

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA CALTANISSETTA XIRBI - NUOVA ENNA (LOTTO 4A)

VIABILITA' - VIADOTTI

NW02 – VIADOTTO STRADALE SU NV97

Relazione di calcolo spalla

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 09 CL NW0200 003 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Gen-2020	A.Ferr 	Gen-2020	A.Barreca 	Gen-2020	ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Paolo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A 20783
B	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Feb-2020	A.Ferr 	Feb-2020	A.Barreca 	Feb-2020	
C	Emissione Esecutiva	ATI Sintagma Rocksoll - Edin	Mag-2020	A.Ferr 	Mag-2020	A.Barreca 	Mag-2020	

File: RS3U.4.0.D.09.CL.NW.02.0.0.003.C

n. Elab.: 09_245

INDICE

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

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

1 PREMESSA

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

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto NW02 sulla viabilità NV97. In particolare si tratterà la spalla **B** che presenta l'altezza del paramento maggiore e l'ipotesi di appoggi "fissi" dell'impalcato.

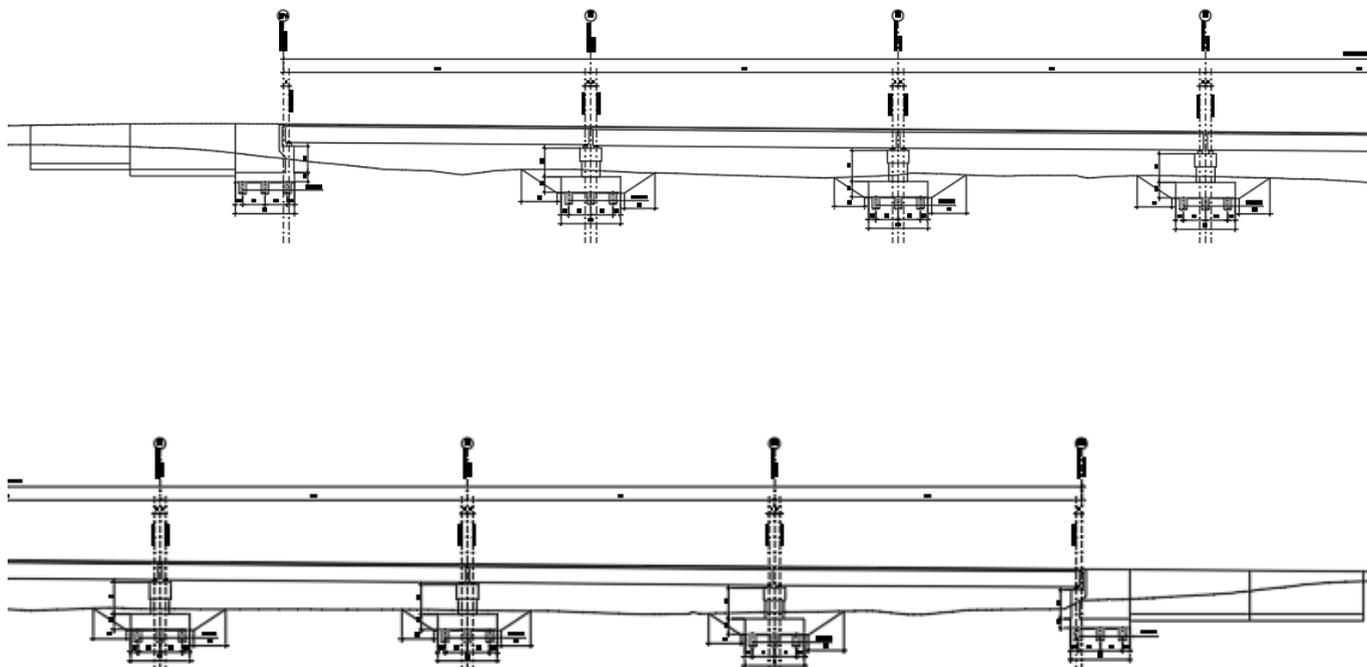
Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate secondo il DM 17 gennaio 2018.

1.1 Descrizione dell'opera

Per la NV97- Viabilità di accesso al piazzale di soccorso (Galleria Trinacria Lato Palermo, Accesso al piazzale di soccorso Strada Extraurbana Principale F1 Corsia 3.50m + Banchina 1.00m b=9.00m) in corrispondenza della progressiva 0+140 viene previsto un viadotto di lunghezza totale di 350 m circa.

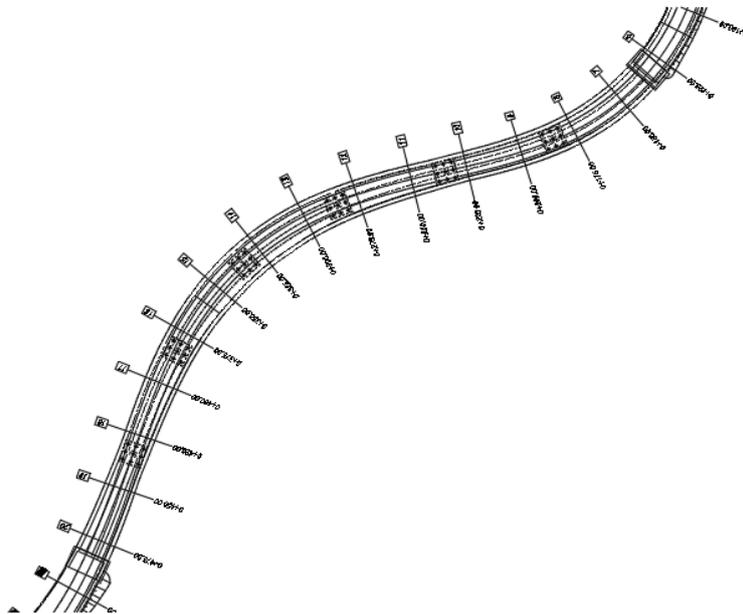
Il viadotto è suddiviso in 7 campate, da 49.0m di luce; gli impalcati saranno costituiti, per le prime tre campate, da quattro travi in carpenteria metallica collegate in testa da una soletta in c.a. collaborante gettata in opera, per le restanti vengono previste 5 travi.

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



RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	5 di 63



Prospetto e pianta

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

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

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

3 MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali previsti le sottostrutture sono le seguenti:

Calcestruzzo magro e getti di livellamento

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

Calcestruzzo per pali di fondazione

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

Calcestruzzo per fondazioni

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

Calcestruzzo elevazione

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

IN BARRE E RETI ELETTRISALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

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

3.1 Verifica S.L.E.

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

3.1.1 Verifiche alle tensioni

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

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

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

Tensioni di trazione nell'acciaio

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

3.1.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

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

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

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

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

4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA

4.1 Generalità

La spalla presentano una configurazione a paramento di spessore 2.40 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore 1.30 m. L'altezza della spalla B (escluso paraghiaia) è pari a 4.90 m.

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

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

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

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

4.2 Modelli a mensola per la verifica delle spalle

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

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

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

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

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

4.3 Condizioni elementari e combinazioni di carico

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

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tab. 5.1.VI – Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

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

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



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – ENNA (LOTTO 4a)

Viadotto NW02

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	13 di 63

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e, quindi, alle verifiche strutturali.

	A2-SIU - N max gr.1	A2-SIU - MT max gr.1	A2-SIU - ML max gr.1	A2-SIU - N max gr.3	A2-SIU - MT max gr.3	A2-SIU - ML max gr.3	A2-SIU - Vento ponte scarico	A2-SIU Gmin - N max gr.1	A2-SIU Gmin - MT max gr.1	A2-SIU Gmin - ML max gr.1	A2-SIU Gmin - N max gr.3	A2-SIU Gmin - MT max gr.3	A2-SIU Gmin - ML max gr.3	A2-SIU Gmin - Vento ponte scarico	A1-SIU - N max gr.1	A1-SIU - MT max gr.1	A1-SIU - ML max gr.1	A1-SIU - N max gr.3	A1-SIU - MT max gr.3	A1-SIU - ML max gr.3	A1-SIU - Vento ponte scarico	A1-SIU Gmin - N max gr.1	A1-SIU Gmin - MT max gr.1	A1-SIU Gmin - ML max gr.1	A1-SIU Gmin - N max gr.3	A1-SIU Gmin - MT max gr.3	A1-SIU Gmin - ML max gr.3	A1-SIU Gmin - Vento ponte scarico	
Peso proprio g1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Permanenti G2	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ballast	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Comb. Nmax Qr	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	
Comb. Nmax Q frenatura	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	
Comb. Nmax Q centrifuga	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	
Comb. Nmax Q serpeggio	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	
Comb. MTmax Qr	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00
Comb. MTmax Q frenatura	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00
Comb. MTmax Q centrifuga	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00
Comb. MTmax Q serpeggio	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00
Comb. MLmax Qr	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00
Comb. MLmax Q frenatura	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00
Comb. MLmax Q centrifuga	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00
Comb. MLmax Q serpeggio	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00
Vento Ponte Scarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	
Vento Ponte Carico	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Attrito permanente	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00
Attrito carichi mobili	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	0.00
Sisma longitudinale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma trasversale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sisma verticale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

