

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

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

VIABILITA' - VIADOTTI

NW01 – VIADOTTO STRADALE SU NV01

Relazione di calcolo spalla

SCALA:

-

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

RS3T 30 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: RS3T.3.0.D.09.CL.NW.01.0.0.002.C

n. Elab.: 09\_638

## 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

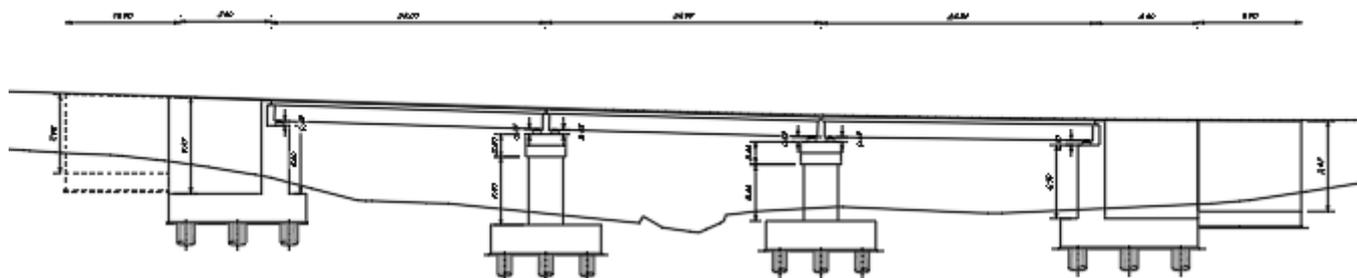
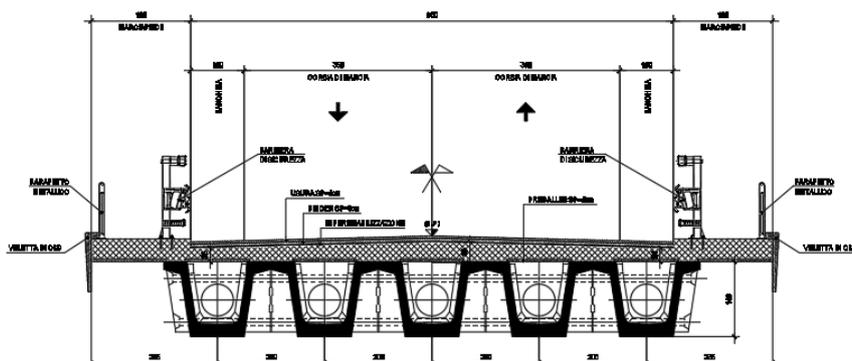
La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto NW01 sulla viabilità NV01. In particolare si tratterà la spalla B che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

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

### 1.1 Descrizione dell'opera

Per la NV01 - Variante SP41 (continuità provinciale Strada Extraurbana Principale F1 Corsia 3.50m + Banchina 1.00m b=9.00m) in corrispondenza della progressiva 0+430 viene previsto un viadotto a tre campate di luce 24.0m.

Gli impalcato, realizzati tramite cinque travi a cassone in calcestruzzo prefabbricato, poggiano su spalle e pile in c.a, fondate su pali di grande diametro.



Sezione trasversale e prospetto

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

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

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

#### Calcestruzzo magro e getti di livellamento

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

#### Calcestruzzo per pali di fondazione

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

#### Calcestruzzo per fondazioni

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

#### Calcestruzzo elevazione

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

IN BARRE E RETI ELETTRICALI

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

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

### 3.1 Verifica S.L.E.

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

#### 3.1.1 Verifiche alle tensioni

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

##### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

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

#### 3.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

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

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

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

Risultando:

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

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

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

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

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

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

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 6.50 m.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 0.5 m ed altezza di circa 2.50 m dalla testa muro frontale.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**  
**TRATTA LERCARA DIRAMAZIONE – CALTANISSETTA (LOTTO 3A)**  
**Viadotto NW01**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	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	A1 - SIU - N max gr.1	A1 - SIU - MT max gr.1	A1 - SIU - ML max gr.1	A1 - SIU - N max gr.3	A1 - SIU - MT max gr.3	A1 - SIU - ML max gr.3	A1 - SIU - Vento ponte scarico	A1 - SIU Gmin - N max gr.1	A1 - SIU Gmin - MT max gr.1	A1 - SIU Gmin - ML max gr.1	A1 - SIU Gmin - N max gr.3	A1 - SIU Gmin - MT max gr.3	A1 - SIU Gmin - ML max gr.3
Peso proprio g1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti G2	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ballast	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Comb. Nmax Qr	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00
Comb. Nmax Q frenatura	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00
Comb. Nmax Q centrifuga	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00
Comb. Nmax Q serpeggio	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00
Comb. MTmax Qr	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00
Comb. MTmax Q frenatura	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00
Comb. MTmax Q centrifuga	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00
Comb. MTmax Q serpeggio	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00
Comb. MLmax Qr	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45
Comb. MLmax Q frenatura	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45
Comb. MLmax Q centrifuga	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73
Comb. MLmax Q serpeggio	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73
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	1.50
Vento Ponte Carico	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Attrito permanente	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Attrito carichi mobili	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
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
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
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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.5 Geometria della spalla

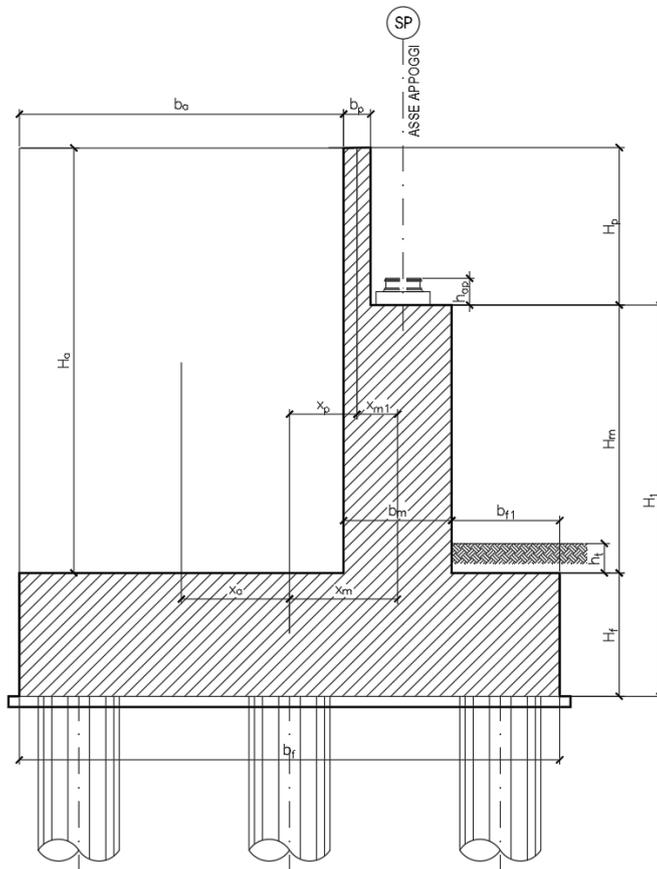


Figura 1 – Significato dei simboli: sezione tipica

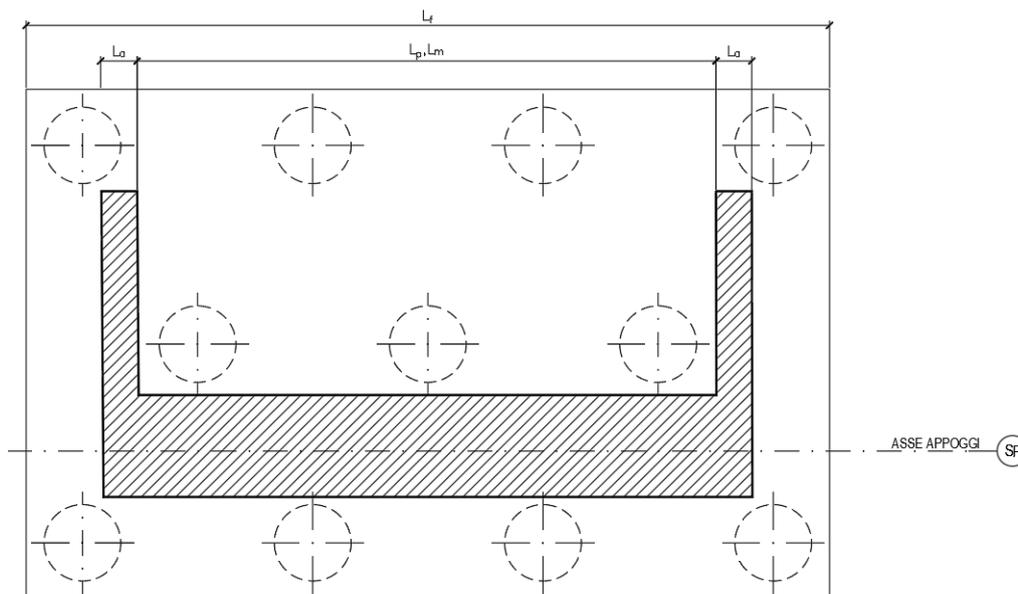


Figura 2 – Significato dei simboli: pianta tipica

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	<b>25</b>	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	<b>20.0</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{ap}$	<b>0.40</b>	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	9.40	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	<b>2.50</b>	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	<b>0.5</b>	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	<b>11.30</b>	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		11.30	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	<b>2.35</b>	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	<b>6.50</b>	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	<b>2.40</b>	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	<b>10.10</b>	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	<b>3.30</b>	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	$x_{m1}$	<b>-0.95</b>	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		<b>0.40</b>	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	<b>2.50</b>	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	<b>12.00</b>	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	<b>16.50</b>	m
Mensola anteriore plinto	$b_{n1}$	<b>1.50</b>	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	<b>1.00</b>	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		<b>3.70</b>	m
Muro andatore			
Altezza	$H_a$	<b>9.00</b>	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	<b>1.30</b>	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	<b>8.10</b>	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_a$	<b>-1.95</b>	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		<b>35</b>	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		▼	$K_0 = 0.426$
Sisma			
$S_s$		<b>1.200</b>	
$a_g$		<b>0.097</b>	
Coefficiente riduttivo		<b>1.00</b>	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.116	
Mononobe e Okabe	$K_{AE}$	<b>0.343</b>	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.058	

Tabella 2 – Dati di input

## 4.6 Analisi dei carichi

### 4.6.1 Peso proprio elementi strutturali

#### ➤ Peso proprio strutture

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m<sup>3</sup>.

