

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

NW05 – VIADOTTO STRADALE SU NV56

Relazione di calcolo spalla

SCALA:

-

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

RS3T 30 D 09 CL NW0500 002 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.05.0.0.002.C

n. Elab.: 09\_694

## 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
4.10	ESCURSIONE LONGITUDIANLE, GIUNTI E VARCHI .....	63

## 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

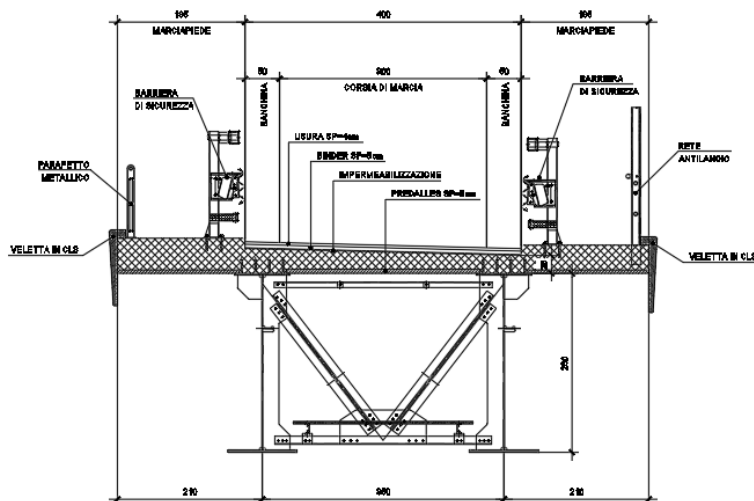
La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto NW05 sulla viabilità NV56. In particolare si tratterà la spalla **A** che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

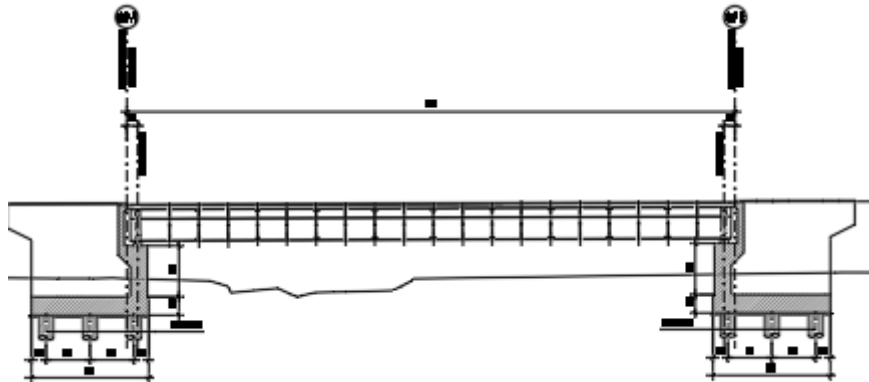
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Sulla NV56 - Viabilità campestre di ricucitura (Ricucitura poderale Strada locale a destinazione particolare Corsia 3.00m + Banchina 0.50m b=4.00) in corrispondenza della progressiva 1+980 viene previsto un viadotto a campata unica di luce 49.0m.

L'impalcato, realizzato tramite due travi in carpenteria metallica collegate in testa da una soletta in c.a. collaborante gettata in opera, poggia su spalle in c.a. fondate su pali di grande diametro.





Sezione trasversale e prospetto

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Ministero delle Infrastrutture, Circolare n°7 21 gennaio 2019, Istruzioni per l'Applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- *Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.*

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

#### Calcestruzzo magro e getti di livellamento

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

#### Calcestruzzo per pali di fondazione

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C25/30
- TIPO CEMENTO CEM III÷V
- RAPPORTO A/C :  $\leq 0.60$
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- COPRIFERRO MINIMO = 60 mm
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 32 mm

#### Calcestruzzo per fondazioni

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

#### Calcestruzzo elevazione

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

IN BARRE E RETI ELETTRICALI

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

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

### 3.1 Verifica S.L.E.

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attese, secondo quanto di seguito specificato

#### 3.1.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente a trazione" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 2019", ovvero:

#### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

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

#### 3.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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



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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

Data la maggior restrittività, alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel DM 17.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 7/19.

## 4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA

### 4.1 Generalità

La spalla presentano una configurazione a paramento di spessore 1.40 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 1.00 m. L'altezza della spalla A (escluso paraghiaia) è pari a 4.20 m.

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

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.20m collegate in testa da una platea di spessore 1.50 m.

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

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

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

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

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

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

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

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

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC18, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

**TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3B)**

**Viadotto NW05**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	13 di 65

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	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ballast	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	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	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 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	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00
Comb. MLmax Q frenatura	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00
Comb. MLmax Q 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	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00
Comb. MLmax Q serpeggio	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00
Vento Ponte Scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	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	SIV - N max	SIV - MT max	SIV - ML max	SIV - MT max	SIV - ML max	SIV - N min		
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Peso proprio g1	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanenti G2	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Ballast	
1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	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	1.00	0.00	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	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Scarico	
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Vento Ponte Carico	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	Attrito permanente	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	Attrito carichi mobili
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	Sisma longitudinale	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	0.30	Sisma trasversale	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	-0.30	-0.30	-1.00	Sisma verticale	

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.5 Geometria della spalla

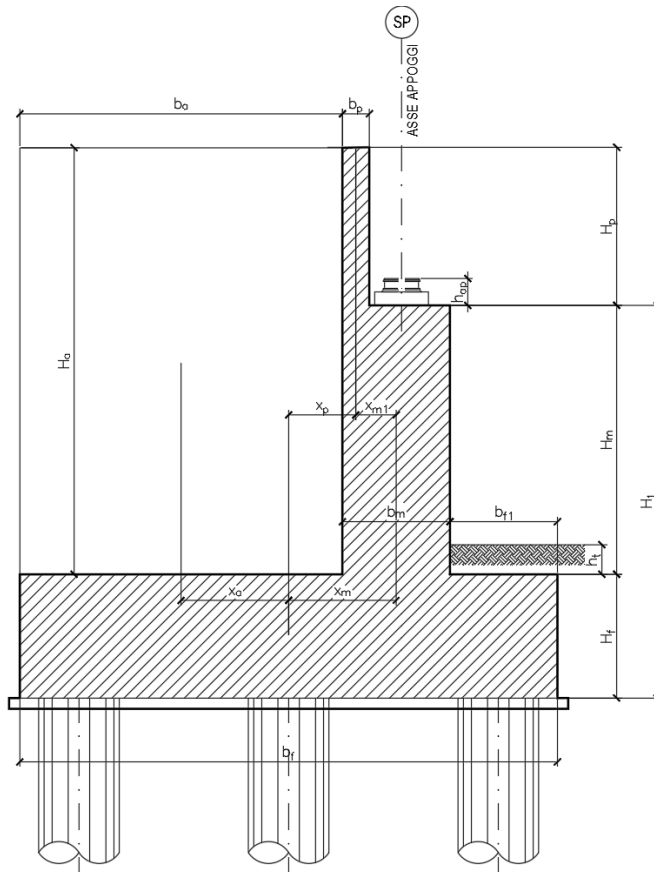


Figura 1 – Significato dei simboli: sezione tipica

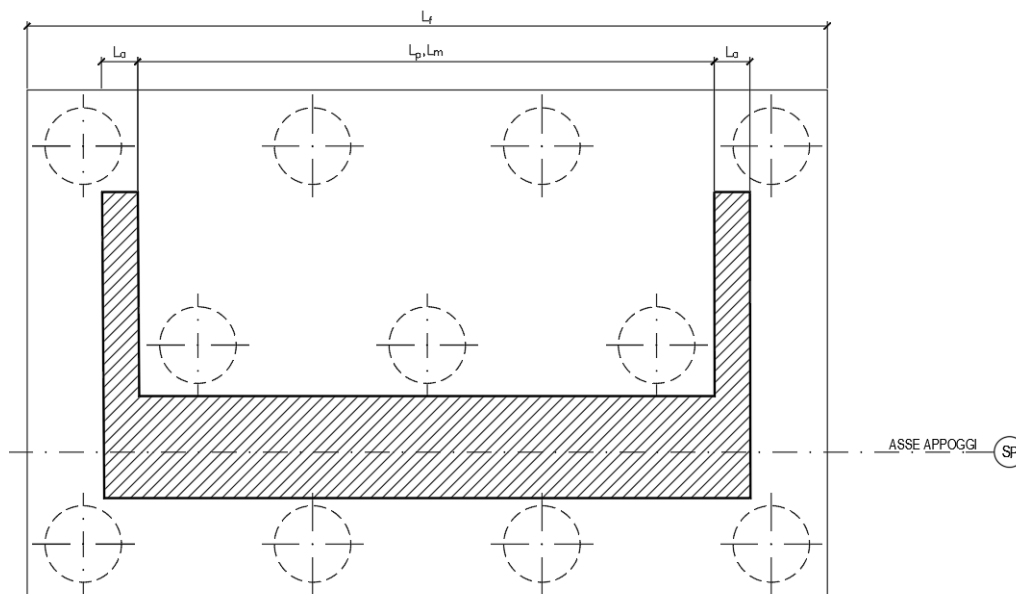


Figura 2 – Significato dei simboli: pianta tipica

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	$H_1$	6.10	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	3.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	6.30	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		6.30	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	2.55	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	4.20	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	1.40	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	5.70	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	4.00	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	$x_{m1}$	-1.45	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.00	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	1.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	9.60	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	9.60	m
Mensola anteriore plinto	$b_{pl}$	0.10	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		4.00	m
Muro andatore			
Altezza	$H_a$	7.70	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	1.00	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	8.10	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_a$	-0.75	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		▼	$K_0 = 0.426$
Sisma			
$S_s$		1.000	
$a_g$		0.136	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.136	
Mononobe e Okabe	$K_{AE}$	0.357	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.068	

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>1</b>	
Lunghezza	L	<b>50</b>	m
Peso Proprio	G1	<b>110</b>	kN/m
Permanenti portati	G2	<b>40</b>	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	<b>2</b>	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	<b>1375.0</b>	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	<b>500.0</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			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio G1	1375			1375			0.00
Permanenti G2	500			500			0.00
							0.00
Comb. Nmax Q1	665			665			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura		0			495		3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga			0			0	3.00
Comb. Nmax Q folla	238			238			0.00
Comb. MTmax Q1	855			475			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura		0			495		3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga			0			0	3.00
Comb. MTmax Q folla	302			64			0.00
Comb. MLmax Q1	0			0			0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura		0			0		3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga			0			0	3.00
Comb. MLmax Q folla							0.00
Vento Ponte Scarico			0			251	3.80
Vento Ponte Carico			0			365	4.50
Attrito permanente		56	56		56	56	0.00
Attrito carichi mobili		26	26		20	20	0.00
Sisma longitudinale		557			546		2.80
Sisma trasversale			278			273	2.80
Sisma verticale	139			137			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	50	50	anni
	αR	1.00	1.00	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	28.02	28.02	m/s
Densità dell'aria	p	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*p*vb²	0.49	0.49	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	7.7	7.7	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	1.71	1.28	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.99	2.12	

#### Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.49	0.49	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.29	2.29	
Coefficiente di forza	cfx	1.99	2.12	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.5	6	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	10.0	14.2	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.23	2.37	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	10.0	14.2	kN/m

#### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	10.0		kN/m
Luce impalcato	L	50		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	251		kN/m

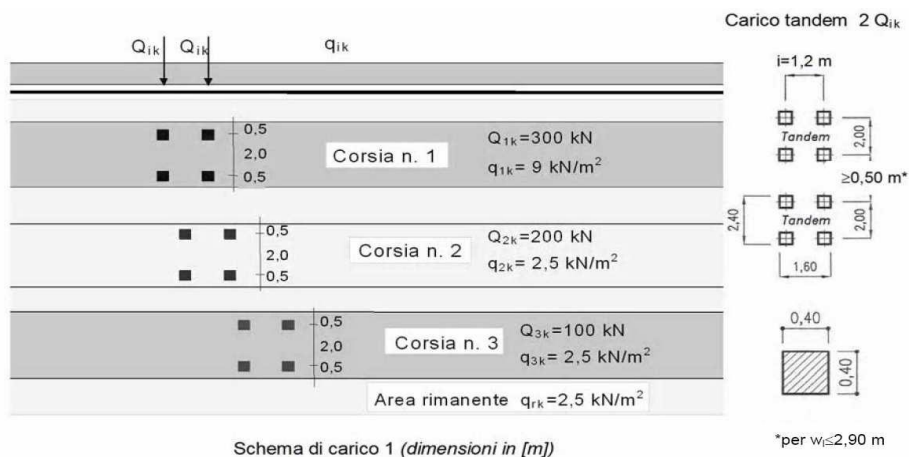
#### Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	14.2		kN/m
Luce impalcato	L	50		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	356		kN/m

#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

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



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

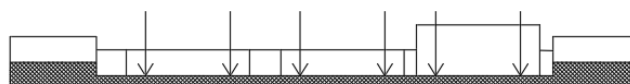
Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia Numero 1	300	9
Corsia Numero 2	200	2,5
Corsia Numero 3	100	2,5
Altre corsie	0,00	2,50

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

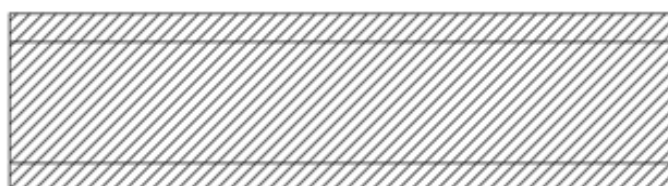
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

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

SEZIONE TRASVERSALE

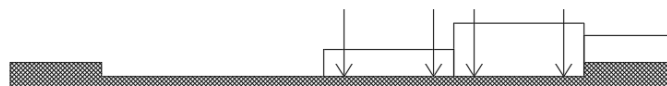


PIANTA

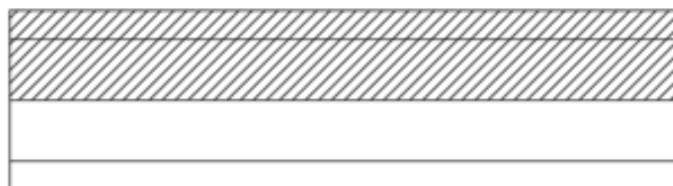


- Mt max, massimo momento lungo l'asse x (direzione di marcia): il carico è presente solo da un lato della carreggiata. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE



PIANTA



#### 4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

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

Centrifuga		
Raggio planimetrico	10000	m
n° corsie	1	
Qv	600	kN
q4	0	kN

#### 4.6.6 Spinta statica del terrapieno

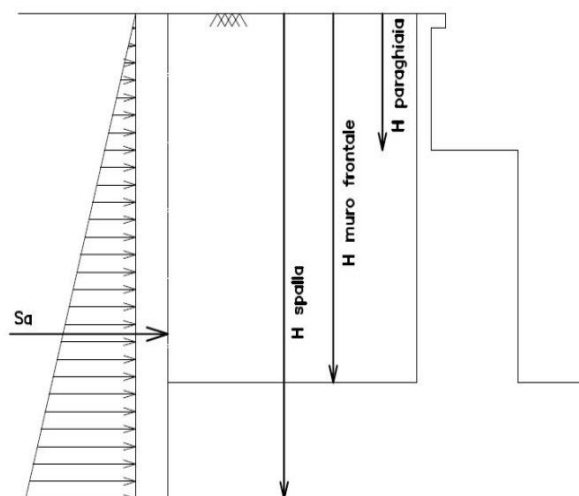
A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

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  $K_o = 1 - \text{sen } \phi$ .

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



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

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

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

#### 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.

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

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

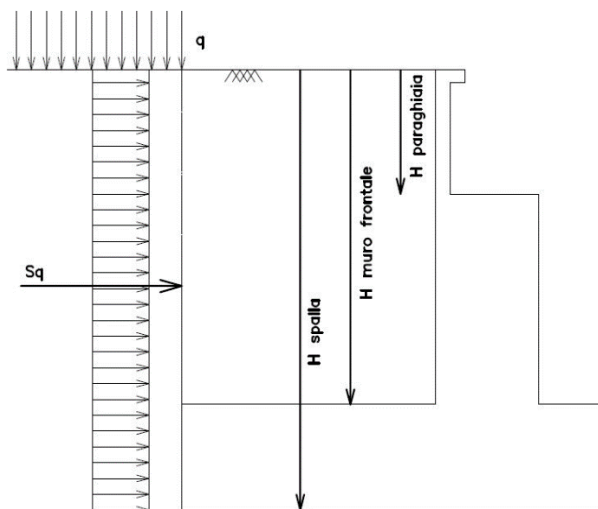
#### 4.6.8 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

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.

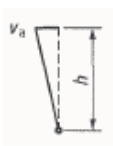
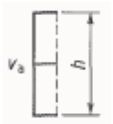
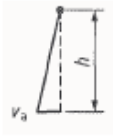

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso delle spalle del viadotto in questione che in virtù della elevata rigidezza 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  $v_d/h$

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

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

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

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

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



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

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

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

$\phi$  = angolo di attrito interno del terreno

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

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

$\delta$  = angolo di attrito terra-muro

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

➤ Valori di progetto

La pericolosità sismica di base è stata definita sulla base delle coordinate geografiche del sito di realizzazione dell'opera:

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO


**Ricerca per coordinate**

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

**Ricerca per comune**

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

**Reticolo di riferimento**



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

Interpolazione:

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

Elaborazioni grafiche

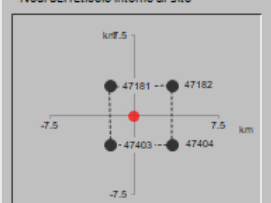
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_n$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_d$   info

Valori di progetto

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

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

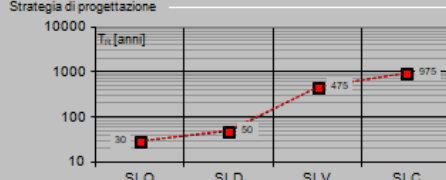
Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{vk} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
SLD - $P_{vk} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{vk} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>
SLC - $P_{vk} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>

**Strategia di progettazione**



LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

Elaborazioni

Grafici parametri azione

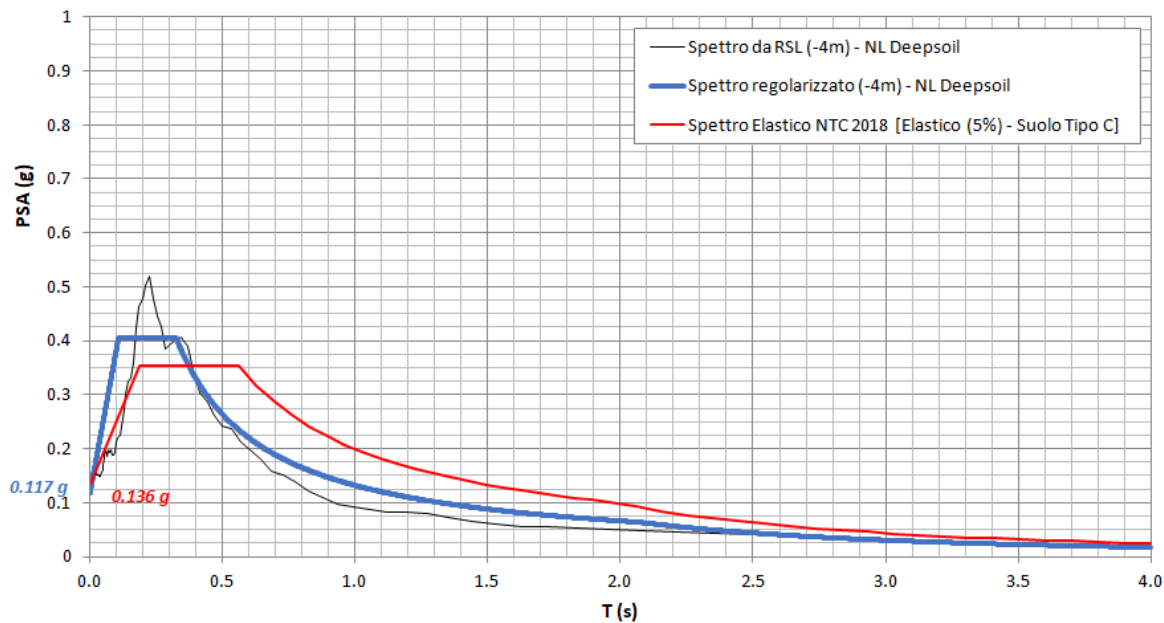
Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

INTRO FASE 2 FASE 1 FASE 3

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

NV56A-NW05 - prova: DH3A550



Poiché per  $T=0$  lo spettro di Normativa risulta maggiore, non verrà utilizzato lo spettro di RSL.

#### 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	$k_h$	0.136	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.068	
$\theta (+k_v)$		7.3	
$\theta (-k_v)$		8.3	
Mononobe e Okabe (+ $k_v$ )	$K_{AE}$	0.345	
Mononobe e Okabe (- $k_v$ )	$K_{AE}$	0.357	

#### 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	276			0.00	0.00	1.75	0	0
Rinterro	g3		329		0.00	0.00	1.17	0	384
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	3.50	0	630
Sovr. acc. sul rilevato			188		0.00	0.00	1.75	0	329

### 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	276	0	0	-1.45		5.95	0	-400
Muro frontale	g1	1132	0	0			2.10	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>1408</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-400</b>
Rinterro	g3		1947	0			2.57	0	4997
Sovr. acc. sul rilevato			414	0			3.85	0	1593

## 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	276			2.55	0.00	7.45	0	703
Muro frontale	g1	1132			4.00	0.00	3.60	0	4528
Plinto	g1	3456			0.00	0.00	0.75	0	0
Muri andatori	g1	3119			-0.75	0.00	5.35	0	-2339
<b>Totale Permanenti</b>		<b>7982</b>						<b>0</b>	<b>2892</b>
Rinterro	g3	7110			-0.75	0.00	5.35	0	-5333
Ricop. Plinto	g3	380			0.75	0.00	2.00	0	285
Sovr. acc. sul rilevato		1021			-0.75	0.00	9.20	0	-765
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		2779		-0.75	0.00	3.07	0	8523
Sovr. acc. sul rilevato			494		0.00	0.00	4.60	0	2274

➤ 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	276			0.00	0.00	1.75	0	0
Rinterro	g3		209		0.00	0.00	1.17	0	244
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	3.50	0	630
Sovr. acc. sul rilevato			120		0.00	0.00	1.75	0	209