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

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

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

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

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

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

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

4.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale

- Lunghezze = m
- Forze = kN

4.5 Geometria della spalla

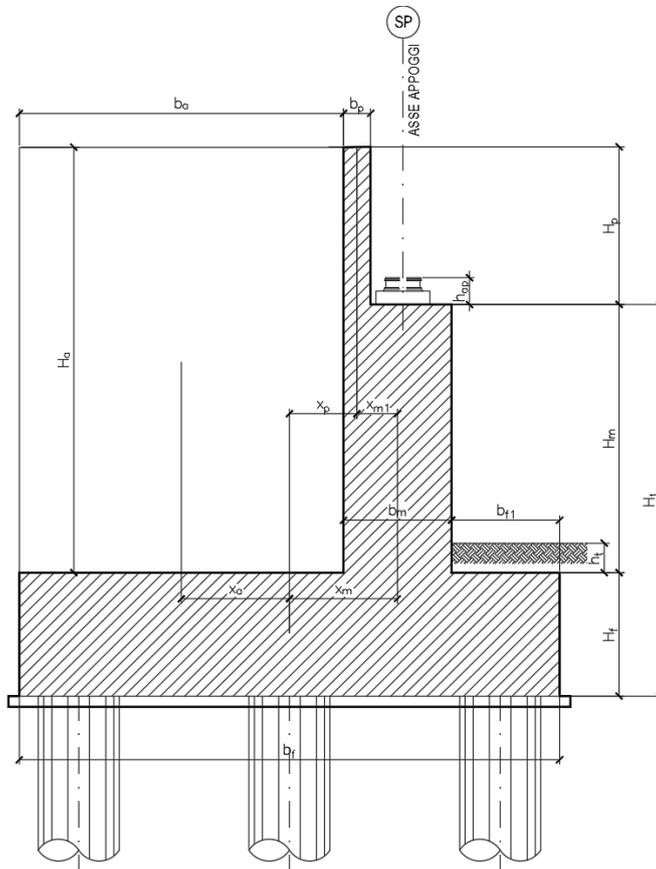


Figura 1 – Significato dei simboli: sezione tipica

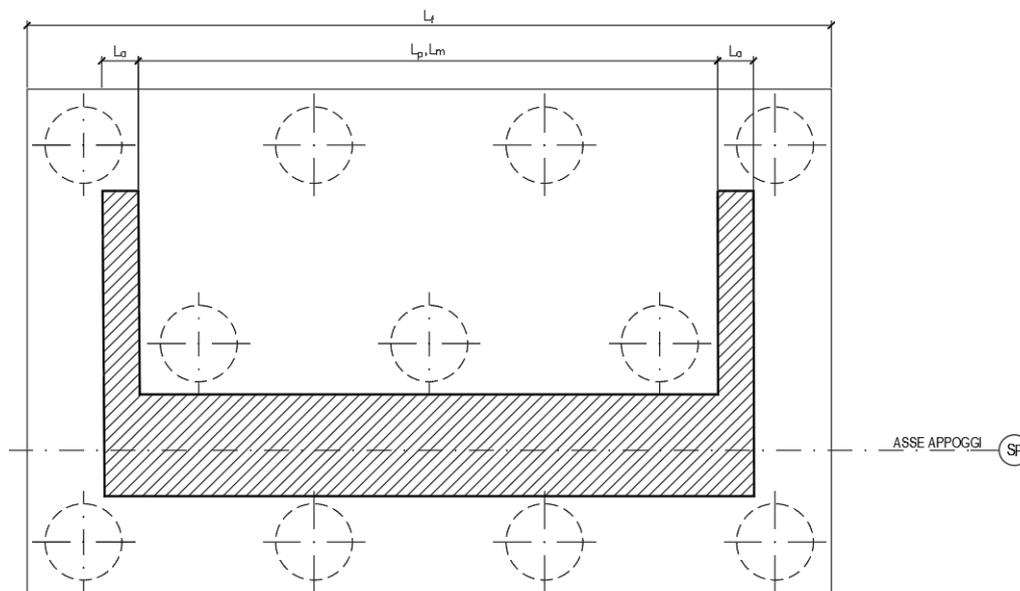


Figura 2 – Significato dei simboli: pianta tipica

Generali			
Peso cls	γ_{cls}	25	kN/m ³
Peso terreno	γ_t	20	kN/m ³
Sovraccarico accidentale sul rilevato	q_{acc}	20.0	kN/m ²
Altezza appoggio + baggiolo	h_{ap}	0.40	m
Distanza piano appoggi-intradosso plinto	H_1	7.80	m
Paraghiaia			
Altezza	H_p	3.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_p	0.5	m
Lunghezza lungo asse Y	L_p	14.65	m
Distanza tra i muri andatori dir. Y		14.65	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_p	2.35	m
Muro frontale			
Altezza	H_m	4.90	m
Lunghezza lungo asse X	b_m	2.40	m
Lunghezza lungo asse Y	L_m	13.45	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_m	3.30	m
Coordinata X del baricentro rispetto paraghiaia	x_{m1}	-0.95	m
Distanza asse baggioli- asse muro frontale		0.40	m
Plinto			
Altezza	H_f	2.50	m
Lunghezza lungo asse X	b_f	12.00	m
Lunghezza lungo asse Y	L_f	21.00	m
Mensola anteriore plinto	b_{pl}	1.50	m
Spessore ricoprimento medio	h_t	1.00	m
Distanza asse baggioli - baricentro plinto		3.70	m
Muro andatore			
Altezza	H_a	8.40	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse Y	L_a	1.30	m
Lunghezza di un singolo muro lungo asse X	b_a	8.10	m
Coordinata X del baricentro rispetto fondazione	x_a	-1.95	m
Terreno			
Angolo d'attrito interno (φ)		35	°
Coefficiente per il calcolo della spinta a riposo		▼	$K_0 = 0.426$
Sisma			
S_s		1.500	
a_g		0.116	
Coefficiente riduttivo		1.00	
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.174	
Mononobe e Okabe	K_{AE}	0.389	
Coefficiente per sisma verticale	k_v	0.087	

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/m³.

Impalcato			
N° Corsie convenzionali		3	
Lunghezza	L	50	m
Peso Proprio	G1	180	kN/m
Permanenti portati	G2	60	kN/m
n° totale appoggi sulla spalla	n	5	
Reazione appoggio i = (G1*L/2)/n	Ri	900.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n	Ri	300.0	kN
Reazione appoggio i = (G2*L/2)/n (ballast)	Ri	0	kN

4.6.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

Appoggio	A			B			C			D			E			biz
	FZ	FX	FY													
Descrizione carico	[kN]	[m]														
Peso proprio G1	900			900			900			900			900			0.00
Permanenti G2	300			300			300			300			300			0.00
Comb. Nmax Q1	565			689			651			252			266			0.00
Comb. Nmax Q3 frenatura					248			248								3.00
Comb. Nmax Q4 centrifuga						120			120							3.00
Comb. Nmax Q folla	199			9			60			9			199			0.00
Comb. MTmax Q1	832			593			320			149			43			0.00
Comb. MTmax Q3 frenatura					248			248								3.00
Comb. MTmax Q4 centrifuga						120			120							3.00
Comb. MTmax Q folla	260			52			43			30			-62			0.00
Comb. MLmax Q1																0.00
Comb. MLmax Q3 frenatura																3.00
Comb. MLmax Q4 centrifuga																3.00
Comb. MLmax Q folla																0.00
Vento Ponte Scarico						114			114							3.80
Vento Ponte Carico						173			173							4.50
Attrito permanente		36	36		36	36		36	36		36	36		36	36	0.00
Attrito carichi mobili		25	25		21	21		20	20		8	8		8	8	0.00
Sisma longitudinale		476			466			463			435			436		2.80
Sisma trasversale			238			233			231			218			218	2.80
Sisma verticale	119			116			116			109			109			0.00

4.6.3 Azione del Vento

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

Condizione (ponte carico o scarico)		scarico	carico	
Altitudine sul livello del mare	as	430	430	m
Zona	Z	4	4	
Parametri	Vb,0	28	28	m/s
Parametri	ao	500	500	m
Parametri	ks	0.36	0.36	1/s
Velocità di riferimento (Tr=50anni)	vb=vb0 * (1+ ks(as/ao-1)	28	28	m/s
Periodo di ritorno considerato	TR	113	113	anni
	αR	1.05	1.05	
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	m/s
Densità dell'aria	p	1.25	1.25	kg/mc
Pressione cinetica di riferimento	qb=0.5*p*vb²	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	13.4	13.4	m
Altezza impalcato	h1	3	3	m
Altezza veicoli o parapetto	h2	1.5	3	m
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o veicoli)	dtot	4.5	6	m
Rapporto di forma	b/dtot	2.98	2.23	
Coefficiente di forza (figura 8.3 EC)	cfx	1.61	1.83	

Riepilogo

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	ce	2.35	2.35	
Coefficiente di forza	cfx	1.61	1.83	
Altezza di riferimento (EC punto 8.3.1 (4) e (5))	d	4.5	6	m
Forza statica equivalente a m/l	f=prodotto	9.1	13.8	kN/m
Pressione statica equivalente	p=f/d	2.03	2.31	kN/mq
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	kN/mq
Forza statica equivalente a m/l considerata	f	9.1	13.8	kN/m

Vento impalcato a ponte scarico

Forza statica equivalente	f	9.1		kN/m
Luce impalcato	L	50		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	228		kN/m

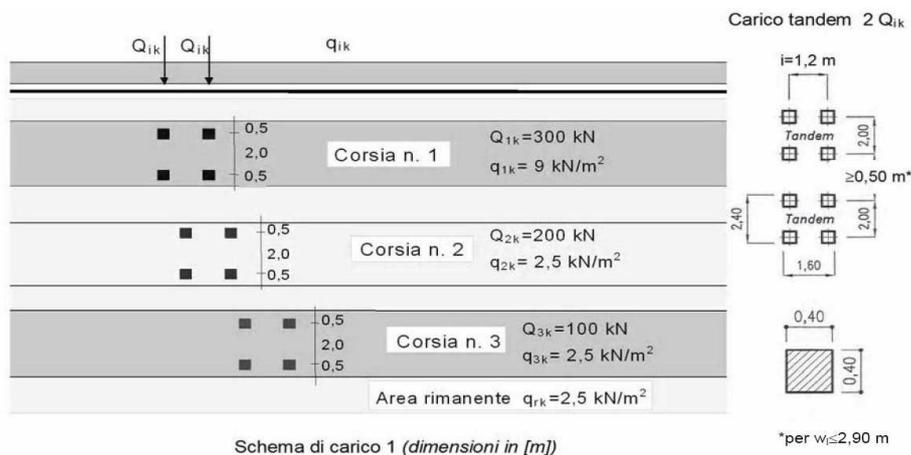
Vento impalcato a ponte carico

Forza statica equivalente	f	13.8		kN/m
Luce impalcato	L	50		m
Forza trasversale al piano appoggi	FT=f*L/2	346		kN/m

4.6.4 Carichi da traffico verticali

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

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



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

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

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

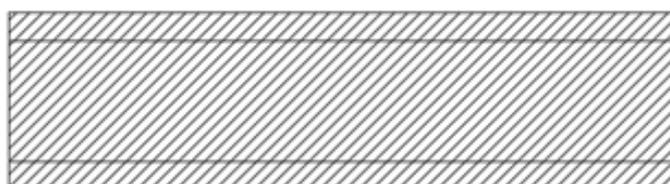
Di seguito si farà riferimento alle due condizioni di carico seguenti:

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

SEZIONE TRASVERSALE

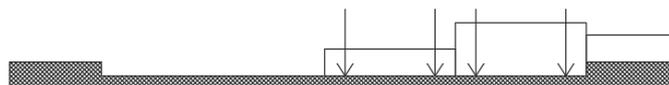


PIANTA

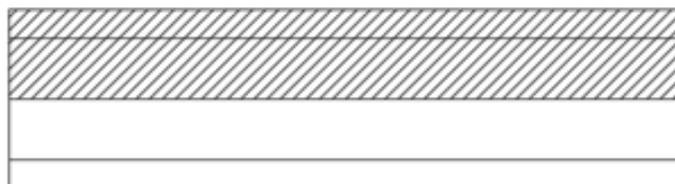


- Mt max, massimo momento lungo l'asse x (direzione di marcia): il carico è presente solo da un lato della carreggiata. Si riporta di seguito uno schema esemplificativo:

SEZIONE TRASVERSALE



PIANTA



4.6.5 Carichi da traffico orizzontali

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

Centrifuga		
Raggio planimetrico	140	m
n° corsie	3	
Qv	1200	kN
q4	240	kN

4.6.6 Spinta statica del terrapieno

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

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

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

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

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

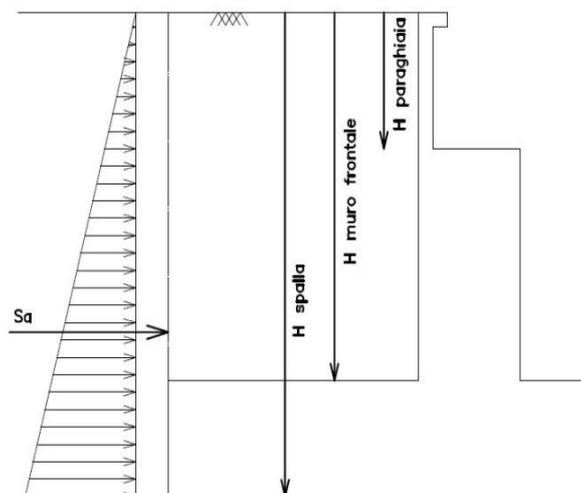


Fig. 1 Spinta statica terreno di rinterro

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

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

4.6.7 Sovraccarico sul terrapieno

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

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

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

4.6.8 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

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

La presenza del sovraccarico Q genera una spinta pari a:

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

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

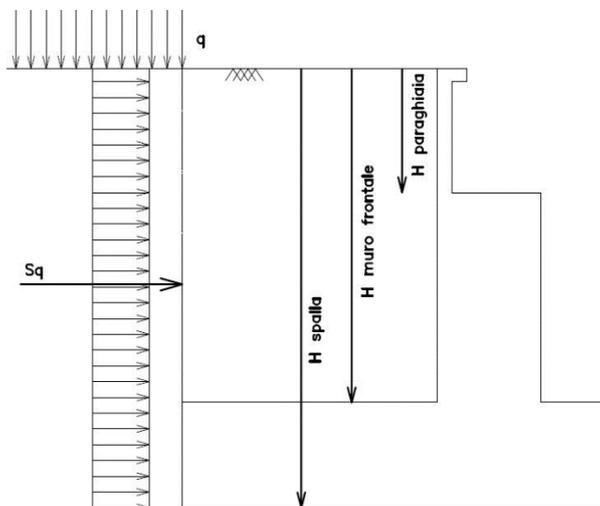


Fig. 2 : Spinta statica sovraccarico accidentale

4.6.9 Azione sismica

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

➤ Azioni sismiche sulla Spalla

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

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v W$

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

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

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

dove

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

g = accelerazione di gravità.

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

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

dove

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

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

Nella precedente espressione, il coefficiente β_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 β_m assume valore unitario.

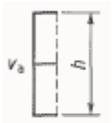
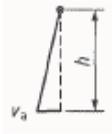
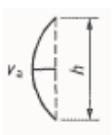
Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente β_m , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso 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 β_m pari ad 1.0.

