

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)**

VIABILITA' - VIADOTTI

NW01 – VIADOTTO STRADALE SU NV94

Relazione di calcolo spalla

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 09 CL NW0100 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: RS3U.4.0.D.09.CL.NW.01.0.0.002.C

n. Elab.: 09\_228

## INDICE

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

4.6.13	Riepilogo risultati.....	28
4.7	SOLLECITAZIONI.....	33
4.7.1	Muro paraghiaia .....	33
4.7.2	Muro frontale .....	35
4.7.3	Plinto di fondazione.....	37
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	39
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	40
4.9.1	Paraghiaia.....	41
4.9.2	Muro frontale .....	48
4.9.3	Zattera di fondazione.....	56
4.9.4	Palo di fondazione.....	58

## 1 PREMESSA

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

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto NW01 sulla viabilità NV94. In particolare si tratterà la spalla **B** che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

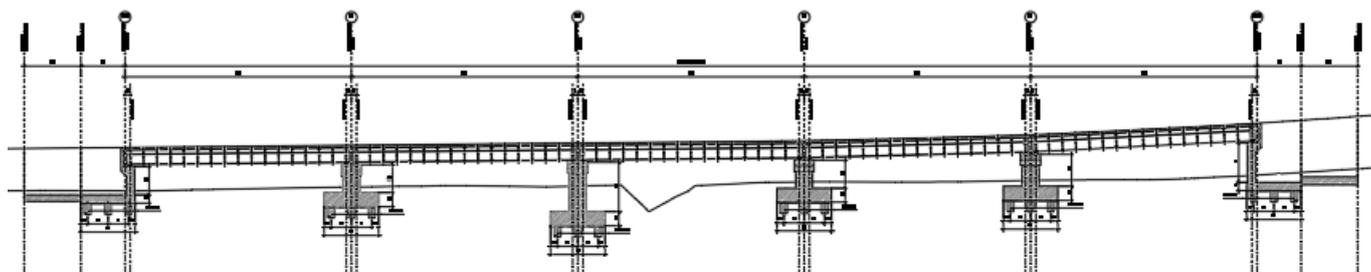
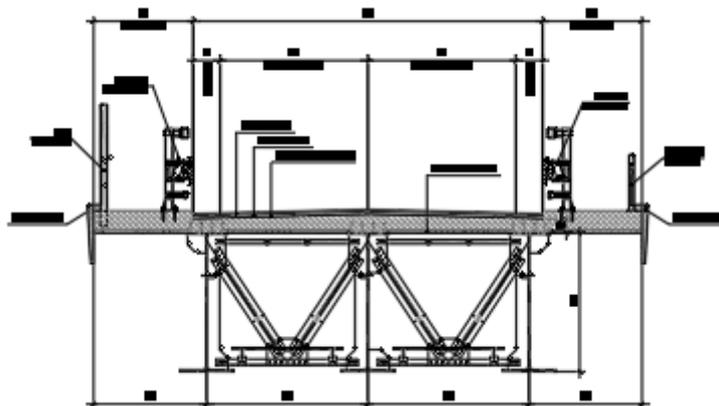
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Sulla NV94 - Viabilità di accesso al piazzale di soccorso (Galleria Salso Lato Palermo, accesso al piazzale di soccorso strada a destinazione particolare Corsia 2.75m + Banchina 0.50m b=6.50m) in corrispondenza della progressiva 0+090 viene previsto un viadotto di lunghezza totale di 200 m circa.

Il viadotto è suddiviso in 5 campate da 40.0m di luce; gli impalcati saranno costituiti da tre travi in carpenteria metallica collegate in testa da una soletta in c.a. collaborante, gettata in opera.

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



Sezione trasversale e prospetto

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

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

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

#### Calcestruzzo magro e getti di livellamento

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

#### Calcestruzzo per pali di fondazione

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

#### Calcestruzzo per fondazioni

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

#### Calcestruzzo elevazione

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

IN BARRE E RETI ELETTRISALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

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

### 3.1 Verifica S.L.E.

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

#### 3.1.1 Verifiche alle tensioni

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

##### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

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

#### 3.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

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

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

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

Risultando:

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

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

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

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

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

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

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

## 4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA

### 4.1 Generalità

La spalla presentano una configurazione a paramento di spessore 2.40 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 1.30 m. L'altezza della spalla B (escluso paraghiaia) è pari a 7.00 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 1.50m collegate in testa da una platea di spessore 2.50 m.

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

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

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

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

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

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

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

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

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	11 di 62

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	$\gamma_R = 1,1$

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	12 di 62

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	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00
Comb. 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	0.73	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	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
Vento Ponte Carico	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Attrito permanente	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Attrito carichi mobili	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Sisma longitudinale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma trasversale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma verticale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SLE min - N max gr.1	SLE min - MT max gr.1	SLE min - ML max gr.1	SLE min - N max gr.3	SLE min - MT max gr.3	SLE min - ML max gr.3	SLE min - Vento ponte scarico	SLE freq. - N max gr.1	SLE freq. - MT max gr.1	SLE freq. - ML max gr.1	SLE freq. - N max gr.3	SLE freq. - MT max gr.3	SLE freq. - ML max gr.3	SLE freq. - Vento ponte scarico	SLE quasi permanente	SUV - N max	SUV - MT max	SUV - ML max	SUV - MT max	SUV - ML max	SUV - N min	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Peso proprio g1
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Permanenti G2
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Ballast
1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	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	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	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	0.20	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

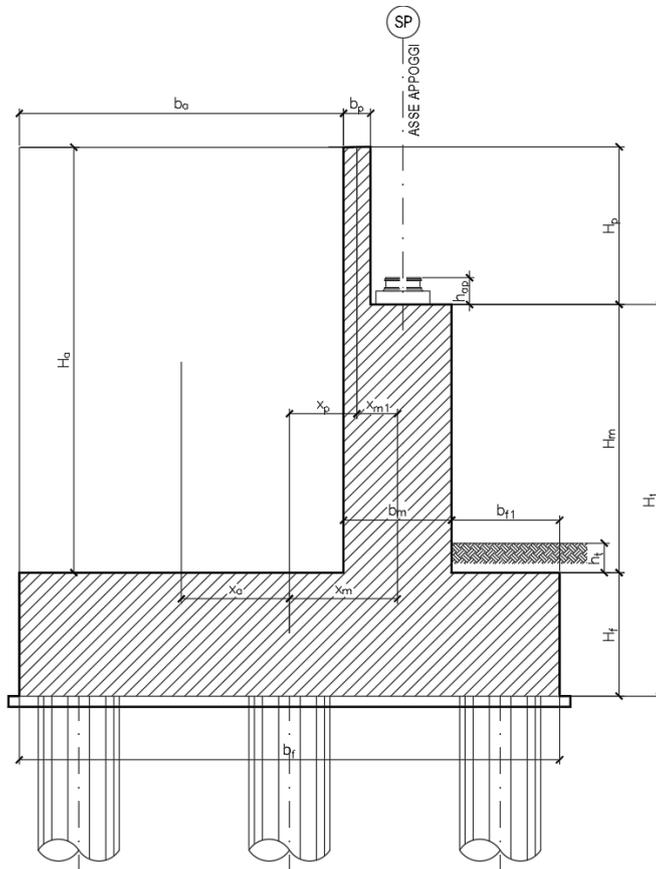


Figura 1 – Significato dei simboli: sezione tipica

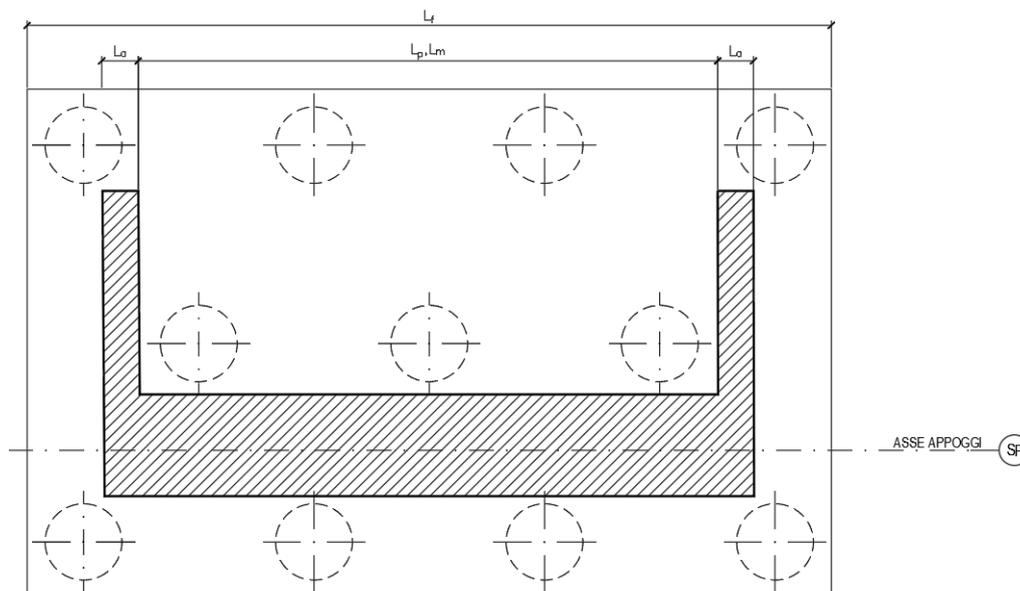


Figura 2 – Significato dei simboli: pianta tipica

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	$H_1$	9.90	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	3.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	8.80	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		8.80	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	2.35	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	7.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	2.40	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	7.60	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	3.30	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	$x_{m1}$	-0.95	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.40	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	16.50	m
Mensola anteriore plinto	$b_{n1}$	1.50	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		3.70	m
Muro andatore			
Altezza	$H_a$	10.50	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	1.30	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	8.10	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_a$	-1.95	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		▼	$K_0 = 0.426$
Sisma			
$S_s$		1.500	
$a_g$		0.083	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.125	
Mononobe e Okabe	$K_{AE}$	0.349	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.062	

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		2	
Lunghezza	L	40	m
Peso Proprio	G1	120	kN/m
Permanenti portati	G2	50	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	3	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	800.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	333.3	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n (ballast)	Ri	0	kN

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

Appoggio	A			B			C			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[m]								
Peso proprio G1	800			800			800			0.00
Permanenti G2	335			335			335			0.00
Comb. Nmax Q1	729			609			386			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura					468					3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga										3.00
Comb. Nmax Q folla	185			9			185			0.00
Comb. MTmax Q1	722			388			46			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura					468					3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga										3.00
Comb. MTmax Q folla	218			5			-32			0.00
Comb. MLmax Q1										0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura										3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga										3.00
Comb. MLmax Q folla										0.00
Vento Ponte Scarico						208				3.80
Vento Ponte Carico						303				4.50
Attrito permanente		34	34		34	34		34	34	0.00
Attrito carichi mobili		22	22		18	18		12	12	0.00
Sisma longitudinale		319			313			302		2.80
Sisma trasversale			159			156			151	2.80
Sisma verticale	80			78			75			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	75	75	anni
	αR	1.02	1.02	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	28.66	28.66	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*ρ*vb²	0.51	0.51	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	12	12	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.47	2.47	
Larghezza impalcato	b	10.2	10.2	m
Altezza impalcato	h1	3	3	m
Altezza veicoli o parapetto	h2	1.5	3	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicoli)	dtot	4.5	6	m
Rapporto di forma	b/dtot	2.27	1.70	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.82	1.99	

#### Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.51	0.51	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.47	2.47	
Coefficiente di forza	cfx	1.82	1.99	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.5	6	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	10.4	15.1	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.31	2.52	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	10.4	15.1	kN/m

#### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	10.4		kN/m
Luce impalcato	L	40		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	208		kN/m

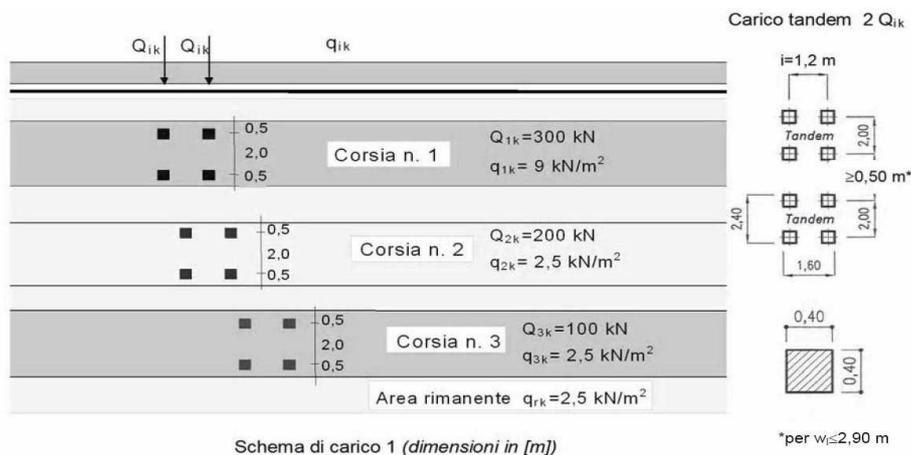
#### Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	15.1		kN/m
Luce impalcato	L	40		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	303		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.

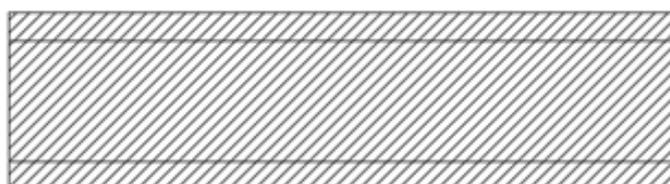
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

- 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

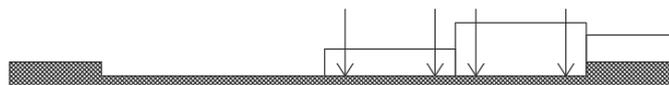


PIANTA

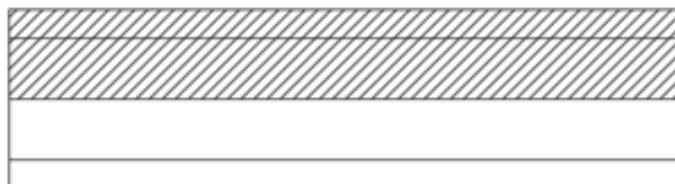


- Mt max, massimo momento lungo l'asse x (direzione di marcia): il carico è presente solo da un lato della carreggiata. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE



PIANTA



#### 4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	40	m
q3	468	kN
q3 (filtrata)	468	kN

Centrifuga		
Raggio planimetrico	10000	m
n° corsie	2	
Qv	1000	kN
q4	0	kN

#### 4.6.6 Spinta statica del terrapieno

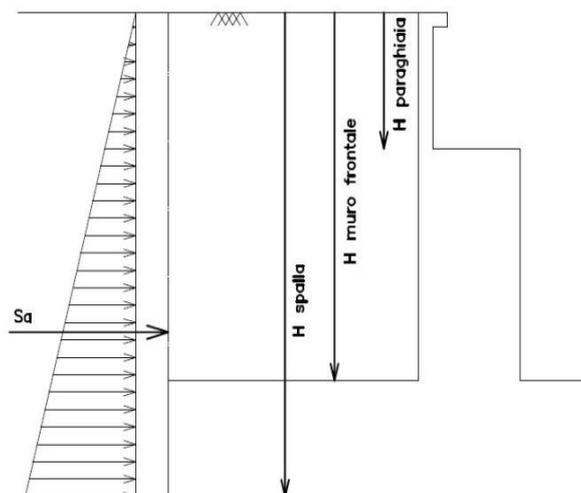
A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

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.

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

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

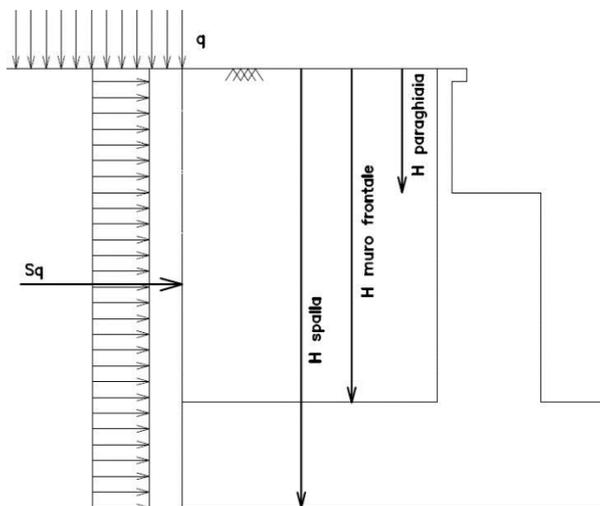
#### 4.6.8 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

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.

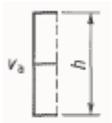
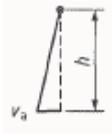
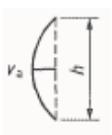
Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale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

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

➤ Sovraspinta sismica del terreno

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

Table C.1 — Ratios  $v_d/h$

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: 13.99389      LATITUDINE: 37.53523

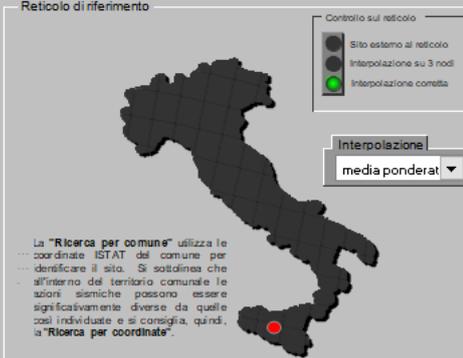
Ricerca per comune

REGIONE: Sicilia      PROVINCIA: Catania      COMUNE: Ramacca

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo

Interpolazione: media ponderat

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

INTRO      **FASE 1**      FASE 2      FASE 3

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ : 50 info

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

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ : 75 info

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

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$ : 45
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$ : 75

Stati limite ultimi - SLU

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$ : 712
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$ : 1462

Elaborazioni: Grafici parametri azione, Grafici spettri di risposta, Tabella parametrizzazione

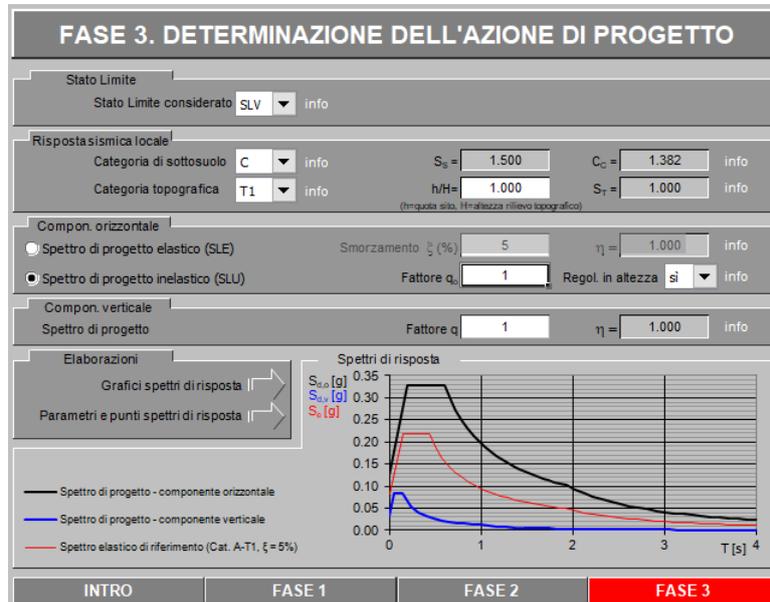
Strategia di progettazione



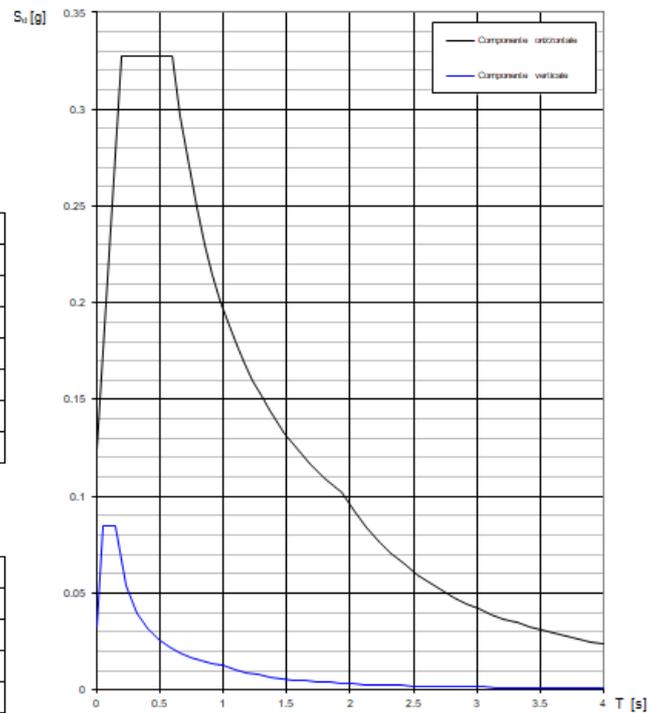
LEGENDA GRAFICO

- Strategie per costruzioni ordinarie
- Strategie scelte

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3



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



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.083 g
$F_n$	2.629
$T_c^*$	0.435 s
$S_s$	1.500
$C_c$	1.382
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.500
$\eta$	1.000
$T_B$	0.200 s
$T_C$	0.601 s
$T_D$	1.932 s

#### 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	$\alpha$	<b>90.0</b>	
Angolo d'attrito interno	$\varphi$	<b>35.0</b>	°
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	<b>0.125</b>	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	<b>0.062</b>	
$\theta (+k_v)$		<b>6.7</b>	
$\theta (-k_v)$		<b>7.6</b>	
Mononobe e Okabe (+ $k_v$ )	$K_{AE}$	<b>0.339</b>	
Mononobe e Okabe (- $k_v$ )	$K_{AE}$	<b>0.349</b>	