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	37	0	0.00	0.00	1.75	0	66
Rinterro	Inerzia		486				1.75	0	850
	Sovraspinta		81				1.17	0	95
<b>Rinterro [totale]</b>			567					0	945
Sovr. acc. sul rilevato			120		0.00	0.00	1.75	0	209
<b>Totale generale</b>			724					0	1220

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	37	0.00	0.00	1.75	66	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	19	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	276	0	0	-1.45		5.95	0	-400
Muro frontale	g1	1132	0	0			2.10	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>1408</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-400</b>
Rinterro	g3		1237	0			2.57	0	3175
Sovr. acc. sul rilevato			263	0			3.85	0	1012

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		37		-1.45	0.00	5.95	0	223
Muro frontale	q6		154		0.00	0.00	2.10	0	323
Rinterro	Inerzia		967				3.85	0	3723
	Sovraspinta		394				2.57	0	1012
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>1361</b>					<b>0</b>	<b>4735</b>
Sovr. acc. sul rilevato			263				3.85	0	1012
<b>Totale generale</b>			<b>1816</b>					<b>0</b>	<b>6293</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			37	-1.45	0.00	5.95	223	0
Muro frontale	q6			154	0.00	0.00	2.10	323	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>191</b>				<b>546</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	19			-1.45	0.00	5.95	0	-27
Muro frontale	q6	77			0.00	0.00	2.10	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>96</b>						<b>0</b>	<b>-27</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	276			2.55	0.00	7.45	0	703
Muro frontale	g1	1132			4.00	0.00	3.60	0	4528
Plinto	g1	3456			0.00	0.00	0.75	0	0
Muri andatori	g1	3119			-0.75	0.00	5.35	0	-2339
<b>Totale Permanenti</b>		<b>7982</b>						<b>0</b>	<b>2892</b>
Rinterro	g3	7110			-0.75	0.00	5.35	0	-5333
Ricop. Plinto	g3	380			0.75	0.00	2.00	0	285
Sovr. acc. sul rilevato		1021			-0.75	0.00	9.20	0	-765
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		1766		-0.75	0.00	3.07	0	5416
Sovr. acc. sul rilevato			314		0.00	0.00	4.60	0	1445

**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	q6		37		2.55	0.00	7.45	0	279
Muro frontale	q6		154		4.00	0.00	3.60	0	554
Plinto	q6		470		0.00	0.00	0.75	0	353
Muri andatori	q6		424		-0.75	0.00	5.35	0	2269
Rinterro	Inerzia		967		-0.75	0.00	5.35	0	5173
	Sovraspinta		563		-0.75	0.00	3.07	0	1726
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>1530</b>				<b>5.35</b>	<b>0</b>	<b>6899</b>
Sovr. acc. sul rilevato			314		-0.75		5.35	0	1445
<b>Totale generale</b>			<b>2929</b>						<b>11799</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			37	2.55	0.00	7.45	279	0
Muro frontale	q6			154	4.00	0.00	3.60	554	0
Plinto	q6			470	0.00	0.00	0.75	353	0
Muri andatori	q6			424	-0.75	0.00	5.35	2269	0
Rinterro	Inerzia			967	0.00		5.35	5173	0
	Sovraspinta			42			3.07	127	0
<b>Rinterro [totale]</b>				<b>1009</b>				<b>5301</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato				314	-0.75		9.20	2890	0
<b>Totale generale</b>				<b>2408</b>				<b>11646</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	19			2.55	0.00	7.45	0.00	48
Muro frontale	q6	77			4.00	0.00	3.60	0.00	308
Plinto	q6	235			0.00	0.00	0.75	0.00	0
Muri andatori	q6	212			-0.75	0.00	5.35	0.00	-159
Rinterro	q6	483			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Ricop. Plinto	q6	26			0.75	0.00	2.00	0.00	19
<b>Totale generale</b>		<b>1052</b>						<b>0.00</b>	<b>216</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	621	851	0	0	1602
A2 - SLU - MT max gr.1	621	851	0	0	1602
A2 - SLU - ML max gr.1	621	851	0	0	1602
A2 - SLU - N max gr.2	621	851	0	0	1602
A2 - SLU - MT max gr.2	621	851	0	0	1602
A2 - SLU - ML max gr.2	621	851	0	0	1602
A2 - SLU - N max gr.3	621	851	0	0	1602
A2 - SLU - MT max gr.3	621	851	0	0	1602
A2 - SLU - ML max gr.3	621	851	0	0	1602
A2 - SLU - Vento ponte scarico	276	428	0	0	499
A2 - SLU - N max gr.1	621	752	0	0	1487
A2 - SLU - MT max gr.1	621	752	0	0	1487
A2 - SLU - ML max gr.1	621	752	0	0	1487
A2 - SLU - N max gr.2	621	752	0	0	1487
A2 - SLU - MT max gr.2	621	752	0	0	1487
A2 - SLU - ML max gr.2	621	752	0	0	1487
A2 - SLU - N max gr.3	621	752	0	0	1487
A2 - SLU - MT max gr.3	621	752	0	0	1487
A2 - SLU - ML max gr.3	621	752	0	0	1487
A2 - SLU - Vento ponte scarico	276	329	0	0	384
A1 - SLU - N max gr.1	777	991	0	0	1871
A1 - SLU - MT max gr.1	777	991	0	0	1871
A1 - SLU - ML max gr.1	777	991	0	0	1871
A1 - SLU - N max gr.2	777	991	0	0	1871
A1 - SLU - MT max gr.2	777	991	0	0	1871
A1 - SLU - ML max gr.2	777	991	0	0	1871
A1 - SLU - N max gr.3	777	991	0	0	1871
A1 - SLU - MT max gr.3	777	991	0	0	1871
A1 - SLU - ML max gr.3	777	991	0	0	1871
A1 - SLU - Vento ponte scarico	777	991	0	0	1871
A1 - SLU - N max gr.1	681	826	0	0	1679
A1 - SLU - MT max gr.1	681	826	0	0	1679
A1 - SLU - ML max gr.1	681	826	0	0	1679
A1 - SLU - N max gr.2	681	826	0	0	1679
A1 - SLU - MT max gr.2	681	826	0	0	1679
A1 - SLU - ML max gr.2	681	826	0	0	1679
A1 - SLU - N max gr.3	681	826	0	0	1679
A1 - SLU - MT max gr.3	681	826	0	0	1679
A1 - SLU - ML max gr.3	681	826	0	0	1679
A1 - SLU - Vento ponte scarico	276	329	0	0	384
SLE Rara - N max gr.1	576	697	0	0	1343
SLE Rara - MT max gr.1	576	697	0	0	1343
SLE Rara - ML max gr.1	576	697	0	0	1343
SLE Rara - N max gr.2	576	697	0	0	1343
SLE Rara - MT max gr.2	576	697	0	0	1343
SLE Rara - ML max gr.2	576	697	0	0	1343
SLE Rara - N max gr.3	576	697	0	0	1343
SLE Rara - MT max gr.3	576	697	0	0	1343
SLE Rara - ML max gr.3	576	697	0	0	1343
SLE Rara - Vento ponte scarico	276	329	0	0	384
SLE Freq. - N max gr.1	501	605	0	0	1103
SLE Freq. - MT max gr.1	501	605	0	0	1103
SLE Freq. - ML max gr.1	501	605	0	0	1103
SLE Freq. - N max gr.2	501	605	0	0	1103
SLE Freq. - MT max gr.2	501	605	0	0	1103
SLE Freq. - ML max gr.2	501	605	0	0	1103
SLE Freq. - N max gr.3	501	605	0	0	1103
SLE Freq. - MT max gr.3	501	605	0	0	1103
SLE Freq. - ML max gr.3	501	605	0	0	1103
SLE Freq. - Vento ponte scarico	276	329	0	0	384
SLE Q.P. - ML max gr.3	276	329	0	0	384
SLV -dir.X 1	341	874	11	20	1423
SLV -dir.X 2	330	874	11	20	1423
SLV -dir.Y 1	341	450	37	66	715
SLV -dir.Y 2	330	450	37	66	715
SLV -dir.Z+	354	450	11	20	715
SLV -dir.Z-	317	450	11	20	715

**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	7261	3205	483	3505	8842
A2 - SLU - MT max gr.1	7197	3205	483	4509	8842
A2 - SLU - ML max gr.1	5458	3205	483	3505	8842
A2 - SLU - N max gr.2	6605	3775	483	3505	13168
A2 - SLU - MT max gr.2	6605	3775	483	4078	13168
A2 - SLU - ML max gr.2	5458	3205	483	3505	8842
A2 - SLU - N max gr.3	6605	3205	483	3505	8842
A2 - SLU - MT max gr.3	6605	3205	483	4078	8842
A2 - SLU - ML max gr.3	5458	3205	483	3505	8842
A2 - SLU - Vento ponte scarico	5458	2677	473	3414	6769
A2 - SLU - N max gr.1	6961	2587	450	3349	7187
A2 - SLU - MT max gr.1	6897	2587	450	4354	7187
A2 - SLU - ML max gr.1	5158	2587	450	3349	7187
A2 - SLU - N max gr.2	6305	3157	450	3349	11514
A2 - SLU - MT max gr.2	6305	3157	450	3923	11514
A2 - SLU - ML max gr.2	5158	2587	450	3349	7187
A2 - SLU - N max gr.3	6305	2587	450	3349	7187
A2 - SLU - MT max gr.3	6305	2587	450	3923	7187
A2 - SLU - ML max gr.3	5158	2587	450	3349	7187
A2 - SLU - Vento ponte scarico	5158	2059	439	3258	5115
A1 - SLU - N max gr.1	9229	3709	559	4049	10165
A1 - SLU - MT max gr.1	9155	3709	559	5228	10165
A1 - SLU - ML max gr.1	7113	3709	559	4049	10165
A1 - SLU - N max gr.2	8459	4377	559	4049	15244
A1 - SLU - MT max gr.2	8459	4377	559	4722	15244
A1 - SLU - ML max gr.2	7113	3709	559	4049	10165
A1 - SLU - N max gr.3	8459	3709	559	4049	10165
A1 - SLU - MT max gr.3	8459	3709	559	4722	10165
A1 - SLU - ML max gr.3	7113	3709	559	4049	10165
A1 - SLU - Vento ponte scarico	7113	3709	607	4222	10165
A1 - SLU - N max gr.1	7274	2679	503	3790	7548
A1 - SLU - MT max gr.1	7200	2679	503	4969	7548
A1 - SLU - ML max gr.1	5158	2679	503	3790	7548
A1 - SLU - N max gr.2	6504	3348	503	3790	12627
A1 - SLU - MT max gr.2	6504	3348	503	3790	12627
A1 - SLU - ML max gr.2	6504	3348	503	4463	12627
A1 - SLU - N max gr.3	5158	2679	503	3790	7548
A1 - SLU - MT max gr.3	6504	2679	503	3790	7548
A1 - SLU - ML max gr.3	6504	2679	503	4463	7548
A1 - SLU - Vento ponte scarico	5158	2121	503	3790	5398
SLE Rara - N max gr.1	5158	2473	489	3680	6707
SLE Rara - MT max gr.1	6726	2519	377	2720	6917
SLE Rara - ML max gr.1	6671	2519	377	3593	6917
SLE Rara - N max gr.2	5158	2519	377	2720	6917
SLE Rara - MT max gr.2	6155	3014	377	2720	10679
SLE Rara - ML max gr.2	6155	3014	377	3219	10679
SLE Rara - N max gr.3	5158	2519	377	2720	6917
SLE Rara - MT max gr.3	6155	2519	377	2720	6917
SLE Rara - ML max gr.3	6155	2519	377	3219	6917
SLE Rara - Vento ponte scarico	5158	2105	377	2720	5324
SLE Freq. - N max gr.1	6334	2404	147	675	6466
SLE Freq. - MT max gr.1	6292	2404	147	1330	6466
SLE Freq. - ML max gr.1	5158	2404	147	675	6466
SLE Freq. - N max gr.2	5906	2775	147	675	9288
SLE Freq. - MT max gr.2	5906	2775	147	1049	9288
SLE Freq. - ML max gr.2	5158	2404	147	675	6466
SLE Freq. - N max gr.3	5906	2404	147	675	6466
SLE Freq. - MT max gr.3	5906	2404	147	1049	6466
SLE Freq. - ML max gr.3	5158	2404	147	675	6466
SLE Freq. - Vento ponte scarico	5158	2059	163	939	5115
SLE Q.P. - ML max gr.3	5158	2519	158	727	6917
SLV -dir.X 1	5269	4067	344	1949	16970
SLV -dir.X 2	5046	4067	344	1946	16987
SLV -dir.Y 1	5572	2307	864	5362	8314
SLV -dir.Y 2	5349	2307	864	5359	8330
SLV -dir.Z+	5843	2307	344	1952	8295
SLV -dir.Z-	5100	2307	344	1943	8349