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

➤ Sovraspinta sismica del terreno

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

Table C.1 — Ratios v_d/h

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

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

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

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

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

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

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

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

ϕ = angolo di attrito interno del terreno

α = inclinazione del paramento di monte rispetto alla verticale

β = inclinazione del pendio di monte rispetto al piano orizzontale

δ = angolo di attrito terra-muro

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

➤ Valori di progetto

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

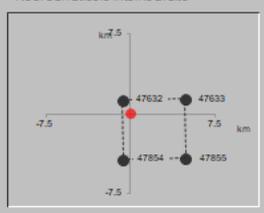
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione completa

Interpolazione:

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

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_k info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_k 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 parametri azione

Grafici spettri di risposta

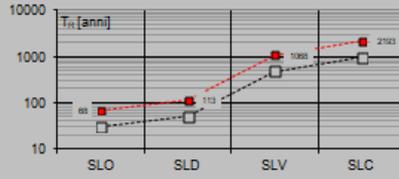
Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

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

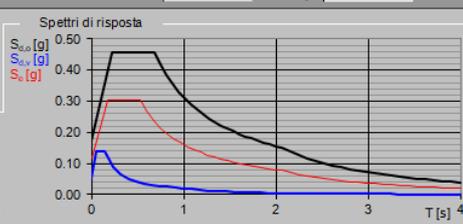
Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **C** info $S_B = 1.500$ $C_C = 1.298$ info
 Categoria topografica: **T1** info $h/H = 1.000$ $S_T = 1.000$ info
(frequenza sito, h=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 : **1** Regol. in altezza: **si** info

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

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

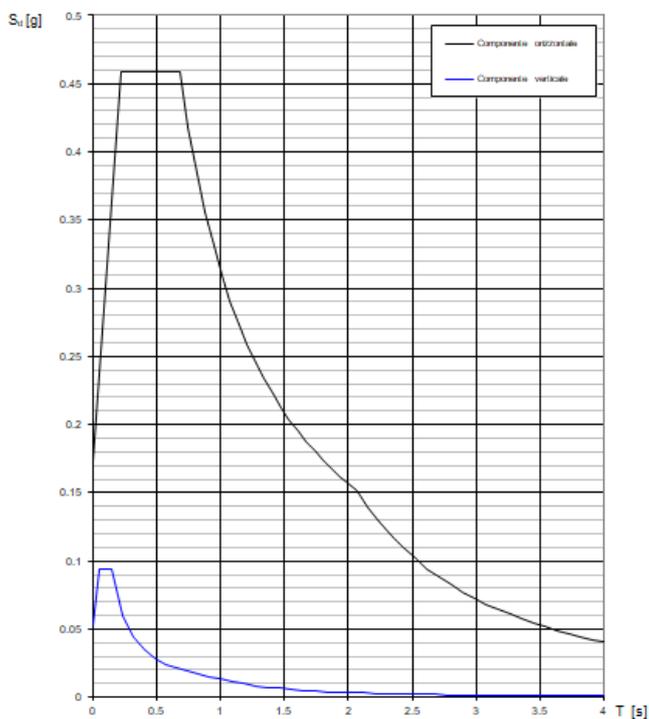
Spettri di risposta



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

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

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



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.116 g
F_n	2.629
T_c^*	0.526 s
S_B	1.500
C_C	1.298
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.228 s
T_C	0.683 s
T_D	2.065 s

4.6.10 Incremento di spinta del terrapieno

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

Mononobe e Okabe			
Inclinazione Paramento	α	90.0	
Angolo d'attrito interno	φ	35.0	°
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.174	
Coefficiente per sisma verticale	k_v	0.087	
$\theta (+k_v)$		9.1	
$\theta (-k_v)$		10.8	
Mononobe e Okabe (+ k_v)	K_{AE}	0.367	
Mononobe e Okabe (- k_v)	K_{AE}	0.389	

4.6.11 Inerzie strutturali

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

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

4.6.12 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

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

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

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

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

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

4.6.13 Riepilogo risultati

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

Per ciascuna combinazione vengono riassunti:

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

➤ Fase statica

PARAGHIAIA

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F_z	F_x	F_y	b_{ix}	b_{iy}	b_{iz}	M_x	M_y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	641			0.00	0.00	1.75	0	0
Rinterro	g3		765		0.00	0.00	1.17	0	893
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	3.50	0	630
Sovr. acc. sul rilevato			437		0.00	0.00	1.75	0	765

SPICCATO MURO FRONTALE

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F_z	F_x	F_y	b_{ix}	b_{iy}	b_{iz}	M_x	M_y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	641	0	0	-0.95		6.65	0	-609
Muro frontale	g1	4719	0	0			2.45	0	0
Totale Permanenti		5360	0	0				0	-609
Rinterro	g3		4829	0			2.80	0	13522
Sovr. acc. sul rilevato			1050	0			4.20	0	4408

FONDAZIONE

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	641			2.35	0.00	9.15	0	1506
Muro frontale	g1	4719			3.30	0.00	4.95	0	15572
Plinto	g1	15750			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	4423			-1.95	0.00	6.70	0	-8624
Totale Permanenti		25532						0	8454
Rinterro	g3	18303			-1.95	0.00	6.70	0	-35690
Ricop. Plinto	g3	1670			1.95	0.00	3.00	0	3256
Sovr. acc. sul rilevato		2373			-1.95	0.00	10.90	0	-4628
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		8131		-1.95	0.00	3.63	0	29544
Sovr. acc. sul rilevato			1362		0.00	0.00	5.45	0	7422

➤ Fase sismica Monobe-Okabe

PARAGHIAIA

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	641			0.00	0.00	1.75	0	0
Rinterro	g3		486		0.00	0.00	1.17	0	567
Frenatura sul paraghiaia		300	180		0.00	0.00	3.50	0	630
Sovr. acc. sul rilevato			278		0.00	0.00	1.75	0	486

cond sismica x

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	112	0	0.00	0.00	1.75	0	195
Rinterro	Inerzia		1445				1.75	0	2529
	Sovraspinta		231				1.17	0	270
Rinterro [totale]			1677					0	2799
Sovr. acc. sul rilevato			278		0.00	0.00	1.75	0	486
Totale generale			2066					0	3481

cond sismica y

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	0	0	112	0.00	0.00	1.75	195	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	56	0	0	0.00	0.00	1.75	0	0

SPICCATO MURO FRONTALE

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	641	0	0	-0.95		6.65	0	-609
Muro frontale	g1	4719	0	0			2.45	0	0
Totale Permanenti		5360	0	0				0	-609
Rinterro	g3		3069	0			2.80	0	8593
Sovr. acc. sul rilevato			667	0			4.20	0	2801

cond sismica x

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6		112		-0.95	0.00	6.65	0	742
Muro frontale	q6		821		0.00	0.00	2.45	0	2012
Rinterro	Inerzia		3185				4.20	0	13376
	Sovraspinta		1332				2.80	0	3731
Rinterro [totale]			4517					0	17106
Sovr. acc. sul rilevato			667				4.20	0	2801
Totale generale			6117					0	22661

cond sismica y

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6			112	-0.95	0.00	6.65	742	0
Muro frontale	q6			821	0.00	0.00	2.45	2012	0
Rinterro					0.00	0.00	0.00	0	0
Totale generale				933				2753	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	56			-0.95	0.00	6.65	0	-53
Muro frontale	q6	411			0.00	0.00	2.45	0	0
Totale generale		466						0	-53

FONDAZIONE
AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond statica

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	g1	641			2.35	0.00	9.15	0	1506
Muro frontale	g1	4719			3.30	0.00	4.95	0	15572
Plinto	g1	15750			0.00	0.00	1.25	0	0
Muri andatori	g1	4423			-1.95	0.00	6.70	0	-8624
Totale Permanenti		25532						0	8454
Rinterro	g3	18303			-1.95	0.00	6.70	0	-35690
Ricop. Plinto	g3	1670			1.95	0.00	3.00	0	3256
Sovr. acc. sul rilevato		2373			-1.95	0.00	10.90	0	-4628
* Il sovraccarico accidentale a tergo della spalla è da considerarsi presente in tutte le combinazioni									
Rinterro	g3		5168		-1.95	0.00	3.63	0	18775
Sovr. acc. sul rilevato			865		0.00	0.00	5.45	0	4717

AZIONI SU SPALLA [kN,m]

cond sismica x

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6		112		2.35	0.00	9.15	0	1020
Muro frontale	q6		821		3.30	0.00	4.95	0	4064
Plinto	q6		2741		0.00	0.00	1.25	0	3426
Muri andatori	q6		770		-1.95	0.00	6.70	0	5156
Rinterro	Inerzia		3185		-1.95	0.00	6.70	0	21337
	Sovraspinta		2243		-1.95	0.00	3.63	0	8151
Rinterro [totale]			5428				6.70	0	29489
Sovr. acc. sul rilevato			865		-1.95		6.70	0	4717
Totale generale			10736						47872

cond sismica y

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6			112	2.35	0.00	9.15	1020	0
Muro frontale	q6			821	3.30	0.00	4.95	4064	0
Plinto	q6			2741	0.00	0.00	1.25	3426	0
Muri andatori	q6			770	-1.95	0.00	6.70	5156	0
Rinterro	Inerzia			3185	0.00		6.70	21337	0
	Sovraspinta			231			3.63	840	0
Rinterro [totale]				3416				22178	0
Sovr. acc. sul rilevato				865	-1.95		10.90	9434	0
Totale generale				8724				45277	0

cond sismica vert

Descrizione carico		F _Z	F _X	F _Y	b _{ix}	b _{iy}	b _{iz}	M _x	M _y
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]
Paraghiaia	q6	56			2.35	0.00	9.15	0.00	131
Muro frontale	q6	411			3.30	0.00	4.95	0.00	1355
Plinto	q6	1370			0.00	0.00	1.25	0.00	0
Muri andatori	q6	385			-1.95	0.00	6.70	0.00	-750
Rinterro	q6	1592			0.00	0.00	0.00	0.00	0
Ricop. Plinto	q6	145			1.95	0.00	3.00	0.00	283
Totale generale		3959						0.00	1019

4.7 Sollecitazioni

4.7.1 Muro paraghiaia

In condizioni statiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta del rilevato, dalla spinta dei sovraccarichi accidentali, dai sovraccarichi mobili agenti sulla mensola del muro e dall'azione di frenatura. In condizioni sismiche il muro paraghiaia è sollecitato dalla spinta sismica del rilevato, dalle masse del muro. Il modello di calcolo utilizzato è quello di mensola incastrata al muro frontale.