#### 4.6.11 Inerzie strutturali

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

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

#### 4.6.12 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	385			0.00	0.00	1.75	0	0
Rinterro	g3		460		0.00	0.00	1.17	0	536
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	3.50	0	630
Sovr. acc. sul rilevato			263		0.00	0.00	1.75	0	460

### 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	385	0	0	-0.95		8.75	0	-366
Muro frontale	g1	4284	0	0			3.50	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>4669</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-366</b>
Rinterro	g3		4795	0			3.50	0	16784
Sovr. acc. sul rilevato			788	0			5.25	0	4137

**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	385			2.35	0.00	11.25	0	905
Muro frontale	g1	4284			3.30	0.00	6.00	0	14137
Plinto	g1	12375			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	5528			-1.95	0.00	7.75	0	-10780
<b>Totale Permanenti</b>		<b>22572</b>						<b>0</b>	<b>4262</b>
Rinterro	g3	12928			-1.95	0.00	7.75	0	-25209
Ricop. Plinto	g3	1818			1.95	0.00	3.00	0	3545
Sovr. acc. sul rilevato		1426			-1.95	0.00	13.00	0	-2780
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		7351		-1.95	0.00	4.33	0	31853
Sovr. acc. sul rilevato			976		0.00	0.00	6.50	0	6342

➤ 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	385			0.00	0.00	1.75	0	0
Rinterro	g3		292		0.00	0.00	1.17	0	341
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	3.50	0	630
Sovr. acc. sul rilevato			167		0.00	0.00	1.75	0	292

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	48	0	0.00	0.00	1.75	0	84
Rinterro	Inerzia		621				1.75	0	1087
	Sovraspinta		97				1.17	0	113
Rinterro [totale]			718					0	1200
Sovr. acc. sul rilevato			167		0.00	0.00	1.75	0	292
Totale generale			933					0	1576

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	48	0.00	0.00	1.75	84	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	24	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	385	0	0	-0.95		8.75	0	-366
Muro frontale	g1	4284	0	0			3.50	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>4669</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-366</b>
Rinterro	g3		3047	0			3.50	0	10666
Sovr. acc. sul rilevato			501	0			5.25	0	2629

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		48		-0.95	0.00	8.75	0	419
Muro frontale	q6		533		0.00	0.00	3.50	0	1867
Rinterro	Inerzia		1609				5.25	0	8450
	Sovraspinta		873				3.50	0	3055
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>2482</b>					<b>0</b>	<b>11505</b>
Sovr. acc. sul rilevato			501				5.25	0	2629
<b>Totale generale</b>			<b>3564</b>					<b>0</b>	<b>16420</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			48	-0.95	0.00	8.75	419	0
Muro frontale	q6			533	0.00	0.00	3.50	1867	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>581</b>				<b>2286</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	24			-0.95	0.00	8.75	0	-23
Muro frontale	q6	267			0.00	0.00	3.50	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>291</b>						<b>0</b>	<b>-23</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	385			2.35	0.00	11.25	0	905
Muro frontale	g1	4284			3.30	0.00	6.00	0	14137
Plinto	g1	12375			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	5528			-1.95	0.00	7.75	0	-10780
<b>Totale Permanenti</b>		<b>22572</b>						<b>0</b>	<b>4262</b>
Rinterro	g3	12928			-1.95	0.00	7.75	0	-25209
Ricop. Plinto	g3	1818			1.95	0.00	3.00	0	3545
Sovr. acc. sul rilevato		1426			-1.95	0.00	13.00	0	-2780
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		4671		-1.95	0.00	4.33	0	20242
Sovr. acc. sul rilevato			620		0.00	0.00	6.50	0	4030

**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		48		2.35	0.00	11.25	0	539
Muro frontale	q6		533		3.30	0.00	6.00	0	3200
Plinto	q6		1541		0.00	0.00	1.25	0	1926
Muri andatori	q6		688		-1.95	0.00	7.75	0	5334
Rinterro	Inerzia		1609		-1.95	0.00	7.75	0	12474
	Sovraspinta		1338		-1.95	0.00	4.33	0	5798
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>2948</b>				<b>7.75</b>	<b>0</b>	<b>18272</b>
Sovr. acc. sul rilevato			620		-1.95		7.75	0	4030
<b>Totale generale</b>			<b>6378</b>						<b>33301</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			48	2.35	0.00	11.25	539	0
Muro frontale	q6			533	3.30	0.00	6.00	3200	0
Plinto	q6			1541	0.00	0.00	1.25	1926	0
Muri andatori	q6			688	-1.95	0.00	7.75	5334	0
Rinterro	Inerzia			1609	0.00		7.75	12474	0
	Sovraspinta			97			4.33	420	0
<b>Rinterro [totale]</b>				<b>1706</b>				<b>12894</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato				620	-1.95		13.00	8060	0
<b>Totale generale</b>				<b>5137</b>				<b>31953</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	24			2.35	0.00	11.25	0.00	56
Muro frontale	q6	267			3.30	0.00	6.00	0.00	880
Plinto	q6	770			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Muri andatori	q6	344			-1.95	0.00	7.75	0.00	-671
Rinterro	q6	805			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Ricop. Plinto	q6	113			1.95	0.00	3.00	0.00	221
<b>Totale generale</b>		<b>2323</b>						<b>0.00</b>	<b>486</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	730	1107	0	0	1950
A2 - SLU - MT max gr.1	730	1107	0	0	1950
A2 - SLU - ML max gr.1	730	1107	0	0	1950
A2 - SLU - N max gr.2	730	1107	0	0	1950
A2 - SLU - MT max gr.2	730	1107	0	0	1950
A2 - SLU - ML max gr.2	730	1107	0	0	1950
A2 - SLU - N max gr.3	730	1107	0	0	1950
A2 - SLU - MT max gr.3	730	1107	0	0	1950
A2 - SLU - ML max gr.3	730	1107	0	0	1950
A2 - SLU - Vento ponte scarico	385	598	0	0	697
A2 - SLU - N max gr.1	730	969	0	0	1789
A2 - SLU - MT max gr.1	730	969	0	0	1789
A2 - SLU - ML max gr.1	730	969	0	0	1789
A2 - SLU - N max gr.2	730	969	0	0	1789
A2 - SLU - MT max gr.2	730	969	0	0	1789
A2 - SLU - ML max gr.2	730	969	0	0	1789
A2 - SLU - N max gr.3	730	969	0	0	1789
A2 - SLU - MT max gr.3	730	969	0	0	1789
A2 - SLU - ML max gr.3	730	969	0	0	1789
A2 - SLU - Vento ponte scarico	385	460	0	0	536
A1 - SLU - N max gr.1	925	1287	0	0	2276
A1 - SLU - MT max gr.1	925	1287	0	0	2276
A1 - SLU - ML max gr.1	925	1287	0	0	2276
A1 - SLU - N max gr.2	925	1287	0	0	2276
A1 - SLU - MT max gr.2	925	1287	0	0	2276
A1 - SLU - ML max gr.2	925	1287	0	0	2276
A1 - SLU - N max gr.3	925	1287	0	0	2276
A1 - SLU - MT max gr.3	925	1287	0	0	2276
A1 - SLU - ML max gr.3	925	1287	0	0	2276
A1 - SLU - Vento ponte scarico	925	1287	0	0	2276
A1 - SLU - N max gr.1	790	1057	0	0	2007
A1 - SLU - MT max gr.1	790	1057	0	0	2007
A1 - SLU - ML max gr.1	790	1057	0	0	2007
A1 - SLU - N max gr.2	790	1057	0	0	2007
A1 - SLU - MT max gr.2	790	1057	0	0	2007
A1 - SLU - ML max gr.2	790	1057	0	0	2007
A1 - SLU - N max gr.3	790	1057	0	0	2007
A1 - SLU - MT max gr.3	790	1057	0	0	2007
A1 - SLU - ML max gr.3	790	1057	0	0	2007
A1 - SLU - Vento ponte scarico	385	460	0	0	536
SLE Rara - N max gr.1	685	902	0	0	1626
SLE Rara - MT max gr.1	685	902	0	0	1626
SLE Rara - ML max gr.1	685	902	0	0	1626
SLE Rara - N max gr.2	685	902	0	0	1626
SLE Rara - MT max gr.2	685	902	0	0	1626
SLE Rara - ML max gr.2	685	902	0	0	1626
SLE Rara - N max gr.3	685	902	0	0	1626
SLE Rara - MT max gr.3	685	902	0	0	1626
SLE Rara - ML max gr.3	685	902	0	0	1626
SLE Rara - Vento ponte scarico	385	460	0	0	536
SLE Freq. - N max gr.1	610	792	0	0	1354
SLE Freq. - MT max gr.1	610	792	0	0	1354
SLE Freq. - ML max gr.1	610	792	0	0	1354
SLE Freq. - N max gr.2	610	792	0	0	1354
SLE Freq. - MT max gr.2	610	792	0	0	1354
SLE Freq. - ML max gr.2	610	792	0	0	1354
SLE Freq. - N max gr.3	610	792	0	0	1354
SLE Freq. - MT max gr.3	610	792	0	0	1354
SLE Freq. - ML max gr.3	610	792	0	0	1354
SLE Freq. - Vento ponte scarico	385	460	0	0	536
SLE Q.P. - ML max gr.3	385	460	0	0	536
SLV -dir.X 1	452	1128	14	25	1809
SLV -dir.X 2	438	1128	14	25	1809
SLV -dir.Y 1	452	591	48	84	910
SLV -dir.Y 2	438	591	48	84	910
SLV -dir.Z+	469	591	14	25	910
SLV -dir.Z-	421	591	14	25	910

