

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA**

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA DITTAINO – CATENANUOVA**

**VI12 (ex VI04) - Singolo Binario**

Relazione di calcolo Spalle

SCALA:

-

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

R S 3 E 5 0 D 0 9 C L V I 1 2 0 4 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	Abbasiano	Novembre 2019	A. Ferri	Novembre 2019	F. Sparasino	Novembre 2019	A. Vittozzi	Novembre 2019

ITALFERR S.p.A.  
U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti  
Dott. Ing. Angelo Vittozzi  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo  
N° A20783

File: RS3E50D09CLV11204001A.docx

n. Ed.: 1531

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
1.1.1	<i>Aspetti legati alle opere di fondazione</i> .....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	9
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	9
3	MATERIALI .....	10
3.1	VERIFICA S.L.E. ....	11
3.1.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	11
3.1.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	11
4	ANALISI E VERIFICHE SPALLA.....	13
4.1	GENERALITÀ .....	13
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE.....	13
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	13
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA .....	17
4.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA.....	18
4.6	ANALISI DEI CARICHI.....	21
4.6.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i> .....	21
4.6.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i> .....	21
4.6.3	<i>Azione del Vento</i> .....	23
4.6.4	<i>Carichi da traffico verticali</i> .....	24
4.6.5	<i>Effetti dinamici</i> .....	25
4.6.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i> .....	25
4.6.7	<i>Spinta statica del terrapieno</i> .....	26
4.6.8	<i>Sovraccarico sul terrapieno</i> .....	27
4.6.9	<i>Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche</i> .....	28

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	3 di 70

4.6.10	Azione sismica .....	29
4.6.11	Incremento di spinta del terrapieno .....	35
4.6.12	Inerzie strutturali.....	35
4.6.13	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali.....	36
4.6.14	Riepilogo risultati.....	36
4.7	SOLLECITAZIONI.....	41
4.7.1	Muro paraghiaia .....	41
4.7.2	Muro frontale .....	43
4.7.3	Plinto di fondazione.....	45
4.8	PALI DI FONDAZIONE .....	47
4.9	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	48
4.9.1	Paraghiaia.....	51
4.9.2	Muro frontale .....	57
4.9.3	Zattera di fondazione.....	63
4.9.4	Palo di fondazione L=20.0m .....	66

## 1 PREMESSA

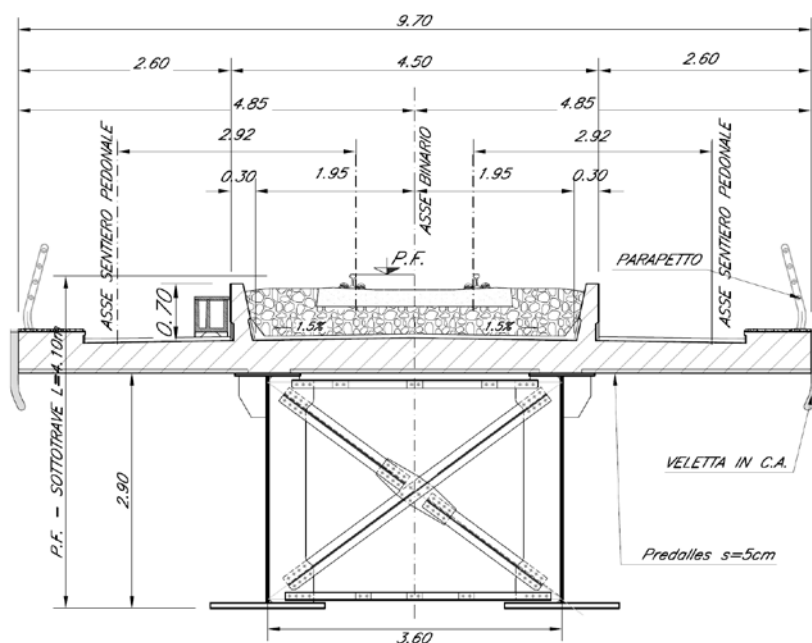
La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto ferroviario **VI12** della tratta ferroviaria Palomba-Catenanuova, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la spalla B che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

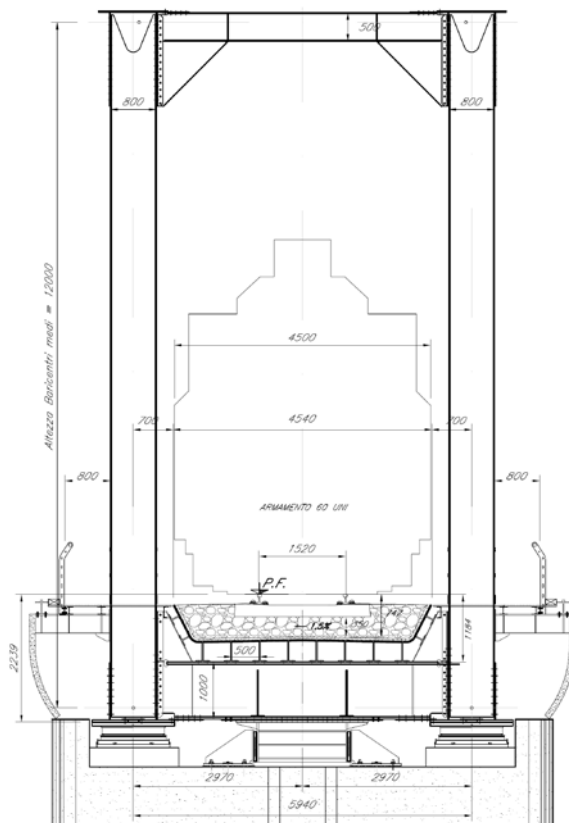
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 14 gennaio 2008.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il viadotto ferroviario VI12 ha una lunghezza totale di 1980.05m, è costituito da 47 impalcati in acciaio da 40,50 e 70m. Il viadotto è previsto a singolo binario.

Le pile sono realizzate in c.a. gettato in opera.





**Figura 1 - Sezioni trasversali**

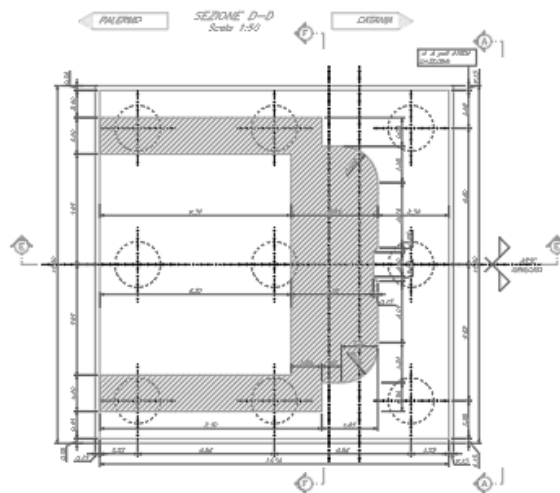
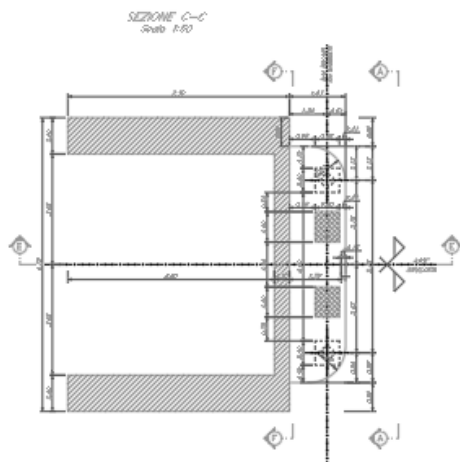
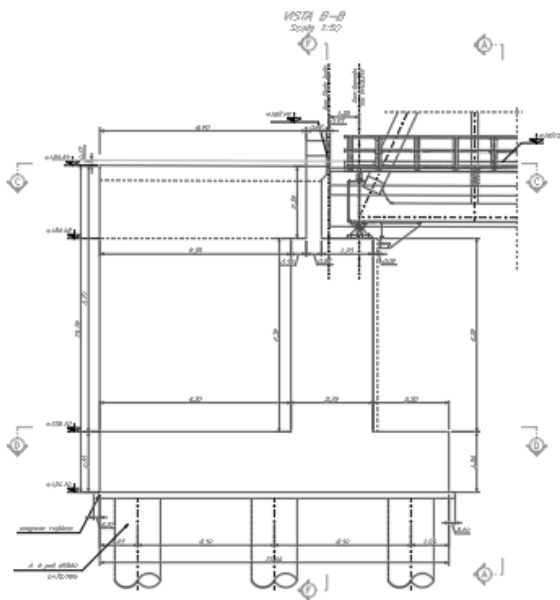
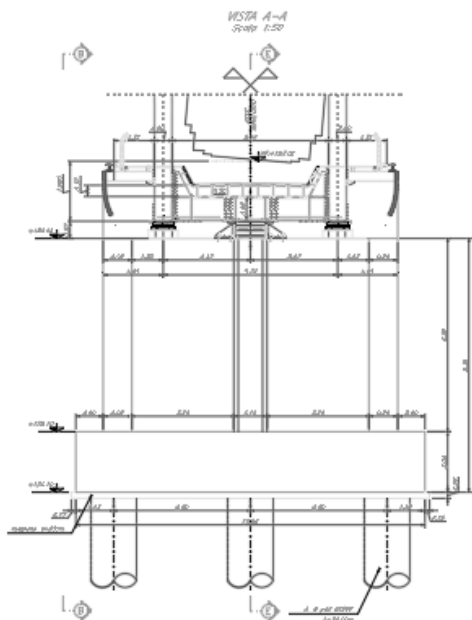
### *1.1.1 Aspetti legati alle opere di fondazione*