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL PARAGHIAIA

	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	986	1705	0	0	2765
A2 - SLU - MT max gr.1	986	1705	0	0	2765
A2 - SLU - ML max gr.1	986	1705	0	0	2765
A2 - SLU - N max gr.2	986	1705	0	0	2765
A2 - SLU - MT max gr.2	986	1705	0	0	2765
A2 - SLU - ML max gr.2	986	1705	0	0	2765
A2 - SLU - N max gr.3	986	1705	0	0	2765
A2 - SLU - MT max gr.3	986	1705	0	0	2765
A2 - SLU - ML max gr.3	986	1705	0	0	2765
A2 - SLU - Vento ponte scarico	641	995	0	0	1161
A2 - SLU - N max gr.1	986	1475	0	0	2497
A2 - SLU - MT max gr.1	986	1475	0	0	2497
A2 - SLU - ML max gr.1	986	1475	0	0	2497
A2 - SLU - N max gr.2	986	1475	0	0	2497
A2 - SLU - MT max gr.2	986	1475	0	0	2497
A2 - SLU - ML max gr.2	986	1475	0	0	2497
A2 - SLU - N max gr.3	986	1475	0	0	2497
A2 - SLU - MT max gr.3	986	1475	0	0	2497
A2 - SLU - ML max gr.3	986	1475	0	0	2497
A2 - SLU - Vento ponte scarico	641	765	0	0	893
A1 - SLU - N max gr.1	1270	1981	0	0	3223
A1 - SLU - MT max gr.1	1270	1981	0	0	3223
A1 - SLU - ML max gr.1	1270	1981	0	0	3223
A1 - SLU - N max gr.2	1270	1981	0	0	3223
A1 - SLU - MT max gr.2	1270	1981	0	0	3223
A1 - SLU - ML max gr.2	1270	1981	0	0	3223
A1 - SLU - N max gr.3	1270	1981	0	0	3223
A1 - SLU - MT max gr.3	1270	1981	0	0	3223
A1 - SLU - ML max gr.3	1270	1981	0	0	3223
A1 - SLU - Vento ponte scarico	1270	1981	0	0	3223
A1 - SLU - N max gr.1	1046	1599	0	0	2776
A1 - SLU - MT max gr.1	1046	1599	0	0	2776
A1 - SLU - ML max gr.1	1046	1599	0	0	2776
A1 - SLU - N max gr.2	1046	1599	0	0	2776
A1 - SLU - MT max gr.2	1046	1599	0	0	2776
A1 - SLU - ML max gr.2	1046	1599	0	0	2776
A1 - SLU - N max gr.3	1046	1599	0	0	2776
A1 - SLU - MT max gr.3	1046	1599	0	0	2776
A1 - SLU - ML max gr.3	1046	1599	0	0	2776
A1 - SLU - Vento ponte scarico	641	765	0	0	893
SLE Rara - N max gr.1	941	1383	0	0	2288
SLE Rara - MT max gr.1	941	1383	0	0	2288
SLE Rara - ML max gr.1	941	1383	0	0	2288
SLE Rara - N max gr.2	941	1383	0	0	2288
SLE Rara - MT max gr.2	941	1383	0	0	2288
SLE Rara - ML max gr.2	941	1383	0	0	2288
SLE Rara - N max gr.3	941	1383	0	0	2288
SLE Rara - MT max gr.3	941	1383	0	0	2288
SLE Rara - ML max gr.3	941	1383	0	0	2288
SLE Rara - Vento ponte scarico	641	765	0	0	893
SLE Freq. - N max gr.1	866	1228	0	0	1939
SLE Freq. - MT max gr.1	866	1228	0	0	1939
SLE Freq. - ML max gr.1	866	1228	0	0	1939
SLE Freq. - N max gr.2	866	1228	0	0	1939
SLE Freq. - MT max gr.2	866	1228	0	0	1939
SLE Freq. - ML max gr.2	866	1228	0	0	1939
SLE Freq. - N max gr.3	866	1228	0	0	1939
SLE Freq. - MT max gr.3	866	1228	0	0	1939
SLE Freq. - ML max gr.3	866	1228	0	0	1939
SLE Freq. - Vento ponte scarico	641	765	0	0	893
SLE Q.P. - ML max gr.3	641	765	0	0	893
SLV -dir.X 1	718	2366	33	59	3785
SLV -dir.X 2	684	2366	33	59	3785
SLV -dir.Y 1	718	1114	112	195	1689
SLV -dir.Y 2	684	1114	112	195	1689
SLV -dir.Z+	757	1114	33	59	1689
SLV -dir.Z-	645	1114	33	59	1689

Tabella 3 – Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia

4.7.2 Muro frontale

Le sollecitazioni riportate nella seguente tabella sono state ottenute dal modello di calcolo descritto nei paragrafi precedenti.

Per la verifica del muro frontale, a quota spiccato, tali azioni possono essere considerate uniformemente distribuite in quanto l'altezza del muro frontale è tale che nell' ipotesi di ripartizione a 45°, tali scarichi si ripartiscono uniformemente alla base del muro

Ai carichi prima riportati, si aggiungono il peso proprio del muro frontale, del muro paraghiaia e la spinta del terreno e del sovraccarico sul rilevato a tergo.

Si ottengono quindi le seguenti sollecitazioni, con riferimento alle combinazioni maggiormente significative.

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA ALLA BASE DEL MURO FRONTALE

	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	14870	7812	597	7293	27375
A2 - SLU - MT max gr.1	14223	7812	597	11012	27316
A2 - SLU - ML max gr.1	11810	7812	597	4377	26351
A2 - SLU - N max gr.2	13899	8382	597	6564	31921
A2 - SLU - MT max gr.2	13480	8382	597	8650	31753
A2 - SLU - ML max gr.2	11810	7812	597	4377	26351
A2 - SLU - N max gr.3	13899	7812	873	8855	27187
A2 - SLU - MT max gr.3	13480	7812	873	10940	27019
A2 - SLU - ML max gr.3	11810	7812	597	4377	26351
A2 - SLU - Vento ponte scarico	11810	6512	530	3937	20790
A2 - SLU - N max gr.1	14420	6309	543	7007	23052
A2 - SLU - MT max gr.1	13773	6309	543	10726	22793
A2 - SLU - ML max gr.1	11360	6309	543	4091	21828
A2 - SLU - N max gr.2	13449	6879	543	6278	27398
A2 - SLU - MT max gr.2	13030	6879	543	8363	27230
A2 - SLU - ML max gr.2	11360	6309	543	4091	21828
A2 - SLU - N max gr.3	13449	6309	819	8569	22664
A2 - SLU - MT max gr.3	13030	6309	819	10654	22496
A2 - SLU - ML max gr.3	11360	6309	543	4091	21828
A2 - SLU - Vento ponte scarico	11360	5009	476	3651	16267
A1 - SLU - N max gr.1	19153	9040	690	8483	32187
A1 - SLU - MT max gr.1	18393	9040	690	12849	31883
A1 - SLU - ML max gr.1	15561	9040	690	5060	30750
A1 - SLU - N max gr.2	18014	9709	690	7628	37289
A1 - SLU - MT max gr.2	17522	9709	690	10076	37092
A1 - SLU - ML max gr.2	15561	9040	690	5060	30750
A1 - SLU - N max gr.3	18014	9040	1014	10317	31731
A1 - SLU - MT max gr.3	17522	9040	1014	12765	31534
A1 - SLU - ML max gr.3	15561	9040	690	5060	30750
A1 - SLU - Vento ponte scarico	15561	9040	721	5121	30750
A1 - SLU - N max gr.1	14952	6535	600	8006	24232
A1 - SLU - MT max gr.1	14193	6535	600	12372	23928
A1 - SLU - ML max gr.1	11360	6535	600	4583	22795
A1 - SLU - N max gr.2	13813	7205	600	7151	29334
A1 - SLU - MT max gr.2	13813	7205	600	7151	29334
A1 - SLU - ML max gr.2	13321	7205	600	9599	29137
A1 - SLU - N max gr.3	11360	6535	600	4583	22795
A1 - SLU - MT max gr.3	13813	6535	924	9840	23776
A1 - SLU - ML max gr.3	13321	6535	924	12288	23579
A1 - SLU - Vento ponte scarico	11360	5118	600	4583	16844
SLE Rara - N max gr.1	11360	6059	522	4066	20675
SLE Rara - MT max gr.1	14021	6139	468	5952	22167
SLE Rara - ML max gr.1	13458	6139	468	9186	21942
SLE Rara - N max gr.2	11360	6139	468	3416	21103
SLE Rara - MT max gr.2	13177	6635	468	5318	25946
SLE Rara - ML max gr.2	12812	6635	468	7132	25800
SLE Rara - N max gr.3	11360	6139	468	3416	21103
SLE Rara - MT max gr.3	13177	6139	708	7310	21829
SLE Rara - ML max gr.3	12812	6139	708	9124	21684
SLE Rara - Vento ponte scarico	11360	5090	468	3416	16695
SLE Freq. - N max gr.1	13355	5857	241	3177	20692
SLE Freq. - MT max gr.1	12934	5857	241	5602	20523
SLE Freq. - ML max gr.1	11360	5857	241	1275	19894
SLE Freq. - N max gr.2	12723	6229	241	2701	23526
SLE Freq. - MT max gr.2	12449	6229	241	4061	23417
SLE Freq. - ML max gr.2	11360	5857	241	1275	19894
SLE Freq. - N max gr.3	12723	5857	421	4195	20439
SLE Freq. - MT max gr.3	12449	5857	421	5555	20329
SLE Freq. - ML max gr.3	11360	5857	241	1275	19894
SLE Freq. - Vento ponte scarico	11360	5009	226	1369	16267
SLE Q.P. - ML max gr.3	11360	6139	261	1382	21103
SLV -dir.X 1	11670	11123	817	4650	50325
SLV -dir.X 2	11049	11123	817	4610	50220
SLV -dir.Y 1	12090	5815	2314	14580	24514
SLV -dir.Y 2	11469	5815	2314	14540	24409
SLV -dir.Z+	12927	5815	865	5602	24681
SLV -dir.Z-	10857	5815	865	5469	24332

Tabella 4 – Sollecitazioni alla base del muro frontale

Le sollecitazioni in direzione trasversale risultano trascurabili rispetto a quelle in direzione longitudinale, tenuto anche conto della geometria della sezione del muro frontale.

4.7.3 Plinto di fondazione

In questo paragrafo si riporta la determinazione delle sollecitazioni in quota testa pali che si ottengono sommando, alle azioni provenienti dall'impalcato, la risultante e il momento risultante dei pesi della struttura, del terreno interno alla spalla e delle spinte dovute al rilevato rispetto al baricentro del plinto. In condizioni sismiche si è tenuto conto dell'incremento di spinta delle inerzie.

Nella tabella che segue sono indicati la risultante e momento risultante rispetto al baricentro del plinto di fondazione.

CARATTERISTICHE DELLA SOLLECITAZIONE INTERNA INTRADOSSO FONDAZIONE

	Nz [kN]	Tx [kN]	Ty [kN]	Mx [kN*m]	My [kN*m]
A2 - SLU - N max gr.1	63736	12464	597	8785	45646
A2 - SLU - MT max gr.1	63089	12464	597	12504	43253
A2 - SLU - ML max gr.1	60675	12464	597	5869	34324
A2 - SLU - N max gr.2	62765	13034	597	8056	48216
A2 - SLU - MT max gr.2	62346	13034	597	10141	46665
A2 - SLU - ML max gr.2	60675	12464	597	5869	34324
A2 - SLU - N max gr.3	62765	12464	873	11036	42056
A2 - SLU - MT max gr.3	62346	12464	873	13122	40505
A2 - SLU - ML max gr.3	60675	12464	597	5869	34324
A2 - SLU - Vento ponte scarico	57946	10805	530	5263	30386
A2 - SLU - N max gr.1	57294	9970	543	8364	44427
A2 - SLU - MT max gr.1	56647	9970	543	12083	42034
A2 - SLU - ML max gr.1	54234	9970	543	5447	33105
A2 - SLU - N max gr.2	56324	10541	543	7634	46997
A2 - SLU - MT max gr.2	55904	10541	543	9720	45446
A2 - SLU - ML max gr.2	54234	9970	543	5447	33105
A2 - SLU - N max gr.3	56324	9970	819	10615	40837
A2 - SLU - MT max gr.3	55904	9970	819	12701	39286
A2 - SLU - ML max gr.3	54234	9970	543	5447	33105
A2 - SLU - Vento ponte scarico	51504	8311	476	4842	29167
A1 - SLU - N max gr.1	79548	14415	690	10209	57899
A1 - SLU - MT max gr.1	78789	14415	690	14575	55089
A1 - SLU - ML max gr.1	75956	14415	690	6786	44607
A1 - SLU - N max gr.2	78409	15084	690	9353	60916
A1 - SLU - MT max gr.2	77917	15084	690	11802	59096
A1 - SLU - ML max gr.2	75956	14415	690	6786	44607
A1 - SLU - N max gr.3	78409	14415	1014	12853	53685
A1 - SLU - MT max gr.3	77917	14415	1014	15301	51864
A1 - SLU - ML max gr.3	75956	14415	690	6786	44607
A1 - SLU - Vento ponte scarico	75956	14415	721	6923	44607
A1 - SLU - N max gr.1	58301	10259	600	9507	47081
A1 - SLU - MT max gr.1	57541	10259	600	13873	44271
A1 - SLU - ML max gr.1	54708	10259	600	6084	33789
A1 - SLU - N max gr.2	57162	10929	600	8651	50098
A1 - SLU - MT max gr.2	57162	10929	600	8651	50098
A1 - SLU - ML max gr.2	56670	10929	600	11100	48278
A1 - SLU - N max gr.3	54708	10259	600	6084	33789
A1 - SLU - MT max gr.3	57162	10259	924	12151	42867
A1 - SLU - ML max gr.3	56670	10259	924	14599	41046
A1 - SLU - Vento ponte scarico	51504	8420	600	6084	30017
SLE Rara - N max gr.1	53878	9673	522	5371	31962
SLE Rara - MT max gr.1	56539	9754	468	7123	42437
SLE Rara - ML max gr.1	55976	9754	468	10357	40355
SLE Rara - N max gr.2	53878	9754	468	4587	32591
SLE Rara - MT max gr.2	55695	10250	468	6489	44672
SLE Rara - ML max gr.2	55331	10250	468	8302	43323
SLE Rara - N max gr.3	53878	9754	468	4587	32591
SLE Rara - MT max gr.3	55695	9754	708	9081	39315
SLE Rara - ML max gr.3	55331	9754	708	10894	37966
SLE Rara - Vento ponte scarico	51504	8392	468	4587	29797
SLE Freq. - N max gr.1	55280	9393	241	3778	39119
SLE Freq. - MT max gr.1	54858	9393	241	6203	37558
SLE Freq. - ML max gr.1	53284	9393	241	1876	31735
SLE Freq. - N max gr.2	54647	9765	241	3302	40796
SLE Freq. - MT max gr.2	54374	9765	241	4663	39784
SLE Freq. - ML max gr.2	53284	9393	241	1876	31735
SLE Freq. - N max gr.3	54647	9393	421	5246	36778
SLE Freq. - MT max gr.3	54374	9393	421	6607	35767
SLE Freq. - ML max gr.3	53284	9393	241	1876	31735
SLE Freq. - Vento ponte scarico	51504	8311	226	1933	29167
SLE Q.P. - ML max gr.3	53878	9754	261	2033	32591
SLV -dir.X_1	53337	17683	2947	16487	86751
SLV -dir.X_2	50621	17683	2947	16447	84877
SLV -dir.Y_1	53757	9280	9413	53012	42285
SLV -dir.Y_2	51041	9280	9413	52972	40411
SLV -dir.Z+	57039	9280	2995	17559	44887
SLV -dir.Z-	47984	9280	2995	17425	38641