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

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

Appoggio	A			B			C			D			E			biz
	FZ	FX	FY													
Descrizione carico	[kN]	[m]														
Peso proprio G1	575			575			575			575			575			0.00
Permanenti G2	200			200			200			200			200			0.00
Comb. Nmax Q1	376			288			562			194			277			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura					215			215								1.80
Comb. Nmax Q4 centrifuga						0										1.80
Comb. Nmax Q folla	171			38			29			38			171			0.00
Comb. MTmax Q1	566			286			56			25			11			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura					215			215								1.80
Comb. MTmax Q4 centrifuga						0										1.80
Comb. MTmax Q folla	202			62			24			14			-31			0.00
Comb. MLmax Q1	0			0												0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura					0											1.80
Comb. MLmax Q4 centrifuga						0										1.80
Comb. MLmax Q folla																0.00
Vento Ponte Scarico						40			40							2.30
Vento Ponte Canico						72			72							3.30
Attrito permanente		23	23		23	23		23	23		23	23		23	23	0.00
Attrito carichi mobili		17	17		9	9		17	17		6	6		8	8	0.00
Sisma longitudinale		207			194			207			189			193		1.80
Sisma trasversale			103			97			103			95			97	1.80
Sisma verticale	52			48			52			47			48			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	15	15	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.62	2.62	
Larghezza impalcato	b	12.7	12.7	m
Altezza impalcato	h1	1.9	1.9	m
Altezza veicoli o parapetto	h2	1.5	3	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicoli)	dtot	3.4	4.9	m
Rapporto di forma	b/dtot	3.74	2.59	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.38	1.72	

#### Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.51	0.51	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.62	2.62	
Coefficiente di forza	cfx	1.38	1.72	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	3.4	4.9	m
Forza statica equivalente a m/1	f=prodotto	6.3	11.3	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	1.85	2.31	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/1 considerata	f	6.3	11.3	kN/m

#### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	6.3		kN/m
Luce impalcato	L	25		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	79		kN/m

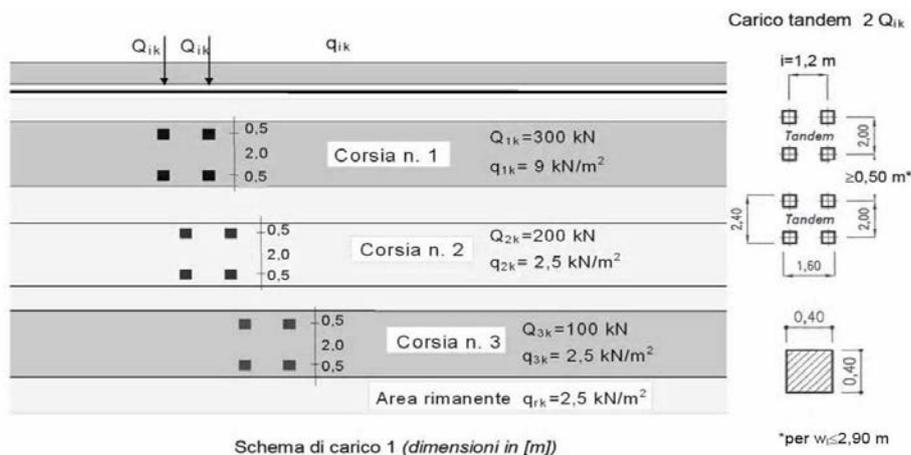
#### Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	11.3		kN/m
Luce impalcato	L	25		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	142		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.

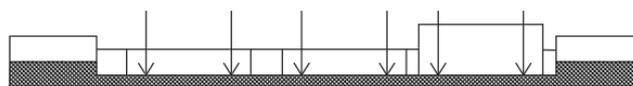
Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia Numero 1	300	9
Corsia Numero 2	200	2,5
Corsia Numero 3	100	2,5
Altre corsie	0,00	2,50

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

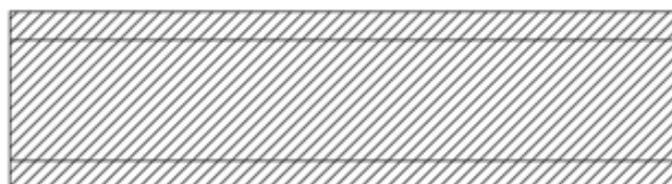
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

- 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

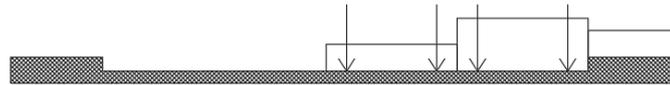


PIANTA



- 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	25	m
q3	427.5	kN
q3 (filtrata)	427.5	kN

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

#### 4.6.6 Spinta statica del terrapieno

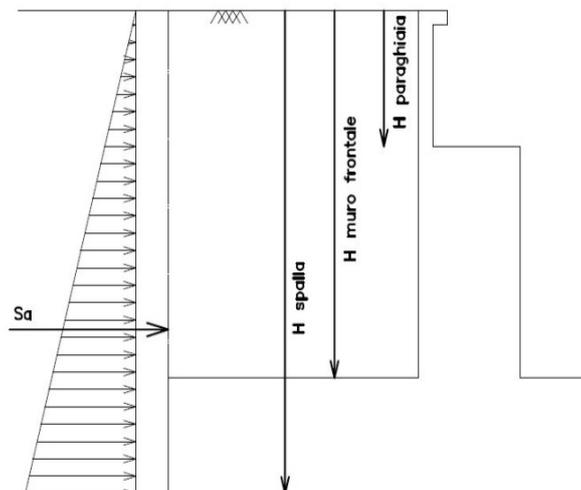
A tergo della spalla, applicato sulla zattera posteriore, viene considerato un carico pari al peso del rinterro calcolato con un peso di volume pari a  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

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  $K_o = 1 - \sin \phi$ .

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



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

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

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

#### 4.6.7 Sovraccarico sul terrapieno

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

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

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

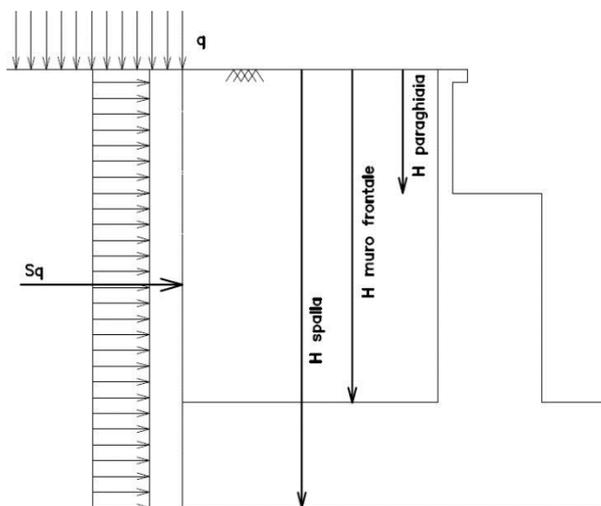
#### 4.6.8 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

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

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

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

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



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

#### 4.6.9 Azione sismica

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

##### ➤ Azioni sismiche sulla Spalla

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

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v W$

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

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

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

dove

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

$g$  = accelerazione di gravità.

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

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

dove

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

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

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

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

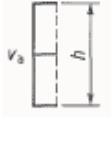
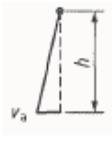
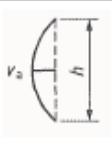
Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale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

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

➤ Sovraspinta sismica del terreno

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

Table C.1 — Ratios  $v_a/h$ 

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

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

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

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

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

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

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

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

$\phi$  = angolo di attrito interno del terreno

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

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

$\delta$  = angolo di attrito terra-muro

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

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

se  $\beta \leq \phi - \theta$

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta + \alpha + \vartheta)}$$

se  $\beta > \phi - \theta$

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

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

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

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

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

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

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

➤ Valori di progetto

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

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 13.68837      LATITUDINE: 37.71845

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:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione: media ponderata

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

INTRO      **FASE 1**      FASE 2      FASE 3

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

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

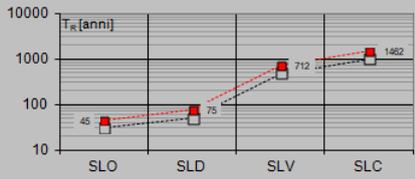
- SLO -  $P_{VR} = 81\%$ : 45
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$ : 75

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:  
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie  
 - - - - - Strategia scelta

INTRO      FASE 1      **FASE 2**      FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato: **SLV** info

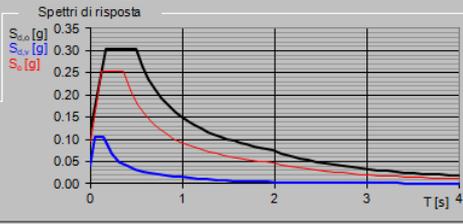
**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo: **B** info  $S_s = 1.200$   $C_c = 1.344$  info  
 Categoria topografica: **T1** info  $h/H = 1.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h: quota sito, H: altezza rilievo topografico)

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%): **5**  $\eta_1 = 1.000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_s$ : **1** Regol. in altezza: **si** info

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto Fattore  $q$ : **1**  $\eta_1 = 1.000$  info

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta  
 Parametri e punti spettri di risposta

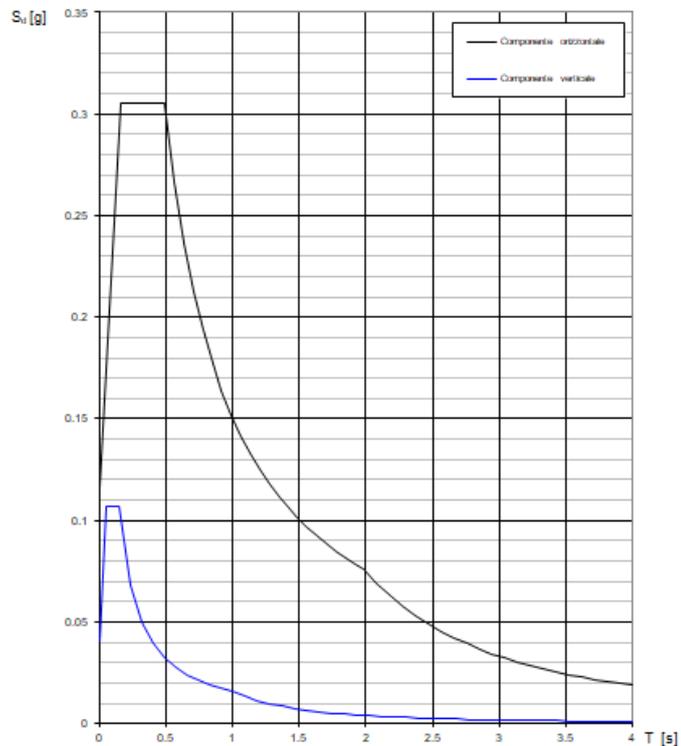
**Spettri di risposta**



— Spettro di progetto - componente orizzontale  
 — Spettro di progetto - componente verticale  
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO    FASE 1    FASE 2    **FASE 3**