**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	24746	4380	483	4230	33769
A2 - SLU - MT max gr.1	24683	4380	483	5234	33516
A2 - SLU - ML max gr.1	22943	4380	483	4230	26556
A2 - SLU - N max gr.2	24090	4949	483	4230	36325
A2 - SLU - MT max gr.2	24090	4949	483	4803	36325
A2 - SLU - ML max gr.2	22943	4380	483	4230	26556
A2 - SLU - N max gr.3	24090	4380	483	4230	31144
A2 - SLU - MT max gr.3	24090	4380	483	4803	31144
A2 - SLU - ML max gr.3	22943	4380	483	4230	26556
A2 - SLU - Vento ponte scarico	21770	3759	473	4122	24501
A2 - SLU - N max gr.1	22199	3513	450	4024	31320
A2 - SLU - MT max gr.1	22136	3513	450	5028	31067
A2 - SLU - ML max gr.1	20396	3513	450	4024	24107
A2 - SLU - N max gr.2	21543	4082	450	4024	33876
A2 - SLU - MT max gr.2	21543	4082	450	4598	33876
A2 - SLU - ML max gr.2	20396	3513	450	4024	24107
A2 - SLU - N max gr.3	21543	3513	450	4024	28696
A2 - SLU - MT max gr.3	21543	3513	450	4598	28696
A2 - SLU - ML max gr.3	20396	3513	450	4024	24107
A2 - SLU - Vento ponte scarico	19222	2892	439	3917	22053
A1 - SLU - N max gr.1	30718	5066	559	4887	41875
A1 - SLU - MT max gr.1	30644	5066	559	6066	41578
A1 - SLU - ML max gr.1	28602	5066	559	4887	33408
A1 - SLU - N max gr.2	29948	5735	559	4887	44875
A1 - SLU - MT max gr.2	29948	5735	559	5560	44875
A1 - SLU - ML max gr.2	28602	5066	559	4887	33408
A1 - SLU - N max gr.3	29948	5066	559	4887	38794
A1 - SLU - MT max gr.3	29948	5066	559	5560	38794
A1 - SLU - ML max gr.3	28602	5066	559	4887	33408
A1 - SLU - Vento ponte scarico	28602	5066	607	5132	33408
A1 - SLU - N max gr.1	22717	3621	503	4544	32932
A1 - SLU - MT max gr.1	22643	3621	503	5723	32635
A1 - SLU - ML max gr.1	20600	3621	503	4544	24465
A1 - SLU - N max gr.2	21947	4289	503	4544	35932
A1 - SLU - MT max gr.2	21947	4289	503	4544	35932
A1 - SLU - ML max gr.2	21947	4289	503	5217	35932
A1 - SLU - N max gr.3	20600	3621	503	4544	24465
A1 - SLU - MT max gr.3	21947	3621	503	4544	29851
A1 - SLU - ML max gr.3	21947	3621	503	5217	29851
A1 - SLU - Vento ponte scarico	19222	2953	503	4544	22428
SLE Rara - N max gr.1	20243	3386	489	4414	23561
SLE Rara - MT max gr.1	21811	3432	377	3286	30112
SLE Rara - ML max gr.1	21756	3432	377	4159	29892
SLE Rara - N max gr.2	20243	3432	377	3286	23840
SLE Rara - MT max gr.2	21241	3927	377	3286	32334
SLE Rara - ML max gr.2	21241	3927	377	3785	32334
SLE Rara - N max gr.3	20243	3432	377	3286	23840
SLE Rara - MT max gr.3	21241	3432	377	3286	27830
SLE Rara - ML max gr.3	21241	3432	377	3785	27830
SLE Rara - Vento ponte scarico	19222	2937	377	3286	22331
SLE Freq. - N max gr.1	21164	3297	147	895	28097
SLE Freq. - MT max gr.1	21123	3297	147	1550	27932
SLE Freq. - ML max gr.1	19988	3297	147	895	23393
SLE Freq. - N max gr.2	20736	3668	147	895	29764
SLE Freq. - MT max gr.2	20736	3668	147	1269	29764
SLE Freq. - ML max gr.2	19988	3297	147	895	23393
SLE Freq. - N max gr.3	20736	3297	147	895	26385
SLE Freq. - MT max gr.3	20736	3297	147	1269	26385
SLE Freq. - ML max gr.3	19988	3297	147	895	23393
SLE Freq. - Vento ponte scarico	19222	2892	163	1183	22053
SLE Q.P. - ML max gr.3	20243	3432	158	964	23840
SLV -dir.X 1	19825	5669	934	5015	39702
SLV -dir.X 2	19028	5669	934	5013	38911
SLV -dir.Y 1	20127	3165	2830	15159	27695
SLV -dir.Y 2	19331	3165	2830	15156	26904
SLV -dir.Z+	21068	3165	934	5019	28662
SLV -dir.Z-	18412	3165	934	5010	26025

**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	30718	5066	559	4887	41875	5578	1248	566
Al - SLU - MT max gr.1	30644	5066	559	6066	41578	5611	1199	566
Al - SLU - ML max gr.1	28602	5066	559	4887	33408	4951	1405	566
Al - SLU - N max gr.2	29948	5735	559	4887	44875	5631	1024	640
Al - SLU - MT max gr.2	29948	5735	559	5560	44875	5663	993	640
Al - SLU - ML max gr.2	28602	5066	559	4887	33408	4951	1405	566
Al - SLU - N max gr.3	29948	5066	559	4887	38794	5350	1305	566
Al - SLU - MT max gr.3	29948	5066	559	5560	38794	5381	1274	566
Al - SLU - ML max gr.3	28602	5066	559	4887	33408	4951	1405	566
Al - SLU - Vento ponte scarico	28602	5066	607	5132	33408	4962	1394	567
Al - SLU - N max gr.1	22717	3621	503	4544	32932	4259	789	406
Al - SLU - MT max gr.1	22643	3621	503	5723	32635	4292	740	406
Al - SLU - ML max gr.1	20600	3621	503	4544	24465	3632	946	406
Al - SLU - N max gr.2	21947	4289	503	4544	35932	4312	565	480
Al - SLU - MT max gr.2	21947	4289	503	4544	35932	4312	565	480
Al - SLU - ML max gr.2	21947	4289	503	5217	35932	4344	533	480
Al - SLU - N max gr.3	20600	3621	503	4544	24465	3632	946	406
Al - SLU - MT max gr.3	21947	3621	503	4544	29851	4031	846	406
Al - SLU - ML max gr.3	21947	3621	503	5217	29851	4062	815	406
Al - SLU - Vento ponte scarico	19222	2953	503	4544	22428	3385	887	333
						5663	533	640

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	19825	5669	934	5015	39702	4273	133	638
SLV -dir.X 2	19028	5669	934	5013	38911	4148	81	638
SLV -dir.Y 1	20127	3165	2830	15159	27695	4220	252	472
SLV -dir.Y 2	19331	3165	2830	15156	26904	4095	201	472
SLV -dir.Z+	21068	3165	934	5019	28662	3900	782	367
SLV -dir.Z-	18412	3165	934	5010	26025	3483	609	367
						4273	81	638

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	20243	3386	489	4414	23561	3544	954	380
SLE Rara - MT max gr.1	21811	3432	377	3286	30112	3970	877	384
SLE Rara - ML max gr.1	21756	3432	377	4159	29892	3994	841	384
SLE Rara - N max gr.2	20243	3432	377	3286	23840	3505	993	384
SLE Rara - MT max gr.2	21241	3927	377	3286	32334	4009	711	438
SLE Rara - ML max gr.2	21241	3927	377	3785	32334	4032	688	438
SLE Rara - N max gr.3	20243	3432	377	3286	23840	3505	993	384
SLE Rara - MT max gr.3	21241	3432	377	3286	27830	3801	920	384
SLE Rara - ML max gr.3	21241	3432	377	3785	27830	3824	896	384
SLE Rara - Vento ponte scarico	19222	2937	377	3286	22331	3322	950	329
						4032	688	438

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 0.5x6.30 m

Armatura verticale

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

$A'_s = \phi 16/10$  (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 14/20$

$A'_s = \phi 12/20$

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice: X [cm] Y [cm]

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	43 di 65

1	0.0	0.0
2	0.0	630.0
3	50.0	630.0
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	621.7	16
3	41.7	621.7	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	60	20
2	3	4	60	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	777.00	0.00	1871.00	0.00	991.00
2	777.00	0.00	1871.00	0.00	991.00
3	777.00	0.00	1871.00	0.00	991.00
4	777.00	0.00	1871.00	0.00	991.00
5	777.00	0.00	1871.00	0.00	991.00
6	777.00	0.00	1871.00	0.00	991.00
7	777.00	0.00	1871.00	0.00	991.00
8	777.00	0.00	1871.00	0.00	991.00
9	777.00	0.00	1871.00	0.00	991.00
10	777.00	0.00	1871.00	0.00	991.00
11	681.00	0.00	1679.00	0.00	826.00
12	681.00	0.00	1679.00	0.00	826.00
13	681.00	0.00	1679.00	0.00	826.00
14	681.00	0.00	1679.00	0.00	826.00
15	681.00	0.00	1679.00	0.00	826.00
16	681.00	0.00	1679.00	0.00	826.00
17	681.00	0.00	1679.00	0.00	826.00
18	681.00	0.00	1679.00	0.00	826.00
19	681.00	0.00	1679.00	0.00	826.00
20	276.00	0.00	384.00	0.00	329.00
21	341.00	20.00	1423.00	11.00	874.00
22	330.00	20.00	1423.00	11.00	874.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	44 di 65

23	341.00	66.00	715.00	37.00	450.00
24	330.00	66.00	715.00	37.00	450.00
25	354.00	20.00	715.00	11.00	450.00
26	317.00	20.00	715.00	11.00	450.00