Tabella 5 – Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

4.8 Pali di fondazione

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
Al - SLU - N max gr.1	79548	14415	690	10209	57899	6741	3865	962
Al - SLU - MT max gr.1	78789	14415	690	14575	55089	6693	3812	962
Al - SLU - ML max gr.1	75956	14415	690	6786	44607	6156	3972	962
Al - SLU - N max gr.2	78409	15084	690	9353	60916	6720	3735	1007
Al - SLU - MT max gr.2	77917	15084	690	11802	59096	6683	3706	1007
Al - SLU - ML max gr.2	75956	14415	690	6786	44607	6156	3972	962
Al - SLU - N max gr.3	78409	14415	1014	12853	53685	6611	3844	963
Al - SLU - MT max gr.3	77917	14415	1014	15301	51864	6574	3815	963
Al - SLU - ML max gr.3	75956	14415	690	6786	44607	6156	3972	962
Al - SLU - Vento ponte scarico	75956	14415	721	6923	44607	6158	3970	962
Al - SLU - N max gr.1	58301	10259	600	9507	47081	5074	2700	685
Al - SLU - MT max gr.1	57541	10259	600	13873	44271	5025	2647	685
Al - SLU - ML max gr.1	54708	10259	600	6084	33789	4488	2806	685
Al - SLU - N max gr.2	57162	10929	600	8651	50098	5052	2569	730
Al - SLU - MT max gr.2	57162	10929	600	8651	50098	5052	2569	730
Al - SLU - ML max gr.2	56670	10929	600	11100	48278	5015	2541	730
Al - SLU - N max gr.3	54708	10259	600	6084	33789	4488	2806	685
Al - SLU - MT max gr.3	57162	10259	924	12151	42867	4943	2678	687
Al - SLU - ML max gr.3	56670	10259	924	14599	41046	4906	2650	687
Al - SLU - Vento ponte scarico	51504	8420	600	6084	30017	4191	2676	563
						6741	2541	1007

Tabella 6 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLU

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLV -dir.X 1	53337	17683	2947	16487	86751	5728	1384	1195
SLV -dir.X 2	50621	17683	2947	16447	84877	5505	1245	1195
SLV -dir.Y 1	53757	9280	9413	53012	42285	5309	1859	881
SLV -dir.Y 2	51041	9280	9413	52972	40411	5085	1720	881
SLV -dir.Z+	57039	9280	2995	17559	44887	5060	2545	650
SLV -dir.Z-	47984	9280	2995	17425	38641	4316	2082	650
						5728	1245	1195

Tabella 7 – Sollecitazioni massime sul singolo palo C.C. SLV

SOLL. TOTALI NEL BARICENTRO DELLA PALIFICATA								
C.C.	N	T _x	T _y	M _x	M _y	N _{max/palo}	N _{min/palo}	T _{palo}
n°	kN	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	kN
SLE Rara - N max gr.1	53878	9673	522	5371	31962	4382	2802	646
SLE Rara - MT max gr.1	56539	9754	468	7123	42437	4818	2721	651
SLE Rara - ML max gr.1	55976	9754	468	10357	40355	4782	2682	651
SLE Rara - N max gr.2	53878	9754	468	4587	32591	4384	2800	651
SLE Rara - MT max gr.2	55695	10250	468	6489	44672	4802	2624	684
SLE Rara - ML max gr.2	55331	10250	468	8302	43323	4774	2603	684
SLE Rara - N max gr.3	53878	9754	468	4587	32591	4384	2800	651
SLE Rara - MT max gr.3	55695	9754	708	9081	39315	4721	2705	652
SLE Rara - ML max gr.3	55331	9754	708	10894	37966	4694	2684	652
SLE Rara - Vento ponte scarico	51504	8392	468	4587	29797	4164	2704	560
						4818	2603	684

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

4.9 Verifiche degli elementi strutturali

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

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

4.9.1 Paraghiaia

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

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 0.5x14.65 m

Armatura verticale

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

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

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 14/20$

$A'_s = \phi 12/20$

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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.800	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	182.60	daN/cm ²
	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 ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 * \beta 2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice: X [cm] Y [cm]

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	43 di 63

1	0.0	0.0
2	0.0	1465.0
3	50.0	1465.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	8.3	8.3	16
2	8.3	1456.7	16
3	41.7	1456.7	16
4	41.7	8.3	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	144	20
2	3	4	72	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	1270.00	0.00	3223.00	0.00	1981.00
2	1270.00	0.00	3223.00	0.00	1981.00
3	1270.00	0.00	3223.00	0.00	1981.00
4	1270.00	0.00	3223.00	0.00	1981.00
5	1270.00	0.00	3223.00	0.00	1981.00
6	1270.00	0.00	3223.00	0.00	1981.00
7	1270.00	0.00	3223.00	0.00	1981.00
8	1270.00	0.00	3223.00	0.00	1981.00
9	1270.00	0.00	3223.00	0.00	1981.00
10	1270.00	0.00	3223.00	0.00	1981.00
11	1046.00	0.00	2776.00	0.00	1599.00
12	1046.00	0.00	2776.00	0.00	1599.00
13	1046.00	0.00	2776.00	0.00	1599.00
14	1046.00	0.00	2776.00	0.00	1599.00
15	1046.00	0.00	2776.00	0.00	1599.00
16	1046.00	0.00	2776.00	0.00	1599.00
17	1046.00	0.00	2776.00	0.00	1599.00
18	1046.00	0.00	2776.00	0.00	1599.00
19	1046.00	0.00	2776.00	0.00	1599.00
20	641.00	0.00	893.00	0.00	765.00
21	718.00	59.00	3785.00	33.00	2366.00
22	684.00	59.00	3785.00	33.00	2366.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	44 di 63

23	718.00	195.00	1689.00	112.00	1114.00
24	684.00	195.00	1689.00	112.00	1114.00
25	757.00	59.00	1689.00	33.00	1114.00
26	645.00	59.00	1689.00	33.00	1114.00

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	941.00	0.00	2288.00
2	941.00	0.00	2288.00
3	941.00	0.00	2288.00
4	941.00	0.00	2288.00
5	941.00	0.00	2288.00
6	941.00	0.00	2288.00
7	941.00	0.00	2288.00
8	941.00	0.00	2288.00
9	941.00	0.00	2288.00
10	641.00	0.00	893.00

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	866.00	0.00 (0.00)	1939.00 (2367.43)
2	866.00	0.00 (0.00)	1939.00 (2367.43)
3	866.00	0.00 (0.00)	1939.00 (2367.43)
4	866.00	0.00 (0.00)	1939.00 (2367.43)
5	866.00	0.00 (0.00)	1939.00 (2367.43)
6	866.00	0.00 (0.00)	1939.00 (2367.43)
7	866.00	0.00 (0.00)	1939.00 (2367.43)
8	866.00	0.00 (0.00)	1939.00 (2367.43)
9	866.00	0.00 (0.00)	1939.00 (2367.43)
10	641.00	0.00 (0.00)	893.00 (2421.98)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	641.00	0.00 (0.00)	893.00 (2421.98)

RISULTATI DEL CALCOLO

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	45 di 63

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis. Sic.	As Tesa
1	S	1270.00	0.00	3223.00	1270.07	0.03	7079.09	2.19456.4(131.2)	
2	S	1270.00	0.00	3223.00	1270.07	0.03	7079.09	2.19456.4(131.2)	
3	S	1270.00	0.00	3223.00	1270.07	0.03	7079.09	2.19456.4(131.2)	
4	S	1270.00	0.00	3223.00	1270.07	0.03	7079.09	2.19456.4(131.2)	
5	S	1270.00	0.00	3223.00	1270.07	0.03	7079.09	2.19456.4(131.2)	
6	S	1270.00	0.00	3223.00	1270.07	0.03	7079.09	2.19456.4(131.2)	
7	S	1270.00	0.00	3223.00	1270.07	0.03	7079.09	2.19456.4(131.2)	
8	S	1270.00	0.00	3223.00	1270.07	0.03	7079.09	2.19456.4(131.2)	
9	S	1270.00	0.00	3223.00	1270.07	0.03	7079.09	2.19456.4(131.2)	
10	S	1270.00	0.00	3223.00	1270.07	0.03	7079.09	2.19456.4(131.2)	
11	S	1046.00	0.00	2776.00	1046.12	0.03	7039.87	2.53456.4(131.2)	
12	S	1046.00	0.00	2776.00	1046.12	0.03	7039.87	2.53456.4(131.2)	
13	S	1046.00	0.00	2776.00	1046.12	0.03	7039.87	2.53456.4(131.2)	
14	S	1046.00	0.00	2776.00	1046.12	0.03	7039.87	2.53456.4(131.2)	
15	S	1046.00	0.00	2776.00	1046.12	0.03	7039.87	2.53456.4(131.2)	
16	S	1046.00	0.00	2776.00	1046.12	0.03	7039.87	2.53456.4(131.2)	
17	S	1046.00	0.00	2776.00	1046.12	0.03	7039.87	2.53456.4(131.2)	
18	S	1046.00	0.00	2776.00	1046.12	0.03	7039.87	2.53456.4(131.2)	
19	S	1046.00	0.00	2776.00	1046.12	0.03	7039.87	2.53456.4(131.2)	
20	S	641.00	0.00	893.00	641.14	0.10	6968.90	7.74456.4(131.2)	
21	S	718.00	59.00	3785.00	717.72	127.10	6990.49	1.84456.4(131.2)	
22	S	684.00	59.00	3785.00	684.16	131.13	6984.85	1.84456.4(131.2)	
23	S	718.00	195.00	1689.00	717.96	781.34	7004.14	4.13456.4(131.2)	
24	S	684.00	195.00	1689.00	684.03	818.75	6997.89	4.13456.4(131.2)	
25	S	757.00	59.00	1689.00	756.85	211.31	7002.81	4.13456.4(131.2)	
26	S	645.00	59.00	1689.00	644.76	275.90	6987.25	4.12456.4(131.2)	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.203	50.0	1465.0	0.00007	41.7	1456.7	-0.01372	8.3	8.3
2	0.00350	0.203	50.0	1465.0	0.00007	41.7	1456.7	-0.01372	8.3	8.3