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



**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.097 g
$F_D$	2.625
$T_C^*$	0.368 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.344
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.165 s
$T_C$	0.494 s
$T_D$	1.987 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>0.116</b>	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	<b>0.058</b>	
$\theta (+k_v)$		<b>6.3</b>	
$\theta (-k_v)$		<b>7.0</b>	
Mononobe e Okabe (+ $k_v$ )	$K_{AE}$	<b>0.334</b>	
Mononobe e Okabe (- $k_v$ )	$K_{AE}$	<b>0.343</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	353			0.00	0.00	1.25	0	0
Rinterro	g3		301		0.00	0.00	0.83	0	251
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	2.50	0	450
Sovr. acc. sul rilevato			241		0.00	0.00	1.25	0	301

### 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	353	0	0	-0.95		7.75	0	-335
Muro frontale	g1	4953	0	0			3.25	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>5306</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-335</b>
Rinterro	g3		4387	0			3.00	0	13160
Sovr. acc. sul rilevato			867	0			4.50	0	3903

## 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	353			2.35	0.00	10.25	0	830
Muro frontale	g1	4953			3.30	0.00	5.75	0	16345
Plinto	g1	12375			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	4739			-1.95	0.00	7.00	0	-9240
<b>Totale Permanenti</b>		<b>22420</b>						<b>0</b>	<b>7935</b>
Rinterro	g3	14726			-1.95	0.00	7.00	0	-28715
Ricop. Plinto	g3	1293			1.95	0.00	3.00	0	2521
Sovr. acc. sul rilevato		1831			-1.95	0.00	11.50	0	-3570
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		7162		-1.95	0.00	3.83	0	27455
Sovr. acc. sul rilevato			1108		0.00	0.00	5.75	0	6373

➤ 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	353			0.00	0.00	1.25	0	0
Rinterro	g3		191		0.00	0.00	0.83	0	159
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	2.50	0	450
Sovr. acc. sul rilevato			153		0.00	0.00	1.25	0	191

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	41	0	0.00	0.00	1.25	0	51
Rinterro	Inerzia		533				1.25	0	666
	Sovraspinta		57				0.83	0	47
<b>Rinterro [totale]</b>			590					0	713
Sovr. acc. sul rilevato			153		0.00	0.00	1.25	0	191
<b>Totale generale</b>			<b>784</b>					<b>0</b>	<b>956</b>

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	0	41	0.00	0.00	1.25	51	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	21	0	0	0.00	0.00	1.25	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	353	0	0	-0.95		7.75	0	-335
Muro frontale	g1	4953	0	0			3.25	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>5306</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-335</b>
Rinterro	g3		2788	0			3.00	0	8363
Sovr. acc. sul rilevato			551	0			4.50	0	2480

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		41		-0.95	0.00	7.75	0	319
Muro frontale	q6		577		0.00	0.00	3.25	0	1874
Rinterro	Inerzia		1714				4.50	0	7713
	Sovraspinta		737				3.00	0	2211
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>2451</b>					<b>0</b>	<b>9925</b>
Sovr. acc. sul rilevato			551				4.50	0	2480
<b>Totale generale</b>			<b>3620</b>					<b>0</b>	<b>14597</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			41	-0.95	0.00	7.75	319	0
Muro frontale	q6			577	0.00	0.00	3.25	1874	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>618</b>				<b>2192</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	21			-0.95	0.00	7.75	0	-20
Muro frontale	q6	288			0.00	0.00	3.25	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>309</b>						<b>0</b>	<b>-20</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	353			2.35	0.00	10.25	0	830
Muro frontale	g1	4953			3.30	0.00	5.75	0	16345
Plinto	g1	12375			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	4739			-1.95	0.00	7.00	0	-9240
<b>Totale Permanenti</b>		<b>22420</b>						<b>0</b>	<b>7935</b>
Rinterro	g3	14726			-1.95	0.00	7.00	0	-28715
Ricop. Plinto	g3	1293			1.95	0.00	3.00	0	2521
Sovr. acc. sul rilevato		1831			-1.95	0.00	11.50	0	-3570
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		4551		-1.95	0.00	3.83	0	17447
Sovr. acc. sul rilevato			704		0.00	0.00	5.75	0	4050

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

cond sismica x

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q <sub>s</sub>		41		2.35	0.00	10.25	0	421
Muro frontale	q <sub>s</sub>		577		3.30	0.00	5.75	0	3315
Plinto	q <sub>s</sub>		1440		0.00	0.00	1.25	0	1801
Muri andatori	q <sub>s</sub>		552		-1.95	0.00	7.00	0	3861
Rinterro	Inerzia		1714		-1.95	0.00	7.00	0	11999
	Sovraspinta		1204		-1.95	0.00	3.83	0	4614
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>2918</b>				<b>7.00</b>	<b>0</b>	<b>16612</b>
Sovr. acc. sul rilevato			704		-1.95		7.00	0	4050
<b>Totale generale</b>			<b>6232</b>						<b>30060</b>

cond sismica y

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q <sub>s</sub>			41	2.35	0.00	10.25	421	0
Muro frontale	q <sub>s</sub>			577	3.30	0.00	5.75	3315	0
Plinto	q <sub>s</sub>			1440	0.00	0.00	1.25	1801	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>			552	-1.95	0.00	7.00	3861	0
Rinterro	Inerzia			1714	0.00		7.00	11999	0
	Sovraspinta			111			3.83	427	0
<b>Rinterro [totale]</b>				<b>1826</b>				<b>12426</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato				704	-1.95		11.50	8099	0
<b>Totale generale</b>				<b>5140</b>				<b>29923</b>	<b>0</b>

cond sismica vert

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q <sub>s</sub>	21			2.35	0.00	10.25	0.00	48
Muro frontale	q <sub>s</sub>	288			3.30	0.00	5.75	0.00	951
Plinto	q <sub>s</sub>	720			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>	276			-1.95	0.00	7.00	0.00	-538
Rinterro	q <sub>s</sub>	857			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Ricop. Plinto	q <sub>s</sub>	75			1.95	0.00	3.00	0.00	147
<b>Totale generale</b>		<b>2237</b>						<b>0.00</b>	<b>609</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	698	876	0	0	1190
A2 - SLU - MT max gr.1	698	876	0	0	1190
A2 - SLU - ML max gr.1	698	876	0	0	1190
A2 - SLU - N max gr.2	698	876	0	0	1190
A2 - SLU - MT max gr.2	698	876	0	0	1190
A2 - SLU - ML max gr.2	698	876	0	0	1190
A2 - SLU - N max gr.3	698	876	0	0	1190
A2 - SLU - MT max gr.3	698	876	0	0	1190
A2 - SLU - ML max gr.3	698	876	0	0	1190
A2 - SLU - Vento ponte scarico	353	392	0	0	326
A2 - SLU - N max gr.1	698	785	0	0	1115
A2 - SLU - MT max gr.1	698	785	0	0	1115
A2 - SLU - ML max gr.1	698	785	0	0	1115
A2 - SLU - N max gr.2	698	785	0	0	1115
A2 - SLU - MT max gr.2	698	785	0	0	1115
A2 - SLU - ML max gr.2	698	785	0	0	1115
A2 - SLU - N max gr.3	698	785	0	0	1115
A2 - SLU - MT max gr.3	698	785	0	0	1115
A2 - SLU - ML max gr.3	698	785	0	0	1115
A2 - SLU - Vento ponte scarico	353	301	0	0	251
A1 - SLU - N max gr.1	882	1020	0	0	1391
A1 - SLU - MT max gr.1	882	1020	0	0	1391
A1 - SLU - ML max gr.1	882	1020	0	0	1391
A1 - SLU - N max gr.2	882	1020	0	0	1391
A1 - SLU - MT max gr.2	882	1020	0	0	1391
A1 - SLU - ML max gr.2	882	1020	0	0	1391
A1 - SLU - N max gr.3	882	1020	0	0	1391
A1 - SLU - MT max gr.3	882	1020	0	0	1391
A1 - SLU - ML max gr.3	882	1020	0	0	1391
A1 - SLU - Vento ponte scarico	882	1020	0	0	1391
A1 - SLU - N max gr.1	758	869	0	0	1265
A1 - SLU - MT max gr.1	758	869	0	0	1265
A1 - SLU - ML max gr.1	758	869	0	0	1265
A1 - SLU - N max gr.2	758	869	0	0	1265
A1 - SLU - MT max gr.2	758	869	0	0	1265
A1 - SLU - ML max gr.2	758	869	0	0	1265
A1 - SLU - N max gr.3	758	869	0	0	1265
A1 - SLU - MT max gr.3	758	869	0	0	1265
A1 - SLU - ML max gr.3	758	869	0	0	1265
A1 - SLU - Vento ponte scarico	353	301	0	0	251
SLE Rara - N max gr.1	653	722	0	0	1002
SLE Rara - MT max gr.1	653	722	0	0	1002
SLE Rara - ML max gr.1	653	722	0	0	1002
SLE Rara - N max gr.2	653	722	0	0	1002
SLE Rara - MT max gr.2	653	722	0	0	1002
SLE Rara - ML max gr.2	653	722	0	0	1002
SLE Rara - N max gr.3	653	722	0	0	1002
SLE Rara - MT max gr.3	653	722	0	0	1002
SLE Rara - ML max gr.3	653	722	0	0	1002
SLE Rara - Vento ponte scarico	353	301	0	0	251
SLE Freq. - N max gr.1	578	617	0	0	814
SLE Freq. - MT max gr.1	578	617	0	0	814
SLE Freq. - ML max gr.1	578	617	0	0	814
SLE Freq. - N max gr.2	578	617	0	0	814
SLE Freq. - MT max gr.2	578	617	0	0	814
SLE Freq. - ML max gr.2	578	617	0	0	814
SLE Freq. - N max gr.3	578	617	0	0	814
SLE Freq. - MT max gr.3	578	617	0	0	814
SLE Freq. - ML max gr.3	578	617	0	0	814
SLE Freq. - Vento ponte scarico	353	301	0	0	251
SLE Q.P. - ML max gr.3	653	722	0	0	1002
SLV -dir.X 1	419	889	12	15	1052
SLV -dir.X 2	407	889	12	15	1052
SLV -dir.Y 1	419	447	41	51	517
SLV -dir.Y 2	407	447	41	51	517
SLV -dir.Z+	434	447	12	15	517
SLV -dir.Z-	393	447	12	15	517

