576.29
17	7717.88	2541.17	8078.47	573.65	2908.04
18	10140.79	4042.81	9289.92	703.25	2908.04
19	9606.19	9225.39	9022.62	703.25	2908.04
20	7717.88	2541.17	5883.64	573.65	2063.88
21	7962.14	2361.52	23575.21	670.59	6853.33
22	7473.61	2328.19	23428.70	670.59	6853.33
23	8364.24	8410.33	11163.50	1829.71	3133.11
24	7875.71	8377.00	11016.99	1829.71	3133.11
25	9058.10	2664.38	11396.37	689.79	3133.11
26	7429.65	2553.29	10908.01	689.79	3133.11

**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	7717.88	2223.96	7276.23
2	10347.88	2657.61	8763.98
3	9728.38	8685.36	8454.23
4	7717.88	1827.31	7448.98
5	9512.63	2450.03	10870.85
6	9116.63	6288.98	10672.85
7	7717.88	1827.31	7448.98
8	9512.63	2939.63	8346.35
9	9116.63	6778.58	8148.35
10	7717.88	1827.31	5823.18

**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	9690.38	1100.04 (13699.05)	7985.59 (99445.98)
2	9225.75	5620.86 (57984.49)	7753.28 (79982.44)
3	7717.88	477.32 (6324.92)	6999.34 (92747.66)
4	9063.94	944.36 (8035.80)	9565.75 (81397.15)
5	8766.94	3823.58 (29845.22)	9417.25 (73507.06)
6	7717.88	477.32 (6324.92)	6999.34 (92747.66)
7	9063.94	1311.56 (16328.38)	7672.37 (95517.60)

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	52 di 63

8	8766.94	4190.78 (46093.90)	7523.87 (82754.27)
9	7717.88	477.32 (6324.92)	6999.34 (92747.66)
10	7717.88	597.92 (12346.00)	5650.43 (116671.55)

**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	7717.88	520.51 (6138.32)	7448.98 (87845.71)

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4 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 [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	14197.63	3835.95	12462.21	14197.50	25382.75	81305.53	6.531486.6(1015.2)	
2	S	13361.31	11973.41	12044.05	13361.05	79915.08	80124.88	6.661486.6(1015.2)	
3	S	10647.13	2715.05	10686.96	10647.10	19651.66	77402.66	7.241486.6(1015.2)	
4	S	13070.04	3555.73	15306.49	13069.78	18994.60	80078.77	5.241486.6(1015.2)	
5	S	12535.44	8738.31	15039.19	12535.37	46658.95	79406.70	5.301486.6(1015.2)	
6	S	10647.13	2715.05	10686.96	10647.10	19651.66	77402.66	7.241486.6(1015.2)	
7	S	13070.04	4216.69	11898.42	13069.97	28308.08	80051.96	6.731486.6(1015.2)	
8	S	12535.44	9399.27	11631.12	12535.39	63510.60	79327.55	6.801486.6(1015.2)	
9	S	10647.13	2715.05	10686.96	10647.10	19651.66	77402.66	7.241486.6(1015.2)	
10	S	10647.13	2631.05	10686.96	10647.25	19167.37	77405.49	7.251486.6(1015.2)	
11	S	11268.38	3662.07	9853.72	11268.20	29232.52	78063.21	7.931486.6(1015.2)	
12	S	10432.05	11799.53	9435.56	10432.15	96083.58	76776.89	8.141486.6(1015.2)	
13	S	7717.88	2541.17	8078.47	7717.64	23041.43	74154.51	9.171486.6(1015.2)	
14	S	10140.79	3381.85	12698.00	10140.53	20161.25	76841.11	6.051486.6(1015.2)	
15	S	10140.79	3381.85	12698.00	10140.53	20161.25	76841.11	6.051486.6(1015.2)	
16	S	9606.19	8564.43	12430.70	9605.98	52523.14	76157.61	6.131486.6(1015.2)	
17	S	7717.88	2541.17	8078.47	7717.64	23041.43	74154.51	9.171486.6(1015.2)	
18	S	10140.79	4042.81	9289.92	10140.58	33698.99	76810.56	8.281486.6(1015.2)	
19	S	9606.19	9225.39	9022.62	9606.17	77232.48	76025.27	8.401486.6(1015.2)	
20	S	7717.88	2541.17	5883.64	7718.04	32119.22	74140.64	12.611486.6(1015.2)	
21	S	7962.14	2361.52	23575.21	7962.30	7566.15	74455.44	3.161486.6(1015.2)	
22	S	7473.61	2328.19	23428.70	7473.68	7211.57	73918.17	3.151486.6(1015.2)	
23	S	8364.24	8410.33	11163.50	8364.42	56091.60	74774.82	6.691486.6(1015.2)	
24	S	7875.71	8377.00	11016.99	7875.99	56268.46	74234.86	6.731486.6(1015.2)	