**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	576.00	0.00	1343.00
2	576.00	0.00	1343.00
3	576.00	0.00	1343.00
4	576.00	0.00	1343.00
5	576.00	0.00	1343.00
6	576.00	0.00	1343.00
7	576.00	0.00	1343.00
8	576.00	0.00	1343.00
9	576.00	0.00	1343.00
10	276.00	0.00	384.00

**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	501.00	0.00 (0.00)	1103.00 (1035.44)
2	501.00	0.00 (0.00)	1103.00 (1035.44)
3	501.00	0.00 (0.00)	1103.00 (1035.44)
4	501.00	0.00 (0.00)	1103.00 (1035.44)
5	501.00	0.00 (0.00)	1103.00 (1035.44)
6	501.00	0.00 (0.00)	1103.00 (1035.44)
7	501.00	0.00 (0.00)	1103.00 (1035.44)
8	501.00	0.00 (0.00)	1103.00 (1035.44)
9	501.00	0.00 (0.00)	1103.00 (1035.44)
10	276.00	0.00 (0.00)	384.00 (1059.90)

**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	276.00	0.00 (0.00)	384.00 (1059.90)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	45 di 65

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.1 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis. Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis. Sic.	As Tesa
1	S	777.00	0.00	1871.00	776.98	0.01	3033.69	1.62	192.5(56.4)
2	S	777.00	0.00	1871.00	776.98	0.01	3033.69	1.62	192.5(56.4)
3	S	777.00	0.00	1871.00	776.98	0.01	3033.69	1.62	192.5(56.4)
4	S	777.00	0.00	1871.00	776.98	0.01	3033.69	1.62	192.5(56.4)
5	S	777.00	0.00	1871.00	776.98	0.01	3033.69	1.62	192.5(56.4)
6	S	777.00	0.00	1871.00	776.98	0.01	3033.69	1.62	192.5(56.4)
7	S	777.00	0.00	1871.00	776.98	0.01	3033.69	1.62	192.5(56.4)
8	S	777.00	0.00	1871.00	776.98	0.01	3033.69	1.62	192.5(56.4)
9	S	777.00	0.00	1871.00	776.98	0.01	3033.69	1.62	192.5(56.4)
10	S	777.00	0.00	1871.00	776.98	0.01	3033.69	1.62	192.5(56.4)
11	S	681.00	0.00	1679.00	681.11	0.01	3017.09	1.79	192.5(56.4)
12	S	681.00	0.00	1679.00	681.11	0.01	3017.09	1.79	192.5(56.4)
13	S	681.00	0.00	1679.00	681.11	0.01	3017.09	1.79	192.5(56.4)
14	S	681.00	0.00	1679.00	681.11	0.01	3017.09	1.79	192.5(56.4)
15	S	681.00	0.00	1679.00	681.11	0.01	3017.09	1.79	192.5(56.4)
16	S	681.00	0.00	1679.00	681.11	0.01	3017.09	1.79	192.5(56.4)
17	S	681.00	0.00	1679.00	681.11	0.01	3017.09	1.79	192.5(56.4)
18	S	681.00	0.00	1679.00	681.11	0.01	3017.09	1.79	192.5(56.4)
19	S	681.00	0.00	1679.00	681.11	0.01	3017.09	1.79	192.5(56.4)
20	S	276.00	0.00	384.00	275.97	0.04	2946.86	7.64	192.5(56.4)
21	S	341.00	20.00	1423.00	340.92	51.34	2962.24	2.08	192.5(56.4)
22	S	330.00	20.00	1423.00	329.91	51.59	2960.35	2.08	192.5(56.4)
23	S	341.00	66.00	715.00	341.01	266.69	2966.71	4.14	192.5(56.4)
24	S	330.00	66.00	715.00	330.28	263.26	2964.91	4.14	192.5(56.4)
25	S	354.00	20.00	715.00	353.85	91.00	2967.69	4.14	192.5(56.4)
26	S	317.00	20.00	715.00	317.08	94.21	2961.54	4.13	192.5(56.4)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.203	50.0	630.0	0.00007	41.7	621.7	-0.01372	8.3	8.3
2	0.00350	0.203	50.0	630.0	0.00007	41.7	621.7	-0.01372	8.3	8.3

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	46 di 65

3	0.00350	0.203	50.0	630.0	0.00007	41.7	621.7	-0.01372	8.3	8.3
4	0.00350	0.203	50.0	630.0	0.00007	41.7	621.7	-0.01372	8.3	8.3
5	0.00350	0.203	50.0	630.0	0.00007	41.7	621.7	-0.01372	8.3	8.3
6	0.00350	0.203	50.0	630.0	0.00007	41.7	621.7	-0.01372	8.3	8.3
7	0.00350	0.203	50.0	630.0	0.00007	41.7	621.7	-0.01372	8.3	8.3
8	0.00350	0.203	50.0	630.0	0.00007	41.7	621.7	-0.01372	8.3	8.3
9	0.00350	0.203	50.0	630.0	0.00007	41.7	621.7	-0.01372	8.3	8.3
10	0.00350	0.203	50.0	630.0	0.00007	41.7	621.7	-0.01372	8.3	8.3
11	0.00350	0.202	50.0	630.0	0.00005	41.7	621.7	-0.01382	8.3	8.3
12	0.00350	0.202	50.0	630.0	0.00005	41.7	621.7	-0.01382	8.3	8.3
13	0.00350	0.202	50.0	630.0	0.00005	41.7	621.7	-0.01382	8.3	8.3
14	0.00350	0.202	50.0	630.0	0.00005	41.7	621.7	-0.01382	8.3	8.3
15	0.00350	0.202	50.0	630.0	0.00005	41.7	621.7	-0.01382	8.3	8.3
16	0.00350	0.202	50.0	630.0	0.00005	41.7	621.7	-0.01382	8.3	8.3
17	0.00350	0.202	50.0	630.0	0.00005	41.7	621.7	-0.01382	8.3	8.3
18	0.00350	0.202	50.0	630.0	0.00005	41.7	621.7	-0.01382	8.3	8.3
19	0.00350	0.202	50.0	630.0	0.00005	41.7	621.7	-0.01382	8.3	8.3
20	0.00350	0.197	50.0	630.0	-0.00003	41.7	621.7	-0.01423	8.3	8.3
21	0.00350	0.198	50.0	630.0	-0.00001	41.7	621.7	-0.01415	8.3	8.3
22	0.00350	0.198	50.0	630.0	-0.00001	41.7	621.7	-0.01416	8.3	8.3
23	0.00350	0.199	50.0	630.0	0.00002	41.7	621.7	-0.01409	8.3	8.3
24	0.00350	0.199	50.0	630.0	0.00002	41.7	621.7	-0.01410	8.3	8.3
25	0.00350	0.199	50.0	630.0	0.00000	41.7	621.7	-0.01413	8.3	8.3
26	0.00350	0.198	50.0	630.0	0.00000	41.7	621.7	-0.01417	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	0.000413002	0.000000000	-0.017150096	0.203	0.700
2	0.000413002	0.000000000	-0.017150096	0.203	0.700
3	0.000413002	0.000000000	-0.017150096	0.203	0.700
4	0.000413002	0.000000000	-0.017150096	0.203	0.700
5	0.000413002	0.000000000	-0.017150096	0.203	0.700
6	0.000413002	0.000000000	-0.017150096	0.203	0.700
7	0.000413002	0.000000000	-0.017150096	0.203	0.700
8	0.000413002	0.000000000	-0.017150096	0.203	0.700
9	0.000413002	0.000000000	-0.017150096	0.203	0.700
10	0.000413002	0.000000000	-0.017150096	0.203	0.700
11	0.000415356	0.000000000	-0.017267805	0.202	0.700
12	0.000415356	0.000000000	-0.017267805	0.202	0.700
13	0.000415356	0.000000000	-0.017267805	0.202	0.700
14	0.000415356	0.000000000	-0.017267805	0.202	0.700
15	0.000415356	0.000000000	-0.017267805	0.202	0.700
16	0.000415356	0.000000000	-0.017267805	0.202	0.700
17	0.000415356	0.000000000	-0.017267805	0.202	0.700
18	0.000415356	0.000000000	-0.017267805	0.202	0.700
19	0.000415356	0.000000000	-0.017267805	0.202	0.700
20	0.000425258	0.000000000	-0.017762929	0.197	0.700
21	0.000422349	0.000000064	-0.017657520	0.198	0.700
22	0.000422606	0.000000064	-0.017670565	0.198	0.700
23	0.000419096	0.000000180	-0.017568014	0.199	0.700
24	0.000419386	0.000000179	-0.017582362	0.199	0.700
25	0.000421083	0.000000113	-0.017625183	0.199	0.700
26	0.000421885	0.000000117	-0.017667753	0.198	0.700

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	47 di 65

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	991.00	1643.31	41.7	630.0	0.0073	0.25
2	S	991.00	1643.31	41.7	630.0	0.0073	0.25
3	S	991.00	1643.31	41.7	630.0	0.0073	0.25
4	S	991.00	1643.31	41.7	630.0	0.0073	0.25
5	S	991.00	1643.31	41.7	630.0	0.0073	0.25
6	S	991.00	1643.31	41.7	630.0	0.0073	0.25
7	S	991.00	1643.31	41.7	630.0	0.0073	0.25
8	S	991.00	1643.31	41.7	630.0	0.0073	0.25
9	S	991.00	1643.31	41.7	630.0	0.0073	0.25
10	S	991.00	1643.31	41.7	630.0	0.0073	0.25
11	S	826.00	1631.31	41.7	630.0	0.0073	0.22
12	S	826.00	1631.31	41.7	630.0	0.0073	0.22
13	S	826.00	1631.31	41.7	630.0	0.0073	0.22
14	S	826.00	1631.31	41.7	630.0	0.0073	0.22
15	S	826.00	1631.31	41.7	630.0	0.0073	0.22
16	S	826.00	1631.31	41.7	630.0	0.0073	0.22
17	S	826.00	1631.31	41.7	630.0	0.0073	0.22
18	S	826.00	1631.31	41.7	630.0	0.0073	0.22
19	S	826.00	1631.31	41.7	630.0	0.0073	0.22
20	S	329.00	1860.60	41.7	630.0	0.0121	0.09
21	S	874.00	1868.75	41.7	630.0	0.0121	0.11
22	S	874.00	1867.37	41.7	630.0	0.0121	0.10
23	S	450.02	1821.24	41.7	630.0	0.0112	0.11
24	S	450.02	1827.97	41.7	630.0	0.0113	0.10
25	S	450.00	1854.82	41.7	630.0	0.0118	0.11
26	S	450.00	1865.76	41.7	630.0	0.0121	0.10

**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	6.96	50.0	630.0	-177.3	8.3	18.4	7245	192.5
2	S	6.96	50.0	630.0	-177.3	8.3	18.4	7245	192.5
3	S	6.96	50.0	630.0	-177.3	8.3	18.4	7245	192.5
4	S	6.96	50.0	630.0	-177.3	8.3	18.4	7245	192.5
5	S	6.96	50.0	630.0	-177.3	8.3	18.4	7245	192.5
6	S	6.96	50.0	630.0	-177.3	8.3	18.4	7245	192.5
7	S	6.96	50.0	630.0	-177.3	8.3	18.4	7245	192.5
8	S	6.96	50.0	630.0	-177.3	8.3	18.4	7245	192.5
9	S	6.96	50.0	630.0	-177.3	8.3	18.4	7245	192.5
10	S	2.01	50.0	0.0	-47.9	8.3	611.6	7245	192.5