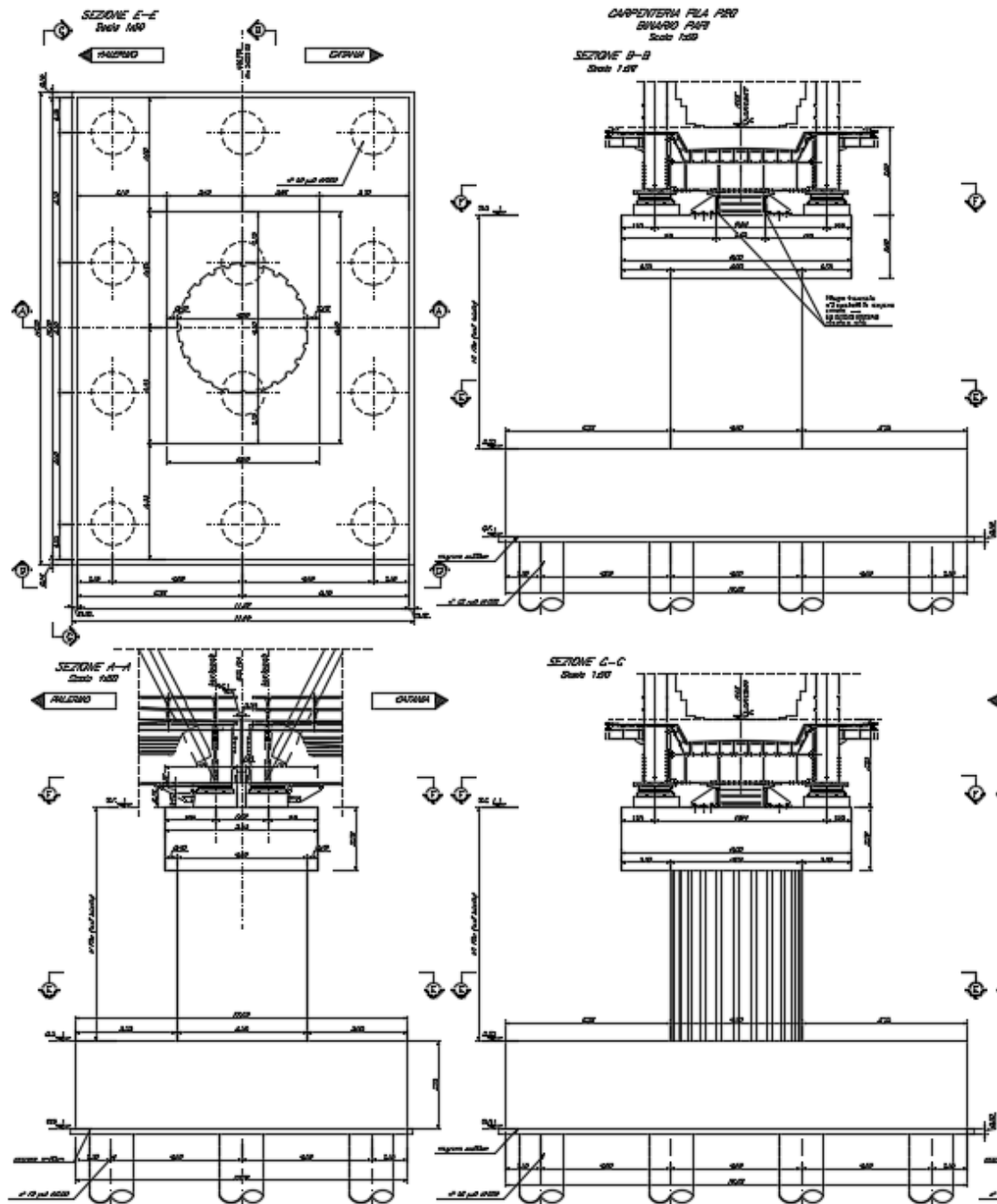
Le fondazioni sono realizzate sia per le pile che per le spalle con plinti su pali di grande diametro.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	6 di 70

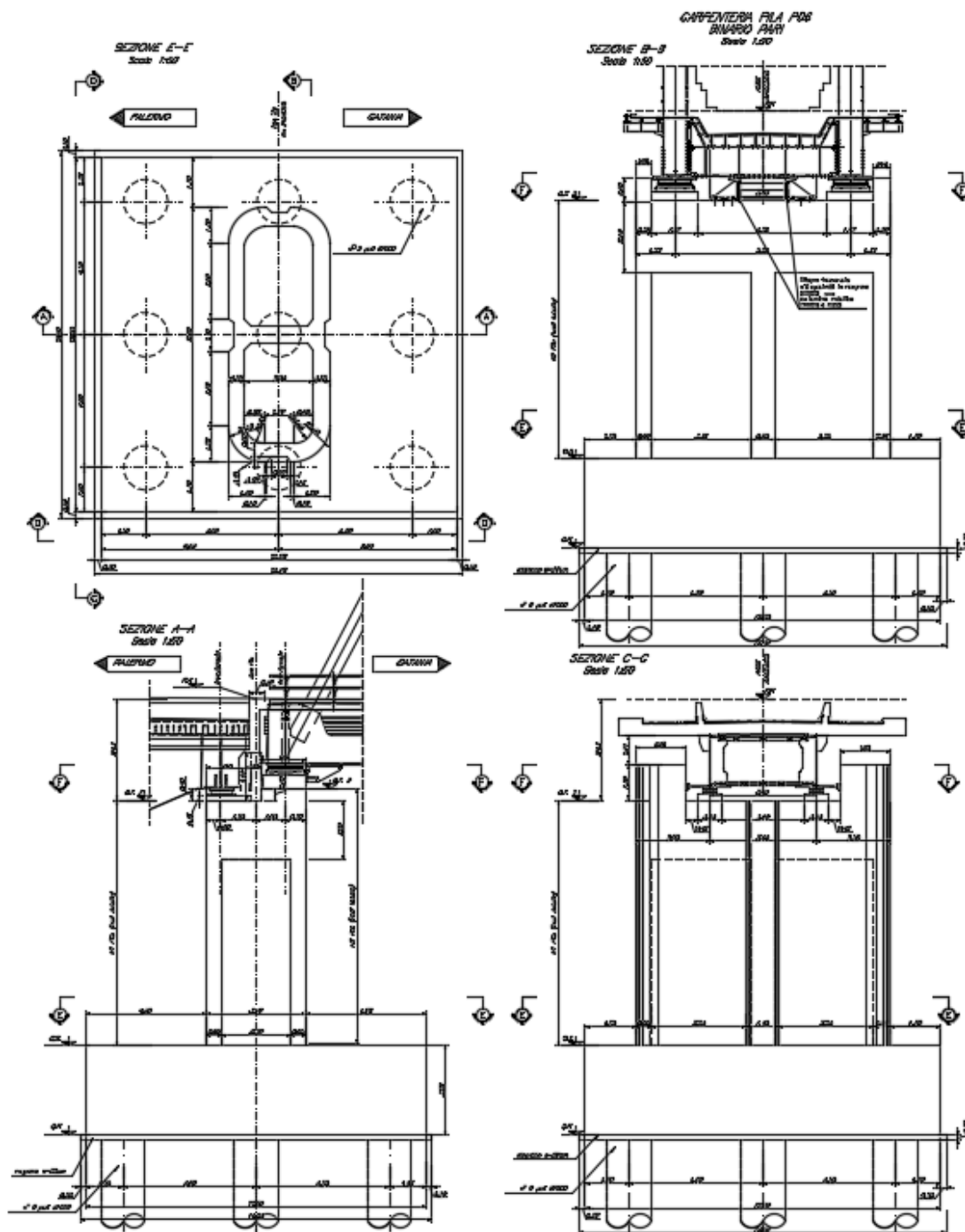
3/2/2009 11:25/7





RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	8 di 70





## 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 14 gennaio 2008, «Norme tecniche per le costruzioni».*
- *Ministero delle Infrastrutture, Circolare n°617 02 febbraio 2009, 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 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea*

### 2.1 Documenti di riferimento

- *Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni 1/2 - RS3E50D09RBVI1203001A*
- *Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni 2/2 - RS3E50D09RBVI1203002A*

### 3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

➤ Calcestruzzo magro e getto di livellamento

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C12/15
- TIPO CEMENTO CEM I+V
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : X0

➤ Calcestruzzo pali di fondazione, cordoli, opere provvisionali, calcestruzzo fondazioni

- 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 fondazioni armate

- 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 = 40mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm

➤ Calcestruzzo elevazione pile (compresi pulvini, baggioli e ritegni), spalle

- 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 MINIMO = 50mm
- DIAMETRO INERTI : 25 mm

➤ Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

IN BARRE E RETI ELETTROSALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

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

(\*) : I VALORI DI COPRIFERRO RIPORTATI SI RIFERISCONO AD OPERE CON VITA NOMINALE DI 75 ANNI. PER COSTRUZIONI CON VITA NOMINALE DI 100 ANNI TALI VALORI DOVRANNO ESSERE AUMENTATI DI 5 mm.

### 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", 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 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l’apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 617/09.

## 4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA

### 4.1 Generalità

La spalla presentano una configurazione a paramento di spessore 2.75 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 1.20 m. L'altezza della spalla **B** (escluso paraghiaia) è pari a 4.20 m.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 0.5 m ed altezza di circa 3.30 cm dalla testa muro frontale.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1.50m collegate in testa da una platea di spessore 2.00 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 NTC08, 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  $G_2$ .

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	15 di 70

		Coefficiente	EQ <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

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

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.

<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.





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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.5 Geometria della spalla