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	53 di 63

25	S	9058.10	2664.38	11396.37	9058.20	17369.20	75646.21	6.631486.6(1015.2)
26	S	7429.65	2553.29	10908.01	7429.79	17321.19	73842.85	6.771486.6(1015.2)

**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	240.0	1410.0	0.00143	231.0	1401.0	-0.05031	9.0	9.0
2	0.00350	240.0	1410.0	0.00203	231.0	1401.0	-0.03607	9.0	9.0
3	0.00350	240.0	1410.0	0.00122	231.0	1401.0	-0.05546	9.0	9.0
4	0.00350	240.0	1410.0	0.00130	231.0	1401.0	-0.05346	9.0	9.0
5	0.00350	240.0	1410.0	0.00165	231.0	1401.0	-0.04510	9.0	9.0
6	0.00350	240.0	1410.0	0.00122	231.0	1401.0	-0.05546	9.0	9.0
7	0.00350	240.0	1410.0	0.00143	231.0	1401.0	-0.05038	9.0	9.0
8	0.00350	240.0	1410.0	0.00184	231.0	1401.0	-0.04052	9.0	9.0
9	0.00350	240.0	1410.0	0.00122	231.0	1401.0	-0.05546	9.0	9.0
10	0.00350	240.0	1410.0	0.00122	231.0	1401.0	-0.05560	9.0	9.0
11	0.00350	240.0	1410.0	0.00138	231.0	1401.0	-0.05161	9.0	9.0
12	0.00350	240.0	1410.0	0.00212	231.0	1401.0	-0.03414	9.0	9.0
13	0.00350	240.0	1410.0	0.00117	231.0	1401.0	-0.05698	9.0	9.0
14	0.00350	240.0	1410.0	0.00121	231.0	1401.0	-0.05576	9.0	9.0
15	0.00350	240.0	1410.0	0.00121	231.0	1401.0	-0.05576	9.0	9.0
16	0.00350	240.0	1410.0	0.00164	231.0	1401.0	-0.04558	9.0	9.0
17	0.00350	240.0	1410.0	0.00117	231.0	1401.0	-0.05698	9.0	9.0
18	0.00350	240.0	1410.0	0.00141	231.0	1401.0	-0.05103	9.0	9.0
19	0.00350	240.0	1410.0	0.00192	231.0	1401.0	-0.03898	9.0	9.0
20	0.00350	240.0	1410.0	0.00131	231.0	1401.0	-0.05360	9.0	9.0
21	0.00350	240.0	1410.0	0.00090	231.0	1401.0	-0.06344	9.0	9.0
22	0.00350	240.0	1410.0	0.00087	231.0	1401.0	-0.06408	9.0	9.0
23	0.00350	240.0	1410.0	0.00165	231.0	1401.0	-0.04543	9.0	9.0
24	0.00350	240.0	1410.0	0.00164	231.0	1401.0	-0.04575	9.0	9.0
25	0.00350	240.0	1410.0	0.00113	231.0	1401.0	-0.05787	9.0	9.0
26	0.00350	240.0	1410.0	0.00106	231.0	1401.0	-0.05952	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	0.000229387	0.000000584	-0.052375957	----	----
2	0.000161826	0.000001560	-0.037537280	----	----
3	0.000252406	0.000000469	-0.057738140	----	----
4	0.000243854	0.000000448	-0.055656934	----	----
5	0.000204239	0.000001013	-0.046945227	----	----
6	0.000252406	0.000000469	-0.057738140	----	----
7	0.000229337	0.000000642	-0.052445728	----	----
8	0.000182603	0.000001310	-0.042171185	----	----
9	0.000252406	0.000000469	-0.057738140	----	----
10	0.000253041	0.000000461	-0.057880001	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	54 di 63

