

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 4A)

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI07 – Doppio Binario

Relazione di calcolo Spalla B

SCALA:

-

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

RS3U 40 D 09 CL VI0704 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Da
A	1° AGGIORNAMENTO A CONSEGNA CS LLPP	G. Grimaldi 	Mag. 2020	A.Ferri 	Mag. 2020	A. Barreca 	Mag. 2020	A. Vittozzi Mag. 2020

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Insieme degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A.20783

File: RS3U40D09CLVI0704002A.doc

n. Elab.: 09_161_1

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	8
3	MATERIALI	9
3.1	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	10
3.2	VERIFICA S.L.E.....	11
3.2.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	11
3.2.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	12
4	ANALISI E VERIFICHE SPALLA B (FISSA)	13
4.1	GENERALITÀ	13
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE	13
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	14
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA	19
4.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA	20
4.6	CARATTERISTICHE DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA	21
4.7	INPUT_ANALISI DEI CARICHI	22
4.7.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i>	22
4.7.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i>	22
4.7.3	<i>Azione del Vento</i>	23
4.7.4	<i>Carichi da traffico verticali</i>	25
4.7.5	<i>Effetti dinamici</i>	27
4.7.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i>	28
4.7.7	<i>Sovraccarico sul terrapieno</i>	29

4.7.8	<i>Spinta del sovraccarico permanente condizioni statiche</i>	31
4.7.9	<i>Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche</i>	32
4.7.10	<i>Azione sismica</i>	33
4.7.11	<i>Incremento di spinta indotto dai sovraccarichi accidentale e permanente</i>	40
4.7.12	<i>Forze inerziali dovute al sisma</i>	40
4.7.13	<i>Calcolo delle sollecitazioni in testa pali</i>	42
4.7.14	<i>Riepilogo risultati</i>	43
4.8	SOLLECITAZIONI	45
4.8.1	<i>Plinto di fondazione</i>	45
4.9	PALI DI FONDAZIONE	46
4.10	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	47
4.10.1	<i>Palo di fondazione L= 30 m</i>	48
4.10.2	<i>Plinto di fondazione</i>	54
4.10.3	<i>Verifiche locali soletta e piedritti</i>	57
4.11	INCIDENZE	96

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di resistenza secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) di una delle spalle del viadotto ferroviario VI07 della tratta ferroviaria Palomba-Catenanuova, viadotto ferroviario previsto nell'ambito del progetto definitivo lungo la direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo del nuovo collegamento Palermo-Catania. In particolare si tratterà la spalla B che presenta gli 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

Il viadotto VI07, a doppio binario, si estende dal km 11+732.708 al km 12+553.251 per uno sviluppo complessivo di 820.54 m ed è costituito da 15 campate isostatiche con 2 cassoncini in cap di luce 25m, 1 campata isostatica in acciaio con 1 cassone di luce 50m.

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

La fondazione della spalla B è costituita da un plinto fondato su 12 pali di diametro 1500 mm sono distanziati di un interasse di almeno 4.5 m. Si è assunta una distanza dal bordo degli stessi di 1.25 m.

Il plinto presenta uno spessore di 2.00 metri e una pianta rettangolare di 16.00 x 11.50 m.

Nella parte sommitale del muro frontale sono disposti gli apparecchi di appoggio dell'impalcato secondo lo schema di figura seguente:

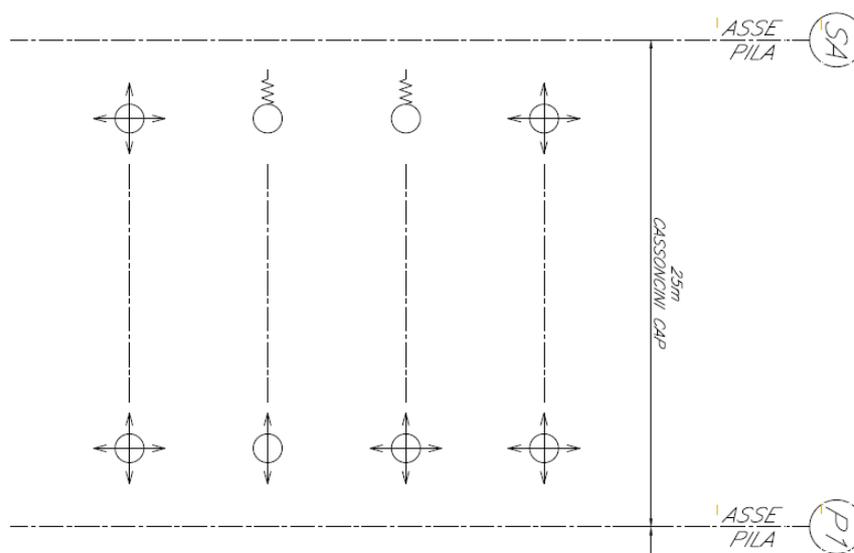


Figura 1-1-1: schema appoggi

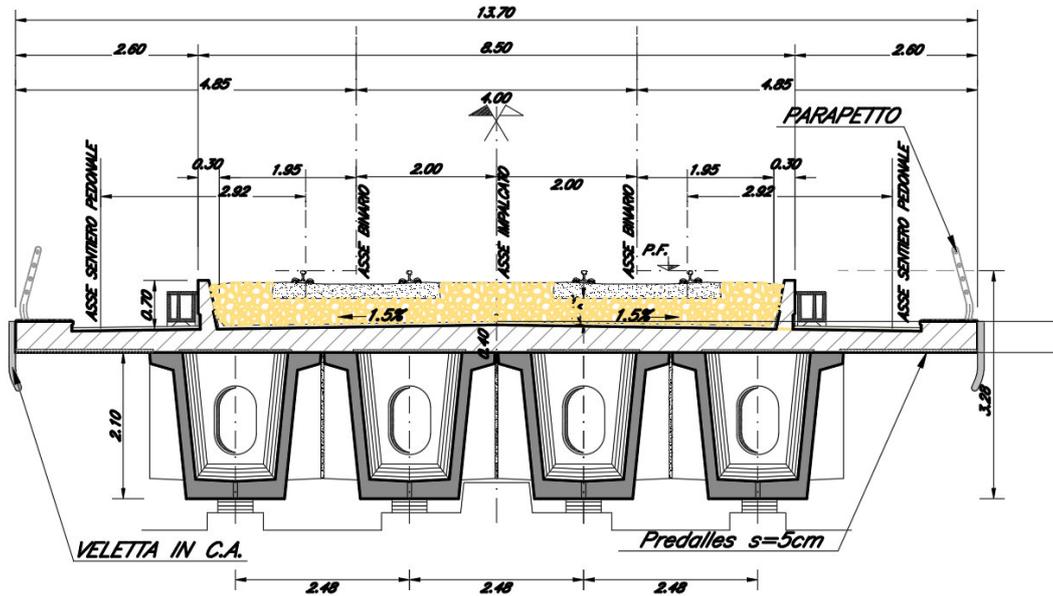


Figura 1-2: sezione trasversale impalcato tipo in cap 25m doppio binario

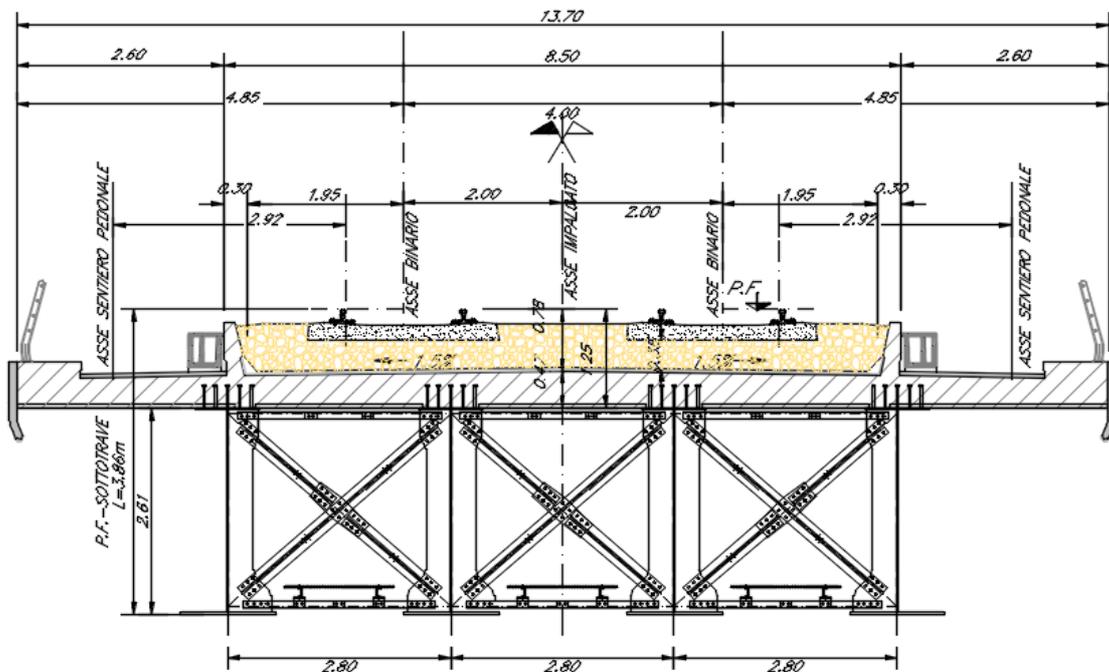


Figura 1-3 - sezione trasversale impalcato tipo in acciaio 40m doppio binario

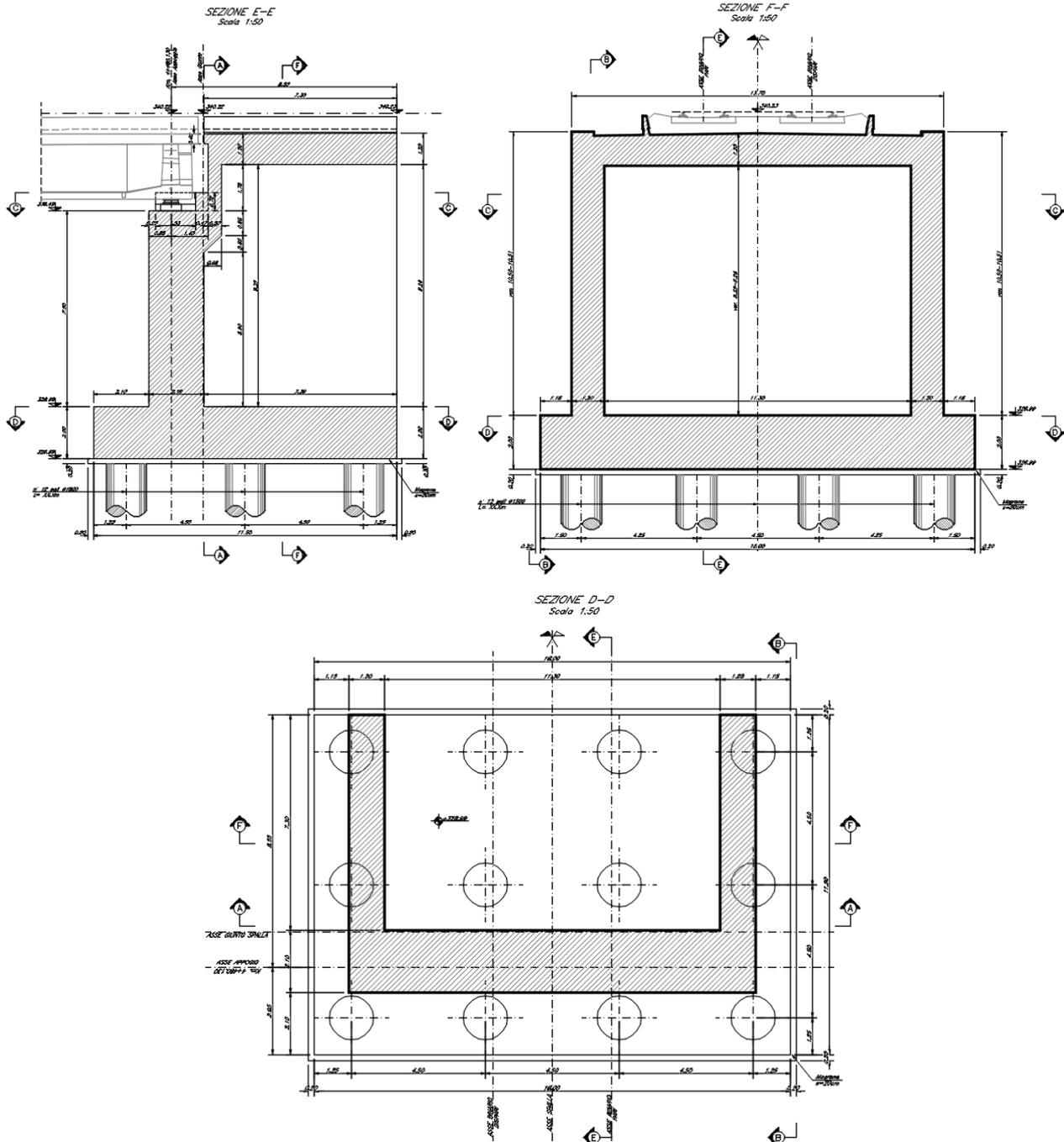


Figura 1-5: elaborati grafici spalla B (fissa)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B	FOGLIO 8 di 96