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	10576	7332	429	5419	29996
A2 - SLU - MT max gr.1	9815	7332	429	6999	29692
A2 - SLU - ML max gr.1	8376	7332	429	4235	29116
A2 - SLU - N max gr.2	9862	7871	429	5123	35308
A2 - SLU - MT max gr.2	9373	7871	429	5984	35112
A2 - SLU - ML max gr.2	8376	7332	429	4235	29116
A2 - SLU - N max gr.3	9862	7332	429	5123	29711
A2 - SLU - MT max gr.3	9373	7332	429	5984	29515
A2 - SLU - ML max gr.3	8376	7332	429	4235	29116
A2 - SLU - Vento ponte scarico	8376	6367	403	4011	23918
A2 - SLU - N max gr.1	10275	5863	398	5192	24614
A2 - SLU - MT max gr.1	9513	5863	398	6772	24309
A2 - SLU - ML max gr.1	8074	5863	398	4008	23734
A2 - SLU - N max gr.2	9561	6401	398	4896	29926
A2 - SLU - MT max gr.2	9071	6401	398	5758	29730
A2 - SLU - ML max gr.2	8074	5863	398	4008	23734
A2 - SLU - N max gr.3	9561	5863	398	4896	24329
A2 - SLU - MT max gr.3	9071	5863	398	5758	24133
A2 - SLU - ML max gr.3	8074	5863	398	4008	23734
A2 - SLU - Vento ponte scarico	8074	4897	373	3784	18536
A1 - SLU - N max gr.1	13634	8480	496	6285	34850
A1 - SLU - MT max gr.1	12740	8480	496	8140	34492
A1 - SLU - ML max gr.1	11051	8480	496	4896	33817
A1 - SLU - N max gr.2	12796	9112	496	5938	41085
A1 - SLU - MT max gr.2	12221	9112	496	6949	40855
A1 - SLU - ML max gr.2	11051	8480	496	4896	33817
A1 - SLU - N max gr.3	12796	8480	496	5938	34515
A1 - SLU - MT max gr.3	12221	8480	496	6949	34285
A1 - SLU - ML max gr.3	11051	8480	496	4896	33817
A1 - SLU - Vento ponte scarico	11051	8480	535	5145	33817
A1 - SLU - N max gr.1	10657	6031	445	5907	25671
A1 - SLU - MT max gr.1	9764	6031	445	7762	25314
A1 - SLU - ML max gr.1	8074	6031	445	4518	24638
A1 - SLU - N max gr.2	9820	6663	445	5560	31907
A1 - SLU - MT max gr.2	9820	6663	445	5560	31907
A1 - SLU - ML max gr.2	9244	6663	445	6571	31677
A1 - SLU - N max gr.3	8074	6031	445	4518	24638
A1 - SLU - MT max gr.3	9820	6031	445	5560	25336
A1 - SLU - ML max gr.3	9244	6031	445	6571	25106
A1 - SLU - Vento ponte scarico	8074	4967	445	4518	19053
SLE Rara - N max gr.1	8074	5686	414	4250	22673
SLE Rara - MT max gr.1	9988	5737	336	4331	23821
SLE Rara - ML max gr.1	9326	5737	336	5705	23556
SLE Rara - N max gr.2	8074	5737	336	3302	23056
SLE Rara - MT max gr.2	9367	6205	336	4074	28440
SLE Rara - ML max gr.2	8941	6205	336	4823	28270
SLE Rara - N max gr.3	8074	5737	336	3302	23056
SLE Rara - MT max gr.3	9367	5737	336	4074	23573
SLE Rara - ML max gr.3	8941	5737	336	4823	23403
SLE Rara - Vento ponte scarico	8074	4949	336	3302	18919
SLE Freq. - N max gr.1	9509	5527	141	1815	22500
SLE Freq. - MT max gr.1	9013	5527	141	2845	22301
SLE Freq. - ML max gr.1	8074	5527	141	1043	21926
SLE Freq. - N max gr.2	9044	5878	141	1622	25964
SLE Freq. - MT max gr.2	8724	5878	141	2184	25836
SLE Freq. - ML max gr.2	8074	5527	141	1043	21926
SLE Freq. - N max gr.3	9044	5527	141	1622	22314
SLE Freq. - MT max gr.3	8724	5527	141	2184	22186
SLE Freq. - ML max gr.3	8074	5527	141	1043	21926
SLE Freq. - Vento ponte scarico	8074	4897	144	1222	18536
SLE Q.P. - ML max gr.3	8074	5737	154	1139	23056
SLV -dir.X 1	8231	7257	427	2951	36357
SLV -dir.X 2	7917	7257	427	2943	36314
SLV -dir.Y 1	8482	4553	1161	8365	21110
SLV -dir.Y 2	8167	4553	1161	8357	21067
SLV -dir.Z+	8981	4553	427	3165	21212
SLV -dir.Z-	7933	4553	427	3140	21071

**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	49288	10870	429	6490	45364
A2 - SLU - MT max gr.1	48527	10870	429	8070	42547
A2 - SLU - ML max gr.1	47087	10870	429	5307	37222
A2 - SLU - N max gr.2	48574	11408	429	6194	49666
A2 - SLU - MT max gr.2	48085	11408	429	7056	47853
A2 - SLU - ML max gr.2	47087	10870	429	5307	37222
A2 - SLU - N max gr.3	48574	10870	429	6194	42723
A2 - SLU - MT max gr.3	48085	10870	429	7056	40911
A2 - SLU - ML max gr.3	47087	10870	429	5307	37222
A2 - SLU - Vento ponte scarico	45448	9689	403	5019	32537
A2 - SLU - N max gr.1	44563	8634	398	6187	40888
A2 - SLU - MT max gr.1	43802	8634	398	7767	38071
A2 - SLU - ML max gr.1	42362	8634	398	5003	32746
A2 - SLU - N max gr.2	43849	9173	398	5891	45190
A2 - SLU - MT max gr.2	43359	9173	398	6753	43378
A2 - SLU - ML max gr.2	42362	8634	398	5003	32746
A2 - SLU - N max gr.3	43849	8634	398	5891	38248
A2 - SLU - MT max gr.3	43359	8634	398	6753	36435
A2 - SLU - ML max gr.3	42362	8634	398	5003	32746
A2 - SLU - Vento ponte scarico	40723	7453	373	4716	28061
A1 - SLU - N max gr.1	61846	12566	496	7524	55178
A1 - SLU - MT max gr.1	60953	12566	496	9379	51871
A1 - SLU - ML max gr.1	59263	12566	496	6135	45620
A1 - SLU - N max gr.2	61009	13198	496	7177	60229
A1 - SLU - MT max gr.2	60433	13198	496	8188	58101
A1 - SLU - ML max gr.2	59263	12566	496	6135	45620
A1 - SLU - N max gr.3	61009	12566	496	7177	52078
A1 - SLU - MT max gr.3	60433	12566	496	8188	49950
A1 - SLU - ML max gr.3	59263	12566	496	6135	45620
A1 - SLU - Vento ponte scarico	59263	12566	535	6483	45620
A1 - SLU - N max gr.1	45231	8840	445	7019	43119
A1 - SLU - MT max gr.1	44537	8840	445	8873	39812
A1 - SLU - ML max gr.1	42647	8840	445	5629	33561
A1 - SLU - N max gr.2	44393	9472	445	6671	48169
A1 - SLU - MT max gr.2	44393	9472	445	6671	48169
A1 - SLU - ML max gr.2	43818	9472	445	7683	46042
A1 - SLU - N max gr.3	42647	8840	445	5629	33561
A1 - SLU - MT max gr.3	44393	8840	445	6671	40019
A1 - SLU - ML max gr.3	43818	8840	445	7683	37891
A1 - SLU - Vento ponte scarico	40723	7523	445	5629	28752
SLE Rara - N max gr.1	42148	8428	414	5286	31623
SLE Rara - MT max gr.1	44062	8480	336	5170	39215
SLE Rara - ML max gr.1	43400	8480	336	6544	36765
SLE Rara - N max gr.2	42148	8480	336	4141	32135
SLE Rara - MT max gr.2	43441	8948	336	4913	42956
SLE Rara - ML max gr.2	43015	8948	336	5662	41380
SLE Rara - N max gr.3	42148	8480	336	4141	32135
SLE Rara - MT max gr.3	43441	8480	336	4913	36919
SLE Rara - ML max gr.3	43015	8480	336	5662	35343
SLE Rara - Vento ponte scarico	40723	7505	336	4141	28573
SLE Freq. - N max gr.1	43227	8223	141	2167	36426
SLE Freq. - MT max gr.1	42731	8223	141	3198	34589
SLE Freq. - ML max gr.1	41792	8223	141	1395	31116
SLE Freq. - N max gr.2	42762	8574	141	1974	39232
SLE Freq. - MT max gr.2	42442	8574	141	2536	38050
SLE Freq. - ML max gr.2	41792	8223	141	1395	31116
SLE Freq. - N max gr.3	42762	8223	141	1974	34704
SLE Freq. - MT max gr.3	42442	8223	141	2536	33522
SLE Freq. - ML max gr.3	41792	8223	141	1395	31116
SLE Freq. - Vento ponte scarico	40723	7453	144	1581	28061
SLE Q.P. - ML max gr.3	42148	8480	154	1523	32135
SLV -dir.X_ 1	41775	11599	1645	10548	58337
SLV -dir.X_ 2	40241	11599	1645	10540	57527
SLV -dir.Y_ 1	42025	7009	5220	33032	31680
SLV -dir.Y_ 2	40491	7009	5220	33025	30870
SLV -dir.Z+	43947	7009	1645	10763	33115
SLV -dir.Z-	38834	7009	1645	10737	30415

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	61846	12566	496	7524	55178	6854	3454	1048
Al - SLU - MT max gr.1	60953	12566	496	9379	51871	6729	3430	1048
Al - SLU - ML max gr.1	59263	12566	496	6135	45620	6342	3535	1048
Al - SLU - N max gr.2	61009	13198	496	7177	60229	6917	3252	1101
Al - SLU - MT max gr.2	60433	13198	496	8188	58101	6832	3240	1101
Al - SLU - ML max gr.2	59263	12566	496	6135	45620	6342	3535	1048
Al - SLU - N max gr.3	61009	12566	496	7177	52078	6690	3478	1048
Al - SLU - MT max gr.3	60433	12566	496	8188	49950	6606	3467	1048
Al - SLU - ML max gr.3	59263	12566	496	6135	45620	6342	3535	1048
Al - SLU - Vento ponte scarico	59263	12566	535	6483	45620	6350	3527	1048
Al - SLU - N max gr.1	45231	8840	445	7019	43119	5123	2416	738
Al - SLU - MT max gr.1	44337	8840	445	8873	39812	4998	2392	738
Al - SLU - ML max gr.1	42647	8840	445	5629	33561	4611	2497	738
Al - SLU - N max gr.2	44393	9472	445	6671	48169	5186	2213	790
Al - SLU - MT max gr.2	44393	9472	445	6671	48169	5186	2213	790
Al - SLU - ML max gr.2	43818	9472	445	7683	46042	5101	2202	790
Al - SLU - N max gr.3	42647	8840	445	5629	33561	4611	2497	738
Al - SLU - MT max gr.3	44393	8840	445	6671	40019	4959	2440	738
Al - SLU - ML max gr.3	43818	8840	445	7683	37891	4875	2428	738
Al - SLU - Vento ponte scarico	40723	7523	445	5629	28752	4317	2470	628
						6917	2202	1101

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	41775	11599	1645	10548	58337	5336	1626	976
SLV -dir.X 2	40241	11599	1645	10540	57527	5186	1521	976
SLV -dir.Y 1	42025	7009	5220	33032	31680	5116	1888	728
SLV -dir.Y 2	40491	7009	5220	33025	30870	4966	1783	728
SLV -dir.Z+	43947	7009	1645	10763	33115	4821	2503	600
SLV -dir.Z-	38834	7009	1645	10737	30415	4320	2153	600
						5336	1521	976