**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	11690	6916	329	3309	25306
A2 - SLU - MT max gr.1	10723	6916	329	6382	24919
A2 - SLU - ML max gr.1	9481	6916	329	2638	24423
A2 - SLU - N max gr.2	10945	7411	329	3141	29310
A2 - SLU - MT max gr.2	10295	7411	329	5003	29051
A2 - SLU - ML max gr.2	9481	6916	329	2638	24423
A2 - SLU - N max gr.3	10945	6916	329	3141	25008
A2 - SLU - MT max gr.3	10295	6916	329	5003	24749
A2 - SLU - ML max gr.3	9481	6916	329	2638	24423
A2 - SLU - Vento ponte scarico	9481	5854	255	2000	19485
A2 - SLU - N max gr.1	11390	5565	294	3069	20998
A2 - SLU - MT max gr.1	10423	5565	294	6141	20611
A2 - SLU - ML max gr.1	9181	5565	294	2397	20114
A2 - SLU - N max gr.2	10645	6060	294	2901	25002
A2 - SLU - MT max gr.2	9995	6060	294	4762	24742
A2 - SLU - ML max gr.2	9181	5565	294	2397	20114
A2 - SLU - N max gr.3	10645	5565	294	2901	20700
A2 - SLU - MT max gr.3	9995	5565	294	4762	20440
A2 - SLU - ML max gr.3	9181	5565	294	2397	20114
A2 - SLU - Vento ponte scarico	9181	4503	220	1759	15177
A1 - SLU - N max gr.1	15137	8002	380	3841	29476
A1 - SLU - MT max gr.1	14002	8002	380	7448	29022
A1 - SLU - ML max gr.1	12545	8002	380	3052	28439
A1 - SLU - N max gr.2	14263	8582	380	3644	34177
A1 - SLU - MT max gr.2	13500	8582	380	5829	33872
A1 - SLU - ML max gr.2	12545	8002	380	3052	28439
A1 - SLU - N max gr.3	14263	8002	380	3644	29126
A1 - SLU - MT max gr.3	13500	8002	380	5829	28821
A1 - SLU - ML max gr.3	12545	8002	380	3052	28439
A1 - SLU - Vento ponte scarico	12545	8002	371	2835	28439
A1 - SLU - N max gr.1	11774	5750	322	3440	22010
A1 - SLU - MT max gr.1	10638	5750	322	7047	21556
A1 - SLU - ML max gr.1	9181	5750	322	2651	20973
A1 - SLU - N max gr.2	10899	6331	322	3243	26711
A1 - SLU - MT max gr.2	10899	6331	322	3243	26711
A1 - SLU - ML max gr.2	10137	6331	322	5428	26406
A1 - SLU - N max gr.3	9181	5750	322	2651	20973
A1 - SLU - MT max gr.3	10899	5750	322	3243	21660
A1 - SLU - ML max gr.3	10137	5750	322	5428	21355
A1 - SLU - Vento ponte scarico	9181	4579	322	2651	15704
SLE Rara - N max gr.1	9181	5370	236	1906	19080
SLE Rara - MT max gr.1	11102	5427	259	2658	20238
SLE Rara - ML max gr.1	10261	5427	259	5330	19902
SLE Rara - N max gr.2	9181	5427	259	2074	19470
SLE Rara - MT max gr.2	10454	5857	259	2512	23720
SLE Rara - ML max gr.2	9889	5857	259	4131	23494
SLE Rara - N max gr.3	9181	5427	259	2074	19470
SLE Rara - MT max gr.3	10454	5427	259	2512	19979
SLE Rara - ML max gr.3	9889	5427	259	4131	19753
SLE Rara - Vento ponte scarico	9181	4559	259	2074	15567
SLE Freq. - N max gr.1	10622	5196	159	1533	18973
SLE Freq. - MT max gr.1	9991	5196	159	3537	18721
SLE Freq. - ML max gr.1	9181	5196	159	1095	18397
SLE Freq. - N max gr.2	10136	5518	159	1424	21584
SLE Freq. - MT max gr.2	9712	5518	159	2637	21415
SLE Freq. - ML max gr.2	9181	5196	159	1095	18397
SLE Freq. - N max gr.3	10136	5196	159	1424	18779
SLE Freq. - MT max gr.3	9712	5196	159	2637	18609
SLE Freq. - ML max gr.3	9181	5196	159	1095	18397
SLE Freq. - Vento ponte scarico	9181	4503	132	949	15177
SLE Q.P. - ML max gr.3	9181	5427	173	1193	19470
SLV -dir.X 1	9348	7084	461	2835	31707
SLV -dir.X 2	9014	7084	461	2825	31660
SLV -dir.Y 1	9564	4329	1240	8035	18031
SLV -dir.Y 2	9230	4329	1240	8025	17984
SLV -dir.Z+	10122	4329	461	2962	18154
SLV -dir.Z-	9009	4329	461	2931	17995

**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	51733	10801	329	4131	38449
A2 - SLU - MT max gr.1	50766	10801	329	7203	34870
A2 - SLU - ML max gr.1	49524	10801	329	3459	30277
A2 - SLU - N max gr.2	50988	11296	329	3963	41231
A2 - SLU - MT max gr.2	50338	11296	329	5824	38828
A2 - SLU - ML max gr.2	49524	10801	329	3459	30277
A2 - SLU - N max gr.3	50988	10801	329	3963	35693
A2 - SLU - MT max gr.3	50338	10801	329	5824	33290
A2 - SLU - ML max gr.3	49524	10801	329	3459	30277
A2 - SLU - Vento ponte scarico	47419	9462	255	2637	26442
A2 - SLU - N max gr.1	46627	8618	294	3803	36633
A2 - SLU - ML max gr.1	45660	8618	294	6876	33054
A2 - SLU - ML max gr.1	44419	8618	294	3131	28461
A2 - SLU - N max gr.2	45882	9112	294	3635	39415
A2 - SLU - MT max gr.2	45233	9112	294	5496	37012
A2 - SLU - ML max gr.2	44419	8618	294	3131	28461
A2 - SLU - N max gr.3	45882	8618	294	3635	33877
A2 - SLU - MT max gr.3	45233	8618	294	5496	31474
A2 - SLU - ML max gr.3	44419	8618	294	3131	28461
A2 - SLU - Vento ponte scarico	42313	7278	220	2310	24626
A1 - SLU - N max gr.1	64740	12490	380	4792	48248
A1 - SLU - MT max gr.1	63605	12490	380	8399	44047
A1 - SLU - ML max gr.1	62147	12490	380	4003	38655
A1 - SLU - N max gr.2	63865	13071	380	4595	51514
A1 - SLU - MT max gr.2	63103	13071	380	6780	48693
A1 - SLU - ML max gr.2	62147	12490	380	4003	38655
A1 - SLU - N max gr.3	63865	12490	380	4595	45012
A1 - SLU - MT max gr.3	63103	12490	380	6780	42191
A1 - SLU - ML max gr.3	62147	12490	380	4003	38655
A1 - SLU - Vento ponte scarico	62147	12490	371	3762	38655
A1 - SLU - N max gr.1	47377	8851	322	4245	38721
A1 - SLU - MT max gr.1	46242	8851	322	7853	34520
A1 - SLU - ML max gr.1	44785	8851	322	3457	29128
A1 - SLU - N max gr.2	46503	9431	322	4048	41987
A1 - SLU - MT max gr.2	46503	9431	322	4048	41987
A1 - SLU - ML max gr.2	45741	9431	322	6233	39166
A1 - SLU - N max gr.3	44785	8851	322	3457	29128
A1 - SLU - MT max gr.3	46503	8851	322	4048	35485
A1 - SLU - ML max gr.3	45741	8851	322	6233	32664
A1 - SLU - Vento ponte scarico	42313	7355	322	3457	25344
SLE Rara - N max gr.1	44144	8387	236	2497	27429
SLE Rara - MT max gr.1	46065	8443	259	3306	35067
SLE Rara - ML max gr.1	45224	8443	259	5978	31955
SLE Rara - N max gr.2	44144	8443	259	2722	27961
SLE Rara - MT max gr.2	45417	8873	259	3160	37486
SLE Rara - ML max gr.2	44852	8873	259	4779	35396
SLE Rara - N max gr.3	44144	8443	259	2722	27961
SLE Rara - MT max gr.3	45417	8443	259	3160	32670
SLE Rara - ML max gr.3	44852	8443	259	4779	30580
SLE Rara - Vento ponte scarico	42313	7335	259	2722	25158
SLE Freq. - N max gr.1	45127	8152	159	1930	32456
SLE Freq. - MT max gr.1	44496	8152	159	3934	30123
SLE Freq. - ML max gr.1	43686	8152	159	1492	27127
SLE Freq. - N max gr.2	44641	8475	159	1820	34271
SLE Freq. - MT max gr.2	44217	8475	159	3034	32704
SLE Freq. - ML max gr.2	43686	8152	159	1492	27127
SLE Freq. - N max gr.3	44641	8152	159	1820	30659
SLE Freq. - MT max gr.3	44217	8152	159	3034	29092
SLE Freq. - ML max gr.3	43686	8152	159	1492	27127
SLE Freq. - Vento ponte scarico	42313	7278	132	1280	24626
SLE Q.P. - ML max gr.3	44144	8443	173	1625	27961
SLV -dir.X_ 1	43425	11337	1649	9900	52376
SLV -dir.X_ 2	41934	11337	1649	9891	51461
SLV -dir.Y_ 1	43641	6861	5199	30843	28169
SLV -dir.Y_ 2	42150	6861	5199	30833	27255
SLV -dir.Z+	45548	6861	1649	10028	29859
SLV -dir.Z-	40579	6861	1649	9997	26810

**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	64740	12490	380	4792	48248	6842	3948	1041
Al - SLU - MT max gr.1	63605	12490	380	8399	44047	6711	3890	1041
Al - SLU - ML max gr.1	62147	12490	380	4003	38655	6342	4016	1041
Al - SLU - N max gr.2	63865	13071	380	4595	51514	6855	3789	1090
Al - SLU - MT max gr.2	63103	13071	380	6780	48693	6762	3755	1090
Al - SLU - ML max gr.2	62147	12490	380	4003	38655	6342	4016	1041
Al - SLU - N max gr.3	63865	12490	380	4595	45012	6675	3970	1041
Al - SLU - MT max gr.3	63103	12490	380	6780	42191	6581	3936	1041
Al - SLU - ML max gr.3	62147	12490	380	4003	38655	6342	4016	1041
Al - SLU - Vento ponte scarico	62147	12490	371	3762	38655	6336	4022	1041
Al - SLU - N max gr.1	47377	8851	322	4245	38721	5118	2778	738
Al - SLU - MT max gr.1	46242	8851	322	7853	34520	4987	2720	738
Al - SLU - ML max gr.1	44785	8851	322	3457	29128	4618	2846	738
Al - SLU - N max gr.2	46503	9431	322	4048	41987	5132	2619	786
Al - SLU - MT max gr.2	46503	9431	322	4048	41987	5132	2619	786
Al - SLU - ML max gr.2	45741	9431	322	6233	39166	5038	2585	786
Al - SLU - N max gr.3	44785	8851	322	3457	29128	4618	2846	738
Al - SLU - MT max gr.3	46503	8851	322	4048	35485	4951	2800	738
Al - SLU - ML max gr.3	45741	8851	322	6233	32664	4858	2766	738
Al - SLU - Vento ponte scarico	42313	7355	322	3457	25344	4307	2745	613
						6855	2585	1090

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	43425	11337	1649	9900	52376	5294	1944	955
SLV-dir.X_2	41934	11337	1649	9891	51461	5144	1845	955
SLV-dir.Y_1	43641	6861	5199	30843	28169	5105	2169	717
SLV-dir.Y_2	42150	6861	5199	30833	27255	4955	2070	717
SLV-dir.Z+	45548	6861	1649	10028	29859	4848	2743	588
SLV-dir.Z-	40579	6861	1649	9997	26810	4348	2415	588
						5294	1845	955