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	46 di 63

3	0.00350	0.203	50.0	1465.0	0.00007	41.7	1456.7	-0.01372	8.3	8.3
4	0.00350	0.203	50.0	1465.0	0.00007	41.7	1456.7	-0.01372	8.3	8.3
5	0.00350	0.203	50.0	1465.0	0.00007	41.7	1456.7	-0.01372	8.3	8.3
6	0.00350	0.203	50.0	1465.0	0.00007	41.7	1456.7	-0.01372	8.3	8.3
7	0.00350	0.203	50.0	1465.0	0.00007	41.7	1456.7	-0.01372	8.3	8.3
8	0.00350	0.203	50.0	1465.0	0.00007	41.7	1456.7	-0.01372	8.3	8.3
9	0.00350	0.203	50.0	1465.0	0.00007	41.7	1456.7	-0.01372	8.3	8.3
10	0.00350	0.203	50.0	1465.0	0.00007	41.7	1456.7	-0.01372	8.3	8.3
11	0.00350	0.202	50.0	1465.0	0.00005	41.7	1456.7	-0.01385	8.3	8.3
12	0.00350	0.202	50.0	1465.0	0.00005	41.7	1456.7	-0.01385	8.3	8.3
13	0.00350	0.202	50.0	1465.0	0.00005	41.7	1456.7	-0.01385	8.3	8.3
14	0.00350	0.202	50.0	1465.0	0.00005	41.7	1456.7	-0.01385	8.3	8.3
15	0.00350	0.202	50.0	1465.0	0.00005	41.7	1456.7	-0.01385	8.3	8.3
16	0.00350	0.202	50.0	1465.0	0.00005	41.7	1456.7	-0.01385	8.3	8.3
17	0.00350	0.202	50.0	1465.0	0.00005	41.7	1456.7	-0.01385	8.3	8.3
18	0.00350	0.202	50.0	1465.0	0.00005	41.7	1456.7	-0.01385	8.3	8.3
19	0.00350	0.202	50.0	1465.0	0.00005	41.7	1456.7	-0.01385	8.3	8.3
20	0.00350	0.199	50.0	1465.0	0.00000	41.7	1456.7	-0.01408	8.3	8.3
21	0.00350	0.200	50.0	1465.0	0.00002	41.7	1456.7	-0.01404	8.3	8.3
22	0.00350	0.199	50.0	1465.0	0.00001	41.7	1456.7	-0.01406	8.3	8.3
23	0.00350	0.200	50.0	1465.0	0.00003	41.7	1456.7	-0.01402	8.3	8.3
24	0.00350	0.200	50.0	1465.0	0.00003	41.7	1456.7	-0.01403	8.3	8.3
25	0.00350	0.200	50.0	1465.0	0.00002	41.7	1456.7	-0.01402	8.3	8.3
26	0.00350	0.199	50.0	1465.0	0.00001	41.7	1456.7	-0.01409	8.3	8.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000412883	0.000000000	-0.017144179	0.203	0.700
2	0.000412883	0.000000000	-0.017144179	0.203	0.700
3	0.000412883	0.000000000	-0.017144179	0.203	0.700
4	0.000412883	0.000000000	-0.017144179	0.203	0.700
5	0.000412883	0.000000000	-0.017144179	0.203	0.700
6	0.000412883	0.000000000	-0.017144179	0.203	0.700
7	0.000412883	0.000000000	-0.017144179	0.203	0.700
8	0.000412883	0.000000000	-0.017144179	0.203	0.700
9	0.000412883	0.000000000	-0.017144179	0.203	0.700
10	0.000412883	0.000000000	-0.017144179	0.203	0.700
11	0.000416022	0.000000000	-0.017301125	0.202	0.700
12	0.000416022	0.000000000	-0.017301125	0.202	0.700
13	0.000416022	0.000000000	-0.017301125	0.202	0.700
14	0.000416022	0.000000000	-0.017301125	0.202	0.700
15	0.000416022	0.000000000	-0.017301125	0.202	0.700
16	0.000416022	0.000000000	-0.017301125	0.202	0.700
17	0.000416022	0.000000000	-0.017301125	0.202	0.700
18	0.000416022	0.000000000	-0.017301125	0.202	0.700
19	0.000416022	0.000000000	-0.017301125	0.202	0.700
20	0.000421608	0.000000000	-0.017580448	0.199	0.700
21	0.000419812	0.000000024	-0.017525430	0.200	0.700
22	0.000420247	0.000000025	-0.017548287	0.199	0.700
23	0.000417472	0.000000075	-0.017482802	0.200	0.700
24	0.000417852	0.000000075	-0.017502327	0.200	0.700
25	0.000418781	0.000000040	-0.017496974	0.200	0.700
26	0.000419931	0.000000052	-0.017572168	0.199	0.700

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	47 di 63

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

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	1981.00	3777.43	41.7	1465.0	0.0075	0.17
2	S	1981.00	3777.43	41.7	1465.0	0.0075	0.17
3	S	1981.00	3777.43	41.7	1465.0	0.0075	0.17
4	S	1981.00	3777.43	41.7	1465.0	0.0075	0.17
5	S	1981.00	3777.43	41.7	1465.0	0.0075	0.17
6	S	1981.00	3777.43	41.7	1465.0	0.0075	0.17
7	S	1981.00	3777.43	41.7	1465.0	0.0075	0.17
8	S	1981.00	3777.43	41.7	1465.0	0.0075	0.17
9	S	1981.00	3777.43	41.7	1465.0	0.0075	0.17
10	S	1981.00	3777.43	41.7	1465.0	0.0075	0.17
11	S	1599.00	3749.41	41.7	1465.0	0.0075	0.14
12	S	1599.00	3749.41	41.7	1465.0	0.0075	0.14
13	S	1599.00	3749.41	41.7	1465.0	0.0075	0.14
14	S	1599.00	3749.41	41.7	1465.0	0.0075	0.14
15	S	1599.00	3749.41	41.7	1465.0	0.0075	0.14
16	S	1599.00	3749.41	41.7	1465.0	0.0075	0.14
17	S	1599.00	3749.41	41.7	1465.0	0.0075	0.14
18	S	1599.00	3749.41	41.7	1465.0	0.0075	0.14
19	S	1599.00	3749.41	41.7	1465.0	0.0075	0.14
20	S	765.00	3698.74	41.7	1465.0	0.0075	0.09
21	S	2366.00	3914.29	41.7	1465.0	0.0088	0.10
22	S	2366.00	3947.72	41.7	1465.0	0.0091	0.09
23	S	1114.02	3956.65	41.7	1465.0	0.0091	0.10
24	S	1114.02	3966.30	41.7	1465.0	0.0092	0.09
25	S	1114.00	3928.67	41.7	1465.0	0.0089	0.10
26	S	1114.00	3993.49	41.7	1465.0	0.0094	0.09

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.29	50.0	0.0	-127.7	8.3	1446.7	16847	456.4
2	S	5.29	50.0	0.0	-127.7	8.3	1446.7	16847	456.4
3	S	5.29	50.0	0.0	-127.7	8.3	1446.7	16847	456.4
4	S	5.29	50.0	0.0	-127.7	8.3	1446.7	16847	456.4
5	S	5.29	50.0	0.0	-127.7	8.3	1446.7	16847	456.4
6	S	5.29	50.0	0.0	-127.7	8.3	1446.7	16847	456.4
7	S	5.29	50.0	0.0	-127.7	8.3	1446.7	16847	456.4
8	S	5.29	50.0	0.0	-127.7	8.3	1446.7	16847	456.4
9	S	5.29	50.0	0.0	-127.7	8.3	1446.7	16847	456.4
10	S	2.09	50.0	0.0	-47.0	8.3	1456.7	16115	456.4

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	48 di 63

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00084	0	0.500	20.0	73	0.00038 (0.00038)	373	0.143 (0.20)	0.00	2360.50
2	S	-0.00084	0	0.500	20.0	73	0.00038 (0.00038)	373	0.143 (0.20)	0.00	2360.50
3	S	-0.00084	0	0.500	20.0	73	0.00038 (0.00038)	373	0.143 (0.20)	0.00	2360.50
4	S	-0.00084	0	0.500	20.0	73	0.00038 (0.00038)	373	0.143 (0.20)	0.00	2360.50
5	S	-0.00084	0	0.500	20.0	73	0.00038 (0.00038)	373	0.143 (0.20)	0.00	2360.50
6	S	-0.00084	0	0.500	20.0	73	0.00038 (0.00038)	373	0.143 (0.20)	0.00	2360.50
7	S	-0.00084	0	0.500	20.0	73	0.00038 (0.00038)	373	0.143 (0.20)	0.00	2360.50
8	S	-0.00084	0	0.500	20.0	73	0.00038 (0.00038)	373	0.143 (0.20)	0.00	2360.50
9	S	-0.00084	0	0.500	20.0	73	0.00038 (0.00038)	373	0.143 (0.20)	0.00	2360.50
10	S	-0.00031	0	0.500	20.0	75	0.00014 (0.00014)	375	0.053 (0.20)	0.00	2421.98

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.49	50.0	0.0	-107.5	8.3	1456.7	16847	456.4
2	S	4.49	50.0	0.0	-107.5	8.3	1456.7	16847	456.4
3	S	4.49	50.0	0.0	-107.5	8.3	1456.7	16847	456.4
4	S	4.49	50.0	0.0	-107.5	8.3	1456.7	16847	456.4
5	S	4.49	50.0	0.0	-107.5	8.3	1456.7	16847	456.4
6	S	4.49	50.0	0.0	-107.5	8.3	1456.7	16847	456.4
7	S	4.49	50.0	0.0	-107.5	8.3	1456.7	16847	456.4
8	S	4.49	50.0	0.0	-107.5	8.3	1456.7	16847	456.4
9	S	4.49	50.0	0.0	-107.5	8.3	1456.7	16847	456.4
10	S	2.09	50.0	0.0	-47.0	8.3	1456.7	16115	456.4

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	-0.00071	0	0.500	20.0	75	0.00032 (0.00032)	380	0.123 (0.20)	0.00	2367.43
2	S	-0.00071	0	0.500	20.0	75	0.00032 (0.00032)	380	0.123 (0.20)	0.00	2367.43
3	S	-0.00071	0	0.500	20.0	75	0.00032 (0.00032)	380	0.123 (0.20)	0.00	2367.43
4	S	-0.00071	0	0.500	20.0	75	0.00032 (0.00032)	380	0.123 (0.20)	0.00	2367.43
5	S	-0.00071	0	0.500	20.0	75	0.00032 (0.00032)	380	0.123 (0.20)	0.00	2367.43
6	S	-0.00071	0	0.500	20.0	75	0.00032 (0.00032)	380	0.123 (0.20)	0.00	2367.43
7	S	-0.00071	0	0.500	20.0	75	0.00032 (0.00032)	380	0.123 (0.20)	0.00	2367.43
8	S	-0.00071	0	0.500	20.0	75	0.00032 (0.00032)	380	0.123 (0.20)	0.00	2367.43
9	S	-0.00071	0	0.500	20.0	75	0.00032 (0.00032)	380	0.123 (0.20)	0.00	2367.43
10	S	-0.00031	0	0.500	20.0	75	0.00014 (0.00014)	375	0.053 (0.20)	0.00	2421.98

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.09	50.0	0.0	-47.0	8.3	1456.7	16115	456.4

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00031	0	0.500	20.0	75	0.00014 (0.00014)	375	0.053 (0.20)	0.00	2421.98

4.9.2 Muro frontale

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

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 2.40 x 13.45 m

Armatura verticale

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

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

Armatura orizzontale

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

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

Per la verifica a taglio della sezione si considera l'area di ferro necessaria, come indicata dal codice di calcolo, e si assegna una armatura equivalente; in particolare si utilizzeranno:

Spille $9\phi 10/mq$.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	50 di 63

Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 * \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	1345.0
3	240.0	1345.0
4	240.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	9.0	9.0	26
2	9.0	1336.0	26
3	231.0	1336.0	26
4	231.0	9.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	132	26
2	3	4	132	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
Passo staffe: 1.9 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	19152.86	8483.39	32186.71	690.35	9039.58
2	18393.49	12849.29	31882.96	690.35	9039.58
3	15560.51	5060.13	30749.77	690.35	9039.58
4	18013.80	7627.58	37288.77	690.35	9709.18