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	48 di 65

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	-0.00117	0	0.500	19.9	73	0.00053 (0.00053)	375	0.200 (0.20)	0.00	1033.16
2	S	-0.00117	0	0.500	19.9	73	0.00053 (0.00053)	375	0.200 (0.20)	0.00	1033.16
3	S	-0.00117	0	0.500	19.9	73	0.00053 (0.00053)	375	0.200 (0.20)	0.00	1033.16
4	S	-0.00117	0	0.500	19.9	73	0.00053 (0.00053)	375	0.200 (0.20)	0.00	1033.16
5	S	-0.00117	0	0.500	19.9	73	0.00053 (0.00053)	375	0.200 (0.20)	0.00	1033.16
6	S	-0.00117	0	0.500	19.9	73	0.00053 (0.00053)	375	0.200 (0.20)	0.00	1033.16
7	S	-0.00117	0	0.500	19.9	73	0.00053 (0.00053)	375	0.200 (0.20)	0.00	1033.16
8	S	-0.00117	0	0.500	19.9	73	0.00053 (0.00053)	375	0.200 (0.20)	0.00	1033.16
9	S	-0.00117	0	0.500	19.9	73	0.00053 (0.00053)	375	0.200 (0.20)	0.00	1033.16
10	S	-0.00032	0	0.500	19.9	73	0.00014 (0.00014)	375	0.054 (0.20)	0.00	1059.90

**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	5.72	50.0	630.0	-144.9	8.3	58.6	7245	192.5
2	S	5.72	50.0	630.0	-144.9	8.3	58.6	7245	192.5
3	S	5.72	50.0	630.0	-144.9	8.3	58.6	7245	192.5
4	S	5.72	50.0	630.0	-144.9	8.3	58.6	7245	192.5
5	S	5.72	50.0	630.0	-144.9	8.3	58.6	7245	192.5
6	S	5.72	50.0	630.0	-144.9	8.3	58.6	7245	192.5
7	S	5.72	50.0	630.0	-144.9	8.3	58.6	7245	192.5
8	S	5.72	50.0	630.0	-144.9	8.3	58.6	7245	192.5
9	S	5.72	50.0	630.0	-144.9	8.3	58.6	7245	192.5
10	S	2.01	50.0	0.0	-47.9	8.3	611.6	7245	192.5

**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	-0.00095	0	0.500	19.9	73	0.00043 (0.00043)	375	0.163 (0.20)	0.00	1035.44
2	S	-0.00095	0	0.500	19.9	73	0.00043 (0.00043)	375	0.163 (0.20)	0.00	1035.44
3	S	-0.00095	0	0.500	19.9	73	0.00043 (0.00043)	375	0.163 (0.20)	0.00	1035.44
4	S	-0.00095	0	0.500	19.9	73	0.00043 (0.00043)	375	0.163 (0.20)	0.00	1035.44
5	S	-0.00095	0	0.500	19.9	73	0.00043 (0.00043)	375	0.163 (0.20)	0.00	1035.44
6	S	-0.00095	0	0.500	19.9	73	0.00043 (0.00043)	375	0.163 (0.20)	0.00	1035.44
7	S	-0.00095	0	0.500	19.9	73	0.00043 (0.00043)	375	0.163 (0.20)	0.00	1035.44
8	S	-0.00095	0	0.500	19.9	73	0.00043 (0.00043)	375	0.163 (0.20)	0.00	1035.44
9	S	-0.00095	0	0.500	19.9	73	0.00043 (0.00043)	375	0.163 (0.20)	0.00	1035.44
10	S	-0.00032	0	0.500	19.9	73	0.00014 (0.00014)	375	0.054 (0.20)	0.00	1059.90

**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	2.01	50.0	0.0	-47.9	8.3	611.6	7245	192.5



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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00032	0	0.500	19.9	73	0.00014 (0.00014)	375	0.054 (0.20)	0.00	1059.90

**4.9.2 Muro frontale**

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

*Caratteristiche della sezione :*

*Sezione rettangolare 1.40 x 5.70 m*

*Armatura verticale*

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

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

*Armatura orizzontale*

$A_s = \phi 20/20 + \phi 20/20$  (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
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	50 di 65

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]
1	0.0	0.0
2	0.0	570.0
3	140.0	570.0
4	140.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	9.0	9.0	26
2	9.0	561.0	26
3	131.0	561.0	26
4	131.0	9.0	26
5	15.0	9.0	26
6	15.0	561.0	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	55	26
2	3	4	55	26
3	6	5	55	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 8 mm  
Passo staffe: 2.1 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	9229.46	4048.78	10165.22	558.81	3708.97
2	9155.21	5227.66	10165.22	558.81	3708.97

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	51 di 65

3	7112.66	4048.78	10165.22	558.81	3708.97
4	8459.28	4048.78	15243.92	558.81	4377.22
5	8459.28	4722.09	15243.92	558.81	4377.22
6	7112.66	4048.78	10165.22	558.81	3708.97
7	8459.28	4048.78	10165.22	558.81	3708.97
8	8459.28	4722.09	10165.22	558.81	3708.97
9	7112.66	4048.78	10165.22	558.81	3708.97
10	7112.66	4222.03	10165.22	606.81	3708.97
11	7274.33	3790.03	7548.00	502.56	2679.34
12	7200.08	4968.91	7548.00	502.56	2679.34
13	5157.53	3790.03	7548.00	502.56	2679.34
14	6504.15	3790.03	12626.70	502.56	3347.59
15	6504.15	3790.03	12626.70	502.56	3347.59
16	6504.15	4463.34	12626.70	502.56	3347.59
17	5157.53	3790.03	7548.00	502.56	2679.34
18	6504.15	3790.03	7548.00	502.56	2679.34
19	6504.15	4463.34	7548.00	502.56	2679.34
20	5157.53	3790.03	5397.71	502.56	2120.82
21	5268.94	1948.68	16970.47	344.45	4066.71
22	5046.11	1945.97	16986.78	344.45	4066.71
23	5571.54	5361.71	8314.16	864.39	2306.97
24	5348.71	5359.00	8330.47	864.39	2306.97
25	5842.51	1951.85	8295.14	344.45	2306.97
26	5099.74	1942.81	8349.49	344.45	2306.97

**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	5157.53	3680.10	6707.35
2	6725.53	2720.16	6917.11
3	6670.53	3593.41	6917.11
4	5157.53	2720.16	6917.11
5	6155.03	2720.16	10679.11
6	6155.03	3218.91	10679.11
7	5157.53	2720.16	6917.11
8	6155.03	2720.16	6917.11
9	6155.03	3218.91	6917.11
10	5157.53	2720.16	5324.30

**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	6333.53	674.82 (1089.65)	6466.46 (10441.61)
2	6292.28	1329.76 (2063.26)	6466.46 (10033.42)
3	5157.53	674.82 (1028.61)	6466.46 (9856.61)
4	5905.65	674.82 (689.64)	9287.96 (9491.91)
5	5905.65	1048.88 (1057.16)	9287.96 (9361.29)

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	52 di 65

6	5157.53	674.82 (1028.61)	6466.46 (9856.61)
7	5905.65	674.82 (1066.62)	6466.46 (10220.90)
8	5905.65	1048.88 (1622.84)	6466.46 (10004.98)
9	5157.53	674.82 (1028.61)	6466.46 (9856.61)
10	5157.53	939.18 (1878.39)	5114.54 (10229.24)

**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	5157.53	727.26 (1019.71)	6917.11 (9698.63)

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

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

**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	9229.46	4048.78	10165.22	9229.70	12784.50	33126.69	3.19907.9(239.4)	
2	S	9155.21	5227.66	10165.22	9155.27	16621.23	32874.93	3.17907.9(239.4)	
3	S	7112.66	4048.78	10165.22	7112.75	12587.95	32081.04	3.10907.9(239.4)	
4	S	8459.28	4048.78	15243.92	8459.05	8541.97	32942.67	2.14907.9(239.4)	
5	S	8459.28	4722.09	15243.92	8459.10	10050.52	32877.30	2.13907.9(239.4)	
6	S	7112.66	4048.78	10165.22	7112.75	12587.95	32081.04	3.10907.9(239.4)	
7	S	8459.28	4048.78	10165.22	8459.30	12828.19	32744.85	3.16907.9(239.4)	
8	S	8459.28	4722.09	10165.22	8459.02	14882.44	32636.15	3.15907.9(239.4)	
9	S	7112.66	4048.78	10165.22	7112.75	12587.95	32081.04	3.10907.9(239.4)	
10	S	7112.66	4222.03	10165.22	7112.48	13128.90	32054.92	3.10907.9(239.4)	
11	S	7274.33	3790.03	7548.00	7274.50	15560.64	32010.75	4.13907.9(239.4)	
12	S	7200.08	4968.91	7548.00	7200.09	20481.05	31677.25	4.10907.9(239.4)	
13	S	5157.53	3790.03	7548.00	5157.57	15227.45	30950.15	4.03907.9(239.4)	
14	S	6504.15	3790.03	12626.70	6504.03	9505.06	31903.40	2.50907.9(239.4)	
15	S	6504.15	3790.03	12626.70	6504.03	9505.06	31903.40	2.50907.9(239.4)	
16	S	6504.15	4463.34	12626.70	6504.43	11209.48	31833.13	2.50907.9(239.4)	
17	S	5157.53	3790.03	7548.00	5157.57	15227.45	30950.15	4.03907.9(239.4)	
18	S	6504.15	3790.03	7548.00	6503.88	15361.58	31633.66	4.09907.9(239.4)	
19	S	6504.15	4463.34	7548.00	6504.10	18355.02	31464.75	4.08907.9(239.4)	
20	S	5157.53	3790.03	5397.71	5157.39	20914.80	30629.37	5.52907.9(239.4)	
21	S	5268.94	1948.68	16970.47	5268.75	3612.14	31443.90	1.84907.9(239.4)	
22	S	5046.11	1945.97	16986.78	5046.27	3598.17	31322.18	1.84907.9(239.4)	