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»;*
- *Circolare 21 gennaio 2019, n 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” » di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture;*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale;*
- *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea 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 (rif: 09_002):

CALCESTRUZZO MAGRO E GETTO DI LIVELLAMENTO

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

CALCESTRUZZO PALI DI FONDAZIONE, CORDOLI

OPERE PROVVISORIALI

- 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 FONDAZIONE PILE, SPALLE E SOLETTONI

- 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 PILE (COMPRESI PULVINI, BAGGIOLI E RITEGNI), SPALLE E STRUTTURE SCATOLARI

- 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

CALCESTRUZZO SOLETTE IMPALCATO

- CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C32/40
- TIPO CEMENTO CEM I+V
- RAPPORTO A/C : ≤ 0.50
- CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA : S4
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC4
- COPRIFERRO = 40 mm (*)
- DIAMETRO MASSIMO INERTI : 20 mm

ACCIAIO ORDINARIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

IN BARRE E RETI ELETTROSALDATE

B450C saldabile che presenta le seguenti caratteristiche :

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

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

3.1 Stratigrafia e parametri geotecnici

STRATIGRAFIA		
Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m] da p.c.
a2	Limi e limi argillosi con subordinate sabbie limose	0.0÷13.0
TRV	Argille limose e argille marnose	>13.0
FALDA di calcolo: testa palo		

Nel seguito si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate:

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E_{op} [MPa]	E_{mr0} [MPa]	E_{mr} [MPa]	k_h [kN/m ²]
a2	20	50	26	22	-	-	20	
TRV	20	200	26	19	-	-	80	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

3.2 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 attesa, secondo quanto di seguito specificato

3.2.1 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" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specificazione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario", 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 $0,75 f_{yk}$.

Per il caso in esame risulta in particolare per l'elevazione:

CALCESTRUZZO

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{12.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{16.89} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

ACCIAIO

$$\sigma_{s \text{ max}} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica Rara})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

3.2.2 Verifiche a fessurazione

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

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

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

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

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

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

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

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

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 par. 4.1.2.2.4.2 del DM 17.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura del D.M. 9 gennaio 1996, in accordo a quanto previsto al punto " C4.1.2.2.4.5 Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare del 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.

4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA B (FISSA)

4.1 Generalità

Le spalle presentano una configurazione a paramento di spessore 2.10 m e muri di risvolto per il contenimento del rilevato retrostante di spessore variabile tra 1.20 e 0.00 m. L'altezza della spalla B (escluso paraghiaia) è pari a 7.50 m.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 0.50 m ed altezza di circa 1.75 m dalla testa muro frontale.

Le fondazioni sono realizzate su pali di diametro 1500 mm collegate in testa da una platea di spessore 2.00 m.

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 frontale, paraghiaia e muro andatore 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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

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, 5.1.3.14. 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_{ki} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

	Azioni	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾ ⁽³⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

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

(2) Si usano gli stessi coefficienti Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

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

Le verifiche di sicurezza strutturali sono state condotte utilizzando, in ottemperanza alle NTC18, la combinazione:

A1	M1	R3
----	----	----

Nelle tabelle seguenti, si riportano i dati relativamente alle combinazioni SLU, SLV ed SLE.

Elemento	M1	k0	A1+M1+R1 sovr centr				A1+M1+R1 sovr non centr			
			Att.	γ	ψ	Coeff.	Att.	γ	ψ	Coeff.
Peso proprio			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
muro frontale			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
paraghiaia frontale			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
muro sinistro			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
bandiera muro sx			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
paraghiaia sinistro			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
muro destro			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
bandiera muro dx			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
paraghiaia destro			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
platea			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
terr riemp su platea			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
Spinte statiche M1 (k0)			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
spinta terre su MF			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
spinta terre su MS			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
spinta terre su MD			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
Spinte statiche M1 (ka)			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00
spinta terre su MF			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00
spinta terre su MS			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00
spinta terre su MD			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00
Δ Spinte sismiche Mononobe-Okabe M1 (k0)			0.00			0.00	0.00			0.00
sovraspinta sismica su MF			0.00			0.00	0.00			0.00
sovraspinta sismica su MS			0.00			0.00	0.00			0.00
sovraspinta sismica su MD			0.00			0.00	0.00			0.00
Spinte statiche sovraccarico ballast M1			1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
spinta oriz sovracc su MF			1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
spinta oriz sovracc su MS			1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
spinta oriz sovracc su MD			1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
peso sovraccarico su platea			1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
Spinte sismiche sovraccarico ballast			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MF			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MS			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MD			0.00			0.00	0.00			0.00
inerzie X sovraccarico ballast			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MF			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MS			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MD			0.00			0.00	0.00			0.00
Spinte statiche sovraccarico M1			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
spinta oriz sovracc su MF			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
spinta oriz sovracc su MS			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
spinta oriz sovracc su MD			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
peso sovraccarico su platea			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
Spinte sismiche sovraccarico accidentale			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MF			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MS			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MD			0.00			0.00	0.00			0.00
inerzie X sovracc accidentale			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MF			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MS			0.00			0.00	0.00			0.00
spinta oriz sovracc su MD			0.00			0.00	0.00			0.00
Inerzia X spalla			0.00			0.00	0.00			0.00
muro frontale			0.00			0.00	0.00			0.00
paraghiaia frontale			0.00			0.00	0.00			0.00
muro sinistro			0.00			0.00	0.00			0.00
paraghiaia sinistro			0.00			0.00	0.00			0.00
muro destro			0.00			0.00	0.00			0.00
paraghiaia destro			0.00			0.00	0.00			0.00
platea			0.00			0.00	0.00			0.00
Inerzia X terre			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp inf MF			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp sup TPF			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp inf MD			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp sup TPD			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp inf MS			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp sup TPS			0.00			0.00	0.00			0.00
Inerzia Y spalla			0.00			0.00	0.00			0.00
muro frontale			0.00			0.00	0.00			0.00
paraghiaia frontale			0.00			0.00	0.00			0.00
muro sinistro			0.00			0.00	0.00			0.00
paraghiaia sinistro			0.00			0.00	0.00			0.00
muro destro			0.00			0.00	0.00			0.00
paraghiaia destro			0.00			0.00	0.00			0.00
platea			0.00			0.00	0.00			0.00
Inerzia Y terre			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp inf MF			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp sup TPF			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp inf MD			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp sup TPD			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp inf MS			0.00			0.00	0.00			0.00
Ter di riemp sup TPS			0.00			0.00	0.00			0.00
Azioni da impalcato:			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
permanenti strutturali			1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50
permanenti non strutturali			0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
altre azioni permanenti			0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
distorsioni e presollecitazioni			0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
Ritiro			0.00	1.2	1	0.00	0.00	1.2	1	0.00
variazioni termiche			1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90
viscosità			0.00	1.2	0.5	0.00	0.00	1.2	0.5	0.00
carichi mobili			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
frenatura			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
azione centrifuga			1.00	1.45	0.5	0.73	1.00	1.45	0.5	0.73
serpeggio			1.00	1.45	0.5	0.73	1.00	1.45	0.5	0.73
vento ponte scarico			1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90
vento ponte carico			1.00	1.5	0.6	0.90	1.00	1.5	0.6	0.90
sisma (direzione y) carichi permanenti			0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
sisma (direzione x) carichi permanenti			0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
sisma (direzione z) carichi permanenti			0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
resistenze parassite			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35
attrito carichi mobili			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45
azione laterale			0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
altre azioni variabili (acc. servizio)			0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.5	1	0.00
Inerz X perm/acc impalc			0.00			0.00	0.00			0.00
Inerzia X perm impalc			0.00			0.00	0.00			0.00
Inerz Y perm/acc impalc			0.00			0.00	0.00			0.00
Inerzia Y perm impalc			0.00			0.00	0.00			0.00

Figura 4-1: coefficienti combinazioni SLU

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

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

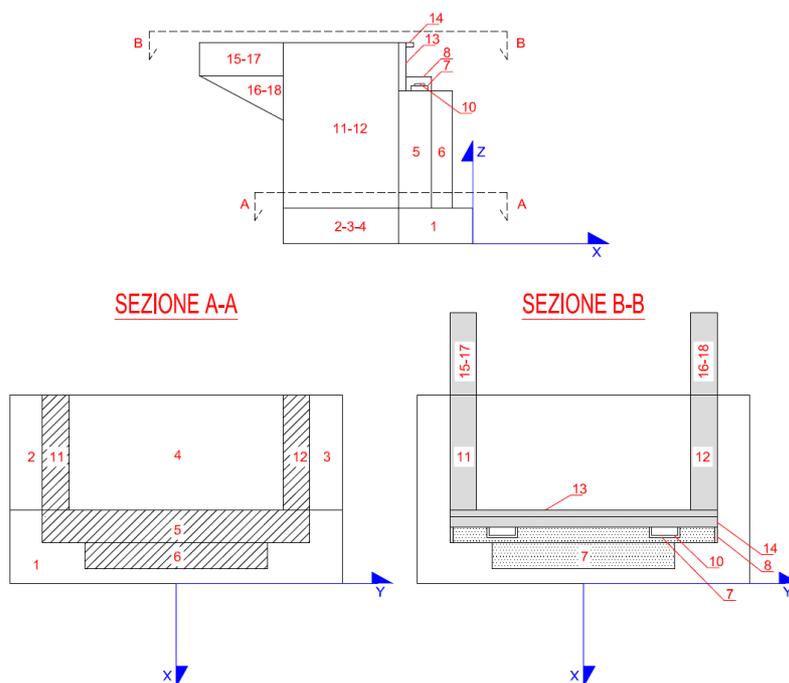


Figura 4-4: Schema qualitativo della geometria della spalla

PESO PROPRIO SPALLA - GEOMETRIA		quantità	LX [m]	LY [m]	LZ [m]	Volume	γ [kN/m ³]	Peso [kN]
1	PORZIONE TRASVERSALE DELLA FONDAZIONE		4.20	16.00	2.00	134.40	25.00	-3360.00
2	PORZIONE LONGITUDINALE DELLA FONDAZIONE ($y < 0$)		7.30	1.15	2.00	16.79	25.00	-419.75
3	PORZIONE LONGITUDINALE DELLA FONDAZIONE ($y > 0$)		7.30	1.15	2.00	16.79	25.00	-419.75
4	COMPLEMENTAMENTO DELLA FONDAZIONE		7.30	13.70	2.00	200.02	25.00	-5000.50
PESO TOTALE FONDAZIONE								-9200.00
5	MURO FRONTALE		2.10	13.70	7.50	215.78	25.00	-5394.38
6	RINGROSSO MURO FRONTALE (per appoggi)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
7	BAGGIOLI	4	1.56	0.40	0.25	0.62	25.00	-15.60
8	RITEGNI SISMICI TRASVERSALI	2	1.56	1.68	0.62	3.25	25.00	-81.24
9	RITEGNI SISMICI LONGITUDINALI	2	0.44	3.50	0.70	2.16	25.00	-53.90
10	APPARECCHI DI APPOGGIO	4			0.20			
11	MURO ANDATORE ($Y < 0$)		7.30	1.20	9.26	81.12	25.00	-2027.94
12	MURO ANDATORE ($Y > 0$)		7.30	1.20	9.26	81.12	25.00	-2027.94
13	MURO PARAGHIAIA		0.50	13.70	1.75	11.99	25.00	-299.69
11A	MURO PARAGHIAIA ANDATORE ($Y < 0$)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
12B	MURO PARAGHIAIA ANDATORE ($Y > 0$)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
14	MARTELLI		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
15	MURO 1		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
16	SOLETTA		7.30	13.70	1.20	120.01	25.00	-3000.30
17	MURO 2		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
18	-		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
19	MARCIAPIEDE ($y > 0$)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
20	MARCIAPIEDE ($y < 0$)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
21	GUARD-RAIL + BARRIERA SICUREZZA + VELETTA ($y > 0$)							0.00
22	GUARD-RAIL + BARRIERA SICUREZZA + VELETTA ($y < 0$)							0.00
TOTALE =								-22100.99

Figura 4-5: dati di input

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.6 Caratteristiche del terreno a monte della spalla

Sono state considerate caratteristiche geotecniche uguali per il terreno a tergo della fondazione, e quello contenuto entro i muri andatori. Tali valori sono riportati di seguito in tabella.