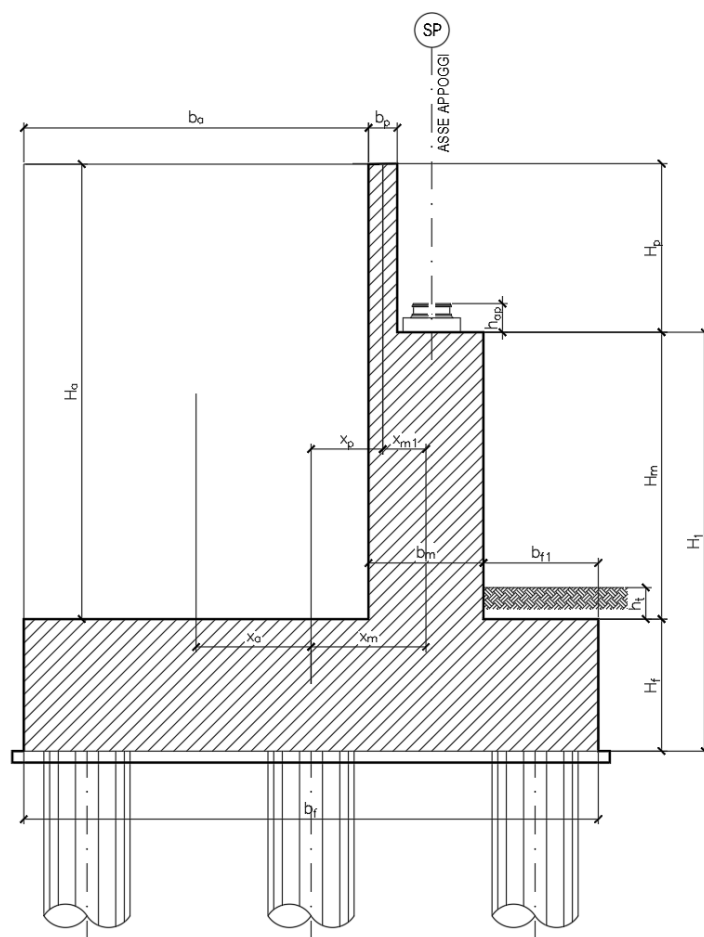


Figura 1 – Significato dei simboli: sezione tipologica

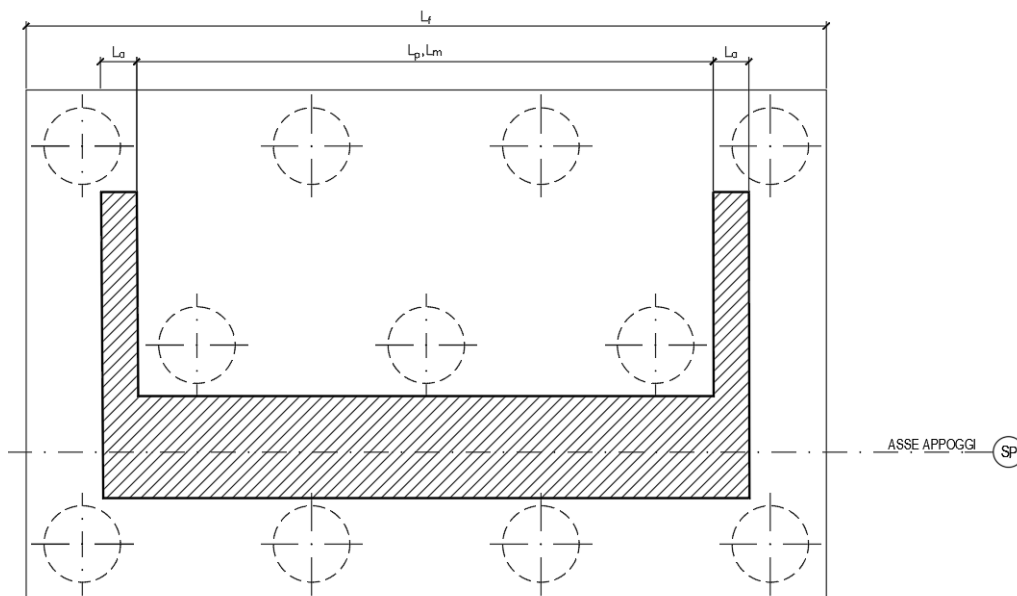


Figura 2 – Significato dei simboli: pianta tipologica

Generali			
Peso cls	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>
Peso terreno	$\gamma_t$	20	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico accidentale sul rilevato	$q_{acc}$	53.0	kN/m <sup>2</sup>
Altezza appoggio + baggiolo	$h_{ap}$	0.40	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	$H_1$	6.60	m
Paraghiaia			
Altezza	$H_p$	3.30	m
Lunghezza lungo asse X	$b_p$	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_p$	7.30	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		7.30	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_p$	1.55	m
Muro frontale			
Altezza	$H_m$	4.20	m
Lunghezza lungo asse X	$b_m$	2.75	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_m$	7.30	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_m$	2.28	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	$x_{m1}$	-0.72	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.77	m
Plinto			
Altezza	$H_f$	2.00	m
Lunghezza lungo asse X	$b_f$	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	$L_f$	12.00	m
Mensola anteriore plinto	$b_{f1}$	2.35	m
Spessore ricoprimento medio	$h_t$	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		3.05	m
Muro andatore			
Altezza	$H_a$	7.50	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	$L_a$	1.20	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	$b_a$	6.90	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	$x_a$	-2.55	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno ( $\varphi$ )		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		▼	$K_0 = 0.426$
Sisma			
$S_s$		1.462	
$a_E$		0.158	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.231	
Mononobe e Okabe	$K_{AE}$	0.444	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.115	

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° Binari		1	
Lunghezza	L	40	m
Peso Proprio	G1	131	kN/m
Permanenti portati	G2	120	kN/m
Ballast	G2	0	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	2	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	1310.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	1200.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n (ballast)	Ri	0	kN

### 4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

Si riportano di seguito gli scarichi agli appoggi dedotti dall'analisi dell'impalcato:

	R1	R2	Lø	α	ø3
LM71	2137	1616	38	1.1	1.000
SW/0	2242	1749	38	1.1	1.000
SW/2	2710	2241	38	1	1.000

Che ripartiti con il metodo Courbon sul singolo appoggio forniscono i risultati in tabella seguente.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	22 di 70

Appoggio	A			B			biz
	FZ	FX	FY	FZ	FX	FY	
Descrizione carico	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]
Peso proprio g1	1310			1310			0.00
Permanenti G2	1200			1200			0.00
Ballast							0.00
Comb. Nmax Qv	1436			1274			0.00
Comb. Nmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. Nmax Q centrifuga							0.00
Comb. Nmax Q serpeggio			25			25	3.00
Comb. MTmax Qv	1436			1274			0.00
Comb. MTmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. MTmax Q centrifuga							0.00
Comb. MTmax Q serpeggio			25			25	3.00
Comb. MLmax Qv	1436			1274			0.00
Comb. MLmax Q frenatura		578			578		3.00
Comb. MLmax Q centrifuga							0.00
Comb. MLmax Q serpeggio			25			25	3.00
Vento Ponte Scarico			118			118	3.00
Vento Ponte Carico			219			219	5.00
Attrito permanente		75	75		75	75	0.00
Attrito carichi mobili		43	43		38	38	0.00
Sisma longitudinale		1292			1277		2.50
Sisma trasversale			646			639	2.50
Sisma verticale	323			319			0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	23 di 70

### 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	250	250	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)	$v_b = v_{b0} * (1 + k_s(as/ao - 1))$	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	112.5	112.5	anni
	$\alpha_R$	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	$\rho$	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	0.54	0.54	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	10	10	m
Coefficiente di topografia	ct	1	1	
Coefficiente di esposizione (z)	ce(z)	2.35	2.35	
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	m
Altezza impalcato	h1	3.4	4.1	m
Altezza treno o parapetto	h2	1.5	4	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	4.9	8.1	m
Rapporto di forma	b/dtot	1.98	1.20	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.91	2.14	

#### Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.35	2.35	
Coefficiente di forza	cfx	1.91	2.14	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.9	8.1	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	11.8	21.9	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.40	2.70	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	11.8	21.9	kN/m

#### Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	11.8		kN/m
Luce impalcato	L	40		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	235		kN/m

#### Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	21.9		kN/m
Luce impalcato	L	40		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	437		kN/m

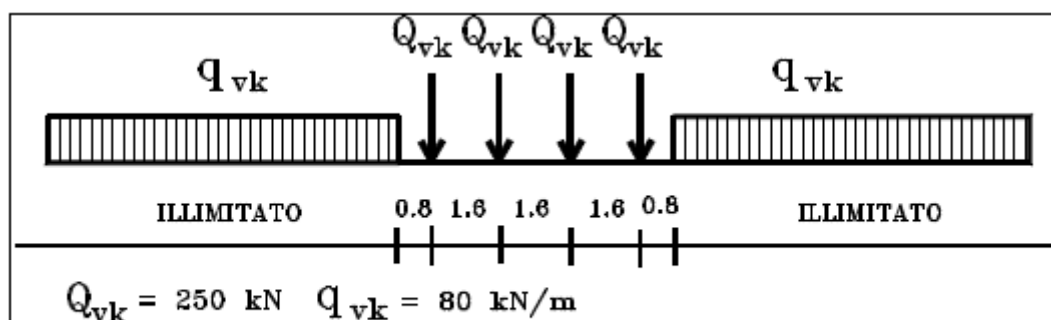
#### 4.6.4 Carichi da traffico verticali

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2.

Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

##### ➤ Modello di carico LM71

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



*Treno di carico LM 71*

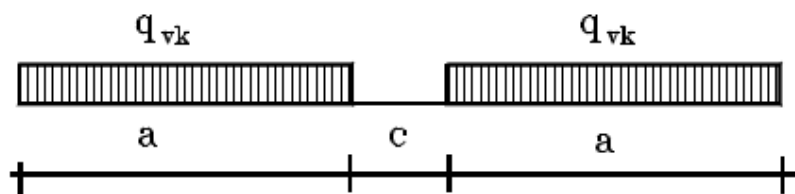
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

##### ➤ Modello di carico SW/2

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



*Treno di carico SW*



Tipo di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario.

Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001 A).

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE "α"
LM71	1,10
SW/0	1,10
SW/2	1,00

#### 4.6.5 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 14.1.2008 che per l'opera in esame riporta:

[...] Pile con snellezza  $\lambda \leq 30$ , spalle, fondazioni, muri di sostegno e spinte del terreno possono essere calcolate assumendo coefficienti dinamici unitari.

#### 4.6.6 Carichi da traffico orizzontali

Frenatura		
L	40	m
L <sub>calc</sub>	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Q <sub>lb,k</sub>	880	per Treno LM 71
Q <sub>lb,k</sub>	660	per Treno SW/0
Q <sub>lb,k</sub>	1155	per SW/2
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata)per Treno LM 71	<b>880</b>	kN
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata)per Treno SW/0	<b>660</b>	kN
Q <sub>lb,k</sub> (filtrata)per SW/2	<b>1155</b>	kN

Avviamento		
L	40	m
L <sub>calc</sub>	40	per Treno LM 71
	30	per Treno SW/0
	33	per SW/2
Q <sub>la,k</sub>	1452	per Treno LM 71
Q <sub>la,k</sub>	1089	per Treno SW/0
Q <sub>la,k</sub>	1089	per SW/2
Q <sub>la,k</sub> (filtrata)per Treno LM 71	<b>1000</b>	kN
Q <sub>la,k</sub> (filtrata)per Treno SW/0	<b>1000</b>	kN
Q <sub>la,k</sub> (filtrata)per SW/2	<b>1000</b>	kN

Serpeggio		
FT=100kN /2	50	kN*m
<u>Treno LM 71</u>		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
<u>Treno SW/0</u>		
$\alpha$	1.1	
FT* $\alpha$	55	kN
<u>Treno SW/2</u>		
$\alpha$	1	
FT* $\alpha$	50	kN

#### 4.6.7 Spinta statica del terrapieno

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

L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno di peso specifico  $\gamma$ , su una parete di altezza H, risulta:

$$S_o = 1/2 * \gamma * H^2 * K_o \quad (\text{spinta per metro lineare di spalla})$$

l'utilizzo di  $K_o$  è determinato dall'impossibilità, da parte della spalla, di subire spostamenti; si assume  $K_o = 1 - \text{sen } \phi$ .