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	42148	8428	414	5286	31623	4508	2517	703
SLE Rara - MT max gr.1	44062	8480	336	5170	39215	4876	2468	707
SLE Rara - ML max gr.1	43400	8480	336	6544	36765	4783	2450	707
SLE Rara - N max gr.2	42148	8480	336	4141	32135	4497	2528	707
SLE Rara - MT max gr.2	43441	8948	336	4913	42956	4923	2318	746
SLE Rara - ML max gr.2	43015	8948	336	5662	41380	4860	2309	746
SLE Rara - N max gr.3	42148	8480	336	4141	32135	4497	2528	707
SLE Rara - MT max gr.3	43441	8480	336	4913	36919	4755	2485	707
SLE Rara - ML max gr.3	43015	8480	336	5662	35343	4692	2477	707
SLE Rara - Vento ponte scarico	40723	7505	336	4141	28573	4279	2508	626
						4923	2309	746

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 0.5x8.80 m

Armatura verticale

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

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

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 14/20$

$A'_s = \phi 12/20$

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice: X [cm] Y [cm]

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	42 di 62

1	0.0	0.0
2	0.0	880.0
3	50.0	880.0
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	871.7	16
3	41.7	871.7	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	86	20
2	3	4	43	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	925.00	0.00	2276.00	0.00	1287.00
2	925.00	0.00	2276.00	0.00	1287.00
3	925.00	0.00	2276.00	0.00	1287.00
4	925.00	0.00	2276.00	0.00	1287.00
5	925.00	0.00	2276.00	0.00	1287.00
6	925.00	0.00	2276.00	0.00	1287.00
7	925.00	0.00	2276.00	0.00	1287.00
8	925.00	0.00	2276.00	0.00	1287.00
9	925.00	0.00	2276.00	0.00	1287.00
10	925.00	0.00	2276.00	0.00	1287.00
11	790.00	0.00	2007.00	0.00	1057.00
12	790.00	0.00	2007.00	0.00	1057.00
13	790.00	0.00	2007.00	0.00	1057.00
14	790.00	0.00	2007.00	0.00	1057.00
15	790.00	0.00	2007.00	0.00	1057.00
16	790.00	0.00	2007.00	0.00	1057.00
17	790.00	0.00	2007.00	0.00	1057.00
18	790.00	0.00	2007.00	0.00	1057.00
19	790.00	0.00	2007.00	0.00	1057.00
20	385.00	0.00	536.00	0.00	460.00
21	452.00	25.00	1809.00	14.00	1128.00
22	438.00	25.00	1809.00	14.00	1128.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	43 di 62

23	452.00	84.00	910.00	48.00	591.00
24	438.00	84.00	910.00	48.00	591.00
25	469.00	25.00	910.00	14.00	591.00
26	421.00	25.00	910.00	14.00	591.00

**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	685.00	0.00	1626.00
2	685.00	0.00	1626.00
3	685.00	0.00	1626.00
4	685.00	0.00	1626.00
5	685.00	0.00	1626.00
6	685.00	0.00	1626.00
7	685.00	0.00	1626.00
8	685.00	0.00	1626.00
9	685.00	0.00	1626.00
10	385.00	0.00	536.00

**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	610.00	0.00 (0.00)	1354.00 (1422.94)
2	610.00	0.00 (0.00)	1354.00 (1422.94)
3	610.00	0.00 (0.00)	1354.00 (1422.94)
4	610.00	0.00 (0.00)	1354.00 (1422.94)
5	610.00	0.00 (0.00)	1354.00 (1422.94)
6	610.00	0.00 (0.00)	1354.00 (1422.94)
7	610.00	0.00 (0.00)	1354.00 (1422.94)
8	610.00	0.00 (0.00)	1354.00 (1422.94)
9	610.00	0.00 (0.00)	1354.00 (1422.94)
10	385.00	0.00 (0.00)	536.00 (1455.33)

**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	385.00	0.00 (0.00)	536.00 (1455.33)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	44 di 62

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.9 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 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	925.00	0.00	2276.00	925.18	0.01	4281.21	1.88	274.2(78.8)
2	S	925.00	0.00	2276.00	925.18	0.01	4281.21	1.88	274.2(78.8)
3	S	925.00	0.00	2276.00	925.18	0.01	4281.21	1.88	274.2(78.8)
4	S	925.00	0.00	2276.00	925.18	0.01	4281.21	1.88	274.2(78.8)
5	S	925.00	0.00	2276.00	925.18	0.01	4281.21	1.88	274.2(78.8)
6	S	925.00	0.00	2276.00	925.18	0.01	4281.21	1.88	274.2(78.8)
7	S	925.00	0.00	2276.00	925.18	0.01	4281.21	1.88	274.2(78.8)
8	S	925.00	0.00	2276.00	925.18	0.01	4281.21	1.88	274.2(78.8)
9	S	925.00	0.00	2276.00	925.18	0.01	4281.21	1.88	274.2(78.8)
10	S	925.00	0.00	2276.00	925.18	0.01	4281.21	1.88	274.2(78.8)
11	S	790.00	0.00	2007.00	789.84	0.01	4257.53	2.12	274.2(78.8)
12	S	790.00	0.00	2007.00	789.84	0.01	4257.53	2.12	274.2(78.8)
13	S	790.00	0.00	2007.00	789.84	0.01	4257.53	2.12	274.2(78.8)
14	S	790.00	0.00	2007.00	789.84	0.01	4257.53	2.12	274.2(78.8)
15	S	790.00	0.00	2007.00	789.84	0.01	4257.53	2.12	274.2(78.8)
16	S	790.00	0.00	2007.00	789.84	0.01	4257.53	2.12	274.2(78.8)
17	S	790.00	0.00	2007.00	789.84	0.01	4257.53	2.12	274.2(78.8)
18	S	790.00	0.00	2007.00	789.84	0.01	4257.53	2.12	274.2(78.8)
19	S	790.00	0.00	2007.00	789.84	0.01	4257.53	2.12	274.2(78.8)
20	S	385.00	0.00	536.00	385.21	0.04	4186.65	7.75	274.2(78.8)
21	S	452.00	25.00	1809.00	452.12	61.01	4204.83	2.32	274.2(78.8)
22	S	438.00	25.00	1809.00	437.89	61.70	4202.40	2.32	274.2(78.8)
23	S	452.00	84.00	910.00	452.04	384.66	4210.13	4.60	274.2(78.8)
24	S	438.00	84.00	910.00	437.78	389.21	4207.57	4.60	274.2(78.8)
25	S	469.00	25.00	910.00	468.92	106.51	4212.64	4.61	274.2(78.8)
26	S	421.00	25.00	910.00	421.04	115.46	4205.15	4.60	274.2(78.8)

**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	0.205	50.0	880.0	0.00010	41.7	871.7	-0.01356	8.3	8.3
2	0.00350	0.205	50.0	880.0	0.00010	41.7	871.7	-0.01356	8.3	8.3

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	45 di 62

3	0.00350	0.205	50.0	880.0	0.00010	41.7	871.7	-0.01356	8.3	8.3
4	0.00350	0.205	50.0	880.0	0.00010	41.7	871.7	-0.01356	8.3	8.3
5	0.00350	0.205	50.0	880.0	0.00010	41.7	871.7	-0.01356	8.3	8.3
6	0.00350	0.205	50.0	880.0	0.00010	41.7	871.7	-0.01356	8.3	8.3
7	0.00350	0.205	50.0	880.0	0.00010	41.7	871.7	-0.01356	8.3	8.3
8	0.00350	0.205	50.0	880.0	0.00010	41.7	871.7	-0.01356	8.3	8.3
9	0.00350	0.205	50.0	880.0	0.00010	41.7	871.7	-0.01356	8.3	8.3
10	0.00350	0.205	50.0	880.0	0.00010	41.7	871.7	-0.01356	8.3	8.3
11	0.00350	0.204	50.0	880.0	0.00008	41.7	871.7	-0.01369	8.3	8.3
12	0.00350	0.204	50.0	880.0	0.00008	41.7	871.7	-0.01369	8.3	8.3
13	0.00350	0.204	50.0	880.0	0.00008	41.7	871.7	-0.01369	8.3	8.3
14	0.00350	0.204	50.0	880.0	0.00008	41.7	871.7	-0.01369	8.3	8.3
15	0.00350	0.204	50.0	880.0	0.00008	41.7	871.7	-0.01369	8.3	8.3
16	0.00350	0.204	50.0	880.0	0.00008	41.7	871.7	-0.01369	8.3	8.3
17	0.00350	0.204	50.0	880.0	0.00008	41.7	871.7	-0.01369	8.3	8.3
18	0.00350	0.204	50.0	880.0	0.00008	41.7	871.7	-0.01369	8.3	8.3
19	0.00350	0.204	50.0	880.0	0.00008	41.7	871.7	-0.01369	8.3	8.3
20	0.00350	0.199	50.0	880.0	0.00000	41.7	871.7	-0.01408	8.3	8.3
21	0.00350	0.200	50.0	880.0	0.00002	41.7	871.7	-0.01402	8.3	8.3
22	0.00350	0.200	50.0	880.0	0.00002	41.7	871.7	-0.01403	8.3	8.3
23	0.00350	0.200	50.0	880.0	0.00004	41.7	871.7	-0.01397	8.3	8.3
24	0.00350	0.200	50.0	880.0	0.00004	41.7	871.7	-0.01398	8.3	8.3
25	0.00350	0.200	50.0	880.0	0.00003	41.7	871.7	-0.01401	8.3	8.3
26	0.00350	0.199	50.0	880.0	0.00002	41.7	871.7	-0.01405	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	0.000409066	0.000000000	-0.016953290	0.205	0.700
2	0.000409066	0.000000000	-0.016953290	0.205	0.700
3	0.000409066	0.000000000	-0.016953290	0.205	0.700
4	0.000409066	0.000000000	-0.016953290	0.205	0.700
5	0.000409066	0.000000000	-0.016953290	0.205	0.700
6	0.000409066	0.000000000	-0.016953290	0.205	0.700
7	0.000409066	0.000000000	-0.016953290	0.205	0.700
8	0.000409066	0.000000000	-0.016953290	0.205	0.700
9	0.000409066	0.000000000	-0.016953290	0.205	0.700
10	0.000409066	0.000000000	-0.016953290	0.205	0.700
11	0.000412254	0.000000000	-0.017112727	0.204	0.700
12	0.000412254	0.000000000	-0.017112727	0.204	0.700
13	0.000412254	0.000000000	-0.017112727	0.204	0.700
14	0.000412254	0.000000000	-0.017112727	0.204	0.700
15	0.000412254	0.000000000	-0.017112727	0.204	0.700
16	0.000412254	0.000000000	-0.017112727	0.204	0.700
17	0.000412254	0.000000000	-0.017112727	0.204	0.700
18	0.000412254	0.000000000	-0.017112727	0.204	0.700
19	0.000412254	0.000000000	-0.017112727	0.204	0.700
20	0.000421571	0.000000000	-0.017578580	0.199	0.700
21	0.000419064	0.000000052	-0.017498886	0.200	0.700
22	0.000419376	0.000000053	-0.017514993	0.200	0.700
23	0.000416329	0.000000128	-0.017428850	0.200	0.700
24	0.000416623	0.000000128	-0.017443755	0.200	0.700
25	0.000417948	0.000000091	-0.017477137	0.200	0.700
26	0.000418888	0.000000098	-0.017530843	0.199	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
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	46 di 62