TERRENO DI MONTE		
ϕ'	angolo di attrito del terreno di monte	38 °
$\tan(\phi')$	tang. Dell'angolo di resistenza a taglio del terreno di monte	0.781
$\gamma\phi'$ M1	coeffic. Parziale di $\tan\phi'$ per la cond. M1	1
$\gamma\phi'$ M2	coeffic. Parziale di $\tan\phi'$ per la cond. M2	1.25
ϕ' M1	angolo di attrito per la cond. M1	38.00 °
ϕ' M2	angolo di attrito per la cond. M2	32.01 °
γ	peso per unità di volume del terreno	0 kN/m ³
δ esercizio M1	angolo di attrito terra-muro per le cond. Di esercizio M1	0.00 °
δ sismica M1	angolo di attrito terra-muro per le cond. sismiche M1	0.00 °
δ esercizio M2	angolo di attrito terra-muro per le cond. Di esercizio M2	0.00 °
δ sismica M2	angolo di attrito terra-muro per le cond. sismiche M2	0.00 °
H terreno	altezza terreno da estradosso fondazione	9.25 m
W_{terr}	peso totale terreno di monte	0.00 kN
β	inclinazione rispetto alla verticale del paramento	0 °
i	inclinazione rispetto all'orizz della superf del terrapieno	0 °
K_0 M1	coefficiente di spinta in quiete cond M1 $k_0=(1-\sin\phi)$	0.384
K_0 M2	coefficiente di spinta in quiete cond M2 $k_0=(1-\sin\phi)$	0.470
K_a M1	coeff di spinta attiva Muller-Breslau cond M1	0.238
K_a M2	coeff di spinta attiva Muller-Breslau cond M2	0.307
H tot	altezza totale di spinta (H terr + H fond)	11.25 m
c'_t	coesione del terreno a monte	0 kPa

Figura 4-6: caratteristiche del terreno a monte della spalla

TERRENO A TERGO	
ϕ'	38 °
$\tan(\phi')$	0.781
$\gamma\phi'$ M1	1
$\gamma\phi'$ M2	1.25
ϕ' M1	38.00 °
ϕ' M2	32.01 °
γ	0 kN/m ³
δ exerc M1	0.00 °
δ sism M1	0.00 °
δ exerc M2	0.00 °
δ sism M2	0.00 °
H terreno	7.50 m
W_{terr}	0.00 kN
β	0 °
i	0 °
K_0 M1	0.384
K_0 M2	0.470
K_a M1	0.238
K_a M2	0.307
H tot	7.50 m
c'_t	0 kPa

Figura 4-7: caratteristiche del terreno a tergo della spalla

4.7 INPUT_Analisi dei carichi

4.7.1 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.

N. binari		2	[-]
Lunghezza	L	24.3	[m]
Luce di calcolo	Lc	22.8	[m]
Peso proprio	G1	285.06	[kN/m]
Permanenti portati	G2	190	[kN/m]
Ballast	G2b	57.6	[kN/m]
num. Appoggi spalla	n	2	[-]
Reazione appoggio G1	Ri	1731.75	[kN]
Reazione appoggio G2	Ri	1151.40	[kN]

4.7.2 Carichi trasmessi dall'impalcato

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

CARICHI DERIVANTI DALL'ANALISI DELL'IMPALCATO		Fx	Fy	Fz	x	y	z	Mx	My	Mz
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
g1	permanenti strutturali	0	0	3464	2.80	0.00	9.95	-	-	-
g2	permanenti non strutturali	0	0	2303	2.80	0.00	9.95	-	-	-
g3	altre azioni permanenti	0	0	0	2.80	0.00	9.95	-	-	-
e1	distorsioni e presollecitazioni	0	0	0	2.80	0.00	9.95	-	-	-
e2	Ritiro	0	0	0	2.80	0.00	9.95	-	-	-
e3	variazioni termiche	0	0	0	2.80	0.00	9.95	-	-	-
e4	viscosità	0	0	0	2.80	0.00	9.95	-	-	-
q1+q2 - carichi mobili	Treno per max lo sforzo normale	0	0	3981.1	2.80	0.00	9.95	1379.88	1518.57	0.00
q3	frenatura/avviamento	851	0	0	2.80	0.00	9.95	0.00	3312.70	0.00
q4	azione centrifuga	0	0	0	2.80	0.00	9.95	0.14	0.00	0.00
	serpeggio	0	110	0	2.80	0.00	9.95	428.45	0.00	0.00
q5s	vento ponte scarico	0	238.70	0	2.80	0.00	9.95	1753.26	0.00	0.00
q5	vento ponte carico	0	243.65	0	2.80	0.00	9.95	1818.81	0.00	0.00
q6	sisma (direzione y) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	1220	0	2.80	0.00	9.95	0.00	0.00	0.00
q6	sisma (direzione x) carichi permanenti + 0.2*traffico	2441	0	0	2.80	0.00	9.95	0.00	0.00	0.00
q6	sisma (direzione Z) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	0	610	2.80	0.00	9.95	0.00	0.00	0.00
q7	resistenze parassite	198	0	0	2.80	0.00	9.95	0.00	0.00	0.00
q7m	attrito carichi mobili	159	0	0	2.80	0.00	9.95	0.00	0.00	0.00

Figura 4-8: riepilogo dei carichi derivanti dall'analisi dell'impalcato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.7.3 Azione del Vento

Ricadendo nella classificazione ordinaria di ponti l'azione del vento è valutata come agente su una superficie continua, convenzionalmente alta 4m dal paino del ferro. Nel caso di ponte scarico si considera la superficie relativa alle barriere antirumore.

(NTC 18 §3.3 e EC 1-1-4:2005)

Condizione ponte		carico	scarico	
Altitudine sul livello del mare	as	320	320	[m slm]
Zona	Z	4	4	[-]
Velocità di base di riferimento	Vb,0	28	28	[m/s]
Parametro di quota	a0	500	500	[m]
Parametro adimensionale	ks	0.36	0.36	[1/s]
Coefficiente di altitudine	ca	1	1	[-]
Tempo di ritorno	Tr	112.5	112.5	[anni]
Velocità di riferimento	Vb	28	28	[m/s]
Parametri	cR	1.05	1.05	[-]
Velocità di riferimento	Vb(TR)	29.28	29.28	[m/s]
Densità dell'aria	ρ	1.25	1.25	[kg/m ³]
Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	[kN/m ²]
Classe di rugosità del terreno		D	D	[-]
Distanza dalla costa		>10	>10	[km]
Altitudine sul livello del mare		<750	<750	[m]

Figura 4-9: parametri azione del vento

Vento su impalcato				
Parametri	kr	0.19	0.19	[-]
Parametri	z0	0.05	0.05	[-]
Parametri	zmin	4	4	[-]
Altezza piano appoggi	zapp	7.95	7.95	[m]
Altezza di riferimento per l'impalcato	z	11.6825	11.6225	[m]
Coefficiente di topografia	ct	1	1	[-]
Coefficiente di esposizione	ce (z)	2.45	2.45	[-]
Larghezza impalcato	b	13.7	13.7	[m]
Altezza impalcato	hi	2.465	2.465	[m]
Altezza armamento	ha	0.88	0.88	[m]
Altezza barriera	hb	5	5	[m]
Altezza treno	ht	4	4	[m]
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	7.47	7.35	[m]
Rapporto di forma	b/dtot	1.84	1.87	[-]
Coefficiente di forza (fig. 8.3 EC)	cfx	2.045	2.039	[-]

Pressione cinetica di riferimento	qb	0.54	0.54	[kN/m ²]
Coefficiente di esposizione	ce	2.45	2.45	[-]
Coefficiente di forza	cfx	2.045	2.039	[-]
Altezza di riferimento (EC 8.3.1 (4),(5))	d	7.47	7.345	[m]
Forza statica equivalente a m/l	f	20.05	19.65	[kN/m]
Pressione statica equivalente	p	2.69	2.67	[kN/m ²]
Pressione statica equivalente (minima considerata)	pmin	1.5	1.5	[kN/m ²]

Vento impalcato a ponte carico				
Forza statica equivalente	f	20.05	20.05	[kN/m]
Luce impalcato	L	24.30	24.30	[m]
Forza trasversale al piano appoggi	FT	243.65	243.65	[kN]
Momento trasversale al piano appoggi	Mx	1818.81	1818.81	[kNm]

Vento impalcato a ponte scarico				
Forza statica equivalente	f	19.65	19.65	[kN/m]
Luce impalcato	L	24.30	24.30	[m]
Forza trasversale al piano appoggi	FT	238.70	238.70	[kN]
Momento trasversale al piano appoggi	Mx	1753.26	1753.26	[kNm]

Figura 4-10: azione del vento

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

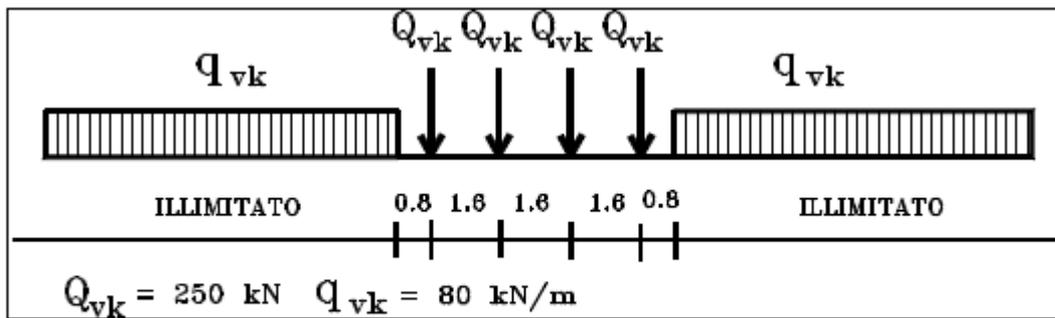
4.7.4 Carichi da traffico verticali

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

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

➤ *Modello di carico LM71*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



Treno di carico LM 71

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

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

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

Si analizza la disposizione longitudinale del carico mobile che massimizza l'azione verticale sulla spalla:

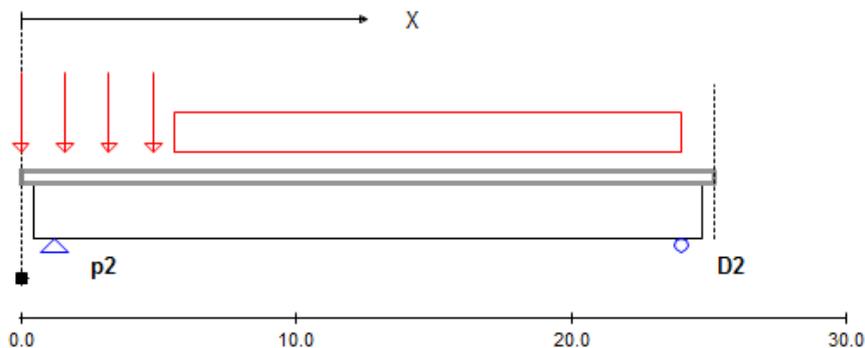
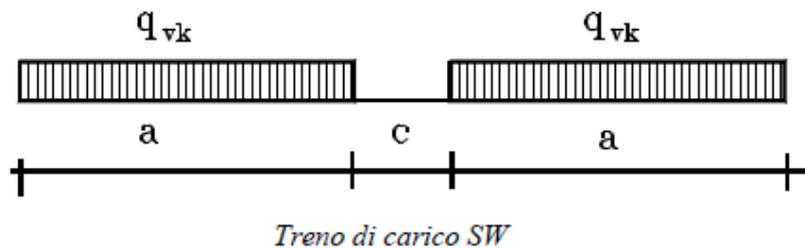


Figura 4-11 - Treno di carico LM 71: massimizzazione carico verticale sulla spalla

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

➤ *Modello di carico SW/2*

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2018 (par. 5.2.2.2.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



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

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

Si analizza la disposizione longitudinale del carico mobile che massimizza l'azione verticale sulla spalla:

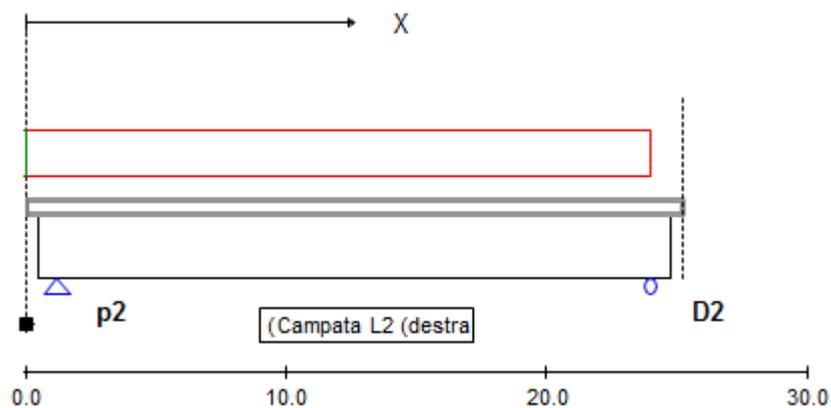


Figura 4-12 - Treno di carico SW2: massimizzazione carico verticale sulla spalla

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

	N	Mlong	Mtrasv	X
	kN	kN/m	kN/m	m
COMBO N	3981	1519	1380	
COMBO ML	3729	2162	851	
COMBO MT	2236	1374	4696	

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

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

4.7.5 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 17.1.2018 che per l’opera in esame riporta:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.7.6 Carichi da traffico orizzontali

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilo che in curva.