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

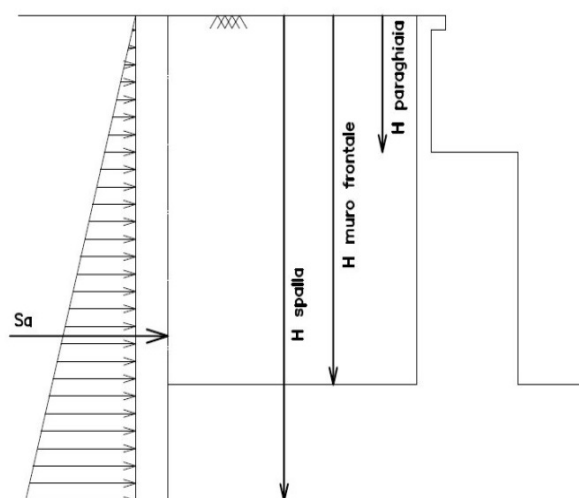



Fig. 1 Spinta statica terreno di rinterro

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 04 001	REV. A

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

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

#### 4.6.8 Sovraccarico sul terrapieno

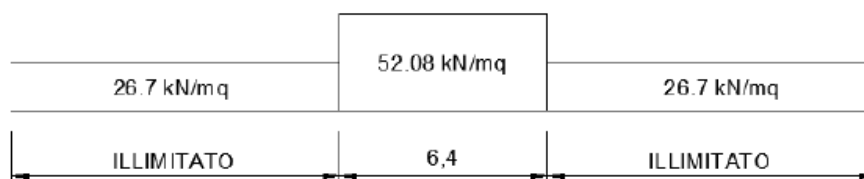
Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

$$q = 53 \text{ kN/m}^2$$

$$S_q = 53 * 0.426 = 22.58 \text{ kN/m}^2$$

Il valore del sovraccarico è determinate come di seguito descritto:

Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di 3.0 m secondo quanto previsto da EN 1991 – 2:2003/AC:2010, si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:



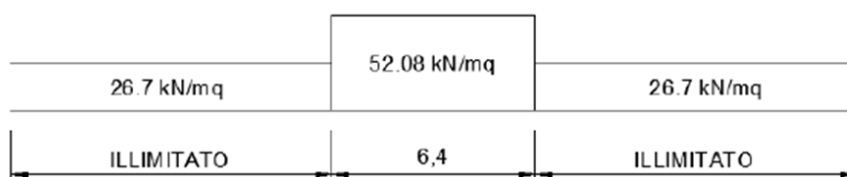
A tali carichi si deve applicare il coefficiente  $\alpha$  relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

Tabella 11

Fattore alfa ( $\alpha$ ) per la progettazione di strutture nuove

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa ( $\alpha$ )
P1, P2, P3, P4	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospenso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospenso
F1600	1,1

Nel caso in esame, il coefficiente  $\alpha$  è pari ad 1.0 perché le categorie di traffico sono P2-P4 per il traffico passeggeri ed F1 per il traffico merci per cui, alle opere si applicano i seguenti carichi equivalenti:



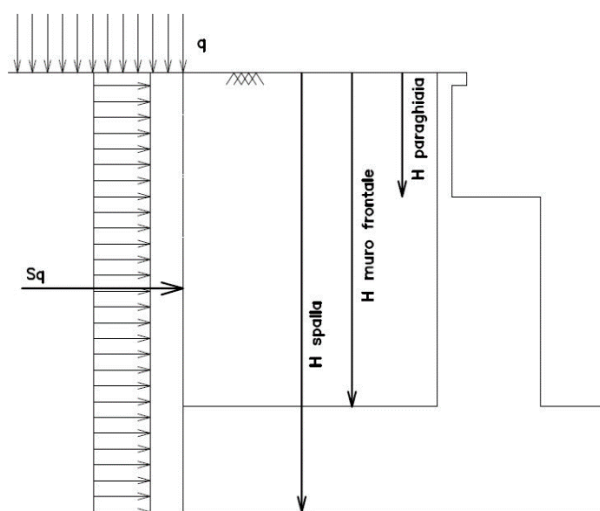
#### 4.6.9 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a  $Q = 53 \text{ kN/m}^2$  gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa

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

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

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



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

#### 4.6.10 Azione sismica

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 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.

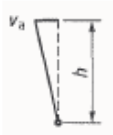



Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale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

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

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


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

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

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

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



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 04 001	REV. A

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 NTC2008.

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

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:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione con linea

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

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

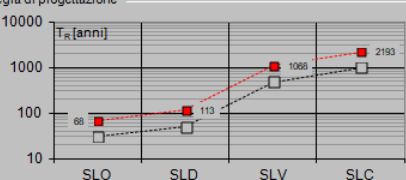
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

- Grafici parametrizzazione
- 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 **C** info       $S_B = 1.462$        $C_C = 1.289$  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  $\xi$  (%)        $\eta_1 = 1.000$  info

Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$        Regol. in altezza **si** info

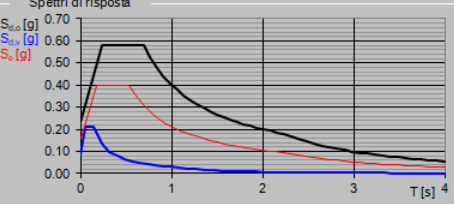
Compon. verticale

Spettro di progetto      Fattore  $q$         $\eta_1 = 1.000$  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**

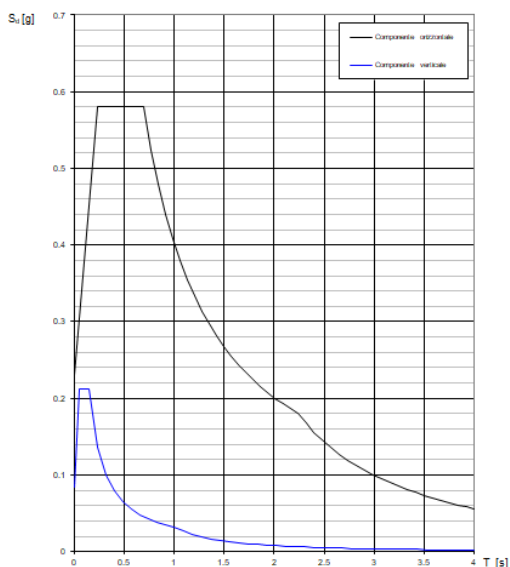
**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_m$	0.158 g
$F_0$	2.511
$T_C^*$	0.538 s
$S_S$	1.462
$C_C$	1.289
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.462
$\eta$	1.000
$T_B$	0.231 s
$T_C$	0.693 s
$T_D$	2.232 s

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



#### 4.6.11 Incremento di spinta del terrapieno


Avendo valutato preliminarmente l'entità dello spostamento della struttura in fase sismica, e ricorrendo le condizioni sopra descritte (EC7 - Parte 1 - Annesso C), l'incremento di spinta del terrapieno viene valutato secondo la teoria di [Mononobe-Okabe](#). (si veda relazione la RS3E50D09RBVII803001A)

Mononobe e Okabe			
Inclinazione Paramento	$\alpha$	90.0	
Angolo d'attrito interno	$\phi$	35.0	°
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.231	
Coefficiente per sisma verticale	$k_v$	0.115	
$\theta (+k_v)$		11.7	
$\theta (-k_v)$		14.6	
Mononobe e Okabe (+ $k_v$ )	$K_{AE}$	0.401	
Mononobe e Okabe (- $k_v$ )	$K_{AE}$	0.444	

#### 4.6.12 Inerzie strutturali

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

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

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO</b> <b>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>VI12 (ex VI04) - Singolo Binario</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA <b>RS3E</b>	LOTTO 50	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 12 04 001	REV. A

#### 4.6.13 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

Le sollecitazioni agenti in testa palo vengono calcolate nell'ipotesi di platea di fondazione infinitamente rigida, attraverso la relazione

$$R(x, y) = \frac{N}{n} + \frac{M_l}{J_l} \cdot y + \frac{M_t}{J_t} \cdot x$$

dove

$N, M_l, M_t$  sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata,  $n$  è il numero di pali e  $J_l, J_t$  sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

$$J_l = \sum y_i^2 \qquad J_t = \sum x_i^2$$

Per quanto riguarda le sollecitazioni orizzontali in testa palo, si assume che le azioni di taglio di ripartiscano uniformemente tra i pali, risultando

$$T(x, y) = \frac{\sqrt{H_l^2 + H_t^2}}{n}$$

dove  $H_l, H_t$  sono le forze orizzontali longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata.

#### 4.6.14 Riepilogo risultati

Il foglio automatico, sulla base di calcoli sviluppati nei fogli successivi, restituisce, per ciascuna combinazione i risultati del controllo di verifica.

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

- Le sollecitazioni al livello del piano di fondazione in termini di sforzo normale  $N$ , forza orizzontale  $T$  e momento ribaltante  $M$ .
- Per i carichi sui pali in termini di  $N_{\max}, N_{\min}, T$  ed  $M$ .

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	37 di 70

➤ Fase statica

### PARAGHIAIA

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

cond statica

Descrizione carico		F <sub>Z</sub>	F <sub>X</sub>	F <sub>Y</sub>	b <sub>ix</sub>	b <sub>iy</sub>	b <sub>iz</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	301			0.00	0.00	1.65	0	0
Rinterro	g3		339		0.00	0.00	1.10	0	373
					0.00	0.00	3.30	0	0
Sovr. acc. sul rilevato			544		0.00	0.00	1.65	0	898

### 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	301	0	0	-0.72		5.85	0	-217
Muro frontale	g1	2801	0	0			2.10	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>3102</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-217</b>
Rinterro	g3		2327	0			2.50	0	5817
Sovr. acc. sul rilevato			1237	0			3.75	0	4640

### 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	301			1.55	0.00	7.85	0	467
Muro frontale	g1	2801			2.28	0.00	4.10	0	6386
Plinto	g1	7200			0.00	0.00	1.00	0	0
Muri andatori	g1	3105			-2.55	0.00	5.75	0	-7918
<b>Totale Permanenti</b>		<b>13407</b>						<b>0</b>	<b>-1065</b>
Rinterro	g3	7556			-2.55	0.00	5.75	0	-19267
Ricop. Plinto	g3	1008			2.55	0.00	2.50	0	2570
Sovr. acc. sul rilevato		2670			-2.55	0.00	9.50	0	-6808
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		3733		-2.55	0.00	3.17	0	11821
Sovr. acc. sul rilevato			1567		0.00	0.00	4.75	0	7445

➤ Fase sismica Mononobe-Okabe /  $k_a$

**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	301			0.00	0.00	1.65	0	0
Rinterro	g3		215		0.00	0.00	1.10	0	237
Sovr. acc. sul rilevato			346		0.00	0.00	1.65	0	571

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	70	0	0.00	0.00	1.65	0	115
Rinterro	Inerzia		768				1.65	0	1267
	Sovraspinta		183				1.10	0	201
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>951</b>					<b>0</b>	<b>1468</b>
Sovr. acc. sul rilevato			346		0.00	0.00	1.65	0	571
<b>Totale generale</b>			<b>1366</b>					<b>0</b>	<b>2154</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	70	0.00	0.00	1.65	115	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	35	0	0	0.00	0.00	1.65	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	301	0	0	-0.72		5.85	0	-217
Muro frontale	g1	2801	0	0			2.10	0	0
<b>Totale Permanenti</b>		<b>3102</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>-217</b>
Rinterro	g3		1479	0			2.50	0	3696
Sovr. acc. sul rilevato			786	0			3.75	0	2949