11	0.000234499	0.000000670	-0.053724072	----	----
12	0.000151830	0.000001834	-0.035525236	----	----
13	0.000258501	0.000000545	-0.059308095	----	----
14	0.000253648	0.000000479	-0.058050742	----	----
15	0.000253648	0.000000479	-0.058050742	----	----
16	0.000205520	0.000001145	-0.047439462	----	----
17	0.000258501	0.000000545	-0.059308095	----	----
18	0.000231366	0.000000774	-0.053119000	----	----
19	0.000174412	0.000001563	-0.040563169	----	----
20	0.000242600	0.000000756	-0.055789955	----	----
21	0.000288900	0.000000148	-0.066044254	----	----
22	0.000291687	0.000000143	-0.066706537	----	----
23	0.000204413	0.000001224	-0.047285306	----	----
24	0.000205743	0.000001232	-0.047615174	----	----
25	0.000263180	0.000000412	-0.060243663	----	----
26	0.000270333	0.000000412	-0.061961231	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 3.1 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]  
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.  
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallele. 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	3886.11	105371.35	7156.65234.6	225.6	1409.6	2.500	1.022	17.6	32.4(0.0)
2	S	3890.60	104956.82	7138.67234.0	225.0	1409.4	2.500	1.021	17.7	32.4(0.0)
3	S	3885.67	105040.80	7168.91235.0	226.0	1410.4	2.500	1.017	17.6	32.4(0.0)
4	S	4553.90	105340.74	7162.58234.8	225.8	1410.4	2.500	1.021	20.6	32.4(0.0)
5	S	4555.90	105080.46	7154.09234.5	225.5	1409.8	2.500	1.020	20.7	32.4(0.0)
6	S	3885.67	105040.80	7168.91235.0	226.0	1410.4	2.500	1.017	17.6	32.4(0.0)
7	S	3886.64	105219.99	7158.67234.7	225.7	1409.6	2.500	1.021	17.6	32.4(0.0)
8	S	3889.99	104937.87	7147.97234.3	225.3	1409.1	2.500	1.020	17.6	32.4(0.0)
9	S	3885.67	105040.80	7168.91235.0	226.0	1410.4	2.500	1.017	17.6	32.4(0.0)
10	S	3885.68	105042.18	7169.05235.0	226.0	1410.4	2.500	1.017	17.6	32.4(0.0)
11	S	2909.67	104997.91	7163.41234.8	225.8	1409.6	2.500	1.018	13.2	32.4(0.0)
12	S	2914.76	104484.10	7142.25234.1	225.1	1408.7	2.500	1.016	13.2	32.4(0.0)
13	S	2909.24	104661.28	7175.21235.2	226.2	1410.5	2.500	1.012	13.1	32.4(0.0)
14	S	3577.37	104975.90	7170.06235.0	226.0	1410.4	2.500	1.016	16.2	32.4(0.0)
15	S	3577.37	104975.90	7170.06235.0	226.0	1410.4	2.500	1.016	16.2	32.4(0.0)
16	S	3579.43	104713.31	7161.04234.7	225.7	1409.9	2.500	1.015	16.2	32.4(0.0)
17	S	2909.24	104661.28	7175.21235.2	226.2	1410.5	2.500	1.012	13.1	32.4(0.0)
18	S	2910.38	104841.77	7165.06234.9	225.9	1409.6	2.500	1.016	13.2	32.4(0.0)
19	S	2914.23	104544.76	7152.39234.5	225.5	1409.3	2.500	1.015	13.2	32.4(0.0)
20	S	2065.66	104548.12	7171.96235.1	226.1	1409.6	2.500	1.012	9.3	32.4(0.0)
21	S	6853.67	104729.61	7179.09235.3	226.3	1410.1	2.500	1.013	31.0	32.4(0.0)
22	S	6853.65	104668.45	7180.37235.3	226.3	1410.1	2.500	1.012	31.0	32.4(0.0)
23	S	3144.01	104554.67	7163.67234.8	225.8	1409.9	2.500	1.013	14.2	32.4(0.0)