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	51 di 63

5	17521.72	10075.95	37091.94	690.35	9709.18
6	15560.51	5060.13	30749.77	690.35	9039.58
7	18013.80	10316.78	31731.09	1014.35	9039.58
8	17521.72	12765.15	31534.26	1014.35	9039.58
9	15560.51	5060.13	30749.77	690.35	9039.58
10	15560.51	5120.61	30749.77	720.95	9039.58
11	14951.99	8006.39	24231.95	600.35	6534.98
12	14192.61	12372.29	23928.20	600.35	6534.98
13	11359.64	4583.13	22795.01	600.35	6534.98
14	13812.93	7150.58	29334.00	600.35	7204.58
15	13812.93	7150.58	29334.00	600.35	7204.58
16	13320.85	9598.95	29137.17	600.35	7204.58
17	11359.64	4583.13	22795.01	600.35	6534.98
18	13812.93	9839.78	23776.32	924.35	6534.98
19	13320.85	12288.15	23579.49	924.35	6534.98
20	11359.64	4583.13	16844.27	600.35	5118.14
21	11670.17	4649.97	50325.08	817.20	11123.31
22	11049.11	4609.84	50220.35	817.20	11123.31
23	12089.87	14579.83	24514.15	2314.33	5815.12
24	11468.81	14539.69	24409.42	2314.33	5815.12
25	12926.93	5602.34	24681.34	865.20	5815.12
26	10856.74	5468.57	24332.24	865.20	5815.12

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	11359.64	4066.20	20674.81
2	14020.64	5951.94	22166.92
3	13458.14	9185.94	21941.92
4	11359.64	3416.19	21102.52
5	13176.89	5318.00	25946.22
6	12812.39	7131.62	25800.42
7	11359.64	3416.19	21102.52
8	13176.89	7310.00	21829.42
9	12812.39	9123.62	21683.62
10	11359.64	3416.19	16694.57

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	13355.39	3176.60 (9624.68)	20691.91 (62693.87)
2	12933.51	5602.10 (16450.30)	20523.16 (60265.34)
3	11359.64	1274.78 (3937.61)	19893.61 (61448.32)
4	12722.58	2701.14 (6846.52)	23526.38 (59631.75)
5	12449.20	4061.35 (10142.05)	23417.03 (58477.28)
6	11359.64	1274.78 (3937.61)	19893.61 (61448.32)
7	12722.58	4195.14 (12529.01)	20438.78 (61041.49)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	52 di 63

8	12449.20	5555.35 (16303.16)	20329.43 (59660.30)
9	11359.64	1274.78 (3937.61)	19893.61 (61448.32)
10	11359.64	1368.96 (5549.56)	16266.86 (65943.44)

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	11359.64	1381.71 (3947.60)	21102.52 (60290.69)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.9 cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	19152.86	8483.39	32186.71	19153.11	22220.57	83925.58	2.611422.9(968.4)	
2	S	18393.49	12849.29	31882.96	18393.60	33601.65	83051.11	2.611422.9(968.4)	
3	S	15560.51	5060.13	30749.77	15560.80	13313.89	80003.25	2.601422.9(968.4)	
4	S	18013.80	7627.58	37288.77	18014.04	16981.04	82692.62	2.221422.9(968.4)	
5	S	17521.72	10075.95	37091.94	17521.45	21961.83	82140.12	2.211422.9(968.4)	
6	S	15560.51	5060.13	30749.77	15560.80	13313.89	80003.25	2.601422.9(968.4)	
7	S	18013.80	10316.78	31731.09	18013.74	26783.87	82661.29	2.601422.9(968.4)	
8	S	17521.72	12765.15	31534.26	17521.48	33173.63	82102.38	2.601422.9(968.4)	
9	S	15560.51	5060.13	30749.77	15560.80	13313.89	80003.25	2.601422.9(968.4)	
10	S	15560.51	5120.61	30749.77	15560.70	13286.94	80003.28	2.601422.9(968.4)	
11	S	14951.99	8006.39	24231.95	14952.22	26556.68	79301.82	3.281422.9(968.4)	
12	S	14192.61	12372.29	23928.20	14192.91	40655.44	78421.87	3.281422.9(968.4)	
13	S	11359.64	4583.13	22795.01	11359.52	15222.02	75370.78	3.311422.9(968.4)	
14	S	13812.93	7150.58	29334.00	13812.69	18947.32	78068.30	2.661422.9(968.4)	
15	S	13812.93	7150.58	29334.00	13812.69	18947.32	78068.30	2.661422.9(968.4)	
16	S	13320.85	9598.95	29137.17	13320.85	25594.40	77511.92	2.661422.9(968.4)	
17	S	11359.64	4583.13	22795.01	11359.52	15222.02	75370.78	3.311422.9(968.4)	
18	S	13812.93	9839.78	23776.32	13812.78	32162.25	78034.09	3.281422.9(968.4)	
19	S	13320.85	12288.15	23579.49	13320.77	40255.94	77464.95	3.281422.9(968.4)	
20	S	11359.64	4583.13	16844.27	11359.38	20776.89	75361.76	4.481422.9(968.4)	
21	S	11670.17	4649.97	50325.08	11670.13	6978.56	75734.06	1.501422.9(968.4)	
22	S	11049.11	4609.84	50220.35	11048.95	7155.93	75046.79	1.491422.9(968.4)	
23	S	12089.87	14579.83	24514.15	12089.72	45290.41	76092.86	3.101422.9(968.4)	
24	S	11468.81	14539.69	24409.42	11468.74	44824.80	75410.90	3.091422.9(968.4)	

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	53 di 63

25	S	12926.93	5602.34	24681.34	12926.87	17246.37	77103.60	3.121422.9(968.4)
26	S	10856.74	5468.57	24332.24	10856.76	16780.53	74822.78	3.071422.9(968.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	240.0	1345.0	0.00160	231.0	1336.0	-0.04585	9.0	9.0
2	0.00350	240.0	1345.0	0.00173	231.0	1336.0	-0.04288	9.0	9.0
3	0.00350	240.0	1345.0	0.00134	231.0	1336.0	-0.05225	9.0	9.0
4	0.00350	240.0	1345.0	0.00149	231.0	1336.0	-0.04861	9.0	9.0
5	0.00350	240.0	1345.0	0.00155	231.0	1336.0	-0.04726	9.0	9.0
6	0.00350	240.0	1345.0	0.00134	231.0	1336.0	-0.05225	9.0	9.0
7	0.00350	240.0	1345.0	0.00163	231.0	1336.0	-0.04530	9.0	9.0
8	0.00350	240.0	1345.0	0.00170	231.0	1336.0	-0.04361	9.0	9.0
9	0.00350	240.0	1345.0	0.00134	231.0	1336.0	-0.05225	9.0	9.0
10	0.00350	240.0	1345.0	0.00134	231.0	1336.0	-0.05226	9.0	9.0
11	0.00350	240.0	1345.0	0.00153	231.0	1336.0	-0.04792	9.0	9.0
12	0.00350	240.0	1345.0	0.00170	231.0	1336.0	-0.04386	9.0	9.0
13	0.00350	240.0	1345.0	0.00122	231.0	1336.0	-0.05544	9.0	9.0
14	0.00350	240.0	1345.0	0.00137	231.0	1336.0	-0.05167	9.0	9.0
15	0.00350	240.0	1345.0	0.00137	231.0	1336.0	-0.05167	9.0	9.0
16	0.00350	240.0	1345.0	0.00146	231.0	1336.0	-0.04963	9.0	9.0
17	0.00350	240.0	1345.0	0.00122	231.0	1336.0	-0.05544	9.0	9.0
18	0.00350	240.0	1345.0	0.00157	231.0	1336.0	-0.04692	9.0	9.0
19	0.00350	240.0	1345.0	0.00167	231.0	1336.0	-0.04468	9.0	9.0
20	0.00350	240.0	1345.0	0.00132	231.0	1336.0	-0.05318	9.0	9.0
21	0.00350	240.0	1345.0	0.00107	231.0	1336.0	-0.05906	9.0	9.0
22	0.00350	240.0	1345.0	0.00105	231.0	1336.0	-0.05961	9.0	9.0
23	0.00350	240.0	1345.0	0.00170	231.0	1336.0	-0.04400	9.0	9.0
24	0.00350	240.0	1345.0	0.00167	231.0	1336.0	-0.04465	9.0	9.0
25	0.00350	240.0	1345.0	0.00132	231.0	1336.0	-0.05299	9.0	9.0
26	0.00350	240.0	1345.0	0.00124	231.0	1336.0	-0.05510	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	0.000210362	0.000000564	-0.047746035	----	----
2	0.000196028	0.000000825	-0.044656462	----	----
3	0.000239395	0.000000339	-0.054410425	----	----
4	0.000223053	0.000000439	-0.050623592	----	----
5	0.000216450	0.000000569	-0.049213595	----	----
6	0.000239395	0.000000339	-0.054410425	----	----
7	0.000207336	0.000000676	-0.047169628	----	----
8	0.000199178	0.000000824	-0.045410753	----	----
9	0.000239395	0.000000339	-0.054410425	----	----
10	0.000239441	0.000000338	-0.054420639	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	54 di 63

11	0.000218646	0.000000681	-0.049890763	----	----
12	0.000199232	0.000001005	-0.045666904	----	----
13	0.000252788	0.000000405	-0.057714134	----	----
14	0.000235981	0.000000496	-0.053802278	----	----
15	0.000235981	0.000000496	-0.053802278	----	----
16	0.000226155	0.000000663	-0.051669381	----	----
17	0.000252788	0.000000405	-0.057714134	----	----
18	0.000213559	0.000000818	-0.048854128	----	----
19	0.000202752	0.000001005	-0.046512244	----	----
20	0.000242203	0.000000550	-0.055369049	----	----
21	0.000269967	0.000000151	-0.061494736	----	----
22	0.000272321	0.000000155	-0.062066004	----	----
23	0.000199151	0.000001123	-0.045807188	----	----
24	0.000201947	0.000001120	-0.046473121	----	----
25	0.000241841	0.000000466	-0.055168919	----	----
26	0.000250988	0.000000468	-0.057367280	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm
Passo staffe: 1.9 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallele. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/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	9041.40	101173.39	11648.00234.0	225.0	1344.6	2.500	1.032	41.1	52.9(0.0)
2	S	9042.41	101021.38	11643.56234.0	225.0	1344.7	2.500	1.030	41.1	52.9(0.0)
3	S	9040.55	100870.97	11673.63234.5	225.5	1345.3	2.500	1.026	41.0	52.9(0.0)
4	S	9710.52	101153.15	11659.20234.3	225.3	1345.5	2.500	1.030	44.1	52.9(0.0)
5	S	9710.96	100987.59	11657.03234.2	225.2	1344.6	2.500	1.029	44.1	52.9(0.0)
6	S	9040.55	100870.97	11673.63234.5	225.5	1345.3	2.500	1.026	41.0	52.9(0.0)
7	S	9042.84	101014.70	11650.55234.1	225.1	1344.6	2.500	1.030	41.1	52.9(0.0)
8	S	9043.70	100921.75	11648.38234.0	225.0	1344.7	2.500	1.029	41.1	52.9(0.0)
9	S	9040.55	100870.97	11673.63234.5	225.5	1345.3	2.500	1.026	41.0	52.9(0.0)
10	S	9040.59	100871.05	11673.65234.5	225.5	1345.3	2.500	1.026	41.0	52.9(0.0)
11	S	6536.82	100658.02	11666.67234.4	225.4	1344.6	2.500	1.025	29.6	52.9(0.0)
12	S	6537.93	100502.27	11661.29234.3	225.3	1344.8	2.500	1.023	29.7	52.9(0.0)
13	S	6535.94	100353.67	11692.30234.9	225.9	1345.4	2.500	1.019	29.6	52.9(0.0)
14	S	7205.83	100643.48	11678.70234.6	225.6	1345.5	2.500	1.023	32.6	52.9(0.0)
15	S	7205.83	100643.48	11678.70234.6	225.6	1345.5	2.500	1.023	32.6	52.9(0.0)
16	S	7206.31	100467.01	11675.27234.6	225.6	1344.6	2.500	1.022	32.7	52.9(0.0)
17	S	6535.94	100353.67	11692.30234.9	225.9	1345.4	2.500	1.019	29.6	52.9(0.0)
18	S	6538.48	100494.30	11668.58234.4	225.4	1344.7	2.500	1.023	29.6	52.9(0.0)
19	S	6539.49	100404.35	11666.39234.4	225.4	1344.8	2.500	1.022	29.7	52.9(0.0)
20	S	5119.49	100257.12	11688.43234.8	225.8	1344.5	2.500	1.019	23.2	52.9(0.0)
21	S	11123.77	100417.10	11695.97235.0	226.0	1345.1	2.500	1.019	50.3	52.9(0.0)
22	S	11123.78	100337.86	11698.46235.0	226.0	1345.1	2.500	1.018	50.3	52.9(0.0)
23	S	5828.08	100239.46	11669.65234.5	225.5	1344.9	2.500	1.020	26.4	52.9(0.0)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	55 di 63