SERPEGGIO	FT [kN]	100
	α	FT* α [kN]
TRENO LM 71	1.1	110
TRENO SW/0	1.1	110
TRENO SW/2	1	100

Le forze di frenatura e di avviamento, agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesse. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato.

FRENATURA	L [m]	25	
	[kN/m]	Lcalc [m]	Qlb,k [kN]
TRENO LM 71	20	24.3	534.6
TRENO SW/0	20	19	418
TRENO SW/2	35	24.3	850.5

AVVIAMENTO	L [m]	25
	[kN/m]	33

	Lcalc [m]	Qla,k [kN]
TRENO LM 71	24.3	882.09
TRENO SW/0	19	689.7
TRENO SW/2	24.3	801.9

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.7.7 Sovraccarico sul terrapieno

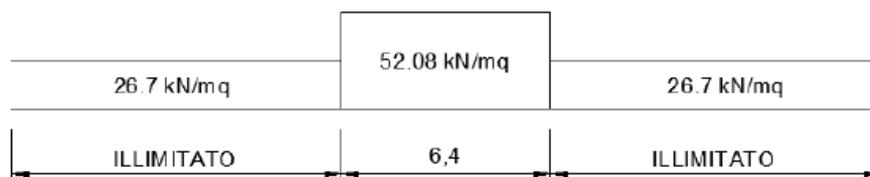
Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

$$q = 53.00 \text{ kN/ m}^2$$

$$S_q = 53 * 0.384 = 20.35 \text{ kN/m}^2$$

Il valore del sovraccarico è determinate come di seguito descritto:

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



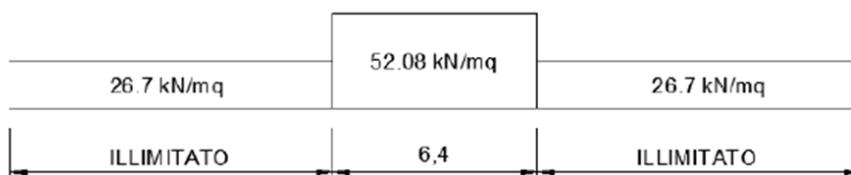
A tali carichi si deve applicare il coefficiente α relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

Tabella 11

Fattore alfa (α) per la progettazione di strutture nuove

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

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



A favore di sicurezza si adottano i valori di α di normativa.

4.7.8 Spinta del sovraccarico permanente condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico permanente (ballast) pari a $Q = 15.00 \text{ kN/m}^2$ gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa

La presenza del sovraccarico Q genera una spinta pari a:

$$S_q = k_0 \cdot q \cdot H$$

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

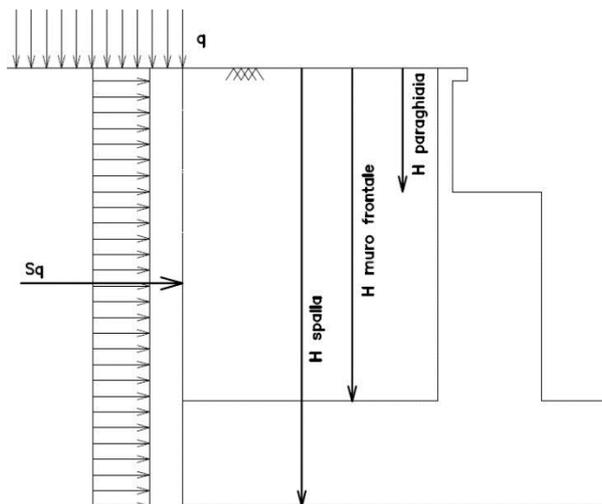


Figura 4-13: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

SPINTE SOVRACCARICHI PERMANENTI BALLAST		cond con K_0	cond con K_a
MURO FRONTALE (MF)	sovraccarico ballast	15.00 kNm ²	15.00 kNm ²
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	367.52 kN	227.48 kN
	componente orizzontale	367.52 kN	227.48 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	449.42 kN	293.74 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	componente orizzontale	449.42 kN	293.74 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	389.71 kN	241.21 kN
	componente orizzontale	389.71 kN	241.21 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	476.55 kN	311.47 kN
	componente orizzontale	476.55 kN	311.47 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	389.71 kN	241.21 kN
	componente orizzontale	389.71 kN	241.21 kN
componente verticale	0.00 kN	0.00 kN	

Figura 4-14 - Calcolo spinta indotta dal sovraccarico accidentale sui muri della spalla

4.7.9 Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche

In aggiunta in condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a $Q = 53.00 \text{ kN/m}^2$ gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa

La presenza del sovraccarico Q genera una spinta pari a:

$$S_q = k_0 \cdot q \cdot H$$

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

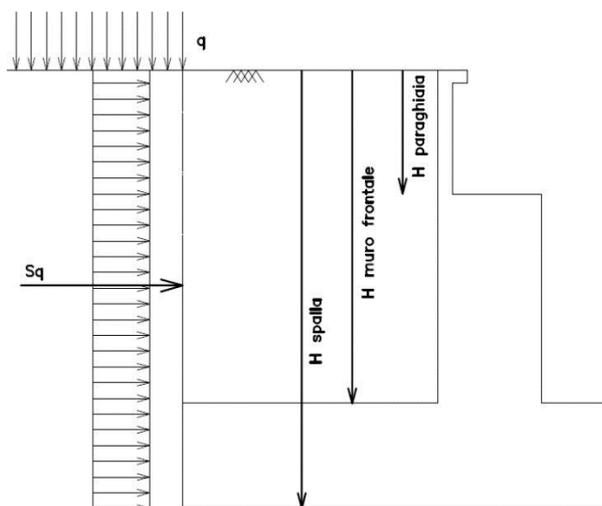


Figura 4-15: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

SPINTE SOVRACCARICHI ACCIDENTALI		cond con K_0	cond con K_a
MURO FRONTALE (MF)	sovraccarico accidentale q	53.00 kNmq	53.00 kNmq
	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	916.65 kN	567.35 kN
	componente orizzontale	916.65 kN	567.35 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	1120.91 kN	732.61 kN
	componente orizzontale	1120.91 kN	732.61 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	1376.97 kN	852.26 kN
	componente orizzontale	1376.97 kN	852.26 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	1683.81 kN	1100.52 kN
	componente orizzontale	1683.81 kN	1100.52 kN
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	1376.97 kN	852.26 kN
	componente orizzontale	1376.97 kN	852.26 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	1683.81 kN	1100.52 kN
	componente orizzontale	1683.81 kN	1100.52 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN

Figura 4-16: Calcolo spinta indotta dal sovraccarico accidentale sui muri della spalla

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.7.10 Azione sismica

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

Longitudine: 14.1772

Latitudine: 37.5428

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso $C_U = 1.5$

Vita nominale $V_N = 75$ anni

Categoria di suolo: C

Condizione topografica: T2

Fattore di struttura $q = 1$

Per la definizione della categoria di suolo si è fatto riferimento alla specifica relazione.

➤ 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 7.11. Il 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.

SPINTE DEL TERRENO IN CONDIZIONE SISMICA - INERZIE		
F_0	categoria del sottosuolo	C
a_g	fattore per l'amplif. spettrale mass su sito di rif rigido	2.641
S_s	accelerazione orizz mass attesa su sito di rif rigido	1.013 m/s ²
S_T	coeff per l'effetto dell'amplif stratigrafica	1.500
S	coeff per l'effetto dell'amplif topografica	1.2
β_m	fattore della categoria del suolo	1.800
a_{max}	coeff di riduzione dell'acc max attesa al sito	1
$2 \beta_m$	acc orizz mass attesa al sito	1.824 m/s ²
k_h	coeff maggiorativo della β_m	1.00
k_v	coeff sismico orizzontale	0.186
ψ	coeff sismico verticale	0.093
β	ang. Di incl. Rispetto all'orizz del param. Del muro	90 °
θ	ang. Di incl. Rispetto all'orizz della superf del terrapieno	0 °
$\phi - \theta$	angolo sopra falda	11.59 °
$k_a (\beta \leq \phi - \theta)$	coeff. Di spinta attiva del terreno se $\beta \leq \phi - \theta$	20.42 °
$k_a (\beta > \phi - \theta)$	coeff. Di spinta attiva del terreno se $\beta > \phi - \theta$	0.358
k_{AE}	coeff. Di spinta attiva (soluzione di Mononobe-Okabe)	0.836
E_d	coeff. Di spinta attiva (soluzione di Mononobe-Okabe)	0.358
E_d	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Frontale MF	0.00 kN
E_d orizz	componente orizzontale	0.00 kN
E_d vert	componente verticale	0.00 kN
ΔSH	sovraspinta sismica orizzontale	0.00 kN
E_d	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Sx MS	0.00 kN
E_d orizz	componente orizzontale	0.00 kN
E_d vert	componente verticale	0.00 kN
ΔSH	sovraspinta sismica orizzontale	0.00 kN
E_d	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Dx MD	0.00 kN
E_d orizz	componente orizzontale	0.00 kN
E_d vert	componente verticale	0.00 kN
ΔSH	sovraspinta sismica orizzontale	0.00 kN

Figura 4-17: Parametri di spinta del terreno in condizioni sismiche

Calcolo sovraspinta sismica	Wood
	ΔE , k0, M1/M2
spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Frontale MF	0.00
componente orizzontale	0.00
componente verticale	0.00
spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Sx MS	0.00
componente orizzontale	0.00
componente verticale	0.00
spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Dx MD	0.00
componente orizzontale	0.00
componente verticale	0.00

➤ Valori di progetto

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

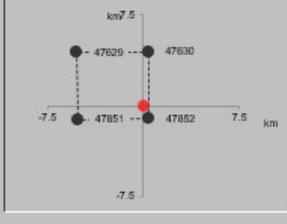
Elaborazioni grafiche

- 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 corretta

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.

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE

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

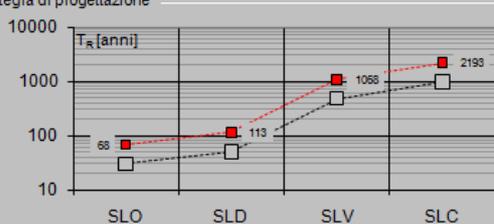
Stati limite ultimi - SLU

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

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

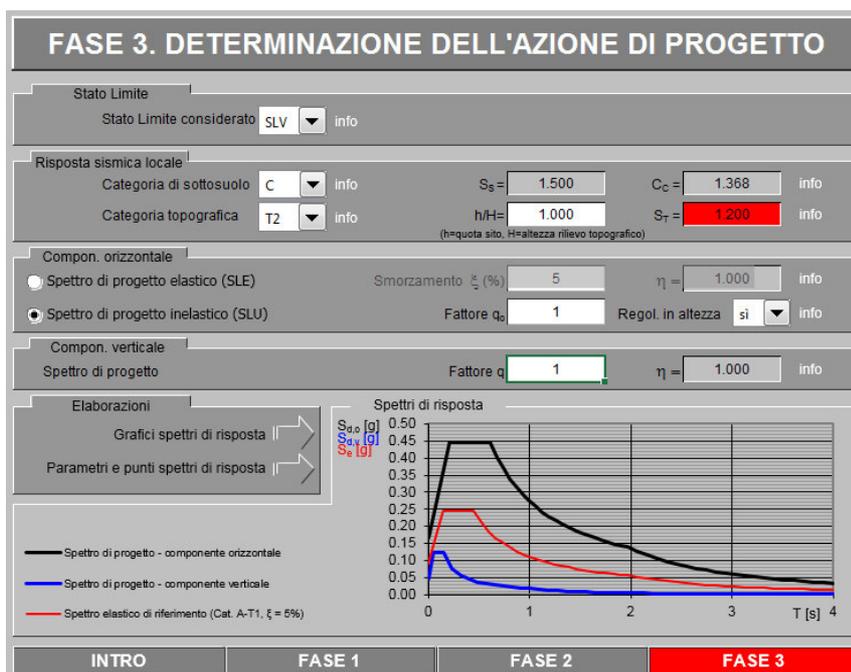


LEGENDA GRAFICO

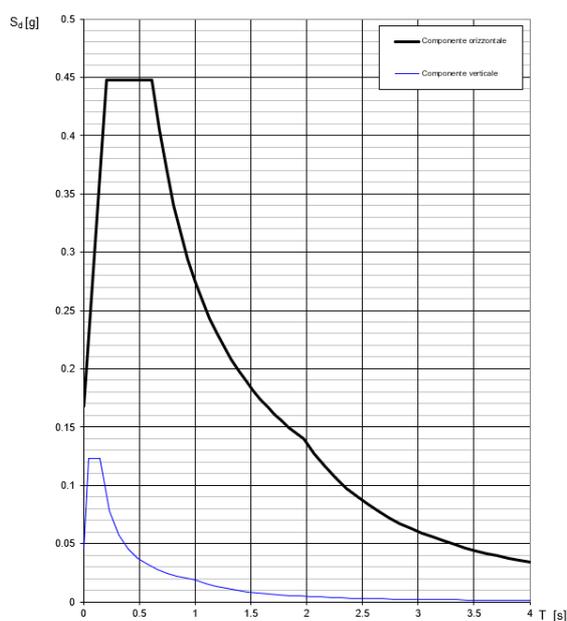
- Strategia per costruzioni ordinarie
-□..... Strategia scelta

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*.