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		70		-0.72	0.00	5.85	0	407
Muro frontale	q6		647		0.00	0.00	2.10	0	1359
Rinterro	Inerzia		1745				3.75	0	6545
	Sovraspinta		944				2.50	0	2360
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>2689</b>					<b>0</b>	<b>8904</b>
Sovr. acc. sul rilevato			786				3.75	0	2949
<b>Totale generale</b>			<b>4192</b>					<b>0</b>	<b>13619</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			70	-0.72	0.00	5.85	407	0
Muro frontale	q6			647	0.00	0.00	2.10	1359	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
<b>Totale generale</b>				<b>717</b>				<b>1766</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	35			-0.72	0.00	5.85	0	-25
Muro frontale	q6	323			0.00	0.00	2.10	0	0
<b>Totale generale</b>		<b>358</b>						<b>0</b>	<b>-25</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	301			1.55	0.00	7.85	0	467
Muro frontale	g1	2801			2.28	0.00	4.10	0	6386
Plinto	g1	7200			0.00	0.00	1.00	0	0
Muri andatori	g1	3105			-2.55	0.00	5.75	0	-7918
<b>Totale Permanenti</b>		<b>13407</b>						<b>0</b>	<b>-1065</b>
Rinterro	g3	7556			-2.55	0.00	5.75	0	-19267
Ricop. Plinto	g3	1008			2.55	0.00	2.50	0	2570
Sovr. acc. sul rilevato		2670			-2.55	0.00	9.50	0	-6808
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		2372		-2.55	0.00	3.17	0	7512
Sovr. acc. sul rilevato			996		0.00	0.00	4.75	0	4731

**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>		70		1.55	0.00	7.85	0	546
Muro frontale	q <sub>s</sub>		647		2.28	0.00	4.10	0	2653
Plinto	q <sub>s</sub>		1663		0.00	0.00	1.00	0	1663
Muri andatori	q <sub>s</sub>		717		-2.55	0.00	5.75	0	4124
Rinterro	Inerzia		1745		-2.55	0.00	5.75	0	10035
	Sovraspinta		1514		-2.55	0.00	3.17	0	4795
<b>Rinterro [totale]</b>			<b>3260</b>				<b>5.75</b>	<b>0</b>	<b>14831</b>
Sovr. acc. sul rilevato			996		-2.55		5.75	0	4731
<b>Totale generale</b>			<b>7353</b>						<b>28548</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>			70	1.55	0.00	7.85	546	0
Muro frontale	q <sub>s</sub>			647	2.28	0.00	4.10	2653	0
Plinto	q <sub>s</sub>			1663	0.00	0.00	1.00	1663	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>			717	-2.55	0.00	5.75	4124	0
Rinterro	Inerzia			1745	0.00		5.75	10035	0
	Sovraspinta			151			3.17	478	0
<b>Rinterro [totale]</b>				<b>1896</b>				<b>10514</b>	<b>0</b>
Sovr. acc. sul rilevato				996	-2.55		9.50	9462	0
<b>Totale generale</b>				<b>5989</b>				<b>28962</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>	35			1.55	0.00	7.85	0.00	54
Muro frontale	q <sub>s</sub>	323			2.28	0.00	4.10	0.00	738
Plinto	q <sub>s</sub>	832			0.00	0.00	1.00	0.00	0
Muri andatori	q <sub>s</sub>	359			-2.55	0.00	5.75	0.00	-914
Rinterro	q <sub>s</sub>	873			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Ricop. Plinto	q <sub>s</sub>	116			2.55	0.00	2.50	0.00	297
<b>Totale generale</b>		<b>2538</b>						<b>0.00</b>	<b>174</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	Tx	Ty	Mx	My
A2 - SLU - N max gr.1	301	1121	0	0	1608
A2 - SLU - MT max gr.1	301	1121	0	0	1608
A2 - SLU - ML max gr.1	301	1121	0	0	1608
A2 - SLU - N max gr.3	301	1121	0	0	1608
A2 - SLU - MT max gr.3	301	1121	0	0	1608
A2 - SLU - ML max gr.3	301	1121	0	0	1608
A2 - SLU - Vento ponte scarico	301	441	0	0	485
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	301	681	0	0	1123
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	301	0	0	0	0
A1 - SLU - N max gr.1	407	1298	0	0	1862
A1 - SLU - MT max gr.1	407	1298	0	0	1862
A1 - SLU - ML max gr.1	407	1298	0	0	1862
A1 - SLU - N max gr.3	407	1298	0	0	1862
A1 - SLU - MT max gr.3	407	1298	0	0	1862
A1 - SLU - ML max gr.3	407	1298	0	0	1862
A1 - SLU - Vento ponte scarico	407	508	0	0	559
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	301	789	0	0	1303
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	301	0	0	0	0
SLE rara - N max gr.1	301	883	0	0	1271
SLE rara - MT max gr.1	301	883	0	0	1271
SLE rara - ML max gr.1	301	883	0	0	1271
SLE rara - N max gr.3	301	883	0	0	1271
SLE rara - MT max gr.3	301	883	0	0	1271
SLE rara - ML max gr.3	301	883	0	0	1271
SLE rara - Vento ponte scarico	301	883	0	0	1271
SLE freq. - N max gr.1	301	883	0	0	1271
SLE freq. - MT max gr.1	301	883	0	0	1271
SLE freq. - ML max gr.1	301	883	0	0	1271
SLE freq. - N max gr.3	301	883	0	0	1271
SLE freq. - MT max gr.3	301	883	0	0	1271
SLE freq. - ML max gr.3	301	883	0	0	1271
SLE freq. - Vento ponte scarico	301	339	0	0	373
SLE quasi permanente	301	339	0	0	373
SLV - N max	336	591	21	34	826
SLV - MT max gr.1	312	591	70	115	826
SLV - ML max gr.1	312	1305	21	34	1934
SLV - MT max gr.3	291	591	70	115	826
SLV - ML max gr.3	291	1305	21	34	1934
SLV - N min	266	591	21	34	826

**Tabella 3 – Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia**



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
VI12 (ex VI04) - Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	43 di 70

#### 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	Tx	Ty	Mx	My
A2 - SLU - N max gr.1	12230	5546	656	5276	26824
A2 - SLU - MT max gr.1	12230	5546	656	5276	26824
A2 - SLU - ML max gr.1	12230	5546	656	5276	26824
A2 - SLU - N max gr.3	12230	6269	625	5038	32315
A2 - SLU - MT max gr.3	12230	6269	625	5038	32315
A2 - SLU - ML max gr.3	12230	6269	625	5038	32315
A2 - SLU - Vento ponte scarico	8842	3175	457	3020	12457
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	9110	2521	656	5276	16860
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	9110	2521	656	5276	16860
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	9110	2521	656	5276	16860
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	9110	3244	625	5038	22351
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	9110	3244	625	5038	22351
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	9110	3244	625	5038	22351
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	5722	151	457	3020	2493
A1 - SLU - N max gr.1	15254	6443	787	6231	31529
A1 - SLU - MT max gr.1	15254	6443	787	6231	31529
A1 - SLU - ML max gr.1	15254	6443	787	6231	31529
A1 - SLU - N max gr.3	15254	7283	751	5956	37907
A1 - SLU - MT max gr.3	15254	7283	751	5956	37907
A1 - SLU - ML max gr.3	15254	7283	751	5956	37907
A1 - SLU - Vento ponte scarico	11325	3693	557	3620	14863
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	9652	2953	787	6231	19402
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	9652	2953	787	6231	19402
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	9652	2953	787	6231	19402
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	9652	3793	751	5956	25780
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	9652	3793	751	5956	25780
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	9652	3793	751	5956	25780
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	5722	151	504	3377	2493
SLE rara - N max gr.1	10832	4374	544	4258	21652
SLE rara - MT max gr.1	10832	4374	544	4258	21652
SLE rara - ML max gr.1	10832	4374	544	4258	21652
SLE rara - N max gr.3	10832	4952	519	4068	26044
SLE rara - MT max gr.3	10832	4952	519	4068	26044
SLE rara - ML max gr.3	10832	4952	519	4068	26044
SLE rara - Vento ponte scarico	8122	3715	386	2483	14798
SLE freq. - N max gr.1	10290	4242	256	1529	20281
SLE freq. - MT max gr.1	10290	4242	256	1529	20281
SLE freq. - ML max gr.1	10290	4242	256	1529	20281
SLE freq. - N max gr.3	10290	4704	236	1377	23795
SLE freq. - MT max gr.3	10290	4704	236	1377	23795
SLE freq. - ML max gr.3	10290	4704	236	1377	23795
SLE freq. - Vento ponte scarico	8122	2477	268	1588	10158
SLE quasi permanente	8122	2477	151	693	10158
SLV - N max	9665	3751	702	3829	19674
SLV - MT max gr.1	8964	3751	2103	11445	19346
SLV - ML max gr.1	8964	7934	702	3824	39586
SLV - MT max gr.3	8364	3751	2103	11441	19064
SLV - ML max gr.3	8364	7934	702	3820	39304
SLV - N min	7663	3751	702	3815	18735

**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.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
VI12 (ex VI04) - Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	45 di 70