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	55 di 63

24	S	3144.01	104495.62	7165.06234.9	225.9	1409.9	2.500	1.012	14.2	32.4(0.0)
25	S	3134.18	104844.62	7173.50235.1	226.1	1410.4	2.500	1.014	14.2	32.4(0.0)
26	S	3134.16	104639.37	7177.61235.3	226.3	1410.4	2.500	1.012	14.2	32.4(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	0.84	240.0	1410.0	-9.2	9.0	9.0	37160	743.3
2	S	1.00	240.0	1410.0	-8.7	9.0	9.0	34168	743.3
3	S	1.08	240.0	1410.0	-10.9	9.0	9.0	19239	461.9
4	S	0.85	240.0	1410.0	-9.8	9.0	9.0	37949	743.3
5	S	1.27	240.0	1410.0	-19.6	9.0	9.0	37850	743.3
6	S	1.34	240.0	1410.0	-21.6	9.0	9.0	36750	743.3
7	S	0.85	240.0	1410.0	-9.8	9.0	9.0	37949	743.3
8	S	0.96	240.0	1410.0	-9.1	9.0	9.0	34412	743.3
9	S	1.02	240.0	1410.0	-10.6	9.0	9.0	23171	557.5
10	S	0.66	240.0	1410.0	-4.3	9.0	9.0	27872	743.3

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00005	0	0.500	26.0	77	0.00003 (0.00003)	483	0.013 (0.20)	25340.75	82908.47
2	S	-0.00005	0	0.500	26.0	77	0.00003 (0.00003)	465	0.012 (0.20)	27620.52	91084.08
3	S	-0.00006	0	0.500	26.0	77	0.00003 (0.00003)	446	0.015 (0.20)	73355.74	71403.65
4	S	-0.00005	0	0.500	26.0	77	0.00003 (0.00003)	487	0.014 (0.20)	20354.78	82975.87
5	S	-0.00011	0	0.500	26.0	77	0.00006 (0.00006)	487	0.029 (0.20)	16799.05	74537.84
6	S	-0.00012	0	0.500	26.0	77	0.00006 (0.00006)	480	0.031 (0.20)	39313.79	66718.33
7	S	-0.00005	0	0.500	26.0	77	0.00003 (0.00003)	487	0.014 (0.20)	20354.78	82975.87
8	S	-0.00005	0	0.500	26.0	77	0.00003 (0.00003)	466	0.013 (0.20)	30541.71	86715.60
9	S	-0.00006	0	0.500	26.0	77	0.00003 (0.00003)	446	0.014 (0.20)	61414.02	73824.17
10	S	-0.00002	0	0.500	26.0	77	0.00001 (0.00001)	428	0.005 (0.20)	32265.59	102822.54

**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.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	56 di 63

1	S	0.88	240.0	1410.0	-7.0	9.0	9.0	36802	743.3
2	S	0.94	240.0	1410.0	-8.5	9.0	9.0	22574	562.8
3	S	0.77	240.0	1410.0	-7.6	9.0	9.0	35333	743.3
4	S	1.08	240.0	1410.0	-14.6	9.0	9.0	36472	743.3
5	S	1.13	240.0	1410.0	-15.8	9.0	9.0	37706	743.3
6	S	0.77	240.0	1410.0	-7.6	9.0	9.0	35333	743.3
7	S	0.86	240.0	1410.0	-7.3	9.0	9.0	36953	743.3
8	S	0.89	240.0	1410.0	-8.3	9.0	9.0	28564	716.8
9	S	0.77	240.0	1410.0	-7.6	9.0	9.0	35333	743.3
10	S	0.62	240.0	1410.0	-3.5	9.0	9.0	30705	743.3