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	1287.00	2289.42	41.7	880.0	0.0075	0.21
2	S	1287.00	2289.42	41.7	880.0	0.0075	0.21
3	S	1287.00	2289.42	41.7	880.0	0.0075	0.21
4	S	1287.00	2289.42	41.7	880.0	0.0075	0.21
5	S	1287.00	2289.42	41.7	880.0	0.0075	0.21
6	S	1287.00	2289.42	41.7	880.0	0.0075	0.21
7	S	1287.00	2289.42	41.7	880.0	0.0075	0.21
8	S	1287.00	2289.42	41.7	880.0	0.0075	0.21
9	S	1287.00	2289.42	41.7	880.0	0.0075	0.21
10	S	1287.00	2289.42	41.7	880.0	0.0075	0.21
11	S	1057.00	2272.54	41.7	880.0	0.0075	0.18
12	S	1057.00	2272.54	41.7	880.0	0.0075	0.18
13	S	1057.00	2272.54	41.7	880.0	0.0075	0.18
14	S	1057.00	2272.54	41.7	880.0	0.0075	0.18
15	S	1057.00	2272.54	41.7	880.0	0.0075	0.18
16	S	1057.00	2272.54	41.7	880.0	0.0075	0.18
17	S	1057.00	2272.54	41.7	880.0	0.0075	0.18
18	S	1057.00	2272.54	41.7	880.0	0.0075	0.18
19	S	1057.00	2272.54	41.7	880.0	0.0075	0.18
20	S	460.00	2221.87	41.7	880.0	0.0075	0.09
21	S	1128.00	2350.95	41.7	880.0	0.0088	0.10
22	S	1128.00	2358.70	41.7	880.0	0.0089	0.10
23	S	591.01	2365.19	41.7	880.0	0.0090	0.10
24	S	591.01	2368.14	41.7	880.0	0.0090	0.10
25	S	591.00	2367.31	41.7	880.0	0.0090	0.11
26	S	591.00	2389.23	41.7	880.0	0.0093	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	6.26	50.0	880.0	-150.8	8.3	67.8	10120	274.2
2	S	6.26	50.0	880.0	-150.8	8.3	67.8	10120	274.2
3	S	6.26	50.0	880.0	-150.8	8.3	67.8	10120	274.2
4	S	6.26	50.0	880.0	-150.8	8.3	67.8	10120	274.2
5	S	6.26	50.0	880.0	-150.8	8.3	67.8	10120	274.2
6	S	6.26	50.0	880.0	-150.8	8.3	67.8	10120	274.2
7	S	6.26	50.0	880.0	-150.8	8.3	67.8	10120	274.2
8	S	6.26	50.0	880.0	-150.8	8.3	67.8	10120	274.2
9	S	6.26	50.0	880.0	-150.8	8.3	67.8	10120	274.2
10	S	2.08	50.0	880.0	-46.9	8.3	38.1	9680	274.2

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	47 di 62

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00100	0	0.500	19.9	73	0.00045 (0.00045)	373	0.169 (0.20)	0.00	1419.49
2	S	-0.00100	0	0.500	19.9	73	0.00045 (0.00045)	373	0.169 (0.20)	0.00	1419.49
3	S	-0.00100	0	0.500	19.9	73	0.00045 (0.00045)	373	0.169 (0.20)	0.00	1419.49
4	S	-0.00100	0	0.500	19.9	73	0.00045 (0.00045)	373	0.169 (0.20)	0.00	1419.49
5	S	-0.00100	0	0.500	19.9	73	0.00045 (0.00045)	373	0.169 (0.20)	0.00	1419.49
6	S	-0.00100	0	0.500	19.9	73	0.00045 (0.00045)	373	0.169 (0.20)	0.00	1419.49
7	S	-0.00100	0	0.500	19.9	73	0.00045 (0.00045)	373	0.169 (0.20)	0.00	1419.49
8	S	-0.00100	0	0.500	19.9	73	0.00045 (0.00045)	373	0.169 (0.20)	0.00	1419.49
9	S	-0.00100	0	0.500	19.9	73	0.00045 (0.00045)	373	0.169 (0.20)	0.00	1419.49
10	S	-0.00031	0	0.500	19.9	73	0.00014 (0.00014)	368	0.052 (0.20)	0.00	1455.33

**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	5.22	50.0	880.0	-124.9	8.3	57.9	10120	274.2
2	S	5.22	50.0	880.0	-124.9	8.3	57.9	10120	274.2
3	S	5.22	50.0	880.0	-124.9	8.3	57.9	10120	274.2
4	S	5.22	50.0	880.0	-124.9	8.3	57.9	10120	274.2
5	S	5.22	50.0	880.0	-124.9	8.3	57.9	10120	274.2
6	S	5.22	50.0	880.0	-124.9	8.3	57.9	10120	274.2
7	S	5.22	50.0	880.0	-124.9	8.3	57.9	10120	274.2
8	S	5.22	50.0	880.0	-124.9	8.3	57.9	10120	274.2
9	S	5.22	50.0	880.0	-124.9	8.3	57.9	10120	274.2
10	S	2.08	50.0	880.0	-46.9	8.3	38.1	9680	274.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00083	0	0.500	19.9	73	0.00037 (0.00037)	373	0.140 (0.20)	0.00	1422.94
2	S	-0.00083	0	0.500	19.9	73	0.00037 (0.00037)	373	0.140 (0.20)	0.00	1422.94
3	S	-0.00083	0	0.500	19.9	73	0.00037 (0.00037)	373	0.140 (0.20)	0.00	1422.94
4	S	-0.00083	0	0.500	19.9	73	0.00037 (0.00037)	373	0.140 (0.20)	0.00	1422.94
5	S	-0.00083	0	0.500	19.9	73	0.00037 (0.00037)	373	0.140 (0.20)	0.00	1422.94
6	S	-0.00083	0	0.500	19.9	73	0.00037 (0.00037)	373	0.140 (0.20)	0.00	1422.94
7	S	-0.00083	0	0.500	19.9	73	0.00037 (0.00037)	373	0.140 (0.20)	0.00	1422.94
8	S	-0.00083	0	0.500	19.9	73	0.00037 (0.00037)	373	0.140 (0.20)	0.00	1422.94
9	S	-0.00083	0	0.500	19.9	73	0.00037 (0.00037)	373	0.140 (0.20)	0.00	1422.94
10	S	-0.00031	0	0.500	19.9	73	0.00014 (0.00014)	368	0.052 (0.20)	0.00	1455.33

**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	2.08	50.0	880.0	-46.9	8.3	38.1	9680	274.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0	0.500	19.9	73	0.00014 (0.00014)	368	0.052 (0.20)	0.00	1455.33

**4.9.2 Muro frontale**

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

*Caratteristiche della sezione :*

*Sezione rettangolare 2.40 x7.60 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
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	49 di 62

Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	760.0
3	240.0	760.0
4	240.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	9.0	9.0	26
2	9.0	751.0	26
3	231.0	751.0	26
4	231.0	9.0	26
5	15.0	9.0	26
6	15.0	751.0	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	74	26
2	3	4	74	26
3	5	6	74	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 8 mm  
Passo staffe: 2.3 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	13633.88	6284.83	34849.81	495.75	8479.91
2	12740.18	8139.73	34492.33	495.75	8479.91

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	50 di 62

3	11050.65	4895.68	33816.52	495.75	8479.91
4	12796.20	5937.54	41085.46	495.75	9111.71
5	12221.10	6949.03	40855.42	495.75	9111.71
6	11050.65	4895.68	33816.52	495.75	8479.91
7	12796.20	5937.54	34514.74	495.75	8479.91
8	12221.10	6949.03	34284.70	495.75	8479.91
9	11050.65	4895.68	33816.52	495.75	8479.91
10	11050.65	5144.95	33816.52	535.05	8479.91
11	10657.23	5906.87	25671.01	444.67	6031.16
12	9763.53	7761.77	25313.53	444.67	6031.16
13	8074.00	4517.72	24637.72	444.67	6031.16
14	9819.55	5559.59	31906.66	444.67	6662.96
15	9819.55	5559.59	31906.66	444.67	6662.96
16	9244.45	6571.07	31676.62	444.67	6662.96
17	8074.00	4517.72	24637.72	444.67	6031.16
18	9819.55	5559.59	25335.94	444.67	6031.16
19	9244.45	6571.07	25105.90	444.67	6031.16
20	8074.00	4517.72	19052.55	444.67	4967.32
21	8231.22	2950.71	36356.59	426.94	7257.46
22	7916.78	2943.02	36314.23	426.94	7257.46
23	8481.52	8364.93	21109.71	1160.63	4552.89
24	8167.08	8357.25	21067.35	1160.63	4552.89
25	8980.77	3165.48	21212.10	426.94	4552.89
26	7932.63	3139.85	21070.89	426.94	4552.89

**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	8074.00	4250.31	22673.03
2	9987.50	4331.06	23821.16
3	9325.50	5705.06	23556.36
4	8074.00	3302.06	23055.76
5	9367.00	4073.81	28440.16
6	8941.00	4823.06	28269.76
7	8074.00	3302.06	23055.76
8	9367.00	4073.81	23572.96
9	8941.00	4823.06	23402.56
10	8074.00	3302.06	18918.60

**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	9509.13	1814.71 (2753.92)	22499.84 (34144.83)
2	9012.63	2845.21 (4229.94)	22301.24 (33155.06)
3	8074.00	1042.96 (1602.61)	21925.79 (33691.33)
4	9043.75	1621.77 (2070.38)	25964.09 (33146.22)
5	8724.25	2183.71 (2761.26)	25836.29 (32669.57)

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	51 di 62

6	8074.00	1042.96 (1602.61)	21925.79 (33691.33)
7	9043.75	1621.77 (2468.32)	22313.69 (33961.27)
8	8724.25	2183.71 (3285.99)	22185.89 (33384.83)
9	8074.00	1042.96 (1602.61)	21925.79 (33691.33)
10	8074.00	1221.83 (2280.45)	18535.87 (34595.72)