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.



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



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.093 g
F_0	2.672
T_c	0.450 s
S_s	1.500
C_c	1.366
S_T	1.200
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.205 s
T_C	0.615 s
T_D	1.972 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.167
T_B ←	0.205	0.448
T_C ←	0.615	0.448
	0.680	0.405
	0.745	0.370
	0.809	0.340
	0.874	0.315
	0.938	0.293
	1.003	0.275
	1.068	0.258
	1.132	0.243
	1.197	0.230
	1.261	0.218
	1.326	0.208
	1.391	0.198
	1.455	0.189
	1.520	0.181
	1.585	0.174
	1.649	0.167
	1.714	0.161
	1.778	0.155
	1.843	0.149
	1.908	0.144
T_D ←	1.972	0.140
	2.069	0.127
	2.165	0.116
	2.262	0.106
	2.358	0.098
	2.455	0.090
	2.552	0.083
	2.648	0.077
	2.745	0.072
	2.841	0.067
	2.938	0.063
	3.034	0.059
	3.131	0.055
	3.228	0.052
	3.324	0.049
	3.421	0.046
	3.517	0.044
	3.614	0.042
	3.710	0.039
	3.807	0.037
	3.903	0.036
	4.000	0.034

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.7.11 Incremento di spinta indotto dai sovraccarichi accidentale e permanente

Si considera la sovraspinta sismica indotta dai sovraccarichi accidentale e permanente, che calcolata con la teoria di Wood $S_q = k_h \cdot q \cdot H$, fornisce i seguenti risultati:

	spinta sismica del sovraccarico accidentale MF	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	spinta sismica del sovraccarico accidentale MS	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	spinta sismica del sovraccarico accidentale MD	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico accidentale	0.00 kN
	sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MF (Wood)	665.28 kN
	sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MS (Wood)	666.25 kN
	sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MD (Wood)	666.25 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MF	431.69 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MS	431.69 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MD	431.69 kN
	spinta sismica del sovraccarico ballast MF	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	spinta sismica del sovraccarico ballast MS	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	spinta sismica del sovraccarico ballast MD	0.00 kN
	spinta sismica orizzontale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	spinta sismica verticale del sovraccarico ballast	0.00 kN
	sovraspinta sismica orizzontale ballast MF (Wood)	266.74 kN
	sovraspinta sismica orizzontale ballast MS (Wood)	188.56 kN
	sovraspinta sismica orizzontale ballast MD (Wood)	188.56 kN

Figura 4-18: calcolo incremento di spinta in condizioni sismiche

4.7.12 Forze inerziali dovute al sisma

In fase sismica si devono considerare le azioni orizzontali e verticali agenti sulla spalla dovute all'inerzia delle parti in conglomerato armato e del rinterro compreso tra i muri andatori. Le risultanti orizzontali e verticali sono rispettivamente pari ad $F_h = k_h \cdot W$ e $F_v = k_v \cdot W$, dove i coefficienti k_h e k_v sono calcolati come esposto al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC18 risultando pari a $k_h = \beta_m \cdot a_{max} / g$, $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$ con $a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$. Il coefficiente β_m è stato considerato unitario, non essendo la spalla libera di traslare rispetto al terreno.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro 2	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro 2	0.00 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro parag front	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro parag front	0.00 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro laterale sx	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro laterale sx	0.00 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro paragh laterale sx	0.00 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro paragh laterale sx	0.00 kN
$F_{h,mtest} = k_h * W_{mtest}$	forza d'inerzia orizz del muro frontale	1031.19 kN
$F_{v,mtest} = k_v * W_{mtest}$	forza d'inerzia vert del muro frontale	515.59 kN
$F_{h,prg} = k_h * W_{prg}$	forza d'inerzia orizz del paraghiaia	55.73 kN
$F_{v,prg} = k_v * W_{prg}$	forza d'inerzia vert del paraghiaia	27.87 kN
$F_{h,Ma} = k_h * W_{Ma}$	forza d'inerzia orizz del muro andatore ($y < 0$)	377.12 kN
$F_{v,Ma} = k_v * W_{Ma}$	forza d'inerzia vert del muro andatore ($y < 0$)	188.56 kN
$F_{h,Ma} = k_h * W_{Ma}$	forza d'inerzia orizz del muro andatore ($y > 0$)	377.12 kN
$F_{v,Ma} = k_v * W_{Ma}$	forza d'inerzia vert del muro andatore ($y > 0$)	188.56 kN
$F_{h,Map} = k_h * W_{map}$	forza d'inerzia orizz del muro 1	0.00 kN
$F_{v,Map} = k_v * W_{map}$	forza d'inerzia vert del muro 1	0.00 kN
$F_{h,Map} = k_h * W_{map}$	forza d'inerzia orizz del muro 2	0.00 kN
$F_{v,Map} = k_v * W_{map}$	forza d'inerzia vert del muro 2	0.00 kN
$F_{h,fond} = k_h * W_{sol}$	forza d'inerzia orizz della soletta	557.94 kN
$F_{v,fond} = k_v * W_{sol}$	forza d'inerzia vert della soletta	278.97 kN

Figura 4-19: calcolo forze inerziali dovute all'azione sismica

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.

4.7.13 Calcolo delle sollecitazioni in testa pali

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

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

dove

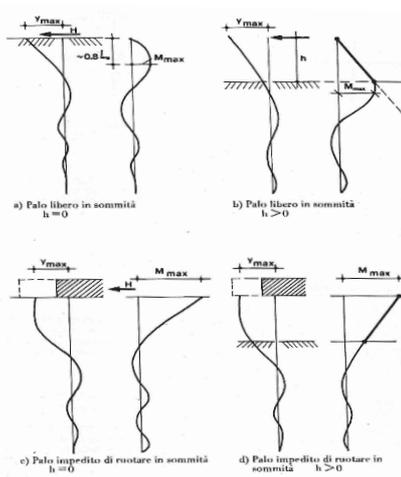
N, M_l, M_t sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata, n è il numero di pali e J_l, J_t sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

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

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

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

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



Nel caso di palo impedito di ruotare in sommità, attraverso il rapporto momento taglio in testa al palo α , si può ricavare l'azione flettente M_0 conseguente all'azione tagliante in testa al palo H_0 , essendo:

$$\alpha = \frac{M_0}{H_0}$$

4.7.14 Riepilogo risultati

Nella seguente tabella sono riportate le azioni elementari in direzione orizzontale e verticale agenti sulla spalla.

Carico	Elemento						
		Fy (KN)	-Fx (KN)	Fz (KN)	x (m)	y (m)	z (m)
Peso proprio	muro frontale	0	0	-5545	2.60	0.00	5.75
	paraghiaia frontale	0	0	-300	1.80	0.00	10.38
	muro sinistro	0	0	-2028	-2.10	-6.25	6.63
	muro 1	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	-	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	muro destro	0	0	-2028	-2.10	6.25	6.63
	muro 2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	soletta	0	0	-3000	-2.10	0.00	9.86
	platea	0	0	-9200	0.00	0.00	1.00
	terr riemp su platea	0	0	0	-5.75	0.00	6.63
Spinte statiche M1 (k0)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	3.75
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-5.65	5.09
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	5.65	5.09
Spinte statiche M1 (ka)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	3.75
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-5.65	5.09
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	5.65	5.09
Spinte statiche M2 (k0)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	3.75
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-5.65	5.09
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	5.65	5.09
Spinte statiche M2 (ka)	spinta terre su MF	0	0	0	-5.75	0.00	3.75
	spinta terre su MS	0	0	0	-2.10	-5.65	5.09
	spinta terre su MD	0	0	0	-2.10	5.65	5.09
Δ Spinte sismiche Mononobe-Okabe D Spinte sismiche Wood	sovraspinta sismica su MF	0	0	0	-5.75	0.00	5.63
	sovraspinta sismica su MS	0.0	0	0	-2.10	-5.65	6.63
	sovraspinta sismica su MD	0.0	0	0	-2.10	5.65	6.63
Spinte statiche sovraccarico ballast M1	spinta oriz sovrac su MF	0	-368	0	-5.75	0.00	5.63
	spinta oriz sovrac su MS	390	0	0	-2.10	0.00	6.63
	spinta oriz sovrac su MD	-390	0	0	-2.10	0.00	6.63
	peso sovraccarico su platea	0	0	-1500	0.00	0.00	11.25
Spinte statiche sovraccarico ballast M2	spinta oriz sovrac su MF	0	-449	0	-5.75	0.00	5.63
	spinta oriz sovrac su MS	477	0	0	-2.10	0.00	6.63
	spinta oriz sovrac su MD	-477	0	0	-2.10	0.00	6.63
	spinta sovraccarico su platea	0	0	-1500	0.00	0.00	11.25
Spinte sismiche sovraccarico ballast Mononobe-Okabe / Wood	spinta oriz sovrac su MF	0	-267	0	-5.75	0.00	5.63
	spinta oriz sovrac su MS	189	0	0	-5.75	0.00	6.63
	spinta oriz sovrac su MD	-189	0	0	-5.75	0.00	6.63
Inerzie X sovraccarico ballast	spinta oriz sovrac su MF	0	-173	0	-5.75	0.00	6.63
	spinta oriz sovrac su MS	173	0	0	-5.75	-5.65	6.63
	spinta oriz sovrac su MD	-173	0	0	-2.10	5.65	6.63
Spinte statiche sovraccarico M1	spinta oriz sovrac su MF	0	-917	0	-5.75	0.00	5.63
	spinta oriz sovrac su MS	1377	0	0	-2.10	-5.65	6.63
	spinta oriz sovrac su MD	-1377	0	0	-2.10	5.65	6.63
	peso sovraccarico su platea	0	0	-5301	-5.75	0.00	11.25
Spinte statiche sovraccarico M2	spinta oriz sovrac su MF	0	-1121	0	-5.75	0.00	5.63
	spinta oriz sovrac su MS	1684	0	0	-2.10	-5.65	6.63
	spinta oriz sovrac su MD	-1684	0	0	-2.10	5.65	6.63
	spinta sovraccarico su platea	0	0	-5301	-5.75	0.00	11.25
Spinte sismiche sovraccarico accidentale Mononobe-Okabe / Wood	spinta oriz sovrac su MF	0	-665	0	-5.75	0.00	5.63
	spinta oriz sovrac su MS	666	0	0	-2.10	-5.65	6.63
	spinta oriz sovrac su MD	-666	0	0	-2.10	5.65	6.63