#### 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	Tx	Ty	Mx	My
A2 - SLU - N max gr.1	37004	7787	656	6588	29834
A2 - SLU - MT max gr.1	37004	7787	656	6588	29834
A2 - SLU - ML max gr.1	37004	7787	656	6588	29834
A2 - SLU - N max gr.3	37004	8509	625	6288	36770
A2 - SLU - MT max gr.3	37004	8509	625	6288	36770
A2 - SLU - ML max gr.3	37004	8509	625	6288	36770
A2 - SLU - Vento ponte scarico	30279	5004	457	3933	11098
A2 - SLU Gmin - N max gr.1	22752	2934	656	6588	26655
A2 - SLU Gmin - MT max gr.1	22752	2934	656	6588	26655
A2 - SLU Gmin - ML max gr.1	22752	2934	656	6588	26655
A2 - SLU Gmin - N max gr.3	22752	3656	625	6288	33591
A2 - SLU Gmin - MT max gr.3	22752	3656	625	6288	33591
A2 - SLU Gmin - ML max gr.3	22752	3656	625	6288	33591
A2 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	16027	151	457	3933	7920
A1 - SLU - N max gr.1	45882	9031	787	7806	36092
A1 - SLU - MT max gr.1	45882	9031	787	7806	36092
A1 - SLU - ML max gr.1	45882	9031	787	7806	36092
A1 - SLU - N max gr.3	45882	9871	751	7458	44149
A1 - SLU - MT max gr.3	45882	9871	751	7458	44149
A1 - SLU - ML max gr.3	45882	9871	751	7458	44149
A1 - SLU - Vento ponte scarico	38082	5803	557	4733	14359
A1 - SLU Gmin - N max gr.1	23827	3432	787	7806	30001
A1 - SLU Gmin - MT max gr.1	23827	3432	787	7806	30001
A1 - SLU Gmin - ML max gr.1	23827	3432	787	7806	30001
A1 - SLU Gmin - N max gr.3	23827	4271	751	7458	38058
A1 - SLU Gmin - MT max gr.3	23827	4271	751	7458	38058
A1 - SLU Gmin - ML max gr.3	23827	4271	751	7458	38058
A1 - SLU Gmin - Vento ponte scarico	16027	151	504	4385	7920
SLE rara - N max gr.1	32370	6110	544	5347	25353
SLE rara - MT max gr.1	32370	6110	544	5347	25353
SLE rara - ML max gr.1	32370	6110	544	5347	25353
SLE rara - N max gr.3	32370	6688	519	5107	30902
SLE rara - MT max gr.3	32370	6688	519	5107	30902
SLE rara - ML max gr.3	32370	6688	519	5107	30902
SLE rara - Vento ponte scarico	29660	5451	386	3255	11002
SLE freq. - N max gr.1	31828	5978	256	2041	22483
SLE freq. - MT max gr.1	31828	5978	256	2041	22483
SLE freq. - ML max gr.1	31828	5978	256	2041	22483
SLE freq. - N max gr.3	31828	6441	236	1849	26922
SLE freq. - MT max gr.3	31828	6441	236	1849	26922
SLE freq. - ML max gr.3	31828	6441	236	1849	26922
SLE freq. - Vento ponte scarico	26990	3884	268	2124	10365
SLE quasi permanente	26990	3884	151	994	10365
SLV - N max	31246	5572	2045	10690	25417
SLV - MT max gr.1	29020	5572	6579	33844	23924
SLV - ML max gr.1	29020	11821	2045	10686	56964
SLV - MT max gr.3	27112	5572	6579	33840	22644
SLV - ML max gr.3	27112	11821	2045	10682	55684
SLV - N min	24886	5572	2045	10677	21151

**Tabella 5 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione**

#### 4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti scarico 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
AI - SLU - N max gr.1	45882	9031	787	7806	36092	6724	3472	1007
AI - SLU - MT max gr.1	45882	9031	787	7806	36092	6724	3472	1007
AI - SLU - ML max gr.1	45882	9031	787	7806	36092	6724	3472	1007
AI - SLU - N max gr.3	45882	9871	751	7458	44149	7009	3187	1100
AI - SLU - MT max gr.3	45882	9871	751	7458	44149	7009	3187	1100
AI - SLU - ML max gr.3	45882	9871	751	7458	44149	7009	3187	1100
AI - SLU - Vento ponte scarico	38082	5803	557	4733	14359	4938	3524	648
AI - SLU Gmin - N max gr.1	23827	3432	787	7806	30001	4048	1247	391
AI - SLU Gmin - MT max gr.1	23827	3432	787	7806	30001	4048	1247	391
AI - SLU Gmin - ML max gr.1	23827	3432	787	7806	30001	4048	1247	391
AI - SLU Gmin - N max gr.3	23827	4271	751	7458	38058	4333	962	482
AI - SLU Gmin - MT max gr.3	23827	4271	751	7458	38058	4333	962	482
AI - SLU Gmin - ML max gr.3	23827	4271	751	7458	38058	4333	962	482
AI - SLU Gmin - Vento ponte scarico	16027	151	504	4385	7920	2237	1325	58

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 - N max	31246	5572	2045	10690	25417	4809	2134	659
SLV - MT max gr.1	29020	5572	6579	33844	23924	5364	1085	958
SLV - ML max gr.1	29020	11821	2045	10686	56964	5730	719	1333
SLV - MT max gr.3	27112	5572	6579	33840	22644	5104	920	958
SLV - ML max gr.3	27112	11821	2045	10682	55684	5470	554	1333
SLV - N min	24886	5572	2045	10677	21151	3944	1586	659

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	32370	6110	544	5347	25353	4734	2460	682
SLE rara - MT max gr.1	32370	6110	544	5347	25353	4734	2460	682
SLE rara - ML max gr.1	32370	6110	544	5347	25353	4734	2460	682
SLE rara - N max gr.3	32370	6688	519	5107	30902	4930	2263	745
SLE rara - MT max gr.3	32370	6688	519	5107	30902	4930	2263	745
SLE rara - ML max gr.3	32370	6688	519	5107	30902	4930	2263	745
SLE rara - Vento ponte scarico	29660	5451	386	3255	11002	3824	2768	607

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)

#### CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL PARAGHIAIA

			Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	301	1121	0	0	1608
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	301	1121	0	0	1608
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	301	1121	0	0	1608
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	301	1121	0	0	1608
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	301	1121	0	0	1608
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	407	1298	0	0	1862
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	407	1298	0	0	1862
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	407	1298	0	0	1862
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	407	1298	0	0	1862
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	407	1298	0	0	1862
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	301	883	0	0	1271
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	301	883	0	0	1271
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	301	883	0	0	1271
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	301	883	0	0	1271
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	301	883	0	0	1271
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	301	883	0	0	1271
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	301	883	0	0	1271
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	301	883	0	0	1271
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	301	883	0	0	1271
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq. - N max gr.1	301	883	0	0	1271
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	301	339	0	0	373
SLV	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	336	591	21	34	826
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	312	1305	21	34	1934
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	312	591	70	115	826
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	312	591	70	115	826
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	312	1305	21	34	1934



**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE**

		Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	12230	5546	656	5276	26824
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	12230	6269	625	5038	32315
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	12230	5546	656	5276	26824
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	12230	5546	656	5276	26824
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	12230	6269	625	5038	32315
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	15254	6443	787	6231	31529
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	15254	7283	751	5956	37907
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	15254	6443	787	6231	31529
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	15254	6443	787	6231	31529
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	15254	7283	751	5956	37907
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	10832	4374	544	4258	21652
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	10832	4952	519	4068	26044
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	10832	4374	544	4258	21652
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	10832	4374	544	4258	21652
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	10832	4952	519	4068	26044
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	10290	4242	256	1529	20281
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	10290	4704	236	1377	23795
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- Vento ponte scarico	8122	2477	268	1588	10158
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- Vento ponte scarico	8122	2477	268	1588	10158
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	10290	4704	236	1377	23795
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	8122	2477	151	693	10158
SLV	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	9665	3751	702	3829	19674
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	8964	7934	702	3824	39586
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	8964	3751	2103	11445	19346
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	8964	3751	2103	11445	19346
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	8964	7934	702	3824	39586

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	50 di 70

**CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE  
INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE**

		Nz,A [kN]	Tx,A [kN]	Ty,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	
SLU GEO	Nz,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	37004	7787	656	6588	29834
	Tx,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	37004	8509	625	6288	36770
	Ty,A <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	37004	7787	656	6588	29834
	Mxx <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.1	37004	7787	656	6588	29834
	Myy <sub>max</sub>	A2 - SLU - N max gr.3	37004	8509	625	6288	36770
SLU STR	Nz,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	45882	9031	787	7806	36092
	Tx,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	45882	9871	751	7458	44149
	Ty,A <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	45882	9031	787	7806	36092
	Mxx <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.1	45882	9031	787	7806	36092
	Myy <sub>max</sub>	A1 - SLU - N max gr.3	45882	9871	751	7458	44149
SLE RARA	Nz,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	32370	6110	544	5347	25353
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	32370	6688	519	5107	30902
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	32370	6110	544	5347	25353
	Mxx <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.1	32370	6110	544	5347	25353
	Myy <sub>max</sub>	SLE rara - N max gr.3	32370	6688	519	5107	30902
SLE FREQUENTE	Nz,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.1	31828	5978	256	2041	22483
	Tx,A <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	31828	6441	236	1849	26922
	Ty,A <sub>max</sub>	SLE freq.- Vento ponte scarico	26990	3884	268	2124	10365
	Mxx <sub>max</sub>	SLE freq.- Vento ponte scarico	26990	3884	268	2124	10365
	Myy <sub>max</sub>	SLE freq.- N max gr.3	31828	6441	236	1849	26922
SLE Q.P.		SLE quasi permanente	26990	3884	151	994	10365
SLV	Nz,A <sub>max</sub>	SLV - N max	31246	5572	2045	10690	25417
	Tx,A <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	29020	11821	2045	10686	56964
	Ty,A <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	29020	5572	6579	33844	23924
	Mxx <sub>max</sub>	SLV - MT max gr.1	29020	5572	6579	33844	23924
	Myy <sub>max</sub>	SLV - ML max gr.1	29020	11821	2045	10686	56964

#### 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 50x730 cm

Armatura verticale

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

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

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 14/20$

$A'_s = \phi 12/20$

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	52 di 70

Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-25.0	0.0
2	-25.0	730.0
3	25.0	730.0
4	25.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-16.0	9.0	20
2	-16.0	721.0	20
3	16.0	721.0	20
4	16.0	9.0	20

**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	70	20
2	4	3	35	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	407.00	0.00	1862.00	0.00	1298.00
2	407.00	0.00	1862.00	0.00	1298.00
3	407.00	0.00	1862.00	0.00	1298.00
4	407.00	0.00	1862.00	0.00	1298.00
5	407.00	0.00	1862.00	0.00	1298.00
6	336.00	34.00	826.00	21.00	591.00
7	312.00	34.00	1934.00	21.00	1305.00
8	312.00	115.00	826.00	70.00	591.00
9	312.00	115.00	826.00	70.00	591.00
10	312.00	34.00	1934.00	21.00	1305.00

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	53 di 70

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	301.00	0.00	1271.00
2	301.00	0.00	1271.00
3	301.00	0.00	1271.00
4	301.00	0.00	1271.00
5	301.00	0.00	1271.00

**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	301.00	0.00 (0.00)	1271.00 (1144.03)
2	301.00	0.00 (0.00)	1271.00 (1144.03)
3	301.00	0.00 (0.00)	1271.00 (1144.03)
4	301.00	0.00 (0.00)	1271.00 (1144.03)
5	301.00	0.00 (0.00)	1271.00 (1144.03)

**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	301.00	0.00 (0.00)	373.00 (1199.42)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	54 di 70

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	407.00	0.00	1862.00	407.02	0.01	3414.84	1.83	226.2(65.4)
2	S	407.00	0.00	1862.00	407.02	0.01	3414.84	1.83	226.2(65.4)
3	S	407.00	0.00	1862.00	407.02	0.01	3414.84	1.83	226.2(65.4)
4	S	407.00	0.00	1862.00	407.02	0.01	3414.84	1.83	226.2(65.4)
5	S	407.00	0.00	1862.00	407.02	0.01	3414.84	1.83	226.2(65.4)
6	S	336.00	34.00	826.00	336.12	127.15	3415.15	4.12	226.2(65.4)
7	S	312.00	34.00	1934.00	312.27	62.43	3406.45	1.76	226.2(65.4)
8	S	312.00	115.00	826.00	312.08	487.92	3404.74	4.11	226.2(65.4)
9	S	312.00	115.00	826.00	312.08	487.92	3404.74	4.11	226.2(65.4)
10	S	312.00	34.00	1934.00	312.27	62.43	3406.45	1.76	226.2(65.4)