**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	8074.00	1138.64 (1647.59)	23055.76 (33361.28)

**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	13633.88	6284.83	34849.81	13634.16	14788.05	83499.79	2.371210.5(547.2)	
2	S	12740.18	8139.73	34492.33	12740.19	18971.03	82470.92	2.371210.5(547.2)	
3	S	11050.65	4895.68	33816.52	11050.77	11607.25	81016.84	2.381210.5(547.2)	
4	S	12796.20	5937.54	41085.46	12796.13	11471.25	82770.91	2.001210.5(547.2)	
5	S	12221.10	6949.03	40855.42	12220.97	14151.22	82116.30	2.001210.5(547.2)	
6	S	11050.65	4895.68	33816.52	11050.77	11607.25	81016.84	2.381210.5(547.2)	
7	S	12796.20	5937.54	34514.74	12796.11	14108.59	82689.79	2.371210.5(547.2)	
8	S	12221.10	6949.03	34284.70	12221.16	16395.84	82044.44	2.371210.5(547.2)	
9	S	11050.65	4895.68	33816.52	11050.77	11607.25	81016.84	2.381210.5(547.2)	
10	S	11050.65	5144.95	33816.52	11050.93	11965.11	81007.23	2.381210.5(547.2)	
11	S	10657.23	5906.87	25671.01	10657.25	18161.80	80421.90	3.091210.5(547.2)	
12	S	9763.53	7761.77	25313.53	9763.31	23947.86	79320.53	3.101210.5(547.2)	
13	S	8074.00	4517.72	24637.72	8074.05	14038.40	77923.70	3.131210.5(547.2)	
14	S	9819.55	5559.59	31906.66	9819.48	14063.59	79702.32	2.481210.5(547.2)	
15	S	9819.55	5559.59	31906.66	9819.48	14063.59	79702.32	2.481210.5(547.2)	
16	S	9244.45	6571.07	31676.62	9244.20	16398.30	79050.34	2.481210.5(547.2)	
17	S	8074.00	4517.72	24637.72	8074.05	14038.40	77923.70	3.131210.5(547.2)	
18	S	9819.55	5559.59	25335.94	9819.38	17395.68	79602.85	3.111210.5(547.2)	
19	S	9244.45	6571.07	25105.90	9244.30	20642.42	78914.54	3.111210.5(547.2)	
20	S	8074.00	4517.72	19052.55	8074.11	18253.34	77803.48	4.031210.5(547.2)	
21	S	8231.22	2950.71	36356.59	8231.32	6249.43	78273.23	2.141210.5(547.2)	
22	S	7916.78	2943.02	36314.23	7916.93	6279.17	77946.59	2.141210.5(547.2)	

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	52 di 62

23	S	8481.52	8364.93	21109.71	8481.56	30537.11	77770.11	3.641210.5(547.2)
24	S	8167.08	8357.25	21067.35	8166.97	30084.86	77471.90	3.631210.5(547.2)
25	S	8980.77	3165.48	21212.10	8980.88	11820.98	78909.42	3.671210.5(547.2)
26	S	7932.63	3139.85	21070.89	7932.66	11084.07	77852.19	3.651210.5(547.2)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	240.0	760.0	0.00257	231.0	751.0	-0.02127	9.0	9.0
2	0.00350	240.0	760.0	0.00261	231.0	751.0	-0.02038	9.0	9.0
3	0.00350	240.0	760.0	0.00244	231.0	751.0	-0.02443	9.0	9.0
4	0.00350	240.0	760.0	0.00249	231.0	751.0	-0.02312	9.0	9.0
5	0.00350	240.0	760.0	0.00252	231.0	751.0	-0.02245	9.0	9.0
6	0.00350	240.0	760.0	0.00244	231.0	751.0	-0.02443	9.0	9.0
7	0.00350	240.0	760.0	0.00254	231.0	751.0	-0.02208	9.0	9.0
8	0.00350	240.0	760.0	0.00256	231.0	751.0	-0.02159	9.0	9.0
9	0.00350	240.0	760.0	0.00244	231.0	751.0	-0.02443	9.0	9.0
10	0.00350	240.0	760.0	0.00245	231.0	751.0	-0.02426	9.0	9.0
11	0.00350	240.0	760.0	0.00255	231.0	751.0	-0.02193	9.0	9.0
12	0.00350	240.0	760.0	0.00262	231.0	751.0	-0.02041	9.0	9.0
13	0.00350	240.0	760.0	0.00240	231.0	751.0	-0.02569	9.0	9.0
14	0.00350	240.0	760.0	0.00245	231.0	751.0	-0.02426	9.0	9.0
15	0.00350	240.0	760.0	0.00245	231.0	751.0	-0.02426	9.0	9.0
16	0.00350	240.0	760.0	0.00248	231.0	751.0	-0.02364	9.0	9.0
17	0.00350	240.0	760.0	0.00240	231.0	751.0	-0.02569	9.0	9.0
18	0.00350	240.0	760.0	0.00251	231.0	751.0	-0.02279	9.0	9.0
19	0.00350	240.0	760.0	0.00256	231.0	751.0	-0.02190	9.0	9.0
20	0.00350	240.0	760.0	0.00248	231.0	751.0	-0.02367	9.0	9.0
21	0.00350	240.0	760.0	0.00220	231.0	751.0	-0.03029	9.0	9.0
22	0.00350	240.0	760.0	0.00219	231.0	751.0	-0.03066	9.0	9.0
23	0.00350	240.0	760.0	0.00268	231.0	751.0	-0.01905	9.0	9.0
24	0.00350	240.0	760.0	0.00267	231.0	751.0	-0.01934	9.0	9.0
25	0.00350	240.0	760.0	0.00238	231.0	751.0	-0.02609	9.0	9.0
26	0.00350	240.0	760.0	0.00232	231.0	751.0	-0.02749	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	0.000101710	0.000001693	-0.022197278	----	----
2	0.000096806	0.000002023	-0.021270968	----	----
3	0.000116229	0.000001437	-0.025487201	----	----
4	0.000110636	0.000001418	-0.024130618	----	----
5	0.000106944	0.000001653	-0.023423025	----	----
6	0.000116229	0.000001437	-0.025487201	----	----
7	0.000105377	0.000001644	-0.023039959	----	----
8	0.000102633	0.000001838	-0.022528540	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	53 di 62

9	0.000116229	0.000001437	-0.025487201	----	----
10	0.000115395	0.000001469	-0.025311321	----	----
11	0.000103604	0.000001997	-0.022882563	----	----
12	0.000095606	0.000002436	-0.021296659	----	----
13	0.000120930	0.000001676	-0.026797034	----	----
14	0.000114779	0.000001662	-0.025309865	----	----
15	0.000114779	0.000001662	-0.025309865	----	----
16	0.000111391	0.000001872	-0.024656319	----	----
17	0.000120930	0.000001676	-0.026797034	----	----
18	0.000107498	0.000001947	-0.023779112	----	----
19	0.000102775	0.000002211	-0.022845931	----	----
20	0.000110997	0.000002041	-0.024690151	----	----
21	0.000143503	0.000000857	-0.031591928	----	----
22	0.000145088	0.000000854	-0.031969912	----	----
23	0.000088195	0.000002895	-0.019867092	----	----
24	0.000089498	0.000002879	-0.020167480	----	----
25	0.000123378	0.000001455	-0.027216610	----	----
26	0.000129674	0.000001380	-0.028670412	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm  
Passo staffe: 2.3 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	8486.98	56197.04	9389.43230.8	219.6	759.3	2.500	1.040	39.5	43.7(0.0)
2	S	8488.42	56004.90	9386.28230.8	219.5	758.9	2.500	1.037	39.5	43.7(0.0)
3	S	8485.39	56033.54	9437.29230.9	220.7	758.8	2.500	1.032	39.3	43.7(0.0)
4	S	9117.31	56175.73	9414.13230.8	220.2	758.8	2.500	1.037	42.3	43.7(0.0)
5	S	9118.28	56095.03	9411.44230.8	220.1	759.2	2.500	1.036	42.3	43.7(0.0)
6	S	8485.39	56033.54	9437.29230.9	220.7	758.8	2.500	1.032	39.3	43.7(0.0)
7	S	8486.61	56142.10	9403.91230.8	219.9	759.2	2.500	1.037	39.4	43.7(0.0)
8	S	8487.42	55998.47	9403.67230.8	219.9	758.5	2.500	1.036	39.5	43.7(0.0)
9	S	8485.39	56033.54	9437.29230.9	220.7	758.8	2.500	1.032	39.3	43.7(0.0)
10	S	8486.03	56028.57	9435.85230.8	220.7	758.8	2.500	1.032	39.3	43.7(0.0)
11	S	6038.61	55847.19	9417.44230.8	220.2	758.7	2.500	1.031	28.0	43.7(0.0)
12	S	6040.53	55630.56	9407.18230.7	220.0	758.5	2.500	1.028	28.1	43.7(0.0)
13	S	6036.74	55750.80	9466.73230.8	221.4	759.0	2.500	1.024	27.9	43.7(0.0)
14	S	6668.70	55900.88	9444.28230.8	220.9	759.1	2.500	1.029	30.9	43.7(0.0)
15	S	6668.70	55900.88	9444.28230.8	220.9	759.1	2.500	1.029	30.9	43.7(0.0)
16	S	6669.49	55748.55	9442.46230.8	220.8	758.4	2.500	1.027	30.9	43.7(0.0)
17	S	6036.74	55750.80	9466.73230.8	221.4	759.0	2.500	1.024	27.9	43.7(0.0)
18	S	6038.22	55786.09	9431.33230.8	220.6	758.5	2.500	1.029	28.0	43.7(0.0)
19	S	6039.33	55694.27	9425.74230.7	220.4	759.0	2.500	1.027	28.0	43.7(0.0)
20	S	4974.65	55626.66	9450.61230.8	221.0	758.6	2.500	1.024	23.0	43.7(0.0)
21	S	7259.88	56019.51	9496.39231.1	222.1	759.9	2.500	1.024	33.4	43.7(0.0)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	54 di 62

22	S	7259.85	55991.77	9500.35231.2	222.2	759.9	2.500	1.023	33.4	43.7(0.0)
23	S	4588.52	55315.74	9401.45230.7	219.9	757.4	2.500	1.025	21.3	43.7(0.0)
24	S	4587.85	55359.49	9406.02230.7	220.0	758.3	2.500	1.024	21.3	43.7(0.0)
25	S	4557.61	55923.67	9462.66230.8	221.3	759.7	2.500	1.026	21.1	43.7(0.0)
26	S	4557.17	55849.89	9480.25230.9	221.7	759.6	2.500	1.023	21.0	43.7(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.37	240.0	760.0	-101.2	9.0	9.0	25070	807.0
2	S	4.60	240.0	760.0	-98.7	9.0	9.0	25070	807.0
3	S	4.67	240.0	760.0	-102.3	9.0	9.0	24975	807.0
4	S	4.34	240.0	760.0	-102.1	9.0	9.0	25070	807.0
5	S	5.34	240.0	760.0	-128.9	9.0	9.0	25070	807.0
6	S	5.37	240.0	760.0	-131.1	9.0	9.0	25070	807.0
7	S	4.34	240.0	760.0	-102.1	9.0	9.0	25070	807.0
8	S	4.53	240.0	760.0	-99.9	9.0	9.0	25070	807.0
9	S	4.56	240.0	760.0	-102.0	9.0	9.0	25070	807.0
10	S	3.65	240.0	760.0	-77.5	9.0	9.0	25070	807.0