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	53 di 65

23	S	5571.54	5361.71	8314.16	5571.58	19590.07	30921.27	3.66907.9(239.4)
24	S	5348.71	5359.00	8330.47	5348.69	19414.13	30818.27	3.64907.9(239.4)
25	S	5842.51	1951.85	8295.14	5842.48	7406.03	31635.28	3.75907.9(239.4)
26	S	5099.74	1942.81	8349.49	5099.63	7164.95	31248.00	3.69907.9(239.4)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	140.0	570.0	0.00265	131.0	561.0	-0.01024	9.0	9.0
2	0.00350	140.0	570.0	0.00272	131.0	561.0	-0.00936	9.0	9.0
3	0.00350	140.0	570.0	0.00258	131.0	561.0	-0.01121	9.0	9.0
4	0.00350	140.0	570.0	0.00251	131.0	561.0	-0.01191	9.0	9.0
5	0.00350	140.0	570.0	0.00255	131.0	561.0	-0.01139	9.0	9.0
6	0.00350	140.0	570.0	0.00258	131.0	561.0	-0.01121	9.0	9.0
7	0.00350	140.0	570.0	0.00263	131.0	561.0	-0.01055	9.0	9.0
8	0.00350	140.0	570.0	0.00267	131.0	561.0	-0.01001	9.0	9.0
9	0.00350	140.0	570.0	0.00258	131.0	561.0	-0.01121	9.0	9.0
10	0.00350	140.0	570.0	0.00260	131.0	561.0	-0.01104	9.0	9.0
11	0.00350	140.0	570.0	0.00266	131.0	561.0	-0.01029	9.0	9.0
12	0.00350	140.0	570.0	0.00275	131.0	561.0	-0.00918	9.0	9.0
13	0.00350	140.0	570.0	0.00259	131.0	561.0	-0.01126	9.0	9.0
14	0.00350	140.0	570.0	0.00247	131.0	561.0	-0.01262	9.0	9.0
15	0.00350	140.0	570.0	0.00247	131.0	561.0	-0.01262	9.0	9.0
16	0.00350	140.0	570.0	0.00252	131.0	561.0	-0.01197	9.0	9.0
17	0.00350	140.0	570.0	0.00259	131.0	561.0	-0.01126	9.0	9.0
18	0.00350	140.0	570.0	0.00263	131.0	561.0	-0.01064	9.0	9.0
19	0.00350	140.0	570.0	0.00270	131.0	561.0	-0.00988	9.0	9.0
20	0.00350	140.0	570.0	0.00272	131.0	561.0	-0.00974	9.0	9.0
21	0.00350	140.0	570.0	0.00215	131.0	561.0	-0.01669	9.0	9.0
22	0.00350	140.0	570.0	0.00213	131.0	561.0	-0.01692	9.0	9.0
23	0.00350	140.0	570.0	0.00270	131.0	561.0	-0.00990	9.0	9.0
24	0.00350	140.0	570.0	0.00270	131.0	561.0	-0.01003	9.0	9.0
25	0.00350	140.0	570.0	0.00236	131.0	561.0	-0.01398	9.0	9.0
26	0.00350	140.0	570.0	0.00232	131.0	561.0	-0.01462	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	0.000091802	0.000003063	-0.011098296	----	----
2	0.000082589	0.000003635	-0.010134460	----	----
3	0.000098943	0.000003113	-0.012126554	----	----
4	0.000107612	0.000002335	-0.012896601	----	----
5	0.000102420	0.000002624	-0.012334650	----	----
6	0.000098943	0.000003113	-0.012126554	----	----
7	0.000093956	0.000003101	-0.011421456	----	----
8	0.000088454	0.000003420	-0.010832767	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	54 di 65

9	0.000098943	0.000003113	-0.012126554	----	----
10	0.000097265	0.000003205	-0.011943767	----	----
11	0.000089900	0.000003580	-0.011126650	----	----
12	0.000078536	0.000004261	-0.009923981	----	----
13	0.000097084	0.000003636	-0.012164438	----	----
14	0.000112093	0.000002563	-0.013653986	----	----
15	0.000112093	0.000002563	-0.013653986	----	----
16	0.000105662	0.000002895	-0.012942547	----	----
17	0.000097084	0.000003636	-0.012164438	----	----
18	0.000092606	0.000003587	-0.011509316	----	----
19	0.000084875	0.000004023	-0.010675535	----	----
20	0.000081955	0.000004457	-0.010514081	----	----
21	0.000149295	0.000001130	-0.018045278	----	----
22	0.000151142	0.000001112	-0.018293619	----	----
23	0.000084118	0.000004252	-0.010699826	----	----
24	0.000085091	0.000004243	-0.010831154	----	----
25	0.000124302	0.000002124	-0.015113273	----	----
26	0.000129484	0.000002068	-0.015806712	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm  
Passo staffe: 2.1 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff	
1	S	3725.55	23397.72	5594.71	1130.9	119.5	569.2	2.500	1.062	31.9	47.9(0.0)
2	S	3729.96	23274.39	5572.09	1130.8	119.0	568.8	2.500	1.061	32.0	47.9(0.0)
3	S	3724.71	23255.70	5636.54	1130.9	120.4	569.1	2.500	1.047	31.6	47.9(0.0)
4	S	4388.32	23477.12	5637.61	1130.9	120.4	569.5	2.500	1.056	37.3	47.9(0.0)
5	S	4390.10	23409.60	5629.10	1130.9	120.2	568.8	2.500	1.056	37.3	47.9(0.0)
6	S	3724.71	23255.70	5636.54	1130.9	120.4	569.1	2.500	1.047	31.6	47.9(0.0)
7	S	3725.39	23344.63	5609.27	1130.9	119.8	569.2	2.500	1.056	31.8	47.9(0.0)
8	S	3727.79	23266.61	5596.98	1130.9	119.5	568.5	2.500	1.056	31.9	47.9(0.0)
9	S	3724.71	23255.70	5636.54	1130.9	120.4	569.1	2.500	1.047	31.6	47.9(0.0)
10	S	3726.94	23243.08	5632.67	1130.9	120.3	569.2	2.500	1.047	31.7	47.9(0.0)
11	S	2697.22	23169.38	5614.91	1130.9	119.9	568.6	2.500	1.048	23.0	47.9(0.0)
12	S	2702.63	23029.23	5587.11	1130.8	119.3	568.2	2.500	1.048	23.2	47.9(0.0)
13	S	2696.27	23021.74	5656.22	1130.9	120.8	568.5	2.500	1.034	22.8	47.9(0.0)
14	S	3358.20	23315.43	5667.96	1130.9	121.0	569.6	2.500	1.043	28.4	47.9(0.0)
15	S	3358.20	23315.43	5667.96	1130.9	121.0	569.6	2.500	1.043	28.4	47.9(0.0)
16	S	3360.10	23242.85	5657.28	1130.9	120.8	568.9	2.500	1.043	28.4	47.9(0.0)
17	S	2696.27	23021.74	5656.22	1130.9	120.8	568.5	2.500	1.034	22.8	47.9(0.0)
18	S	2696.78	23118.03	5630.49	1130.9	120.2	568.6	2.500	1.043	22.9	47.9(0.0)
19	S	2700.13	23023.90	5613.07	1130.9	119.9	568.0	2.500	1.043	23.0	47.9(0.0)
20	S	2144.99	22874.91	5622.36	1130.8	120.1	568.3	2.500	1.034	18.3	47.9(0.0)
21	S	4069.20	23402.76	5733.86	1131.4	122.4	569.7	2.500	1.035	34.0	47.9(0.0)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	55 di 65

22	S	4069.14	23385.88	5738.06131.5]	122.5	569.7	2.500	1.034	33.9	47.9(0.0)
23	S	2347.66	22930.50	5622.47130.8]	120.1	568.1	2.500	1.037	20.0	47.9(0.0)
24	S	2347.15	22918.33	5627.77130.8]	120.2	568.1	2.500	1.036	20.0	47.9(0.0)
25	S	2312.52	23319.66	5696.36130.9]	121.6	569.3	2.500	1.039	19.4	47.9(0.0)
26	S	2312.17	23266.71	5711.32131.0]	122.0	569.2	2.500	1.034	19.4	47.9(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.82	140.0	570.0	-76.5	9.0	9.0	9377	435.4
2	S	4.82	140.0	570.0	-66.2	9.0	9.0	10225	504.4
3	S	4.99	140.0	570.0	-69.3	9.0	9.0	8560	408.8
4	S	4.74	140.0	570.0	-76.4	9.0	9.0	11333	541.5
5	S	6.88	140.0	570.0	-125.3	9.0	9.0	13300	605.3
6	S	6.99	140.0	570.0	-127.0	9.0	9.0	12895	605.3
7	S	4.74	140.0	570.0	-76.4	9.0	9.0	11333	541.5
8	S	4.79	140.0	570.0	-69.8	9.0	9.0	10632	520.3
9	S	4.89	140.0	570.0	-71.4	9.0	9.0	9712	467.2
10	S	3.83	140.0	570.0	-53.1	9.0	9.0	8668	419.4

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00043	0	0.500	26.0	77	0.00023 (0.00023)	357	0.082 (0.20)	4627.46	8434.00
2	S	-0.00037	0	0.500	26.0	77	0.00020 (0.00020)	351	0.070 (0.20)	3691.16	9386.26
3	S	-0.00039	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	354	0.074 (0.20)	4663.54	8977.05
4	S	-0.00043	0	0.500	26.0	77	0.00023 (0.00023)	354	0.081 (0.20)	3461.00	8800.98
5	S	-0.00070	0	0.500	26.0	77	0.00038 (0.00038)	359	0.135 (0.20)	2237.17	8782.93
6	S	-0.00071	0	0.500	26.0	77	0.00038 (0.00038)	356	0.136 (0.20)	2608.31	8653.37
7	S	-0.00043	0	0.500	26.0	77	0.00023 (0.00023)	354	0.081 (0.20)	3461.00	8800.98
8	S	-0.00039	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	352	0.074 (0.20)	3603.96	9164.52
9	S	-0.00040	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	354	0.076 (0.20)	4164.31	8948.68
10	S	-0.00030	0	0.500	26.0	77	0.00016 (0.00016)	353	0.056 (0.20)	4604.90	9013.39

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	56 di 65

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.13	140.0	570.0	-55.9	9.0	9.0	12602	605.3
2	S	4.26	140.0	570.0	-58.1	9.0	9.0	11789	605.3
3	S	4.06	140.0	570.0	-63.2	9.0	9.0	13525	605.3
4	S	5.65	140.0	570.0	-99.6	9.0	9.0	14560	605.3
5	S	5.74	140.0	570.0	-100.8	9.0	9.0	14215	605.3
6	S	4.06	140.0	570.0	-63.2	9.0	9.0	13525	605.3
7	S	4.11	140.0	570.0	-58.5	9.0	9.0	12954	605.3
8	S	4.18	140.0	570.0	-59.7	9.0	9.0	12449	605.3
9	S	4.06	140.0	570.0	-63.2	9.0	9.0	13525	605.3
10	S	3.36	140.0	570.0	-44.6	9.0	9.0	11802	605.3

**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	-0.00032	0	0.500	26.0	77	0.00017 (0.00017)	354	0.059 (0.20)	1089.65	10441.61
2	S	-0.00033	0	0.500	26.0	77	0.00017 (0.00017)	348	0.061 (0.20)	2063.26	10033.42
3	S	-0.00036	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	361	0.068 (0.20)	1028.61	9856.61
4	S	-0.00056	0	0.500	26.0	77	0.00030 (0.00030)	368	0.110 (0.20)	689.64	9491.91
5	S	-0.00057	0	0.500	26.0	77	0.00030 (0.00030)	366	0.111 (0.20)	1057.16	9361.29
6	S	-0.00036	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	361	0.068 (0.20)	1028.61	9856.61
7	S	-0.00033	0	0.500	26.0	77	0.00018 (0.00018)	356	0.063 (0.20)	1066.62	10220.90
8	S	-0.00034	0	0.500	26.0	77	0.00018 (0.00018)	353	0.063 (0.20)	1622.84	10004.98
9	S	-0.00036	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	361	0.068 (0.20)	1028.61	9856.61
10	S	-0.00025	0	0.500	26.0	77	0.00013 (0.00013)	348	0.047 (0.20)	1878.39	10229.24

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.32	140.0	570.0	-69.9	9.0	9.0	13750	605.3

**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	-0.00039	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	362	0.076 (0.20)	1019.71	9698.63



### 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 :

$$N_{\max} = 5663 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{\max} = 640 \text{ kN (CC. SLV)}$$

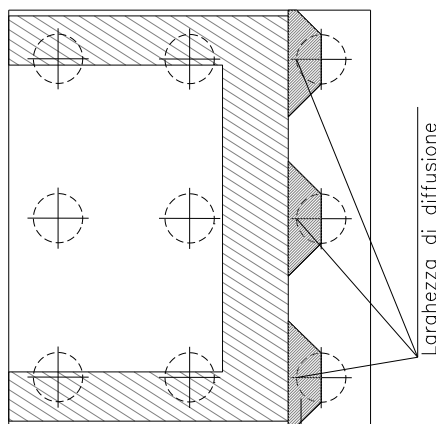
$$N_{\max} = 4273 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 638 \text{ kN (CC. SLV)}$$

#### 4.9.3.1 Unghia anteriore platea fondazione

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

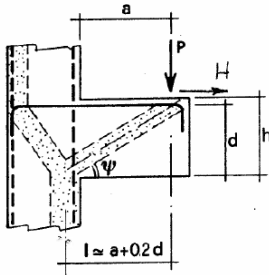
La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.