Figura 4-20: riepilogo azioni agenti sulla spalla 1/2

Inerzie X sovraccarico accidentale	spinta orizz. sovracc. su MF	0	-432	0	-5.75	0.00	6.63
	spinta orizz. sovracc. su MS	432	0	0	-5.75	-5.65	6.63
	spinta orizz. sovracc. su MD	-432	0	0	-5.75	5.65	6.63
Inerzia X spalla	muro frontale	0	-1031	-516	2.60	0.00	5.75
	paraghiaia frontale	0	-56	-28	1.80	0.00	10.38
	muro sinistro	0	-377	-189	-2.10	0.00	6.63
	muro 1	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	muro destro	0	-377	-189	-2.10	0.00	6.63
	muro 2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	soletta	0	-558	-279	-2.10	0.00	9.86
	platea	0	-1711	-855	0.00	0.00	1.00
Inerzia X terre	Ter di riemp. inf MF	0	0	0	-5.75	0.00	5.75
	Ter di riemp. sup TPF	0	0	0	-5.75	0.00	10.38
	Ter di riemp. inf MD	0	0	0	-5.75	0.00	6.63
	Ter di riemp. sup TPD	0	0	0	-5.75	0.00	9.86
	Ter di riemp. inf MS	0	0	0	-5.75	0.00	6.63
	Ter di riemp. sup TPS	0	0	0	-5.75	0.00	0.00
Inerzia Y spalla	muro frontale	1031	0	-516	2.60	0.00	5.75
	paraghiaia frontale	56	0	-28	1.80	0.00	10.38
	muro sinistro	377	0	-189	-2.10	0.00	6.63
	muro 1	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	muro destro	377	0	-189	-2.10	0.00	6.63
	muro 2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	soletta	558	0	-279	-2.10	0.00	9.86
	platea	1711	0	-855	0.00	0.00	1.00
Inerzia Y terre	Ter di riemp. inf MF	0	0	0	-5.75	0.00	5.75
	Ter di riemp. sup TPF	0	0	0	-5.75	0.00	10.38
	Ter di riemp. inf MD	0	0	0	-5.75	0.00	6.63
	Ter di riemp. sup TPD	0	0	0	-5.75	0.00	9.86
	Ter di riemp. inf MS	0	0	0	-5.75	0.00	6.63
	Ter di riemp. sup TPS	0	0	0	-5.75	0.00	0.00
Azioni da impalcato	permanenti strutturali	0.00	0.00	-3463.50	2.80	0.00	9.95
	permanenti non strutturali	0.00	0.00	-2302.80	2.80	0.00	9.95
	altre azioni permanenti	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	distorsioni e presollecitazioni	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	Ritiro	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	variazioni termiche	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	viscosità	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	carichi mobili	0.00	0.00	-3981.07	2.80	0.00	9.95
	frenatura	0.00	-850.50	0.00	2.80	0.00	9.95
	azione centrifuga	0.02	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	serpeggio	110.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	vento ponte scarico	238.70	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	vento ponte carico	243.65	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	sisma (direzione y) carichi permanenti	1220.38	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	sisma (direzione x) carichi permanenti	0.00	-2440.77	0.00	2.80	0.00	9.95
	sisma (direzione Z) carichi permanenti	0.00	0.00	-610.19	2.80	0.00	9.95
	resistenze parassite	0.00	-198.09	0.00	2.80	0.00	9.95
	attrito carichi mobili	0.00	-159.24	0.00	2.80	0.00	9.95
	azione laterale	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
	altre azioni variabili (acc. servizio)	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.95
Inerzia X permanente/accidentale impalcato	Inerzia X permanente impalcato	0.00	-1288.16	-322.04	2.80	0.00	9.95
	Inerzia X sovraccarico accidentale da impalcato	0.00	-1480.66	-370.17	2.80	0.00	9.95

Figura 4-21: riepilogo azioni agenti sulla spalla 2/2.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.8 Sollecitazioni

4.8.1 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.

REAZIONI INTRADOSSO BARICENTRO PLATEA DI FONDAZIONE SPALLA					
Combinazioni	Ty [kN]	Tx [kN]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1_A1+M1+R3	299	3612	-53675	-6924	29733
2_A1+M1+R3	299	3612	-45989	-6924	73926
1_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
2_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	2388	10760	-27170	-15869	93709
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	2388	10760	-30467	-15869	96050
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	7840	3510	-27170	-52094	40176
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	7840	3510	-30467	-52094	42517
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	2388	3510	-35822	-15869	40190
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	2388	3510	-26512	-15869	38975
1_SLE rara	201	2492	-38649	-4687	21026
2_SLE rara	201	2492	-33349	-4687	51504
1_SLE frequente	44	2322	-37853	-1713	16138
2_SLE frequente	44	2322	-32552	-1713	46616
SLE quasi permanente	0	1641	-34668	0	-3415

Figura 4-22: Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

4.9 Pali di fondazione

Sforzi sui Pali di Fondazione per ciascuna combinazione di carico

Sforzo normale su singolo palo =

$$N_{i,j} = N/n^{\circ}\text{pali} - M \text{ long} / \Sigma x^2 \cdot x_i - M \text{ trasv} / \Sigma y^2 \cdot y_i$$

Sforzo di Taglio orizzontale su singolo palo =

$$H_{i,j} = (V \text{ long}^2 + V \text{ trasv}^2)^{0.5} / n^{\circ}\text{pali}$$

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

Combinazioni	N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	VI [kN]	Vt [kN]	n [-]	V	M
							[kN]	[kNm]
1_A1+M1+R3	53675	29733	-6924	3612	299	12	302	1000
2_A1+M1+R3	45989	73926	-6924	3612	299	12	302	1000
1_A2+M2+R2	42110	25791	-5987	3446	259	12	288	953
2_A2+M2+R2	35485	63889	-5987	3446	259	12	288	953
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	27170	93709	-15869	10760	2388	12	918	3040
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	30467	96050	-15869	10760	2388	12	918	3040
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	27170	40176	-52094	3510	7840	12	716	2369
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	30467	42517	-52094	3510	7840	12	716	2369
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	35822	40190	-15869	3510	2388	12	354	1171
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	26512	38975	-15869	3510	2388	12	354	1171
1_SLE rara	38649	21026	-4687	2492	201	12	208	690
2_SLE rara	33349	51504	-4687	2492	201	12	208	690
1_SLE frequente	37853	16138	-1713	2322	44	12	194	641
2_SLE frequente	32552	46616	-1713	2322	44	12	194	641
SLE quasi permanente	34668	-3415	0	1641	0	12	137	453

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
palo1	palo2	palo3	palo4	palo5	palo6	palo7	palo8	palo9	palo10	palo11	palo12	palo13	palo14	palo15
Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]									
5453	5350	5248	5145	4627	4524	4422	4319	3801	3698	3596	3493	0	0	0
6040	5937	5835	5732	3986	3884	3781	3679	1933	1830	1728	1625	0	0	0
4359	4270	4181	4093	3642	3554	3465	3376	2926	2837	2748	2660	0	0	0
4865	4776	4687	4599	3090	3001	2913	2824	1315	1227	1138	1049	0	0	0
5220	4985	4750	4515	2617	2382	2147	1912	14	-221	-456	-691	0	0	0
5560	5324	5089	4854	2892	2656	2421	2186	223	-12	-247	-482	0	0	0
4538	3766	2994	2223	3422	2650	1878	1107	2306	1534	762	-9	0	0	0
4878	4106	3334	2562	3697	2925	2153	1381	2516	1744	972	200	0	0	0
4454	4219	3984	3749	3338	3103	2868	2633	2221	1986	1751	1516	0	0	0
3645	3410	3174	2939	2562	2327	2092	1857	1479	1244	1009	774	0	0	0
3909	3840	3770	3701	3325	3255	3186	3117	2741	2671	2602	2533	0	0	0
4314	4244	4175	4106	2883	2814	2744	2675	1453	1383	1314	1244	0	0	0
3641	3615	3590	3565	3192	3167	3142	3116	2744	2719	2693	2668	0	0	0
4046	4020	3995	3970	2751	2725	2700	2675	1456	1430	1405	1380	0	0	0
2794	2794	2794	2794	2889	2889	2889	2889	2984	2984	2984	2984	0	0	0

Figura 4-23: sollecitazioni agenti sui pali di fondazione

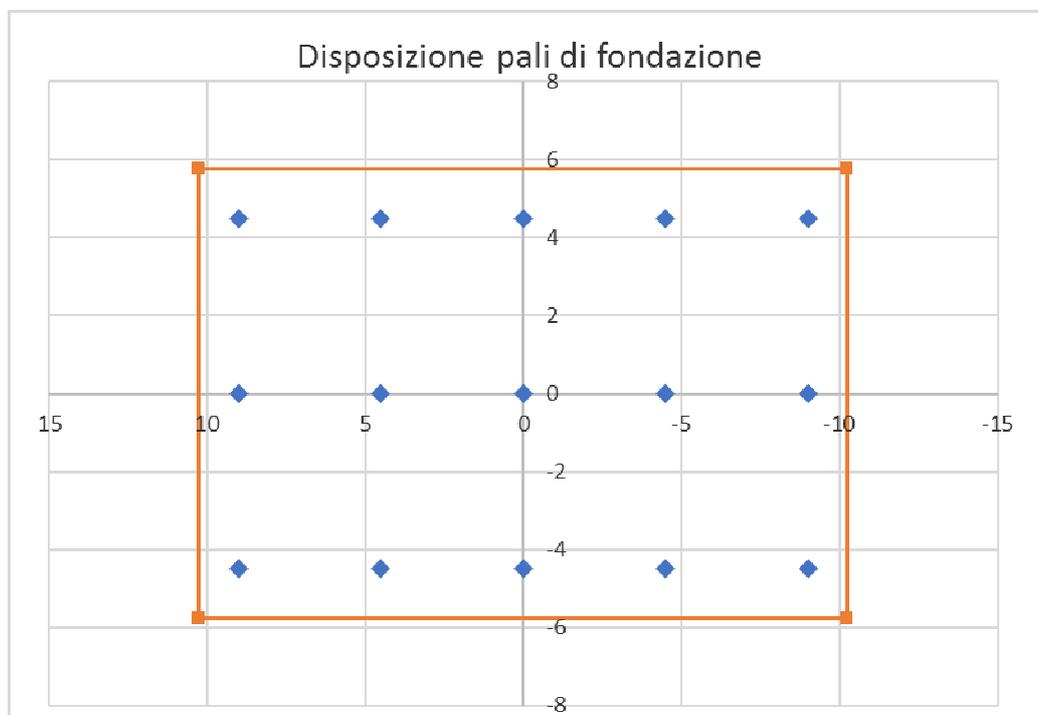


Figura 4-24 - disposizione dei pali di fondazione

4.10 Verifiche degli elementi strutturali

Per gli elementi strutturali della spalla quali, muro frontale, muro paraghiaia, plinto di fondazione e pali di fondazione, 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)

4.10.1 Palo di fondazione L= 30 m

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:

$$M = T * \alpha$$

$$\alpha = 3.31 \text{ (vedi relazione geotecnica generale)}$$

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare \varnothing 1500 mm

$$A_s = 50+50 \phi 30 \quad \text{staffe } \phi 14/10$$

La lunghezza del palo è pari a L = 30 m

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Palo_30m_VI07_SPB

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	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:	150.00	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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A)
VI07 – Viadotto Doppio Binario**

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	49 di 96

Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
Classe Conglomerato: C25/30

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

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

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

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.9	50	30
2	0.0	0.0	59.9	50	30

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	6040.00	1000.00	0.00	0.00	0.00
2	1625.00	1000.00	0.00	0.00	0.00
3	5560.00	3040.00	0.00	0.00	0.00
4	-691.00	3040.00	0.00	0.00	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	4314.00	690.00	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	50 di 96

2 1244.00 690.00 0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	3715.00	566.00 (3412.57)	0.00 (0.00)
2	1498.00	566.00 (3662.92)	0.00 (0.00)

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	2984.00	453.00 (3158.48)	0.00 (0.00)
2	2794.00	453.00 (2230.10)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 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 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	6040.00	1000.00	0.00	6040.22	13742.63	0.00	13.74	706.9(53.0)
2	S	1625.00	1000.00	0.00	1625.24	13196.70	0.00	13.20	706.9(53.0)
3	S	5560.00	3040.00	0.00	5559.80	13706.40	0.00	4.51	706.9(53.0)
4	S	-691.00	3040.00	0.00	-690.84	12733.90	0.00	4.19	706.9(53.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	51 di 96

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	0.0	75.0	0.00303	0.0	65.9	-0.00380	0.0	-65.9
2	0.00350	0.0	75.0	0.00295	0.0	65.9	-0.00500	0.0	-65.9
3	0.00350	0.0	75.0	0.00302	0.0	65.9	-0.00391	0.0	-65.9
4	0.00350	0.0	75.0	0.00290	0.0	65.9	-0.00581	0.0	-65.9

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	0.000051798	-0.000384842	----	----
2	0.000000000	0.000060344	-0.001025830	----	----
3	0.000000000	0.000052594	-0.000444582	----	----
4	0.000000000	0.000066040	-0.001453019	----	----