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	44144	8387	236	2497	27429	4496	2861	699
SLE Rara - MT max gr.1	46065	8443	259	3306	35067	4886	2791	704
SLE Rara - ML max gr.1	45224	8443	259	5978	31955	4789	2748	704
SLE Rara - N max gr.2	44144	8443	259	2722	27961	4516	2841	704
SLE Rara - MT max gr.2	45417	8873	259	3160	37486	4896	2673	740
SLE Rara - ML max gr.2	44852	8873	259	4779	35396	4827	2648	740
SLE Rara - N max gr.3	44144	8443	259	2722	27961	4516	2841	704
SLE Rara - MT max gr.3	45417	8443	259	3160	32670	4762	2807	704
SLE Rara - ML max gr.3	44852	8443	259	4779	30580	4693	2782	704
SLE Rara - Vento ponte scarico	42313	7355	259	2722	25158	4285	2767	612
						4896	2648	740

Tabella 8 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLE

#### 4.9 Verifiche degli elementi strutturali

Per tutti gli elementi strutturali della spalla (muro frontale, muro paraghiaia, ...) vengono svolte le seguenti verifiche:

- verifiche a rottura (pressoflessione e taglio) per le combinazioni allo stato limite ultimo (SLU).
- verifiche tensionali per le combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti (SLE)
- verifiche a fessurazione per le combinazioni rara (SLE)

#### 4.9.1 Paraghiaia

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

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 0.5x11.30 m

Armatura verticale

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

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

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 12/20$

$A'_s = \phi 12/20$

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice: X [cm] Y [cm]

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	42 di 62

1	0.0	0.0
2	0.0	1130.0
3	50.0	1130.0
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	1121.7	16
3	41.7	1121.7	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	110	16
2	3	4	54	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	882.00	0.00	1391.00	0.00	1020.00
2	882.00	0.00	1391.00	0.00	1020.00
3	882.00	0.00	1391.00	0.00	1020.00
4	882.00	0.00	1391.00	0.00	1020.00
5	882.00	0.00	1391.00	0.00	1020.00
6	882.00	0.00	1391.00	0.00	1020.00
7	882.00	0.00	1391.00	0.00	1020.00
8	882.00	0.00	1391.00	0.00	1020.00
9	882.00	0.00	1391.00	0.00	1020.00
10	882.00	0.00	1391.00	0.00	1020.00
11	758.00	0.00	1265.00	0.00	869.00
12	758.00	0.00	1265.00	0.00	869.00
13	758.00	0.00	1265.00	0.00	869.00
14	758.00	0.00	1265.00	0.00	869.00
15	758.00	0.00	1265.00	0.00	869.00
16	758.00	0.00	1265.00	0.00	869.00
17	758.00	0.00	1265.00	0.00	869.00
18	758.00	0.00	1265.00	0.00	869.00
19	758.00	0.00	1265.00	0.00	869.00
20	353.00	0.00	251.00	0.00	301.00
21	419.00	15.00	1052.00	12.00	889.00
22	407.00	15.00	1052.00	12.00	889.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	43 di 62

23	419.00	51.00	517.00	41.00	447.00
24	407.00	51.00	517.00	41.00	447.00
25	434.00	15.00	517.00	12.00	447.00
26	393.00	15.00	517.00	12.00	447.00

**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	653.00	0.00	1002.00
2	653.00	0.00	1002.00
3	653.00	0.00	1002.00
4	653.00	0.00	1002.00
5	653.00	0.00	1002.00
6	653.00	0.00	1002.00
7	653.00	0.00	1002.00
8	653.00	0.00	1002.00
9	653.00	0.00	1002.00
10	353.00	0.00	251.00

**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	578.00	0.00 (0.00)	814.00 (1767.33)
2	578.00	0.00 (0.00)	814.00 (1767.33)
3	578.00	0.00 (0.00)	814.00 (1767.33)
4	578.00	0.00 (0.00)	814.00 (1767.33)
5	578.00	0.00 (0.00)	814.00 (1767.33)
6	578.00	0.00 (0.00)	814.00 (1767.33)
7	578.00	0.00 (0.00)	814.00 (1767.33)
8	578.00	0.00 (0.00)	814.00 (1767.33)
9	578.00	0.00 (0.00)	814.00 (1767.33)
10	353.00	0.00 (0.00)	251.00 (1882.32)

**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	653.00	0.00 (0.00)	1002.00 (1758.33)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	44 di 62

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

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

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)  
 Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)  
 Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
 Mis. Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis. Sic.	As Tesa
1	S	882.00	0.00	1391.00	881.91	0.04	3726.15	2.67337.8(101.2)	
2	S	882.00	0.00	1391.00	881.91	0.04	3726.15	2.67337.8(101.2)	
3	S	882.00	0.00	1391.00	881.91	0.04	3726.15	2.67337.8(101.2)	
4	S	882.00	0.00	1391.00	881.91	0.04	3726.15	2.67337.8(101.2)	
5	S	882.00	0.00	1391.00	881.91	0.04	3726.15	2.67337.8(101.2)	
6	S	882.00	0.00	1391.00	881.91	0.04	3726.15	2.67337.8(101.2)	
7	S	882.00	0.00	1391.00	881.91	0.04	3726.15	2.67337.8(101.2)	
8	S	882.00	0.00	1391.00	881.91	0.04	3726.15	2.67337.8(101.2)	
9	S	882.00	0.00	1391.00	881.91	0.04	3726.15	2.67337.8(101.2)	
10	S	882.00	0.00	1391.00	881.91	0.04	3726.15	2.67337.8(101.2)	
11	S	758.00	0.00	1265.00	758.04	0.04	3703.65	2.92337.8(101.2)	
12	S	758.00	0.00	1265.00	758.04	0.04	3703.65	2.92337.8(101.2)	
13	S	758.00	0.00	1265.00	758.04	0.04	3703.65	2.92337.8(101.2)	
14	S	758.00	0.00	1265.00	758.04	0.04	3703.65	2.92337.8(101.2)	
15	S	758.00	0.00	1265.00	758.04	0.04	3703.65	2.92337.8(101.2)	
16	S	758.00	0.00	1265.00	758.04	0.04	3703.65	2.92337.8(101.2)	
17	S	758.00	0.00	1265.00	758.04	0.04	3703.65	2.92337.8(101.2)	
18	S	758.00	0.00	1265.00	758.04	0.04	3703.65	2.92337.8(101.2)	
19	S	758.00	0.00	1265.00	758.04	0.04	3703.65	2.92337.8(101.2)	
20	S	353.00	0.00	251.00	353.14	0.20	3630.02	14.35337.8(101.2)	
21	S	419.00	15.00	1052.00	419.13	42.82	3644.49	3.46337.8(101.2)	
22	S	407.00	15.00	1052.00	406.89	44.13	3642.34	3.46337.8(101.2)	
23	S	419.00	51.00	517.00	419.07	358.10	3657.89	7.04337.8(101.2)	
24	S	407.00	51.00	517.00	407.22	375.70	3655.57	7.04337.8(101.2)	
25	S	434.00	15.00	517.00	433.95	120.44	3651.70	7.03337.8(101.2)	
26	S	393.00	15.00	517.00	393.09	89.56	3642.45	7.02337.8(101.2)	

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.161	50.0	1130.0	-0.00082	41.7	1121.7	-0.01821	8.3	8.3
2	0.00350	0.161	50.0	1130.0	-0.00082	41.7	1121.7	-0.01821	8.3	8.3

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	45 di 62

3	0.00350	0.161	50.0	1130.0	-0.00082	41.7	1121.7	-0.01821	8.3	8.3
4	0.00350	0.161	50.0	1130.0	-0.00082	41.7	1121.7	-0.01821	8.3	8.3
5	0.00350	0.161	50.0	1130.0	-0.00082	41.7	1121.7	-0.01821	8.3	8.3
6	0.00350	0.161	50.0	1130.0	-0.00082	41.7	1121.7	-0.01821	8.3	8.3
7	0.00350	0.161	50.0	1130.0	-0.00082	41.7	1121.7	-0.01821	8.3	8.3
8	0.00350	0.161	50.0	1130.0	-0.00082	41.7	1121.7	-0.01821	8.3	8.3
9	0.00350	0.161	50.0	1130.0	-0.00082	41.7	1121.7	-0.01821	8.3	8.3
10	0.00350	0.161	50.0	1130.0	-0.00082	41.7	1121.7	-0.01821	8.3	8.3
11	0.00350	0.160	50.0	1130.0	-0.00085	41.7	1121.7	-0.01835	8.3	8.3
12	0.00350	0.160	50.0	1130.0	-0.00085	41.7	1121.7	-0.01835	8.3	8.3
13	0.00350	0.160	50.0	1130.0	-0.00085	41.7	1121.7	-0.01835	8.3	8.3
14	0.00350	0.160	50.0	1130.0	-0.00085	41.7	1121.7	-0.01835	8.3	8.3
15	0.00350	0.160	50.0	1130.0	-0.00085	41.7	1121.7	-0.01835	8.3	8.3
16	0.00350	0.160	50.0	1130.0	-0.00085	41.7	1121.7	-0.01835	8.3	8.3
17	0.00350	0.160	50.0	1130.0	-0.00085	41.7	1121.7	-0.01835	8.3	8.3
18	0.00350	0.160	50.0	1130.0	-0.00085	41.7	1121.7	-0.01835	8.3	8.3
19	0.00350	0.160	50.0	1130.0	-0.00085	41.7	1121.7	-0.01835	8.3	8.3
20	0.00350	0.157	50.0	1130.0	-0.00094	41.7	1121.7	-0.01879	8.3	8.3
21	0.00350	0.158	50.0	1130.0	-0.00092	41.7	1121.7	-0.01871	8.3	8.3
22	0.00350	0.157	50.0	1130.0	-0.00092	41.7	1121.7	-0.01872	8.3	8.3
23	0.00350	0.158	50.0	1130.0	-0.00089	41.7	1121.7	-0.01868	8.3	8.3
24	0.00350	0.158	50.0	1130.0	-0.00089	41.7	1121.7	-0.01869	8.3	8.3
25	0.00350	0.158	50.0	1130.0	-0.00091	41.7	1121.7	-0.01869	8.3	8.3
26	0.00350	0.157	50.0	1130.0	-0.00092	41.7	1121.7	-0.01874	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	0.000520684	0.000000000	-0.022534217	0.161	0.700
2	0.000520684	0.000000000	-0.022534217	0.161	0.700
3	0.000520684	0.000000000	-0.022534217	0.161	0.700
4	0.000520684	0.000000000	-0.022534217	0.161	0.700
5	0.000520684	0.000000000	-0.022534217	0.161	0.700
6	0.000520684	0.000000000	-0.022534217	0.161	0.700
7	0.000520684	0.000000000	-0.022534217	0.161	0.700
8	0.000520684	0.000000000	-0.022534217	0.161	0.700
9	0.000520684	0.000000000	-0.022534217	0.161	0.700
10	0.000520684	0.000000000	-0.022534217	0.161	0.700
11	0.000523947	0.000000000	-0.022697390	0.160	0.700
12	0.000523947	0.000000000	-0.022697390	0.160	0.700
13	0.000523947	0.000000000	-0.022697390	0.160	0.700
14	0.000523947	0.000000000	-0.022697390	0.160	0.700
15	0.000523947	0.000000000	-0.022697390	0.160	0.700
16	0.000523947	0.000000000	-0.022697390	0.160	0.700
17	0.000523947	0.000000000	-0.022697390	0.160	0.700
18	0.000523947	0.000000000	-0.022697390	0.160	0.700
19	0.000523947	0.000000000	-0.022697390	0.160	0.700
20	0.000534446	0.000000000	-0.023222399	0.157	0.700
21	0.000532184	0.000000018	-0.023129274	0.158	0.700
22	0.000532481	0.000000018	-0.023144738	0.157	0.700
23	0.000528618	0.000000119	-0.023065356	0.158	0.700
24	0.000528832	0.000000119	-0.023076488	0.158	0.700
25	0.000530771	0.000000050	-0.023094980	0.158	0.700
26	0.000532231	0.000000037	-0.023153524	0.157	0.700