24	S	5827.86	100169.35	11673.31234.5	225.5	1344.9	2.500	1.019	26.4	52.9(0.0)
25	S	5816.77	100541.14	11683.85234.7	225.7	1345.5	2.500	1.021	26.3	52.9(0.0)
26	S	5816.72	100290.54	11693.92234.9	225.9	1345.4	2.500	1.018	26.3	52.9(0.0)

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.62	240.0	1345.0	-69.3	9.0	9.0	35950	711.4
2	S	2.84	240.0	1345.0	-65.7	9.0	9.0	36221	711.4
3	S	2.92	240.0	1345.0	-68.8	9.0	9.0	36305	711.4
4	S	2.65	240.0	1345.0	-71.5	9.0	9.0	35703	711.4
5	S	3.31	240.0	1345.0	-92.8	9.0	9.0	35984	711.4
6	S	3.36	240.0	1345.0	-94.8	9.0	9.0	36221	711.4
7	S	2.65	240.0	1345.0	-71.5	9.0	9.0	35703	711.4
8	S	2.85	240.0	1345.0	-68.6	9.0	9.0	36303	711.4
9	S	2.90	240.0	1345.0	-70.5	9.0	9.0	36305	711.4
10	S	2.09	240.0	1345.0	-45.1	9.0	9.0	36019	711.4

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00037	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	485	0.101 (0.20)	11548.05	58716.70
2	S	-0.00035	0	0.500	26.0	77	0.00020 (0.00020)	487	0.096 (0.20)	16220.99	60412.16
3	S	-0.00036	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	487	0.101 (0.20)	24114.63	57601.23
4	S	-0.00038	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	484	0.104 (0.20)	9528.42	58859.06
5	S	-0.00049	0	0.500	26.0	77	0.00028 (0.00028)	485	0.135 (0.20)	11742.03	57288.70
6	S	-0.00050	0	0.500	26.0	77	0.00028 (0.00028)	487	0.138 (0.20)	15476.77	55991.14
7	S	-0.00038	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	484	0.104 (0.20)	9528.42	58859.06
8	S	-0.00036	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	487	0.100 (0.20)	19581.50	58475.08
9	S	-0.00037	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	487	0.103 (0.20)	23933.72	56882.04
10	S	-0.00024	0	0.500	26.0	77	0.00014 (0.00014)	486	0.066 (0.20)	12921.48	63145.93

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	56 di 63

1	S	2.57	240.0	1345.0	-58.9	9.0	9.0	35653	711.4
2	S	2.63	240.0	1345.0	-61.1	9.0	9.0	36228	711.4
3	S	2.43	240.0	1345.0	-63.1	9.0	9.0	33274	711.4
4	S	2.92	240.0	1345.0	-78.9	9.0	9.0	35041	711.4
5	S	2.96	240.0	1345.0	-80.4	9.0	9.0	35808	711.4
6	S	2.43	240.0	1345.0	-63.1	9.0	9.0	33274	711.4
7	S	2.58	240.0	1345.0	-61.0	9.0	9.0	36009	711.4
8	S	2.61	240.0	1345.0	-62.3	9.0	9.0	36226	711.4
9	S	2.43	240.0	1345.0	-63.1	9.0	9.0	33274	711.4
10	S	1.97	240.0	1345.0	-41.7	9.0	9.0	34319	711.4

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	-0.00031	0	0.500	26.0	77	0.00018 (0.00018)	483	0.085 (0.20)	9624.68	62693.87
2	S	-0.00032	0	0.500	26.0	77	0.00018 (0.00018)	487	0.089 (0.20)	16450.30	60265.34
3	S	-0.00033	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	469	0.089 (0.20)	3937.61	61448.32
4	S	-0.00042	0	0.500	26.0	77	0.00024 (0.00024)	479	0.113 (0.20)	6846.52	59631.75
5	S	-0.00043	0	0.500	26.0	77	0.00024 (0.00024)	484	0.117 (0.20)	10142.05	58477.28
6	S	-0.00033	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	469	0.089 (0.20)	3937.61	61448.32
7	S	-0.00032	0	0.500	26.0	77	0.00018 (0.00018)	486	0.089 (0.20)	12529.01	61041.49
8	S	-0.00033	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	487	0.091 (0.20)	16303.16	59660.30
9	S	-0.00033	0	0.500	26.0	77	0.00019 (0.00019)	469	0.089 (0.20)	3937.61	61448.32
10	S	-0.00022	0	0.500	26.0	77	0.00013 (0.00013)	475	0.059 (0.20)	5549.56	65943.44

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.59	240.0	1345.0	-70.5	9.0	9.0	33313	711.4

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	-0.00037	0	0.500	26.0	77	0.00021 (0.00021)	469	0.099 (0.20)	3947.60	60290.69

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 :

$$N_{\max} = 6741 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$T_{\max} = 1007 \text{ kN (CC. SLU)}$$

$$N_{\max} = 5728 \text{ kN (CC. SLV)}$$

$$T_{\max} = 1195 \text{ kN (CC. SLV)}$$

4.9.3.1 Unghia anteriore platea fondazione

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

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

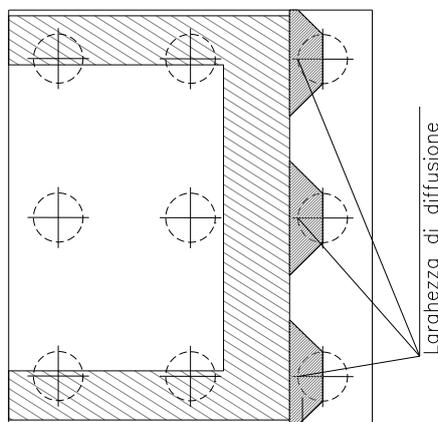
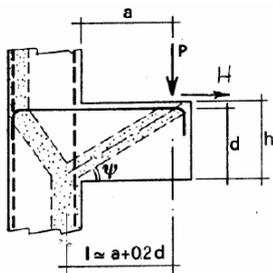


Figura 3 – Diffusione delle azioni dal palo al muro frontale

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° 7/19.

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTOLE.



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

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

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

Pr : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

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

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

Dati di progetto

$b(m) =$	3.90	m	dimensione trasversale verifica
$P_{Ed} (KN) =$	6741.00	KN	Carico complessivo VERTICALE sulla fascia di dimensione b
$H_{Ed} (KN) =$	1007.00	KN	Carico complessivo ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b
$a(m) =$	1.20	m	distanza P da incastro
$h(m) =$	2.50	m	spessore mensola
$\delta(m) =$	0.12	m	copriferro riferito al baricentro delle armature complessive in trazione
$d(m) =$	2.38	m	altezza utile
$l(m) =$	1.68	m	$a + 0,2d$
$\lambda =$	0.78		$\lambda = \text{ctg} \psi \approx l / (0,9d)$

Tipo di mensola (Valutazione coefficiente c)

sblazi di piastre (no staffatura)

$c(m) =$

Caratteristiche Materiali

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

Caratteristiche Armature di Progetto

Registro tipo	R1				
$n^\circ R1 =$	1	$\phi 1(mm) =$	22.0	$p1(cm) =$	10.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	380.13	$nb \text{ tot } 1 =$	39.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	14825.16
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	14825.16
Registro tipo	R2				
$n^\circ R2 =$	1	$\phi 2(mm) =$	22.0	$p2(cm) =$	10.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	380.13	$nb \text{ tot } 2 =$	39.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	14825.16
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	14825.16
Registro tipo	R3				
$n^\circ R3 =$	0	$\phi 3(mm) =$	24.0	$p3(cm) =$	10.0
$A_{\phi i} (mm^2) =$	452.39	$nb \text{ tot } 3 =$	0.0	$A_{\phi \text{ TOT}} (mm^2) =$	0.00
				$A_{\phi \text{ CAL}} (mm^2) =$	0.00

Verifiche di resistenza

$\Psi =$	<input type="text" value="0.907"/>	rad	=	<input type="text" value="51.96"/>	°
$P_{Rs} =$	<input type="text" value="13529.7"/>	KN		<input type="text" value="PRs > PEd - Verifica Soddisfatta"/>	
$P_{Rc} =$	<input type="text" value="32471.0"/>	KN		<input type="text" value="PRc > PRs - Verifica Soddisfatta"/>	

4.9.4 Palo di fondazione

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

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

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 3.20$ (vedi relazione geotecnica)

Nz,A [kN]	Mxx [kNm]	Myy [kNm]	Ty,A [kN]
6741	3221		1007
2541	3221		1007
5728	3824		1195
1245	3824		1195

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare $\varnothing 150$ cm

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

La lunghezza del palo è pari a $L = 43.00$ m

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50	daN/cm ²
	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 ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 * \beta 2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta 1 * \beta 2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	60 di 63

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

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

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

ARMATURE A TAGLIO

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

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	6741.00	3221.00	0.00	1007.00	0.00
2	2541.00	3221.00	0.00	1007.00	0.00
3	5728.00	3824.00	0.00	1195.00	0.00
4	1245.00	3824.00	0.00	1195.00	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	4818.00	2189.00	0.00
2	2603.00	2189.00	0.00

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	61 di 63

con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	4611.00	2084.00 (2202.35)	0.00 (0.00)
2	2672.00	2084.00 (1629.49)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.3	cm

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	6741.00	3221.00	0.00	6741.02	8414.40	0.00	2.61	339.8(53.0)
2	S	2541.00	3221.00	0.00	2540.91	7622.17	0.00	2.37	339.8(53.0)
3	S	5728.00	3824.00	0.00	5728.14	8281.44	0.00	2.17	339.8(53.0)
4	S	1245.00	3824.00	0.00	1244.71	7279.85	0.00	1.90	339.8(53.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00302	0.0	66.0	-0.00398	0.0	-66.0
2	0.00350	0.0	75.0	0.00290	0.0	66.0	-0.00597	0.0	-66.0
3	0.00350	0.0	75.0	0.00300	0.0	66.0	-0.00437	0.0	-66.0
4	0.00350	0.0	75.0	0.00284	0.0	66.0	-0.00679	0.0	-66.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000053047	-0.000478534	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	62 di 63

2	0.000000000	0.000067135	-0.001535132	----	----
3	0.000000000	0.000055814	-0.000686062	----	----
4	0.000000000	0.000072944	-0.001970795	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

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

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = 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.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/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	1007.00	4063.04	2811.50	118.5	97.0	137.2	2.500	1.250	10.6	29.6(0.0)
2	S	1007.00	3751.84	2986.98	119.7	103.1	135.3	2.500	1.102	10.0	29.6(0.0)
3	S	1195.00	4052.59	2846.48	118.5	98.2	137.5	2.500	1.229	12.4	29.6(0.0)
4	S	1195.00	3613.96	3043.65	120.1	105.0	134.3	2.500	1.050	11.6	29.6(0.0)

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [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	7.42	0.0	1345.0	-49.6	0.0	-66.0	1135	42.5
2	S	7.22	0.0	1345.0	-98.2	0.0	-66.0	1988	74.3

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

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40	D 09 CL	NW 02 00 003	C	63 di 63

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	-0.00030	0	0.500	26.0	77	0.00015 (0.00015)	380	0.056 (0.20)	2192.76	0.00
2	S	-0.00056	0	0.500	26.0	77	0.00029 (0.00029)	380	0.112 (0.20)	1588.19	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	7.07	0.0	1345.0	-46.8	0.0	-66.0	1135	42.5
2	S	6.89	0.0	1345.0	-88.4	0.0	-66.0	1879	74.3

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00028	0	0.500	26.0	77	0.00014 (0.00014)	380	0.053 (0.20)	2202.35	0.00
2	S	-0.00050	0	0.500	26.0	77	0.00027 (0.00027)	374	0.099 (0.20)	1629.49	0.00