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00054	0	0.500	26.0	77	0.00030 (0.00030)	399	0.121 (0.20)	5924.26	31602.62
2	S	-0.00052	0	0.500	26.0	77	0.00030 (0.00030)	399	0.118 (0.20)	5936.95	32653.68
3	S	-0.00054	0	0.500	26.0	77	0.00031 (0.00031)	399	0.122 (0.20)	7629.62	31502.93
4	S	-0.00054	0	0.500	26.0	77	0.00031 (0.00031)	399	0.122 (0.20)	4595.01	32083.48
5	S	-0.00068	0	0.500	26.0	77	0.00039 (0.00039)	399	0.154 (0.20)	4550.05	31764.94
6	S	-0.00069	0	0.500	26.0	77	0.00039 (0.00039)	399	0.157 (0.20)	5327.26	31225.09
7	S	-0.00054	0	0.500	26.0	77	0.00031 (0.00031)	399	0.122 (0.20)	4595.01	32083.48
8	S	-0.00053	0	0.500	26.0	77	0.00030 (0.00030)	399	0.120 (0.20)	5603.97	32427.22
9	S	-0.00054	0	0.500	26.0	77	0.00031 (0.00031)	399	0.122 (0.20)	6544.42	31755.01
10	S	-0.00041	0	0.500	26.0	77	0.00023 (0.00023)	399	0.093 (0.20)	5737.80	32873.80

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	55 di 62

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.15	240.0	760.0	-89.8	9.0	9.0	25013	807.0
2	S	4.20	240.0	760.0	-92.4	9.0	9.0	25070	807.0
3	S	3.95	240.0	760.0	-92.2	9.0	9.0	24774	807.0
4	S	4.70	240.0	760.0	-112.3	9.0	9.0	24936	807.0
5	S	4.72	240.0	760.0	-113.9	9.0	9.0	25024	807.0
6	S	3.95	240.0	760.0	-92.2	9.0	9.0	24774	807.0
7	S	4.09	240.0	760.0	-90.7	9.0	9.0	24985	807.0
8	S	4.11	240.0	760.0	-92.2	9.0	9.0	25058	807.0
9	S	3.95	240.0	760.0	-92.2	9.0	9.0	24774	807.0
10	S	3.40	240.0	760.0	-72.5	9.0	9.0	24957	807.0

**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	-0.00048	0	0.500	26.0	77	0.00027 (0.00027)	399	0.107 (0.20)	2753.92	34144.83
2	S	-0.00049	0	0.500	26.0	77	0.00028 (0.00028)	399	0.111 (0.20)	4229.94	33155.06
3	S	-0.00049	0	0.500	26.0	77	0.00028 (0.00028)	397	0.110 (0.20)	1602.61	33691.33
4	S	-0.00060	0	0.500	26.0	77	0.00034 (0.00034)	398	0.134 (0.20)	2070.38	33146.22
5	S	-0.00060	0	0.500	26.0	77	0.00034 (0.00034)	399	0.136 (0.20)	2761.26	32669.57
6	S	-0.00049	0	0.500	26.0	77	0.00028 (0.00028)	397	0.110 (0.20)	1602.61	33691.33
7	S	-0.00048	0	0.500	26.0	77	0.00027 (0.00027)	399	0.108 (0.20)	2468.32	33961.27
8	S	-0.00049	0	0.500	26.0	77	0.00028 (0.00028)	399	0.110 (0.20)	3285.99	33384.83
9	S	-0.00049	0	0.500	26.0	77	0.00028 (0.00028)	397	0.110 (0.20)	1602.61	33691.33
10	S	-0.00039	0	0.500	26.0	77	0.00022 (0.00022)	398	0.087 (0.20)	2280.45	34595.72

**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	4.14	240.0	760.0	-99.1	9.0	9.0	24799	807.0

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00053	0	0.500	26.0	77	0.00030 (0.00030)	398	0.118 (0.20)	1647.59	33361.28

### 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 :

$$N_{\max} = 6917 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{\max} = 1101 \text{ kN (CC. SLV)}$$

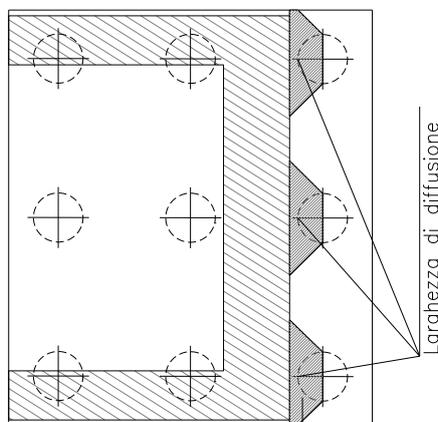
$$N_{\max} = 5336 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 976 \text{ kN (CC. SLV)}$$

#### 4.9.3.1 Unghia anteriore platea fondazione

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

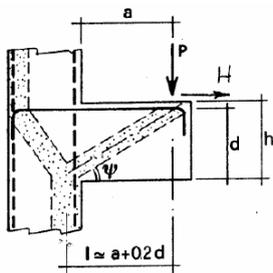
La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.



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

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTOLE.



**P, H : Carichi Esterni di Progetto (P<sub>Ed</sub>, H<sub>Ed</sub>)**

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

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

**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)=	<b>3.90</b>	m	dimensione trasversale verifica
P <sub>Ed</sub> (KN) =	<b>6917.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H <sub>Ed</sub> (KN) =	<b>1101.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
a(m) =	<b>1.20</b>	m	distanza P da incastro
h(m) =	<b>2.50</b>	m	spessore mensola
δ(m) =	<b>0.12</b>	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
d(m) =	<b>2.38</b>	m	altezza utile
l(m) =	<b>1.68</b>	m	a+0,2d
λ =	<b>0.78</b>		λ=ctgψ≈l/(0,9d).

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

c(m) = **1.00**

**Caratteristiche Materiali**

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

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>						
n° R1 =	<b>1</b>	φ1(mm) =	<b>22.0</b>	p1(cm) =	<b>10.0</b>	θ1° =	<b>0.0</b>
A <sub>φi</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	<b>380.13</b>	nb tot 1 =	<b>39.0</b>	A <sub>φTOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	<b>14825.16</b>	A <sub>φCAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	<b>14825.16</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
n° R2 =	<b>1</b>	φ2(mm) =	<b>22.0</b>	p2(cm) =	<b>10.0</b>	θ2° =	<b>0.0</b>
A <sub>φi</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	<b>380.13</b>	nb tot 2 =	<b>39.0</b>	A <sub>φTOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	<b>14825.16</b>	A <sub>φCAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	<b>14825.16</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
n° R3 =	<b>0</b>	φ3(mm) =	<b>24.0</b>	p3(cm) =	<b>10.0</b>	θ3° =	<b>0.0</b>
A <sub>φi</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	<b>452.39</b>	nb tot 3 =	<b>0.0</b>	A <sub>φTOT</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	<b>0.00</b>	A <sub>φCAL</sub> (mm <sup>2</sup> ) =	<b>0.00</b>

**Verifiche di resistenza**

Ψ = **0.907** rad = **51.96** °

P<sub>Rs</sub> = **13409.6** KN

P<sub>Rc</sub> = **32471.0** KN

#### 4.9.4 Palo di fondazione

Viene verificata la sezione di incastro con la platea di fondazione.

Il momento flettente agente in testa palo viene derivato dal taglio in testa palo nell'ipotesi di elasticità lineare sia per il palo che per il terreno. Risulta

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 3.5$  (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	Ty,A [kN]
6917	3852		1101
2202	3852		1101
5336	3417		976
1521	3417		976

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\varnothing 150$  cm

$$A_s = 32 + 32 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/20$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 37.00$  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:
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
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	59 di 62

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

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	66.0	32	26
2	0.0	0.0	61.0	32	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 14 mm  
Passo staffe: 20.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	6917.00	3852.00	0.00	1101.00	0.00
2	2202.00	3852.00	0.00	1101.00	0.00
3	5336.00	3417.00	0.00	976.00	0.00
4	1521.00	3417.00	0.00	976.00	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	4923.00	2612.00	0.00
2	2309.00	2612.00	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
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	60 di 62

N°Comb.	N	Mx	My
1	4697.00	2501.00 (1955.21)	0.00 (0.00)
2	2424.00	2501.00 (1498.40)	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:	6.3 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	6917.00	3852.00	0.00	6916.82	8433.77	0.00	2.19	339.8(53.0)
2	S	2202.00	3852.00	0.00	2202.00	7534.46	0.00	1.96	339.8(53.0)
3	S	5336.00	3417.00	0.00	5335.76	8212.99	0.00	2.40	339.8(53.0)
4	S	1521.00	3417.00	0.00	1521.01	7355.20	0.00	2.15	339.8(53.0)

**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	75.0	0.00303	0.0	66.0	-0.00392	0.0	-66.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00288	0.0	66.0	-0.00617	0.0	-66.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00299	0.0	66.0	-0.00454	0.0	-66.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00286	0.0	66.0	-0.00660	0.0	-66.0

**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	0.000052596	-0.000444667	----	----
2	0.000000000	0.000068595	-0.001644631	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	61 di 62

3	0.000000000	0.000057021	-0.000776602	---	---
4	0.000000000	0.000071638	-0.001872836	---	---

**VERIFICHE A TAGLIO**

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
 Ved Taglio di progetto [kN] = 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	1101.00	4057.82	2802.28118.3	96.7	137.5	2.500	1.250	11.6	29.6(0.0)
2	S	1101.00	3722.44	2999.22119.7	103.5	135.4	2.500	1.088	10.9	29.6(0.0)
3	S	976.00	4024.21	2860.70118.5	98.7	137.6	2.500	1.213	10.1	29.6(0.0)
4	S	976.00	3639.25	3033.95120.1	104.7	134.2	2.500	1.061	9.5	29.6(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.75	0.0	760.0	-74.6	0.0	-66.0	1349	53.1
2	S	8.55	0.0	760.0	-139.2	0.0	-66.0	2202	74.3

**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
RS3U	40	D09CL	NW01 00 002	C	62 di 62

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00044	0	0.500	26.0	77	0.00022 (0.00022)	374	0.084 (0.20)	1959.62	0.00
2	S	-0.00078	0	0.500	26.0	77	0.00042 (0.00042)	393	0.165 (0.20)	1466.28	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	8.38	0.0	760.0	-71.8	0.0	-66.0	1349	53.1
2	S	8.21	0.0	760.0	-127.2	0.0	-66.0	2149	74.3

**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	-0.00042	0	0.500	26.0	77	0.00022 (0.00022)	374	0.081 (0.20)	1955.21	0.00
2	S	-0.00072	0	0.500	26.0	77	0.00038 (0.00038)	390	0.149 (0.20)	1498.40	0.00