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	2.65	0.0	0.0	8.0	0.0	-65.9	----	----
2	S	1.69	0.0	0.0	-12.2	0.0	-65.9	1251	99.0

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.24	0.0	0.0	7.5	0.0	-65.9	----	----
2	S	1.50	0.0	0.0	-5.5	0.0	-65.9	656	35.3

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

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	52 di 96

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00009	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	3412.57	0.00
2	S	-0.00004	0	0.500	30.0	76	0.00002 (0.00002)	353	0.006 (0.20)	3662.92	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.80	0.0	0.0	6.1	0.0	-65.9	----	----
2	S	1.73	0.0	0.0	5.1	0.0	-65.9	----	----

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00009	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	3158.48	0.00
2	S	-0.00015	0	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	2230.10	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	53 di 96

4.10.1.1 Verifica a taglio palo di fondazione

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}
 Cl_s condizioni calcestruzzo
 Acciaio 1 acciaio barre longitudinali
 Acciaio 2 acciaio armature trasversali
 γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
 γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)
 d mm altezza utile della sezione
 A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali
 Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali
 n_{bw} numero di bracci delle staffe
 Ø_{st} mm diametro delle staffe
 s_{st} mm passo delle staffe
 α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
 V_{Ed} KN taglio di calcolo
 N_{Rd} 21307.7 KN sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
 ctgθ 2.48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì
 No

τ N/mm² tensione tangenziale corda baricentrica
 σ_t N/mm² tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

ctgθ_l valore limite dell'inclinazione delle bielle

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
 V_{Rd} KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

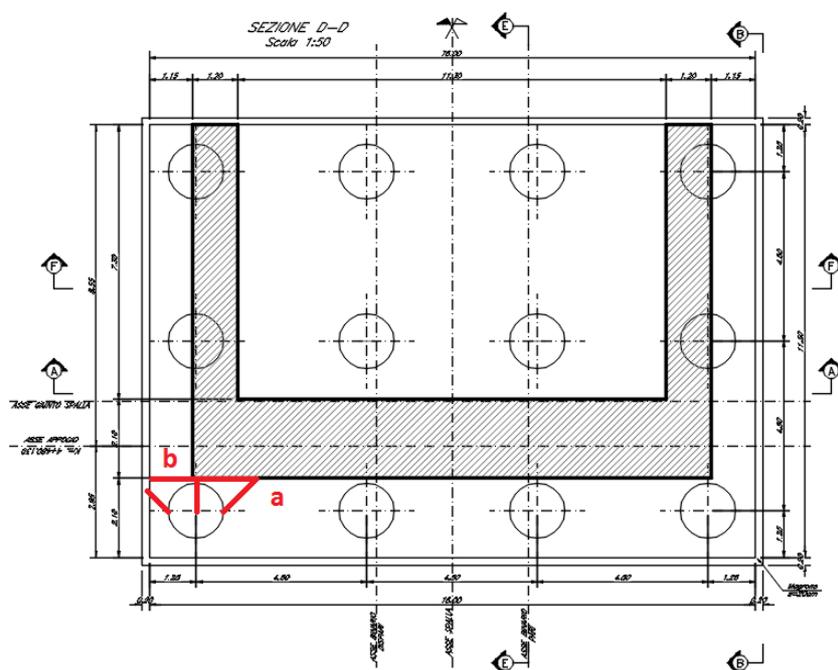
V_{Rd} KN > V_{Ed} KN

LA VERIFICA E' SODDISFATTA. NON E' NECESSARIA ARMATURA SPECIFICA A TAGLIO

4.10.2 Plinto di fondazione

La verifica strutturale del plinto viene di seguito condotta mediante l'ausilio di un modello tirante-puntone.

La larghezza collaborante è stata valutata tramite una diffusione a 45° rispetto al diametro del palo più sollecitato.



Dati di progetto

b	2.85	[m]	dimensione trasversale della sezione di verifica
h	2	[m]	dimensione verticale della sezione di verifica
c	40	[mm]	copriferro al netto delle armature
P_{Ed}	6040	[kN]	carico risultante VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H_{Ed}	3040	[kN]	carico risultante ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b

Caratteristiche Materiali

Calcestruzzo	28	35	classe di resistenza calcestruzzo
R_{ck}	35	[MPa]	
f_{ck}	29.05	[MPa]	
γ_c	1.5	[-]	
α_{cc}	0.85	[-]	

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	55 di 96

f_{cd}	16.46	[MPa]	
f'_{cd}	8.23	[MPa]	
<u>Acciaio</u>	B 450 C		classe di resistenza barre
f_{yk}	450	[MPa]	
γ_s	1.15	[-]	
f_{yd}	391.30	[MPa]	

Armatura di estradosso

1° strato di armatura

ϕ long	30	[mm]	diametro barre longitudinali
ϕ trasv	30	[mm]	diametro barre trasversali
ib	200	[mm]	interasse barre longitudinali
c'	85	[mm]	copriferro baricentrico armature longitudinali

2° strato di armatura

ϕ long	0	[mm]	diametro barre longitudinali
ϕ trasv	0	[mm]	diametro barre trasversali
ib	100	[mm]	interasse barre longitudinali
c'	145	[mm]	copriferro baricentrico armature longitudinali

Armatura di intradosso

1° strato di armatura

ϕ long	30	[mm]	diametro barre longitudinali
ϕ trasv	30	[mm]	diametro barre trasversali
ib	100	[mm]	interasse barre longitudinali
c'	85	[mm]	copriferro baricentrico armature longitudinali

2° strato di armatura

ϕ long	30	[mm]	diametro barre longitudinali
ϕ trasv	30	[mm]	diametro barre trasversali
ib	200	[mm]	interasse barre longitudinali
c'	145	[mm]	copriferro baricentrico armature longitudinali

Verifiche di resistenza - meccanismo con tirante orizzontale

a	1720	[mm]	distanza P da incastro
h_c	2000	[mm]	spessore mensola
d	1915	[mm]	altezza utile
z	1723.5	[mm]	braccio forze interne

b	2850	[mm]	dimensione trasversale di verifica
a _c	2103	[mm]	a + 0.2d
e	7	[mm]	
a' _c	2110	[mm]	(a + 0.2d) + e
ψ	39.24	[°]	0.685 [rad]
λ	1.22	[-]	cotg ψ
A _s	30218.19	[mm ²]	area armatura longitudinale tesa

Tipo di mensola (valutazione coefficiente c)

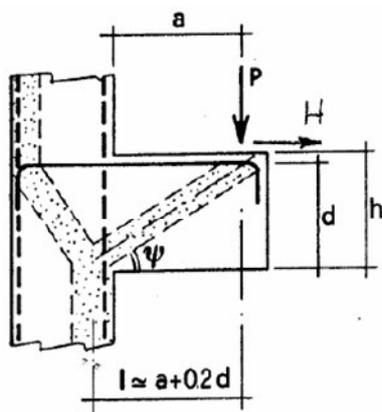
Sbalzi di piastre non provviste di staffatura

c	1	[-]
---	---	-----

P _{Rs}	7175.405	[kN]	P _{Rs} > P _{Ed}	La verifica è soddisfatta
P _{Rc}	14381.92	[kN]	P _{Rc} > P _{Rs}	La verifica è soddisfatta
P _R	7175.405	[kN]	min (P _{Rc} ; P _{Rs})	

LA VERIFICA DELL'ARMATURA A FLESSIONE DELLA PLATEA DI FONDAZIONE E' SODDISFATTA

VERIFICA - MECCANISMO TIRANTE PUNTONE.



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

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

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

P_r : Portanza mensola in termini di resistenza della Biella compressa

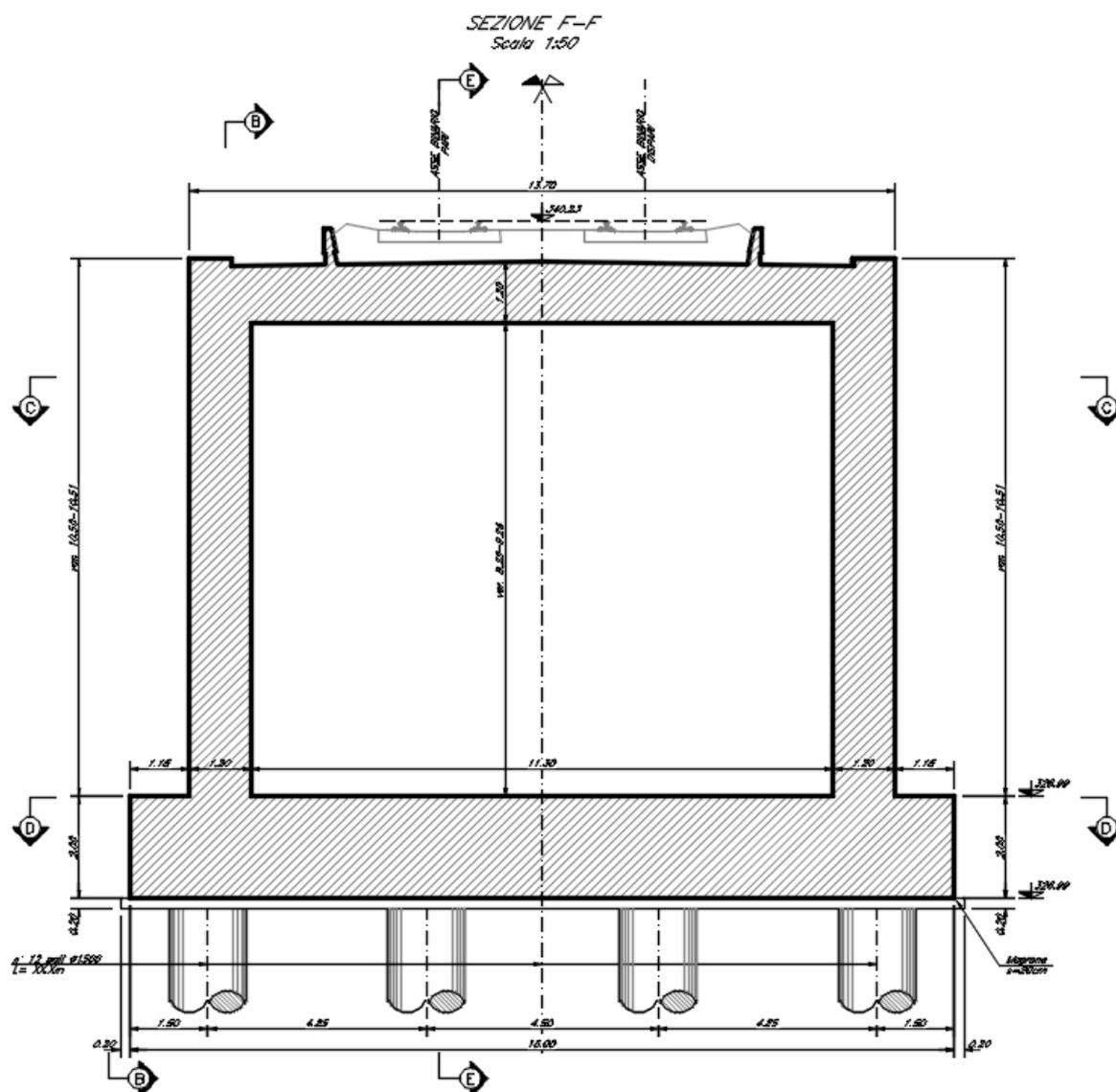
$$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rs}$$

CONDIZIONI DI VERIFICA

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

4.10.3 Verifiche locali soletta e piedritti

Si eseguono, attraverso l'analisi di un modello a telaio equivalente, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta della spalla di seguito evidenziati. L'analisi viene condotta in maniera semplificata su una struttura piana che descrive una striscia larga 1.00 m.



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.10.3.1 Caratteristiche geometriche del telaio

Profondità della striscia di telaio	b	1.00	m	
Altezza piedritto sinistro PS	hps	10.9	m	Valutata secondo la linea d'asse
Altezza piedritto destro PD	hpd	10.9	m	Valutata secondo la linea d'asse
Spessore piedritti	sp	1.20	m	
Spessore soletta	ss	1.20	m	
Interasse piedritti	ip	12.50	m	Valutata secondo la linea d'asse

4.10.2.2 Modello di calcolo

Come modello di calcolo (si vedano le figure successive) si è assunto lo schema statico di telaio analizzato attraverso un'analisi elastico-lineare attraverso il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000 (Computers and Structures®).