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	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	1020.00	2863.23	41.7	1130.0	0.0072	0.16
2	S	1020.00	2863.23	41.7	1130.0	0.0072	0.16
3	S	1020.00	2863.23	41.7	1130.0	0.0072	0.16
4	S	1020.00	2863.23	41.7	1130.0	0.0072	0.16
5	S	1020.00	2863.23	41.7	1130.0	0.0072	0.16
6	S	1020.00	2863.23	41.7	1130.0	0.0072	0.16
7	S	1020.00	2863.23	41.7	1130.0	0.0072	0.16
8	S	1020.00	2863.23	41.7	1130.0	0.0072	0.16
9	S	1020.00	2863.23	41.7	1130.0	0.0072	0.16
10	S	1020.00	2863.23	41.7	1130.0	0.0072	0.16
11	S	869.00	2847.72	41.7	1130.0	0.0072	0.13
12	S	869.00	2847.72	41.7	1130.0	0.0072	0.13
13	S	869.00	2847.72	41.7	1130.0	0.0072	0.13
14	S	869.00	2847.72	41.7	1130.0	0.0072	0.13
15	S	869.00	2847.72	41.7	1130.0	0.0072	0.13
16	S	869.00	2847.72	41.7	1130.0	0.0072	0.13
17	S	869.00	2847.72	41.7	1130.0	0.0072	0.13
18	S	869.00	2847.72	41.7	1130.0	0.0072	0.13
19	S	869.00	2847.72	41.7	1130.0	0.0072	0.13
20	S	301.00	2797.06	41.7	1130.0	0.0072	0.06
21	S	889.00	2805.32	41.7	1130.0	0.0072	0.07
22	S	889.00	2803.81	41.7	1130.0	0.0072	0.07
23	S	447.01	2805.33	41.7	1130.0	0.0072	0.07
24	S	447.01	2803.83	41.7	1130.0	0.0072	0.07
25	S	447.00	2807.20	41.7	1130.0	0.0072	0.08
26	S	447.00	2802.07	41.7	1130.0	0.0072	0.07

**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	3.53	50.0	1130.0	-105.2	8.3	18.3	13560	225.2
2	S	3.53	50.0	1130.0	-105.2	8.3	18.3	13560	225.2
3	S	3.53	50.0	1130.0	-105.2	8.3	18.3	13560	225.2
4	S	3.53	50.0	1130.0	-105.2	8.3	18.3	13560	225.2
5	S	3.53	50.0	1130.0	-105.2	8.3	18.3	13560	225.2
6	S	3.53	50.0	1130.0	-105.2	8.3	18.3	13560	225.2
7	S	3.53	50.0	1130.0	-105.2	8.3	18.3	13560	225.2
8	S	3.53	50.0	1130.0	-105.2	8.3	18.3	13560	225.2
9	S	3.53	50.0	1130.0	-105.2	8.3	18.3	13560	225.2
10	S	0.89	50.0	1130.0	-22.3	8.3	8.3	12995	225.2

**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
RS3T	30	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	-0.00068	0	0.500	16.0	75	0.00032 (0.00032)	419	0.132 (0.20)	0.00	1758.33
2	S	-0.00068	0	0.500	16.0	75	0.00032 (0.00032)	419	0.132 (0.20)	0.00	1758.33
3	S	-0.00068	0	0.500	16.0	75	0.00032 (0.00032)	419	0.132 (0.20)	0.00	1758.33
4	S	-0.00068	0	0.500	16.0	75	0.00032 (0.00032)	419	0.132 (0.20)	0.00	1758.33
5	S	-0.00068	0	0.500	16.0	75	0.00032 (0.00032)	419	0.132 (0.20)	0.00	1758.33
6	S	-0.00068	0	0.500	16.0	75	0.00032 (0.00032)	419	0.132 (0.20)	0.00	1758.33
7	S	-0.00068	0	0.500	16.0	75	0.00032 (0.00032)	419	0.132 (0.20)	0.00	1758.33
8	S	-0.00068	0	0.500	16.0	75	0.00032 (0.00032)	419	0.132 (0.20)	0.00	1758.33
9	S	-0.00068	0	0.500	16.0	75	0.00032 (0.00032)	419	0.132 (0.20)	0.00	1758.33
10	S	-0.00015	0	0.500	16.0	75	0.00007 (0.00007)	412	0.028 (0.20)	0.00	1882.32

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.87	50.0	1130.0	-84.4	8.3	28.4	13560	225.2
2	S	2.87	50.0	1130.0	-84.4	8.3	28.4	13560	225.2
3	S	2.87	50.0	1130.0	-84.4	8.3	28.4	13560	225.2
4	S	2.87	50.0	1130.0	-84.4	8.3	28.4	13560	225.2
5	S	2.87	50.0	1130.0	-84.4	8.3	28.4	13560	225.2
6	S	2.87	50.0	1130.0	-84.4	8.3	28.4	13560	225.2
7	S	2.87	50.0	1130.0	-84.4	8.3	28.4	13560	225.2
8	S	2.87	50.0	1130.0	-84.4	8.3	28.4	13560	225.2
9	S	2.87	50.0	1130.0	-84.4	8.3	28.4	13560	225.2
10	S	0.89	50.0	1130.0	-22.3	8.3	8.3	12995	225.2

**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	-0.00055	0	0.500	16.0	75	0.00025 (0.00025)	419	0.106 (0.20)	0.00	1767.33
2	S	-0.00055	0	0.500	16.0	75	0.00025 (0.00025)	419	0.106 (0.20)	0.00	1767.33
3	S	-0.00055	0	0.500	16.0	75	0.00025 (0.00025)	419	0.106 (0.20)	0.00	1767.33
4	S	-0.00055	0	0.500	16.0	75	0.00025 (0.00025)	419	0.106 (0.20)	0.00	1767.33
5	S	-0.00055	0	0.500	16.0	75	0.00025 (0.00025)	419	0.106 (0.20)	0.00	1767.33
6	S	-0.00055	0	0.500	16.0	75	0.00025 (0.00025)	419	0.106 (0.20)	0.00	1767.33
7	S	-0.00055	0	0.500	16.0	75	0.00025 (0.00025)	419	0.106 (0.20)	0.00	1767.33
8	S	-0.00055	0	0.500	16.0	75	0.00025 (0.00025)	419	0.106 (0.20)	0.00	1767.33
9	S	-0.00055	0	0.500	16.0	75	0.00025 (0.00025)	419	0.106 (0.20)	0.00	1767.33
10	S	-0.00015	0	0.500	16.0	75	0.00007 (0.00007)	412	0.028 (0.20)	0.00	1882.32

**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	3.53	50.0	1130.0	-105.2	8.3	18.3	13560	225.2

**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	-0.00068	0	0.500	16.0	75	0.00032 (0.00032)	419	0.132 (0.20)	0.00	1758.33

**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 x10.10 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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	49 di 62

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

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	1010.0
3	240.0	1010.0
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	1001.0	26
3	231.0	1001.0	26
4	231.0	9.0	26
5	15.0	9.0	26
6	15.0	1001.0	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre  
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione  
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione  
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione  
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	98	26
2	3	4	98	26
3	5	6	98	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 8 mm  
 Passo staffe: 2.4 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
---------	---	----	----	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	50 di 62

1	15137.19	3840.83	29476.11	380.40	8001.64
2	14001.84	7448.03	29021.97	380.40	8001.64
3	12544.52	3052.43	28439.04	380.40	8001.64
4	14262.73	3643.73	34176.67	380.40	8582.14
5	13500.32	5828.70	33871.71	380.40	8582.14
6	12544.52	3052.43	28439.04	380.40	8001.64
7	14262.73	3643.73	29126.32	380.40	8001.64
8	13500.32	5828.70	28821.36	380.40	8001.64
9	12544.52	3052.43	28439.04	380.40	8001.64
10	12544.52	2834.51	28439.04	370.80	8001.64
11	11773.80	3439.77	22010.03	322.27	5750.21
12	10638.45	7046.97	21555.89	322.27	5750.21
13	9181.13	2651.37	20972.96	322.27	5750.21
14	10899.34	3242.67	26710.60	322.27	6330.71
15	10899.34	3242.67	26710.60	322.27	6330.71
16	10136.93	5427.64	26405.63	322.27	6330.71
17	9181.13	2651.37	20972.96	322.27	5750.21
18	10899.34	3242.67	21660.25	322.27	5750.21
19	10136.93	5427.64	21355.28	322.27	5750.21
20	9181.13	2651.37	15703.84	322.27	4579.29
21	9348.02	2834.52	31707.45	461.36	7084.31
22	9014.23	2825.13	31659.76	461.36	7084.31
23	9563.92	8034.73	18031.20	1240.18	4329.13
24	9230.13	8025.35	17983.51	1240.18	4329.13
25	10121.53	2962.27	18154.11	461.36	4329.13
26	9008.92	2930.98	17995.16	461.36	4329.13

**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	9181.13	1906.13	19079.57
2	11101.63	2658.01	20238.38
3	10260.63	5330.01	19901.98
4	9181.13	2074.01	19470.18
5	10453.88	2512.01	23720.28
6	9889.13	4130.51	23494.38
7	9181.13	2074.01	19470.18
8	10453.88	2512.01	19979.28
9	9889.13	4130.51	19753.38
10	9181.13	2074.01	15567.12

**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	10621.50	1533.08 (3971.08)	18972.91 (49144.77)
2	9990.75	3537.08 (8819.65)	18720.61 (46679.53)