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

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.209	25.0	730.0	-0.00018	16.0	721.0	-0.01324	-16.0	9.0
2	0.00350	0.209	25.0	730.0	-0.00018	16.0	721.0	-0.01324	-16.0	9.0
3	0.00350	0.209	25.0	730.0	-0.00018	16.0	721.0	-0.01324	-16.0	9.0
4	0.00350	0.209	25.0	730.0	-0.00018	16.0	721.0	-0.01324	-16.0	9.0
5	0.00350	0.209	25.0	730.0	-0.00018	16.0	721.0	-0.01324	-16.0	9.0
6	0.00350	0.208	25.0	730.0	-0.00017	16.0	721.0	-0.01333	-16.0	9.0
7	0.00350	0.208	25.0	730.0	-0.00019	16.0	721.0	-0.01336	-16.0	9.0
8	0.00350	0.209	25.0	730.0	-0.00015	16.0	721.0	-0.01323	-16.0	9.0
9	0.00350	0.209	25.0	730.0	-0.00015	16.0	721.0	-0.01323	-16.0	9.0
10	0.00350	0.208	25.0	730.0	-0.00019	16.0	721.0	-0.01336	-16.0	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	0.000408358	0.000000000	-0.006708962	0.209	0.701
2	0.000408358	0.000000000	-0.006708962	0.209	0.701
3	0.000408358	0.000000000	-0.006708962	0.209	0.701
4	0.000408358	0.000000000	-0.006708962	0.209	0.701
5	0.000408358	0.000000000	-0.006708962	0.209	0.701
6	0.000407975	0.000000142	-0.006802928	0.208	0.700
7	0.000409647	0.000000087	-0.006804394	0.208	0.700

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	55 di 70

8	0.000405080	0.000000169	-0.006750694	0.209	0.701
9	0.000405080	0.000000169	-0.006750694	0.209	0.701
10	0.000409647	0.000000087	-0.006804394	0.208	0.700

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

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	1298.00	2018.35	41.0	730.0	0.0101	0.11
2	S	1298.00	2018.35	41.0	730.0	0.0101	0.11
3	S	1298.00	2018.35	41.0	730.0	0.0101	0.11
4	S	1298.00	2018.35	41.0	730.0	0.0101	0.11
5	S	1298.00	2018.35	41.0	730.0	0.0101	0.11
6	S	591.01	2009.65	41.0	730.0	0.0101	0.09
7	S	1305.00	2006.68	41.0	730.0	0.0101	0.09
8	S	591.03	2006.70	41.0	730.0	0.0101	0.09
9	S	591.03	2006.70	41.0	730.0	0.0101	0.09
10	S	1305.00	2006.68	41.0	730.0	0.0101	0.09

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.07	25.0	730.0	-150.7	-16.0	711.0	8395	226.2
2	S	6.07	25.0	730.0	-150.7	-16.0	711.0	8395	226.2
3	S	6.07	25.0	730.0	-150.7	-16.0	711.0	8395	226.2
4	S	6.07	25.0	730.0	-150.7	-16.0	711.0	8395	226.2
5	S	6.07	25.0	730.0	-150.7	-16.0	711.0	8395	226.2

**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 $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	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]
	Massima distanza tra le fessure [mm]

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	56 di 70

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max^*(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00102	0	0.500	20.0	80	0.00045 (0.00045)	398	0.180 (0.20)	0.00	1144.03
2	S	-0.00102	0	0.500	20.0	80	0.00045 (0.00045)	398	0.180 (0.20)	0.00	1144.03
3	S	-0.00102	0	0.500	20.0	80	0.00045 (0.00045)	398	0.180 (0.20)	0.00	1144.03
4	S	-0.00102	0	0.500	20.0	80	0.00045 (0.00045)	398	0.180 (0.20)	0.00	1144.03
5	S	-0.00102	0	0.500	20.0	80	0.00045 (0.00045)	398	0.180 (0.20)	0.00	1144.03

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.07	25.0	730.0	-150.7	-16.0	711.0	8395	226.2
2	S	6.07	25.0	730.0	-150.7	-16.0	711.0	8395	226.2
3	S	6.07	25.0	730.0	-150.7	-16.0	711.0	8395	226.2
4	S	6.07	25.0	730.0	-150.7	-16.0	711.0	8395	226.2
5	S	6.07	25.0	730.0	-150.7	-16.0	711.0	8395	226.2

**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	-0.00102	0	0.500	20.0	80	0.00045 (0.00045)	398	0.180 (0.20)	0.00	1144.03
2	S	-0.00102	0	0.500	20.0	80	0.00045 (0.00045)	398	0.180 (0.20)	0.00	1144.03
3	S	-0.00102	0	0.500	20.0	80	0.00045 (0.00045)	398	0.180 (0.20)	0.00	1144.03
4	S	-0.00102	0	0.500	20.0	80	0.00045 (0.00045)	398	0.180 (0.20)	0.00	1144.03
5	S	-0.00102	0	0.500	20.0	80	0.00045 (0.00045)	398	0.180 (0.20)	0.00	1144.03

**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	1.81	25.0	730.0	-39.6	-16.0	29.1	8030	226.2

**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	-0.00027	0	0.500	20.0	80	0.00012 (0.00012)	393	0.047 (0.20)	0.00	1199.42



#### 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 275x730 cm

Armatura verticale

$$A_s = \phi 26/10 + \phi 26/20 \text{ (lato controterra)}$$

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

Armatura orizzontale

$$A_s = \phi 20/20 + \phi 20/20 \text{ (lato controterra)}$$

$$A'_s = \phi 20/20 \text{ (lato esterno)}$$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.400	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	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

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	58 di 70

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	730.0
3	275.0	730.0
4	275.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	9.0	9.0	26
2	9.0	721.0	26
3	266.0	721.0	26
4	266.0	9.0	26
5	15.0	721.0	26
6	15.0	9.0	26

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	70	26
2	3	4	70	26
3	5	6	35	26

**ARMATURE A TAGLIO**

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

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

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	15254.00	6231.00	31529.00	787.00	6443.00
2	15254.00	5956.00	37907.00	751.00	7283.00
3	15254.00	6231.00	31529.00	787.00	6443.00
4	15254.00	6231.00	31529.00	787.00	6443.00
5	15254.00	5956.00	37907.00	751.00	7283.00
6	9665.00	3829.00	19674.00	702.00	3751.00
7	8964.00	3824.00	39586.00	702.00	7934.00

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	59 di 70

8	8964.00	11445.00	19346.00	2103.00	3751.00
9	8964.00	11445.00	19346.00	2103.00	3751.00
10	8964.00	3824.00	39586.00	702.00	7934.00

**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	10832.00	4258.00	21652.00
2	10832.00	4068.00	26044.00
3	10832.00	4258.00	21652.00
4	10832.00	4258.00	21652.00
5	10832.00	4068.00	26044.00

**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	10290.00	1529.00 (3303.99)	20281.00 (43824.87)
2	10290.00	1377.00 (2442.93)	23795.00 (42214.54)
3	8122.00	1588.00 (7984.47)	10158.00 (51074.46)
4	8122.00	1588.00 (7984.47)	10158.00 (51074.46)
5	10290.00	1377.00 (2442.93)	23795.00 (42214.54)

**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	8122.00	693.00 (3689.21)	10158.00 (54076.42)

**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**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	60 di 70

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	15254.00	6231.00	31529.00	15254.12	15475.47	77075.16	2.43961.0(602.3)	
2	S	15254.00	5956.00	37907.00	15254.05	11991.35	77174.47	2.03961.0(602.3)	
3	S	15254.00	6231.00	31529.00	15254.12	15475.47	77075.16	2.43961.0(602.3)	
4	S	15254.00	6231.00	31529.00	15254.12	15475.47	77075.16	2.43961.0(602.3)	
5	S	15254.00	5956.00	37907.00	15254.05	11991.35	77174.47	2.03961.0(602.3)	
6	S	9665.00	3829.00	19674.00	9664.97	13889.55	70322.67	3.55961.0(602.3)	
7	S	8964.00	3824.00	39586.00	8963.89	6683.43	69562.65	1.75961.0(602.3)	
8	S	8964.00	11445.00	19346.00	8963.97	40679.23	68513.23	3.53961.0(602.3)	
9	S	8964.00	11445.00	19346.00	8963.97	40679.23	68513.23	3.53961.0(602.3)	
10	S	8964.00	3824.00	39586.00	8963.89	6683.43	69562.65	1.75961.0(602.3)	

**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	275.0	730.0	0.00245	266.0	721.0	-0.02831	9.0	9.0
2	0.00350	275.0	730.0	0.00237	266.0	721.0	-0.03053	9.0	9.0
3	0.00350	275.0	730.0	0.00245	266.0	721.0	-0.02831	9.0	9.0
4	0.00350	275.0	730.0	0.00245	266.0	721.0	-0.02831	9.0	9.0
5	0.00350	275.0	730.0	0.00237	266.0	721.0	-0.03053	9.0	9.0
6	0.00350	275.0	730.0	0.00221	266.0	721.0	-0.03547	9.0	9.0
7	0.00350	275.0	730.0	0.00193	266.0	721.0	-0.04347	9.0	9.0
8	0.00350	275.0	730.0	0.00273	266.0	721.0	-0.02114	9.0	9.0
9	0.00350	275.0	730.0	0.00273	266.0	721.0	-0.02114	9.0	9.0
10	0.00350	275.0	730.0	0.00193	266.0	721.0	-0.04347	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	0.000114147	0.000002005	-0.029353864	----	----

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	61 di 70

2	0.000123480	0.000001647	-0.031659025	----	----
3	0.000114147	0.000002005	-0.029353864	----	----
4	0.000114147	0.000002005	-0.029353864	----	----
5	0.000123480	0.000001647	-0.031659025	----	----
6	0.000141372	0.000001900	-0.036764079	----	----
7	0.000173950	0.000000977	-0.045049140	----	----
8	0.000081351	0.000004156	-0.021905447	----	----
9	0.000081351	0.000004156	-0.021905447	----	----
10	0.000173950	0.000000977	-0.045049140	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