**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	-0.00004	0	0.500	26.0	77	0.00002 (0.00002)	481	0.010 (0.20)	13699.05	99445.98
2	S	-0.00005	0	0.500	26.0	77	0.00003 (0.00003)	439	0.011 (0.20)	57984.49	79982.44
3	S	-0.00004	0	0.500	26.0	77	0.00002 (0.00002)	472	0.011 (0.20)	6324.92	92747.66
4	S	-0.00008	0	0.500	26.0	77	0.00004 (0.00004)	479	0.021 (0.20)	8035.80	81397.15
5	S	-0.00009	0	0.500	26.0	77	0.00005 (0.00005)	486	0.023 (0.20)	29845.22	73507.06
6	S	-0.00004	0	0.500	26.0	77	0.00002 (0.00002)	472	0.011 (0.20)	6324.92	92747.66
7	S	-0.00004	0	0.500	26.0	77	0.00002 (0.00002)	482	0.011 (0.20)	16328.38	95517.60
8	S	-0.00005	0	0.500	26.0	77	0.00002 (0.00002)	438	0.011 (0.20)	46093.90	82754.27
9	S	-0.00004	0	0.500	26.0	77	0.00002 (0.00002)	472	0.011 (0.20)	6324.92	92747.66
10	S	-0.00002	0	0.500	26.0	77	0.00001 (0.00001)	444	0.005 (0.20)	12346.00	116671.55

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.82	240.0	1410.0	-9.4	9.0	9.0	35388	743.3

**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	-0.00005	0	0.500	26.0	77	0.00003 (0.00003)	472	0.013 (0.20)	6138.32	87845.71

### 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 :

$$N_{\max} = 4193 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{\max} = 440 \text{ kN (CC. SLV)}$$

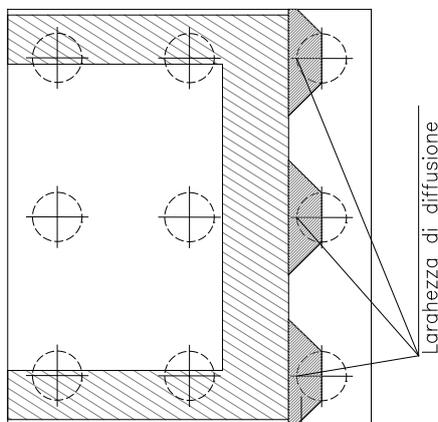
$$N_{\max} = 3299 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 642 \text{ kN (CC. SLV)}$$

#### 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).

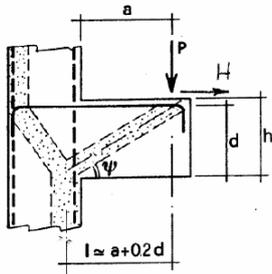
La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.



**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<sub>Ed</sub>, H<sub>Ed</sub>)**

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

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

**Pr : 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**

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

**Dati di progetto**

b(m)=	1.20	m	dimensione trasversale verifica
P <sub>Ed</sub> (KN) =	4193.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub> (KN) =	440.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	0.40	m	distanza P da incastro
h(m) =	1.50	m	spessore mensola
δ(m) =	0.12	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
d(m) =	1.38	m	altezza utile
l(m) =	0.68	m	a+0,2d
λ =	0.54		λ=ctgψ≈l/(0,9d).