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	51 di 62

3	9181.13	1095.08 (2850.72)	18396.76 (47890.45)
4	10135.69	1423.58 (3102.24)	21584.34 (47036.15)
5	9712.13	2637.46 (5635.59)	21414.91 (45758.36)
6	9181.13	1095.08 (2850.72)	18396.76 (47890.45)
7	10135.69	1423.58 (3691.00)	18778.59 (48688.31)
8	9712.13	2637.46 (6680.46)	18609.16 (47135.48)
9	9181.13	1095.08 (2850.72)	18396.76 (47890.45)
10	9181.13	949.33 (3174.15)	15176.51 (50743.98)

**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	9181.13	1192.73 (2889.02)	19470.18 (47160.38)

**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	15137.19	3840.83	29476.11	15137.28	14195.39	107359.60	3.591592.8(727.2)	
2	S	14001.84	7448.03	29021.97	14001.61	26924.23	105948.39	3.601592.8(727.2)	
3	S	12544.52	3052.43	28439.04	12544.35	10900.10	104779.83	3.631592.8(727.2)	
4	S	14262.73	3643.73	34176.67	14262.69	10910.84	106532.19	3.081592.8(727.2)	
5	S	13500.32	5828.70	33871.71	13500.57	18490.18	105619.37	3.091592.8(727.2)	
6	S	12544.52	3052.43	28439.04	12544.35	10900.10	104779.83	3.631592.8(727.2)	
7	S	14262.73	3643.73	29126.32	14263.02	13280.41	106489.92	3.601592.8(727.2)	
8	S	13500.32	5828.70	28821.36	13500.35	21013.33	105568.80	3.611592.8(727.2)	
9	S	12544.52	3052.43	28439.04	12544.35	10900.10	104779.83	3.631592.8(727.2)	
10	S	12544.52	2834.51	28439.04	12544.39	9946.66	104795.30	3.631592.8(727.2)	
11	S	11773.80	3439.77	22010.03	11773.93	16440.36	103894.09	4.641592.8(727.2)	
12	S	10638.45	7046.97	21555.89	10638.55	33056.94	102394.89	4.681592.8(727.2)	
13	S	9181.13	2651.37	20972.96	9181.29	12762.61	101272.30	4.761592.8(727.2)	
14	S	10899.34	3242.67	26710.60	10899.18	12469.47	103059.20	3.811592.8(727.2)	
15	S	10899.34	3242.67	26710.60	10899.18	12469.47	103059.20	3.811592.8(727.2)	
16	S	10136.93	5427.64	26405.63	10136.99	20727.62	102132.47	3.821592.8(727.2)	
17	S	9181.13	2651.37	20972.96	9181.29	12762.61	101272.30	4.761592.8(727.2)	
18	S	10899.34	3242.67	21660.25	10899.24	15448.87	103011.38	4.681592.8(727.2)	
19	S	10136.93	5427.64	21355.28	10137.06	25118.57	102051.12	4.701592.8(727.2)	

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	52 di 62

20	S	9181.13	2651.37	15703.84	9181.20	16825.83	101209.29	6.311592.8(727.2)
21	S	9348.02	2834.52	31707.45	9347.80	9209.93	101500.71	3.171592.8(727.2)
22	S	9014.23	2825.13	31659.76	9013.99	9161.96	101149.73	3.171592.8(727.2)
23	S	9563.92	8034.73	18031.20	9563.86	44632.81	101009.72	5.511592.8(727.2)
24	S	9230.13	8025.35	17983.51	9230.25	43911.31	100690.31	5.501592.8(727.2)
25	S	10121.53	2962.27	18154.11	10121.27	16390.79	102193.18	5.521592.8(727.2)
26	S	9008.92	2930.98	17995.16	9008.95	15773.81	101046.19	5.521592.8(727.2)

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

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	240.0	1010.0	0.00237	231.0	1001.0	-0.02606	9.0	9.0
2	0.00350	240.0	1010.0	0.00250	231.0	1001.0	-0.02332	9.0	9.0
3	0.00350	240.0	1010.0	0.00225	231.0	1001.0	-0.02918	9.0	9.0
4	0.00350	240.0	1010.0	0.00230	231.0	1001.0	-0.02775	9.0	9.0
5	0.00350	240.0	1010.0	0.00238	231.0	1001.0	-0.02589	9.0	9.0
6	0.00350	240.0	1010.0	0.00225	231.0	1001.0	-0.02918	9.0	9.0
7	0.00350	240.0	1010.0	0.00234	231.0	1001.0	-0.02698	9.0	9.0
8	0.00350	240.0	1010.0	0.00242	231.0	1001.0	-0.02516	9.0	9.0
9	0.00350	240.0	1010.0	0.00225	231.0	1001.0	-0.02918	9.0	9.0
10	0.00350	240.0	1010.0	0.00223	231.0	1001.0	-0.02954	9.0	9.0
11	0.00350	240.0	1010.0	0.00231	231.0	1001.0	-0.02778	9.0	9.0
12	0.00350	240.0	1010.0	0.00249	231.0	1001.0	-0.02363	9.0	9.0
13	0.00350	240.0	1010.0	0.00216	231.0	1001.0	-0.03136	9.0	9.0
14	0.00350	240.0	1010.0	0.00222	231.0	1001.0	-0.02998	9.0	9.0
15	0.00350	240.0	1010.0	0.00222	231.0	1001.0	-0.02998	9.0	9.0
16	0.00350	240.0	1010.0	0.00232	231.0	1001.0	-0.02753	9.0	9.0
17	0.00350	240.0	1010.0	0.00216	231.0	1001.0	-0.03136	9.0	9.0
18	0.00350	240.0	1010.0	0.00227	231.0	1001.0	-0.02882	9.0	9.0
19	0.00350	240.0	1010.0	0.00238	231.0	1001.0	-0.02611	9.0	9.0
20	0.00350	240.0	1010.0	0.00223	231.0	1001.0	-0.02968	9.0	9.0
21	0.00350	240.0	1010.0	0.00210	231.0	1001.0	-0.03276	9.0	9.0
22	0.00350	240.0	1010.0	0.00209	231.0	1001.0	-0.03314	9.0	9.0
23	0.00350	240.0	1010.0	0.00258	231.0	1001.0	-0.02155	9.0	9.0
24	0.00350	240.0	1010.0	0.00257	231.0	1001.0	-0.02184	9.0	9.0
25	0.00350	240.0	1010.0	0.00226	231.0	1001.0	-0.02907	9.0	9.0
26	0.00350	240.0	1010.0	0.00221	231.0	1001.0	-0.03025	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	0.000124390	0.000000820	-0.027182274	----	----
2	0.000110340	0.000001326	-0.024321210	----	----
3	0.000138655	0.000000647	-0.030430501	----	----
4	0.000132438	0.000000661	-0.028952741	----	----
5	0.000122901	0.000000998	-0.027003921	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	53 di 62

6	0.000138655	0.000000647	-0.030430501	----	----
7	0.000128622	0.000000771	-0.028148255	----	----
8	0.000119278	0.000001103	-0.026241171	----	----
9	0.000138655	0.000000647	-0.030430501	----	----
10	0.000140411	0.000000600	-0.030804912	----	----
11	0.000131524	0.000000902	-0.028976791	----	----
12	0.000110662	0.000001570	-0.024644658	----	----
13	0.000147860	0.000000705	-0.032698514	----	----
14	0.000141902	0.000000705	-0.031268327	----	----
15	0.000141902	0.000000705	-0.031268327	----	----
16	0.000129575	0.000001095	-0.028704153	----	----
17	0.000147860	0.000000705	-0.032698514	----	----
18	0.000136189	0.000000855	-0.030048858	----	----
19	0.000122620	0.000001279	-0.027220145	----	----
20	0.000139693	0.000000913	-0.030948830	----	----
21	0.000154695	0.000000525	-0.034157439	----	----
22	0.000156408	0.000000512	-0.034555044	----	----
23	0.000099946	0.000001956	-0.022462430	----	----
24	0.000101287	0.000001939	-0.022767293	----	----
25	0.000137104	0.000000897	-0.030310866	----	----
26	0.000142397	0.000000856	-0.031539576	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 8 mm  
Passo staffe: 2.4 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 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	8003.98	74761.66	9056.78230.9	221.0	1010.0	2.500	1.033	37.0	41.9(0.0)
2	S	8005.64	74363.02	9041.88230.9	220.7	1008.7	2.500	1.031	37.1	41.9(0.0)
3	S	8003.33	74591.49	9088.47230.9	221.8	1009.7	2.500	1.028	36.9	41.9(0.0)
4	S	8583.94	74730.76	9071.83230.9	221.4	1009.8	2.500	1.031	39.6	41.9(0.0)
5	S	8584.95	74496.60	9063.35230.9	221.2	1009.2	2.500	1.030	39.7	41.9(0.0)
6	S	8003.33	74591.49	9088.47230.9	221.8	1009.7	2.500	1.028	36.9	41.9(0.0)
7	S	8003.78	74705.60	9067.59231.0	221.3	1009.9	2.500	1.031	37.0	41.9(0.0)
8	S	8004.82	74466.97	9058.48230.9	221.1	1009.3	2.500	1.030	37.0	41.9(0.0)
9	S	8003.33	74591.49	9088.47230.9	221.8	1009.7	2.500	1.028	36.9	41.9(0.0)
10	S	8003.16	74603.84	9090.35230.9	221.8	1009.7	2.500	1.028	36.9	41.9(0.0)
11	S	5752.28	74449.55	9083.53230.9	221.7	1010.0	2.500	1.026	26.5	41.9(0.0)
12	S	5754.20	74008.44	9061.15230.9	221.1	1009.0	2.500	1.023	26.6	41.9(0.0)
13	S	5751.68	74273.67	9115.10231.4	222.4	1009.8	2.500	1.020	26.4	41.9(0.0)
14	S	6332.23	74430.40	9100.50231.1	222.1	1009.8	2.500	1.024	29.1	41.9(0.0)
15	S	6332.23	74430.40	9100.50231.1	222.1	1009.8	2.500	1.024	29.1	41.9(0.0)
16	S	6333.21	74184.08	9090.08230.9	221.8	1009.2	2.500	1.022	29.2	41.9(0.0)
17	S	5751.68	74273.67	9115.10231.4	222.4	1009.8	2.500	1.020	26.4	41.9(0.0)
18	S	5752.12	74396.04	9094.71231.0	221.9	1010.0	2.500	1.024	26.5	41.9(0.0)