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

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	6455.83	62941.49	8122.94265.7	256.1	728.9	2.500	1.040	25.8	32.4(0.0)
2	S	7292.37	63059.90	8134.53265.8	256.4	729.2	2.500	1.040	29.1	32.4(0.0)
3	S	6455.83	62941.49	8122.94265.7	256.1	728.9	2.500	1.040	25.8	32.4(0.0)
4	S	6455.83	62941.49	8122.94265.7	256.1	728.9	2.500	1.040	25.8	32.4(0.0)
5	S	7292.37	63059.90	8134.53265.8	256.4	729.2	2.500	1.040	29.1	32.4(0.0)
6	S	3760.09	62514.96	8180.32266.9	257.9	729.3	2.500	1.026	14.9	32.4(0.0)
7	S	7937.82	62665.74	8206.55267.7	258.7	730.0	2.500	1.024	31.4	32.4(0.0)
8	S	3853.41	61602.26	8112.65265.4	255.7	725.9	2.500	1.024	15.4	32.4(0.0)
9	S	3853.41	61602.26	8112.65265.4	255.7	725.9	2.500	1.024	15.4	32.4(0.0)
10	S	7937.82	62665.74	8206.55267.7	258.7	730.0	2.500	1.024	31.4	32.4(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.84	275.0	730.0	-83.4	9.0	9.0	23531	578.7
2	S	4.54	275.0	730.0	-113.0	9.0	9.0	23527	578.7

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	62 di 70

3	S	3.84	275.0	730.0	-83.4	9.0	9.0	23531	578.7
4	S	3.84	275.0	730.0	-83.4	9.0	9.0	23531	578.7
5	S	4.54	275.0	730.0	-113.0	9.0	9.0	23527	578.7

**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  $f_{ctm}$

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  $A_{c\ eff}$  [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 =  $0.6 \cdot S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00044	0	0.500	26.0	77	0.00025 (0.00025)	442	0.110 (0.20)	8054.10	40955.21
2	S	-0.00059	0	0.500	26.0	77	0.00034 (0.00034)	441	0.150 (0.20)	6212.79	39775.27
3	S	-0.00044	0	0.500	26.0	77	0.00025 (0.00025)	442	0.110 (0.20)	8054.10	40955.21
4	S	-0.00044	0	0.500	26.0	77	0.00025 (0.00025)	442	0.110 (0.20)	8054.10	40955.21
5	S	-0.00059	0	0.500	26.0	77	0.00034 (0.00034)	441	0.150 (0.20)	6212.79	39775.27

**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	3.37	275.0	730.0	-73.8	9.0	9.0	23269	578.7
2	S	3.92	275.0	730.0	-97.2	9.0	9.0	23037	578.7
3	S	1.72	275.0	730.0	-22.3	9.0	9.0	23115	578.7
4	S	1.72	275.0	730.0	-22.3	9.0	9.0	23115	578.7
5	S	3.92	275.0	730.0	-97.2	9.0	9.0	23037	578.7

**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	-0.00039	0	0.500	26.0	77	0.00022 (0.00022)	440	0.097 (0.20)	3303.99	43824.87
2	S	-0.00051	0	0.500	26.0	77	0.00029 (0.00029)	438	0.128 (0.20)	2442.93	42214.54
3	S	-0.00012	0	0.500	26.0	77	0.00007 (0.00007)	438	0.029 (0.20)	7984.47	51074.46
4	S	-0.00012	0	0.500	26.0	77	0.00007 (0.00007)	438	0.029 (0.20)	7984.47	51074.46
5	S	-0.00051	0	0.500	26.0	77	0.00029 (0.00029)	438	0.128 (0.20)	2442.93	42214.54

**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	1.66	275.0	730.0	-21.3	9.0	9.0	23233	578.7

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO  
 NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 VI12 (ex VI04) - Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	63 di 70

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00011	0	0.500	26.0	77	0.00006 (0.00006)	439	0.028 (0.20)	3689.21 54076.42

l'armatura minima posta in opera non rispetta i minimi previsti dalla norma per gli elementi "trave" di media duttilità

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  $9\phi 10/mq$  per metro di sezione.

#### 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 :

$$N_{\max} = 7009 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{\max} = 1100 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$N_{\max} = 5730 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 1333 \text{ kN (CC. SLV)}$$

##### 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  $45^\circ$  a partire dal piano medio del palo (vedi figura seguente), mentre l'altezza della biella compressa è stata valutata pari a  $0.2 d_p$  (con  $d_p$  altezza utile della sezione del plinto).

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

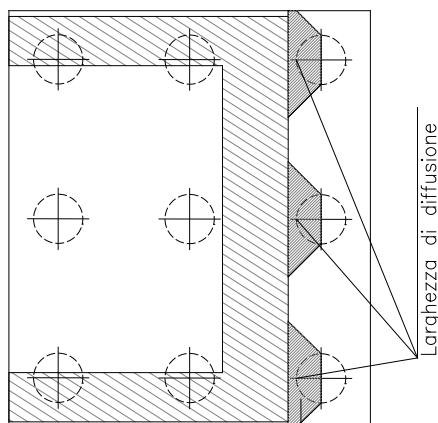
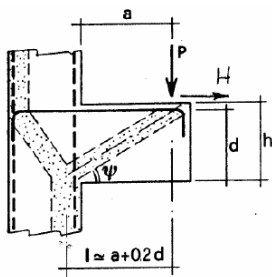


Figura 3 – Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

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° 617/09.

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



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

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

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

**$P_{R_c}$  : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa**

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

**CONDIZIONI DI VERIFICA**

- 1  $P_r \geq P_{Ed}$
- 2  $P_{R_c} \geq P_{R_s}$



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	65 di 70

**Dati di progetto**

$b(m) =$	<b>2.85</b>	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	<b>7009.00</b>	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	<b>1100.00</b>	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	<b>1.60</b>	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	<b>2.00</b>	m	spessore mensola
$\bar{\delta}(m) =$	<b>0.10</b>	m	coprifero riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	<b>1.90</b>	m	altezza utile
$l(m) =$	<b>1.98</b>	m	$a+0,2d$
$\lambda =$	<b>1.16</b>		$\lambda = ctg\psi \leq l/(0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$  **1.00**

**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>24.0</b>	$p1(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 1^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 1 =$	28.5	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	12893.09	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	<b>12893.09</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R2</b>						
$n^{\circ} R2 =$	<b>1</b>	$\phi 2(mm) =$	<b>24.0</b>	$p2(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 2^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb\ tot\ 2 =$	28.5	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	12893.09	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	<b>12893.09</b>
<b>Registro tipo</b>	<b>R3</b>						
$n^{\circ} R3 =$	<b>0</b>	$\phi 3(mm) =$	<b>26.0</b>	$p3(cm) =$	<b>10.0</b>	$\theta 3^{\circ} =$	<b>0.0</b>
$A_{\phi i} (mm^2) =$	530.93	$nb\ tot\ 3 =$	0.0	$A_{\phi\ TOT} (mm^2) =$	0.00	$A_{\phi\ CAL}(mm^2) =$	<b>0.00</b>

**Verifiche di resistenza**

$\Psi =$   rad =  °

$P_{RS} =$   KN

$P_{RC} =$   KN

#### 4.9.4 Palo di fondazione $L=20.0m$

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

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

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.34 \text{ (vedi relazione geotecnica)}$$

$$N_{\max} = 7009 \text{ kN} \quad T = 1100 \text{ kN} \quad M = 1100 * 3.34 = 3674 \text{ kNm}$$

$$N_{\min} = 554 \text{ kN} \quad T = 1333 \text{ kN} \quad M = 1333 * 3.34 = 4452 \text{ kNm}$$

$$N = 554 \text{ kN} \quad T = 1333 \text{ kN} \quad M_{\max} = 1333 * 3.34 = 4452 \text{ kNm}$$

*Caratteristiche della sezione:*

*Sezione circolare  $\varnothing 150 \text{ cm}$*

$$A_s = 36 + 36 \phi 26 \quad \text{staffe } \phi 14/15$$

La lunghezza del palo è pari a  $L = 20.00m$

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**  
**VI12 (ex VI04) - Singolo Binario**

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	67 di 70

Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C25/30

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 circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza 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	65.0	36	26
2	0.0	0.0	59.0	36	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 14 mm  
 Passo staffe: 15.0 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	7009.00	3674.00	0.00	1100.00	0.00
2	962.00	3674.00	0.00	1100.00	0.00
3	5730.00	4452.00	0.00	1333.00	0.00
4	554.00	4452.00	0.00	1333.00	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	4930.00	2490.00	0.00
2	2263.00	2490.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	68 di 70

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	4602.00	2392.00 (2020.02)	0.00 (0.00)
2	2471.00	2392.00 (1553.45)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	3.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.3 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	7009.00	3674.00	0.00	7009.24	8936.03	0.00	2.43	382.3(53.0)
2	S	962.00	3674.00	0.00	962.24	7774.53	0.00	2.12	382.3(53.0)
3	S	5730.00	4452.00	0.00	5730.13	8778.14	0.00	1.97	382.3(53.0)
4	S	554.00	4452.00	0.00	553.91	7660.95	0.00	1.72	382.3(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	0.00298	0.0	65.0	-0.00377	0.0	-65.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00279	0.0	65.0	-0.00650	0.0	-65.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00295	0.0	65.0	-0.00421	0.0	-65.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00277	0.0	65.0	-0.00676	0.0	-65.0

**RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	69 di 70

**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	0.000051896	-0.000392173	----	----
2	0.000000000	0.000071451	-0.001858861	----	----
3	0.000000000	0.000055074	-0.000630530	----	----
4	0.000000000	0.000073268	-0.001995065	----	----

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:                    14 mm  
Passo staffe:                    15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

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

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d   z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1100.00	3995.61	3656.99117.3	95.5	137.1	2.500	1.250	11.8	39.2(0.0)
2	S	1100.00	3525.30	3971.97119.1	103.7	134.1	2.500	1.038	10.8	39.2(0.0)
3	S	1333.00	3993.47	3715.41117.5	97.0	137.2	2.500	1.229	14.0	39.2(0.0)
4	S	1333.00	3486.92	3989.76119.1	104.2	134.2	2.500	1.022	13.1	39.2(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.15	0.0	0.0	-62.7	0.0	-65.0	1300	53.1
2	S	7.89	0.0	0.0	-121.3	0.0	-65.0	2164	84.9

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 09 CL	VI 12 04 001	A	70 di 70

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00038	0	0.500	26.0	87	0.00019 (0.00019)	404	0.076 (0.20)	2058.90	0.00
2	S	-0.00069	0	0.500	26.0	87	0.00036 (0.00036)	408	0.149 (0.20)	1504.99	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	7.81	0.0	0.0	-62.7	0.0	-65.0	1350	63.7
2	S	7.61	0.0	0.0	-109.0	0.0	-65.0	2049	84.9

**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	-0.00038	0	0.500	26.0	87	0.00019 (0.00019)	389	0.073 (0.20)	2020.02	0.00
2	S	-0.00062	0	0.500	26.0	87	0.00033 (0.00033)	402	0.132 (0.20)	1553.45	0.00