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

c(m) = 1.00

**Caratteristiche Materiali**

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

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>						
n° R1 =	1	φ1(mm) =	22.0	p1(cm) =	10.0	θ1° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	380.13	nb tot 1 =	12.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	4561.59	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	4561.59
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
n° R2 =	1	φ2(mm) =	22.0	p2(cm) =	10.0	θ2° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	380.13	nb tot 2 =	12.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	4561.59	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	4561.59
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
n° R3 =	0	φ3(mm) =	24.0	p3(cm) =	10.0	θ3° =	0.0
A <sub>φ i</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	452.39	nb tot 3 =	0.0	A <sub>φ TOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00	A <sub>φ CAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	0.00

**Verifiche di resistenza**

Ψ =	<input type="text" value="1.072"/>	rad	=	<input type="text" value="61.44"/>	°
P <sub>RS</sub> =	<input type="text" value="5745.5"/>	KN		<input type="text" value="PRs&gt;PEd- Verifica Soddisfatta"/>	
P <sub>RC</sub> =	<input type="text" value="7205.3"/>	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

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 2.7$  (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	Ty,A [kN]
4193	1188		440
883	1188		440
3299	1732		642
237	1732		642

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\varnothing 120$  cm

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

La lunghezza del palo è pari a  $L = 30.00$  m

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 * \beta 2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$ :	0.50		
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	60 di 63

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	51.0	20	26
2	0.0	0.0	46.0	20	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	4193.00	1188.00	0.00	440.00	0.00
2	883.00	1188.00	0.00	440.00	0.00
3	3299.00	1732.00	0.00	642.00	0.00
4	237.00	1732.00	0.00	642.00	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	3009.00	817.00	0.00
2	940.00	817.00	0.00

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	61 di 63

N° Comb.	N	Mx	My
1	2820.00	752.00 (1489.63)	0.00 (0.00)
2	1000.00	752.00 (755.56)	0.00 (0.00)

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

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.5 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	4193.00	1188.00	0.00	4192.81	4102.48	0.00	3.45	212.4(33.9)
2	S	883.00	1188.00	0.00	883.07	3566.64	0.00	3.00	212.4(33.9)
3	S	3299.00	1732.00	0.00	3298.86	4007.25	0.00	2.31	212.4(33.9)
4	S	237.00	1732.00	0.00	237.28	3404.71	0.00	1.97	212.4(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	0.00290	0.0	51.0	-0.00392	0.0	-51.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00270	0.0	51.0	-0.00643	0.0	-51.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00286	0.0	51.0	-0.00444	0.0	-51.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00263	0.0	51.0	-0.00717	0.0	-51.0

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

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

N° Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000066846	-0.000510770	----	----
2	0.000000000	0.000089431	-0.001865834	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW03 00 003	C	62 di 63

3	0.000000000	0.000071574	-0.000794414	----	----
4	0.000000000	0.000096114	-0.002266848	----	----

**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	440.00	2544.13	1600.21	92.8	76.0	109.6	2.500	1.250	5.9	21.5(0.0)
2	S	440.00	2264.23	1725.95	94.3	82.0	107.2	2.500	1.055	5.5	21.5(0.0)
3	S	642.00	2498.85	1629.31	93.1	77.4	109.6	2.500	1.206	8.5	21.5(0.0)
4	S	642.00	2189.58	1755.95	94.8	83.4	105.9	2.500	1.015	7.9	21.5(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.82	0.0	1410.0	-19.9	0.0	-51.0	327	5.3
2	S	5.52	0.0	1410.0	-88.1	0.0	-51.0	1422	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 Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3T</b>	30	D09CL	NW03 00 003	C	63 di 63

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	0.00006 (0.00006)	534	0.032 (0.20)	1450.60	0.00
2	S	-0.00051	0	0.500	26.0	77	0.00026 (0.00026)	410	0.108 (0.20)	728.96	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	5.38	0.0	1410.0	-17.3	0.0	-51.0	308	5.3
2	S	5.09	0.0	1410.0	-74.8	0.0	-51.0	1376	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	-0.00013	0	0.500	26.0	77	0.00005 (0.00005)	518	0.027 (0.20)	1489.63	0.00
2	S	-0.00044	0	0.500	26.0	77	0.00022 (0.00022)	405	0.091 (0.20)	755.56	0.00