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	54 di 62

19	S	5753.26	74132.17	9081.41230.9	221.6	1009.5	2.500	1.022	26.5	41.9(0.0)
20	S	4581.30	74224.34	9106.90231.2	222.2	1010.0	2.500	1.020	21.1	41.9(0.0)
21	S	7085.83	74337.29	9120.79231.6	222.6	1009.6	2.500	1.021	32.5	41.9(0.0)
22	S	7085.78	74308.45	9123.88231.7	222.7	1009.6	2.500	1.020	32.5	41.9(0.0)
23	S	4352.57	73715.22	9049.00230.8	220.8	1008.7	2.500	1.021	20.1	41.9(0.0)
24	S	4352.08	73693.68	9053.33230.9	220.9	1008.6	2.500	1.020	20.1	41.9(0.0)
25	S	4332.06	74311.37	9099.17231.1	222.1	1010.0	2.500	1.022	19.9	41.9(0.0)
26	S	4331.83	74223.24	9110.83231.3	222.3	1009.9	2.500	1.020	19.9	41.9(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.67	240.0	1010.0	-53.8	9.0	9.0	33216	1061.9
2	S	2.88	240.0	1010.0	-52.8	9.0	9.0	33302	1061.9
3	S	2.95	240.0	1010.0	-56.1	9.0	9.0	33187	1061.9
4	S	2.73	240.0	1010.0	-55.6	9.0	9.0	33238	1061.9
5	S	3.31	240.0	1010.0	-70.3	9.0	9.0	33236	1061.9
6	S	3.35	240.0	1010.0	-72.6	9.0	9.0	33318	1061.9
7	S	2.73	240.0	1010.0	-55.6	9.0	9.0	33238	1061.9
8	S	2.83	240.0	1010.0	-53.8	9.0	9.0	33290	1061.9
9	S	2.87	240.0	1010.0	-55.9	9.0	9.0	33318	1061.9
10	S	2.22	240.0	1010.0	-38.5	9.0	9.0	33306	1061.9

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

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00029	0	0.500	26.0	77	0.00016 (0.00016)	400	0.065 (0.20)	4674.16	46786.48
2	S	-0.00028	0	0.500	26.0	77	0.00016 (0.00016)	400	0.063 (0.20)	6302.19	47985.52
3	S	-0.00030	0	0.500	26.0	77	0.00017 (0.00017)	400	0.067 (0.20)	12065.99	45053.75
4	S	-0.00030	0	0.500	26.0	77	0.00017 (0.00017)	400	0.067 (0.20)	4947.54	46445.89
5	S	-0.00037	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	400	0.084 (0.20)	4841.39	45715.95
6	S	-0.00039	0	0.500	26.0	77	0.00022 (0.00022)	400	0.087 (0.20)	7778.58	44244.60
7	S	-0.00030	0	0.500	26.0	77	0.00017 (0.00017)	400	0.067 (0.20)	4947.54	46445.89
8	S	-0.00029	0	0.500	26.0	77	0.00016 (0.00016)	400	0.065 (0.20)	5963.03	47426.93
9	S	-0.00030	0	0.500	26.0	77	0.00017 (0.00017)	400	0.067 (0.20)	9530.19	45576.30
10	S	-0.00021	0	0.500	26.0	77	0.00012 (0.00012)	400	0.046 (0.20)	6534.89	49049.51

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.66	240.0	1010.0	-48.1	9.0	9.0	33120	1061.9
2	S	2.71	240.0	1010.0	-50.6	9.0	9.0	33318	1061.9
3	S	2.54	240.0	1010.0	-50.2	9.0	9.0	32865	1061.9
4	S	2.98	240.0	1010.0	-61.2	9.0	9.0	32959	1061.9
5	S	3.01	240.0	1010.0	-62.8	9.0	9.0	33283	1061.9
6	S	2.54	240.0	1010.0	-50.2	9.0	9.0	32865	1061.9
7	S	2.62	240.0	1010.0	-48.8	9.0	9.0	33072	1061.9
8	S	2.65	240.0	1010.0	-50.4	9.0	9.0	33318	1061.9
9	S	2.54	240.0	1010.0	-50.2	9.0	9.0	32865	1061.9
10	S	2.12	240.0	1010.0	-36.1	9.0	9.0	32915	1061.9

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00026	0	0.500	26.0	77	0.00014 (0.00014)	400	0.058 (0.20)	3971.08	49144.77
2	S	-0.00027	0	0.500	26.0	77	0.00015 (0.00015)	400	0.061 (0.20)	8819.65	46679.53
3	S	-0.00027	0	0.500	26.0	77	0.00015 (0.00015)	399	0.060 (0.20)	2850.72	47890.45
4	S	-0.00033	0	0.500	26.0	77	0.00018 (0.00018)	399	0.073 (0.20)	3102.24	47036.15
5	S	-0.00033	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	400	0.075 (0.20)	5635.59	45758.36
6	S	-0.00027	0	0.500	26.0	77	0.00015 (0.00015)	399	0.060 (0.20)	2850.72	47890.45
7	S	-0.00026	0	0.500	26.0	77	0.00015 (0.00015)	399	0.059 (0.20)	3691.00	48688.31
8	S	-0.00027	0	0.500	26.0	77	0.00015 (0.00015)	400	0.061 (0.20)	6680.46	47135.48
9	S	-0.00027	0	0.500	26.0	77	0.00015 (0.00015)	399	0.060 (0.20)	2850.72	47890.45
10	S	-0.00019	0	0.500	26.0	77	0.00011 (0.00011)	399	0.043 (0.20)	3174.15	50743.98

**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	2.68	240.0	1010.0	-55.0	9.0	9.0	32892	1061.9

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00029	0	0.500	26.0	77	0.00016 (0.00016)	399	0.066 (0.20)	2889.02	47160.38

### 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 :

$$N_{\max} = 6855 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{\max} = 1090 \text{ kN (CC. SLV)}$$

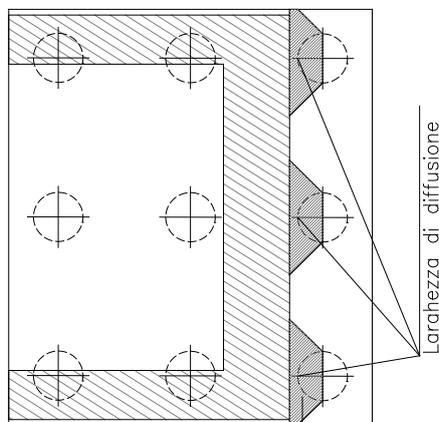
$$N_{\max} = 5294 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 955 \text{ kN (CC. SLV)}$$

#### 4.9.3.1 Unghia anteriore platea fondazione

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

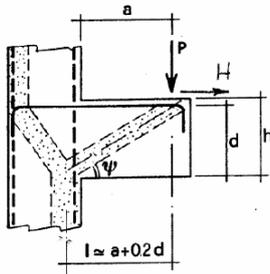
La verifica è stata eseguita in corrispondenza del palo più sollecitato.



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

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

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTOLE.



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

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

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

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

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

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

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>3.90</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>6855.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>1090.00</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
$\delta(m) =$	<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	$a + 0,2d$
$\lambda =$	<b>0.78</b>		$\lambda = \text{ctg} \psi \approx l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente C)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$

**Caratteristiche Materiali**

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

**Caratteristiche Armature di Progetto**

<b>Registro tipo</b>	<b>R1</b>						
$n^\circ R1 =$	<b>1</b>	$\phi 1 (mm) =$	<b>20.0</b>	$p1 (cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 1^\circ =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	314.16	$nb \text{ tot } 1 =$	39.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	12252.20	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>12252.20</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
$n^\circ R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2 (mm) =$	<b>20.0</b>	$p2 (cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 2^\circ =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	314.16	$nb \text{ tot } 2 =$	39.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	12252.20	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>12252.20</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
$n^\circ R3 =$	<b>0</b>	$\phi 3 (mm) =$	<b>24.0</b>	$p3 (cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 3^\circ =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	<b>0.00</b>

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$	<input type="text" value="0.907"/>	rad	=	<input type="text" value="51.96"/>	°
$P_{R_s} =$	<input type="text" value="10852.1"/>	KN		<input type="text" value="PRs &gt; PEd - Verifica Soddisfatta"/>	
$P_{R_c} =$	<input type="text" value="32471.0"/>	KN		<input type="text" value="PRc &gt; PRs - Verifica Soddisfatta"/>	

#### 4.9.4 Palo di fondazione

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

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

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 2.90$  (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	Ty,A [kN]
6855	3160		1090
2585	3160		1090
5294	2769		955
1845	2769		955

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare  $\varnothing 150$  cm

$$A_s = 30 + 30\phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/20$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 36.00$  m

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	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	30	26
2	0.0	0.0	60.0	30	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	6855.00	3160.00	0.00	1090.00	0.00
2	2585.00	3160.00	0.00	1090.00	0.00
3	5294.00	2769.00	0.00	955.00	0.00
4	1845.00	2769.00	0.00	955.00	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	4896.00	2145.00	0.00
2	2648.00	2145.00	0.00

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

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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	60 di 62

N° Comb.	N	Mx	My
1	4712.00	2048.00 (2210.22)	0.00 (0.00)
2	2709.00	2048.00 (1606.12)	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:	3.4 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 $\geq 1.000$
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	6855.00	3160.00	0.00	6854.90	8064.55	0.00	2.55	318.6(53.0)
2	S	2585.00	3160.00	0.00	2585.04	7256.93	0.00	2.30	318.6(53.0)
3	S	5294.00	2769.00	0.00	5294.20	7843.01	0.00	2.83	318.6(53.0)
4	S	1845.00	2769.00	0.00	1845.15	7047.10	0.00	2.54	318.6(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	0.00302	0.0	66.0	-0.00396	0.0	-66.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00289	0.0	66.0	-0.00602	0.0	-66.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00298	0.0	66.0	-0.00460	0.0	-66.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00286	0.0	66.0	-0.00654	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	0.000052912	-0.000468436	----	----
2	0.000000000	0.000067551	-0.001566319	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	D09CL	NW01 00 002	C	61 di 62

3	0.000000000	0.000057413	-0.000806003	----	----
4	0.000000000	0.000071207	-0.001840550	----	----

**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 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	1090.00	4060.01	2787.58118.5	97.0	137.2	2.500	1.250	11.5	29.4(0.0)
2	S	1090.00	3762.74	2966.97119.7	103.2	135.4	2.500	1.103	10.8	29.4(0.0)
3	S	955.00	4025.98	2842.63118.5	98.9	137.7	2.500	1.212	9.9	29.4(0.0)
4	S	955.00	3679.33	3006.81120.1	104.6	134.2	2.500	1.074	9.3	29.4(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.49	0.0	1010.0	-48.2	0.0	-66.0	1100	42.5
2	S	7.33	0.0	1010.0	-99.7	0.0	-66.0	1993	63.7

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30	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	-0.00029	0	0.500	26.0	77	0.00014 (0.00014)	376	0.054 (0.20)	2194.80	0.00
2	S	-0.00057	0	0.500	26.0	77	0.00030 (0.00030)	400	0.120 (0.20)	1567.46	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.16	0.0	1010.0	-45.4	0.0	-66.0	1100	42.5
2	S	7.01	0.0	1010.0	-90.2	0.0	-66.0	1881	63.7

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00028	0	0.500	26.0	77	0.00014 (0.00014)	376	0.051 (0.20)	2210.22	0.00
2	S	-0.00051	0	0.500	26.0	77	0.00027 (0.00027)	392	0.106 (0.20)	1606.12	0.00