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

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali del plinto di fondazione, condotte con riferimento al metodo usualmente utilizzato per la verifica delle mensole tozze, ovvero il metodo del tirante-puntone, di cui nel seguito si riporta lo schema e di verifica generale e relative formulazioni proposte a riguardo al C4.1.2.1.5 dalla Circolare Ministeriale n° 7/19.

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTOLE.



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

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

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

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

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

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

**Dati di progetto**

b(m)=	1.20	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed}$ (KN) =	5663.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed}$ (KN) =	640.00	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
$\bar{\delta}$ (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
$\lambda$ =	0.54		$\lambda = \text{ctg} \psi \approx l / (0,9d)$ .

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

c(m) = 1.00

**Caratteristiche Materiali**

$f_{cd}$ =	14.1	MPa	Calcestruzzo
$f_{yd}$ =	391.0	MPa	Acciaio

**Caratteristiche Armature di Progetto**

Registro tipo	R1						
n° R1 =	1	$\phi 1$ (mm) =	24.0	p1(cm) =	10.0	$\theta 1^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	452.39	nb tot 1 =	12.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	5428.67	$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	5428.67
Registro tipo	R2						
n° R2 =	1	$\phi 2$ (mm) =	22.0	p2(cm) =	10.0	$\theta 2^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	380.13	nb tot 2 =	12.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	4561.59	$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	4561.59
Registro tipo	R3						
n° R3 =	0	$\phi 3$ (mm) =	24.0	p3(cm) =	10.0	$\theta 3^\circ$ =	0.0
$A_{\phi i}$ (mm <sup>2</sup> ) =	452.39	nb tot 3 =	0.0	$A_{\phi TOT}$ (mm <sup>2</sup> ) =	0.00	$A_{\phi CAL}$ (mm <sup>2</sup> ) =	0.00

**Verifiche di resistenza**

$\Psi$ =	1.072	rad	=	61.44	°
$P_{Rs}$ =	6000.9	KN		PRs > PEd - Verifica Soddisfatta	
$P_{Rc}$ =	7205.3	KN		PRc > 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

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 2.9$  (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	Ty,A [kN]
5663	1857		640
533	1857		640
4273	1851		638
81	1851		638

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\varnothing 120$  cm

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

La lunghezza del palo è pari a  $L = 38.00$  m

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	60 di 65

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	26	26
2	0.0	0.0	46.0	26	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	5663.00	1857.00	0.00	640.00	0.00
2	533.00	1857.00	0.00	640.00	0.00
3	4273.00	1851.00	0.00	638.00	0.00
4	81.00	1851.00	0.00	638.00	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	4032.00	1271.00	0.00
2	688.00	1271.00	0.00

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	61 di 65

N°Comb.	N	Mx	My
1	3741.00	1183.00 (1321.78)	0.00 (0.00)
2	867.00	1183.00 (729.53)	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	5663.00	1857.00	0.00	5663.20	4915.16	0.00	2.65	276.1(33.9)
2	S	533.00	1857.00	0.00	533.25	4299.85	0.00	2.32	276.1(33.9)
3	S	4273.00	1851.00	0.00	4273.17	4840.95	0.00	2.62	276.1(33.9)
4	S	81.00	1851.00	0.00	81.22	4196.88	0.00	2.27	276.1(33.9)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	60.0	0.00296	0.0	51.0	-0.00314	0.0	-51.0
2	0.00350	0.0	60.0	0.00272	0.0	51.0	-0.00610	0.0	-51.0
3	0.00350	0.0	60.0	0.00291	0.0	51.0	-0.00374	0.0	-51.0
4	0.00350	0.0	60.0	0.00269	0.0	51.0	-0.00651	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	0.000059848	-0.000090892	----	----
2	0.000000000	0.000086529	-0.001691735	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	62 di 65

3	0.000000000	0.000065260	-0.000415616	---	---
4	0.000000000	0.000090176	-0.001910546	---	---

**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] = 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	640.00	2454.45	1553.73	92.8   73.8	108.9	2.500	1.250	8.9	21.5(0.0)
2	S	640.00	2218.20	1707.90	93.9   81.2	108.3	2.500	1.033	8.1	21.5(0.0)
3	S	638.00	2525.49	1590.52	92.8   75.6	109.5	2.500	1.250	8.6	21.5(0.0)
4	S	638.00	2160.32	1728.55	94.3   82.1	107.2	2.500	1.005	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	8.13	0.0	570.0	-38.3	0.0	-51.0	567	15.9
2	S	7.41	0.0	570.0	-139.3	0.0	-51.0	1563	63.7

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

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	63 di 65

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00026	0	0.500	26.0	77	0.00011 (0.00011)	419	0.048 (0.20)	1326.21	0.00
2	S	-0.00080	0	0.500	26.0	77	0.00046 (0.00042)	370	0.170 (0.20)	704.63	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.56	0.0	570.0	-35.9	0.0	-51.0	567	15.9
2	S	6.95	0.0	570.0	-120.9	0.0	-51.0	1515	63.7

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00024	0	0.500	26.0	77	0.00011 (0.00011)	419	0.045 (0.20)	1321.78	0.00
2	S	-0.00070	0	0.500	26.0	77	0.00037 (0.00036)	367	0.137 (0.20)	729.53	0.00

**4.10 Escursione Longitudinale, giunti e varchi**

Le escursioni longitudinali che i vincoli mobili devono consentire, sono state determinate in accordo con quanto indicato nel §2.1.5 della specifica RFI per i ponti [3].

Per i ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi d'appoggio viene valutato mediante la seguente relazione:

$$EL = k1 \cdot (E1 + E2 + E3) = k1 \cdot (2 \cdot Dt + 4 \cdot dEd \cdot k2 + 2 \cdot deg)$$

dove:

E1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;

E2 = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;

E3 = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;

k1 = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;

k2 = 0,55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;

dEd = è lo spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento dE prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel §7.3.3.3 delle NTC [1];

deg = è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il §3.2.3.3 e §3.2.4.2 delle NTC [1];

In favore di sicurezza  $deg = dij \max =$

$$d_{ij \max} = 1,25 \sqrt{d_{gi}^2 + d_{gj}^2}$$

Dove dgi e dgj sono gli spostamenti massimi del suolo nei punti i e j, calcolati con riferimento alle

caratteristiche locali del sottosuolo:

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_c \cdot T_D$$

In ogni caso, dovrà risultare:

$$EL \geq E0 \quad \text{e} \quad EL \geq E_i \quad \text{con } i = 1, 2, 3$$

dove:

E0 = escursione valutata secondo i criteri validi nelle zone non sismiche;

Ei = il maggiore dei due termini indicati nella espressione precedente.

Nei casi in cui anche una sola delle due precedenti disuguaglianze non risultasse verificata, dovrà assumersi

$$EL = \max(E0; E_i).$$

Per garantire un valore minimo di escursione, in funzione della sismicità del sito, il valore EL dovrà essere assunto non minore di:

$$EL \geq 3,3 \cdot L/1000 + 0,1 \text{ m} \quad \text{e} \quad EL \geq 0,15 \text{ m} \quad \text{per } ag(SLV) \geq 0,25 \text{ g}$$

$$EL \geq 2,3 \cdot L/1000 + 0,073 \text{ m} \quad \text{e} \quad EL \geq 0,10 \text{ m} \quad \text{per } ag(SLV) < 0,25 \text{ g}$$

dove:

L = la lunghezza del ponte (m).

- a) La corsa degli apparecchi d'appoggio mobili deve essere non inferiore a

$$EC_{min} = \pm(EL/2 + EL/8) \text{ con un minimo di } \pm(EL/2 + 15 \text{ mm}).$$

- b) Il giunto fra le testate di due travi adiacenti dovrà consentire una escursione totale pari a:

$$EG_{min} = \pm(EL/2 + 10 \text{ mm})$$

- c) Il varco da prevedere fra le testate degli impalcati adiacenti, a temperatura media ambiente, dovrà essere non inferiore a:

$$EV_{min} = EL/2 + 20 \text{ mm}$$

- d) Il ritegno sismico dovrà essere disposto ad una distanza, dal bordo della trave supportata dal vincolo mobile, pari a:

$$ER_{min} = V - 10 \text{ mm}$$

Di seguito vengono valutati preliminarmente i diversi contributi relativi alle diverse azioni (termica, sismica e



## RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D 09 CL	NW 05 00 002	C	65 di 65

moto delle fondazioni) e successivamente vengono riportati i calcoli delle diverse grandezze.

$a_g$		0.117	g	
$F_0$		3.47		
$S_s$		1		
$S_t$		1		
$T_C$		0.32	s	
$T_D$		2.07	s	
Accel. massima al suolo	$S * a_{gmax}$	0.12	g	
Accel. massima spettro (plateau)	$F_0 * S * a_{gmax}$	0.41	g	
$k_1$		0.45		
$k_2$		0.55		
$d_g$ (par.3.2.3.2.1 NTC)		0.02	m	
$d_{ij}$ max (par.3.2.4.2)		0.03		
Lunghezza impalcato		50	m	
Dilatazione termica impalcato	$D_t$	0.016	m	
E1	$2 * D_t$	0.032	m	
E2	$4 * d_E * k_2$	0.000	m	
E3	$2 * d_{ij}$ max	0.068	m	
EL	$k_1 * (E_1 + E_2 + E_3)$	0.045	m	Spalla - Spalla
EL min 1		0.188	m	
EL min 2		0.100	m	
EL min	$\max(EL_{min1}; EL_{min2})$	0.188	m	
<b>EL progetto</b>	$\max(EL; EL_{min}; E_i)$	<b>0.188</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>Corsa apparecchi di appoggio mobili</b>	par 2.5.2.1.5.2	<b>0.118</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>Escursione dei giunti</b>	par 2.5.2.1.5.3	<b>0.104</b>	<b>+/- m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>Ampiezza dei varchi 'V'</b>	par 2.5.2.1.5.4	<b>0.114</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>
<b>Ritegni sismici</b>	par 2.5.2.1.5.5	<b>0.104</b>	<b>m</b>	<b>Spalla - Spalla</b>