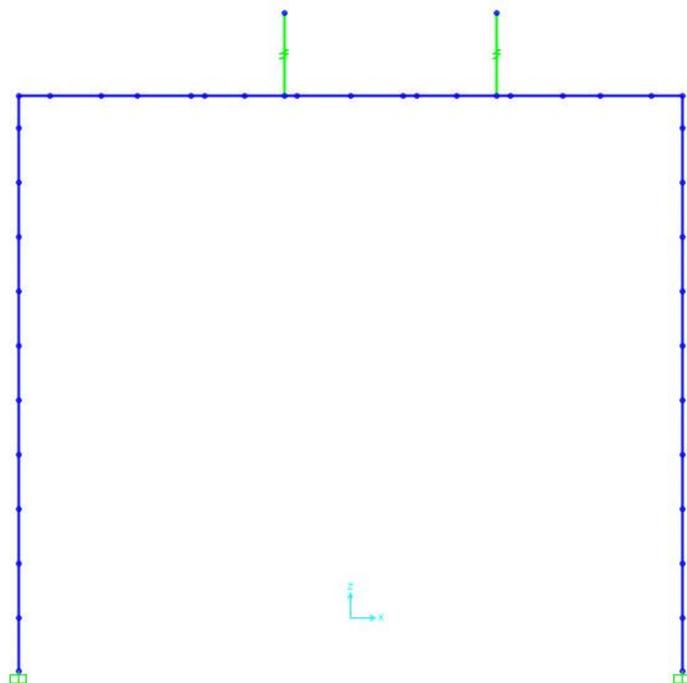


Figura 4-26 - Schema modello di calcolo

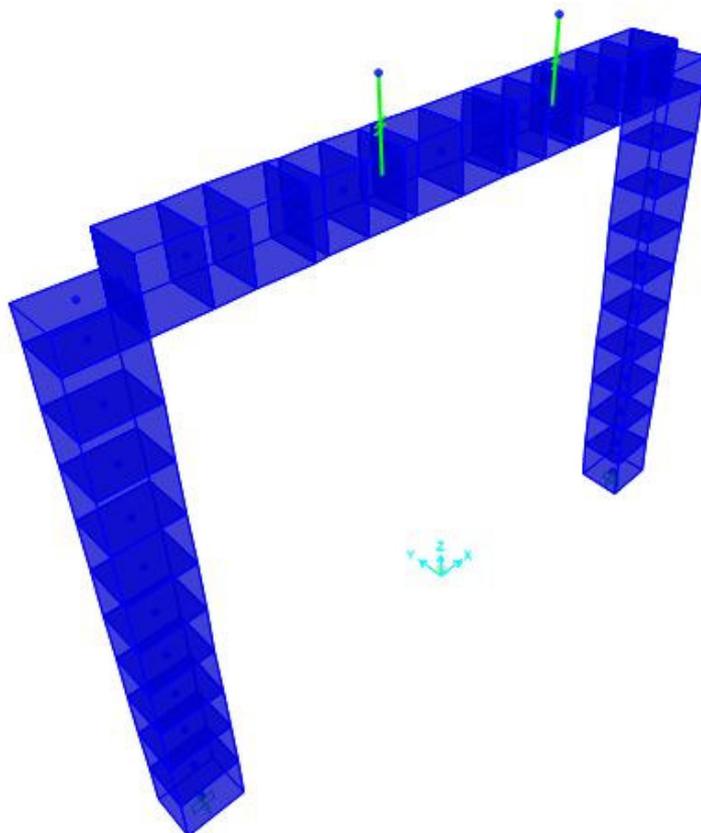


Figura 4-27 - Vista estrusa modello di calcolo

4.10.3.2 Analisi dei carichi

4.10.3.2.1 **Peso proprio**

Il peso proprio è stato valutato direttamente dal modello di calcolo, attraverso il carico *DEAD*, ponendo il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$.

4.10.3.2.2 **Sovraccarico permanente (ballast)**

Sulla soletta si considera uno spessore di ballast, compresa la traversina, pari a $\gamma_{\text{bal}} = 0.8 \text{ m}$ con peso unità di volume $\gamma_{\text{bal}} = 18.00 \text{ kN/m}^3$.

Ai lati del telaio si ha un carico orizzontale uniformemente distribuito sui piedritti dovuto alla spinta del ballast di intensità $p_b = k_0 q_{\text{ballast}} = 5.76 \text{ kN/m}$.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.10.3.2.3 Carichi variabili

Coefficiente di incremento dinamico

In accordo con il Manuale di Progettazione RFI (§2.5.1.4.2),

Caso	Elemento strutturale	Lunghezza L_{ϕ}
TRAVI PRINCIPALI		
5	5.1 Travi e solette semplicemente appoggiate (compresi i solettoni a travi incorporate) 5.2 Travi e solette continue su n luci, indicando con: $L_m = 1/n \cdot (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$ 5.3 Portali: - a luce singola - a luci multiple	Luce nella direzione delle travi principali $L_{\phi} = k \cdot L_m$ dove: $n = 2 - 3 - 4 - \geq 5$ $k = 1,2 - 1,3 - 1,4 - 1,5$ da considerare come trave continua a tre luci (usando la 5.2 considerando le altezze dei piedritti e la lunghezza del traverso) da considerare come trave continua a più luci (usando la 5.2 considerando le altezze dei piedritti terminali e la lunghezza di tutti i traversi)

Figura 4-28 - Estratto Manuale di Progettazione RFI

Si considera il caso di portale a luce singola, per il quale vale la seguente espressione:

$$L_m = 1/n \cdot (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$$

in cui $n=3$.

Considerando le linee d'asse, risulta:

L_1	10.90	m	Altezza piedritto di sinistra
L_2	12.50	m	Lunghezza soletta
L_3	10.90	m	Altezza piedritto di destra

Da cui:

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	61 di 96

L_m	11.43	m
k	1.3	m
L_ϕ	14.86	m

Il coefficiente di incremento dinamico risulta pari a (linea con ridotto standard manutentivo):

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,20} + 0,73 = 1.32$$

Larghezza di diffusione trasversale

La diffusione del ballast è stata effettuata, a partire dall'intradosso della traversa, nell'ipotesi di ripartizione nel ballast e nella soletta di copertura nei rapporti 4:1 e 1:1 rispettivamente.

$L_{traversa}$	2.40	m	Lunghezza traversa
$S_{ballast}$	0.80	m	Spessore del ballast
$S_{soletta}$	1.20	m	Spessore della soletta
L_{vasca}	8.50	m	Lunghezza vasca porta ballast

$$L_{tr,treno} = L_{traversa} + 2 \cdot \frac{S_{ballast}}{4} + 2 \cdot \frac{S_{soletta}}{2} = 4.00 \text{ m}$$

$$L_{tr,ballast} = L_{vasca} + 2 \cdot \frac{S_{soletta}}{2} = 9.70 \text{ m}$$

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

Sovraccarico accidentale mobile

Si considera il modello di carico LM71 costituito dalla presenza del locomotore con gli assi da 250 kN disposti ad interasse longitudinale pari ad 1.60 m e da un carico distribuito di 80 kN/m. Il coefficiente di adattamento è pari ad 1.1.

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.1$$

Il carico complessivo Q agente su una striscia di lunghezza unitaria vale pertanto, incrementato del coefficiente dinamico e diviso sulla larghezza di diffusione trasversale:

$$Q_{vk} = 56.76 \text{ kN/m}^2$$

Tale carico viene introdotto nel modello con la dicitura Q_{acc} .

Ai lati del telaio si ha un carico uniformemente distribuito sui piedritti dovuto alla spinta del sovraccarico accidentale, calcolato come k_0q , pari a 21.80 kN/m.

4.10.3.2.4 Azioni climatiche

Azioni termiche uniformi

Si considera una variazione termica uniforme $\Delta T = 15.00^\circ\text{C}$ sulla soletta superiore, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

Azioni termiche differenziali

Si considera una variazione termica differenziale $\Delta T = 5.00^\circ\text{C}$ sulla soletta superiore, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

Ritiro

Si considera una variazione termica uniforme equivalente $\Delta T = -11.10^\circ\text{C}$ sulla soletta superiore. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni nell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e D.M.17-01-2018.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	63 di 96

Clis a t=0

$f_{ck} =$	32 Mpa
$f_{cm} =$	40 MPa
$\alpha =$	0.00001
$E_{cm} =$	33345764 kN/m ²
cls tipo =	R
k =	1 coef. di correzione di E_{cm}

$E_{cm} = 33345764 \text{ kN/m}^2$

Tempo e ambiente

ts =	2 gg	età del calcestruzzo in giorni, all'inizio del ritiro per essiccamento
to =	2 gg	età del calcestruzzo in giorni al momento del carico
t =	25550 gg	età del calcestruzzo in giorni
ho = 2Ac/u =	1200 mm	dimensione fittizia dell'elemento di cls (spessore fittizio)
Ac =	1200000 mm ²	sezione dell'elemento (area per calcolo spessore fittizio, considerando larghezza e spessori reali de
u =	2000 mm	perimetro a contatto con l'atmosfera (perimetro di calcolo)
RH =	75 %	umidità relativa percentuale

Coefficiente di viscosità $\phi(t, t_0)$ e modulo elastico Ect a tempo "t"

$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t, t_0) = 2.052$

$\phi_0 = \phi_{RH} \beta_{\chi}(f_{cm}) \beta_{\chi}(t_0) = 2.085$ coefficiente nominale di viscosità

$\phi_{RH} = 1 + \left[\frac{1 - RH/100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \right] \alpha_2 = 1.209$ coefficiente che tiene conto dell'umidità

$\alpha_1 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.7} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.911$ coeff. per la resistenza del cls

$\alpha_2 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.2} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.974$ coeff. per la resistenza del cls

$\beta_c(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2.656313$ coefficiente che tiene conto della resistenza del cls

$\beta_c(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})} = 0.649$ coefficiente per l'evoluzione della viscosità nel tempo

$t_0 = t_0 \left(\frac{9}{2 + t_0^{1.2}} + 1 \right)^{\alpha} \geq 0.5 = 6.19$ tempo t_0 corretto in funzione della tipologia di cemento

$\alpha = 1$ coefficiente per il tipo di cemento (-1 per Classe S, 0 per Classe N, 1 per Classe R)

S	-1
N	0
R	1

$\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0.3} = 0.984$ coeff. per la variabilità della viscosità nel tempo

$\beta_H = 1.5 \left[1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right] h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 1403.1$ coefficiente che tiene conto dell'umidità relativa

$\alpha_3 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.5} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0.935$ coeff. per la resistenza del calcestruzzo

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	64 di 96

Il modulo elastico al tempo "t" è pari a:

$$E_{cm}(t, t_0) = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(t, t_0)} = 10926787 \text{ kN/m}^2$$

Deformazione di Ritiro

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{sd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000339 \text{ deformazione di ritiro } \varepsilon(t, t_0)$$

$$\varepsilon_{sd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) K_b \varepsilon_{sd,0} = 0.000284 \text{ deformazione dovuta al ritiro per essiccamento}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \left[\frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} \right] = 0.938893$$

Kh = 0.7 parametro che dipende da h₀ secondo il prospetto seguente

Valori di k_h

h ₀	k _h
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥500	0,70

Valori di Kh intermedi a quelli del prospetto vengono calcolati tramite interpolazione lineare.

$$\varepsilon_{sd,0} = 0.85 \left[(220 + 110 \alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}) \right] 10^{-6} \beta_{RH} = 0.000432 \text{ deformazione di base}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH0} \right)^3 \right] = 0.896094$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa}$$

$$RH0 = 100 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 6 \text{ coefficiente per il tipo di cemento (3 per Classe S, 4 per Classe N, 6 per Classe R)}$$

$$\alpha_{ds2} = 0.11 \text{ coefficiente per il tipo di cemento (0.13 per Classe S, 0.12 per Classe N, 0.11 per Classe R)}$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca00} = 0.000055 \text{ deformazione dovuta al ritiro autogeno}$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = 1$$

$$\varepsilon_{ca00} = 2.5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = 0.000055$$

Variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{ritiro} = - \frac{\varepsilon_s(t, t_0) \cdot E_{cm}}{(1 + \varphi(t, t_0)) \cdot E_{cm} \cdot \alpha} = -11.10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B	FOGLIO 65 di 96

4.10.3.2.5 Azioni sismiche

Si rimanda al § 4.7.10 per la definizione degli spettri che verranno implementati nel modello di calcolo

4.10.3.3 Carichi elementari e loro combinazioni

Condizioni di carico elementari

TABLE:

Case	Type	InitialCond	ModalCase	BaseCase	MassSource	IncludeSSI	DesTypeOpt	DesignType
DEAD	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
MODAL	LinModal	Zero					Prog Det	Other
G1 imp	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
G2 imp	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
Q1_Nmax	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
F_ATT	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
Q_ballast	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
Q_acc	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
SLV_X	LinRespSpec		MODAL				Prog Det	Quake
SLV_Z	LinRespSpec		MODAL				Prog Det	Quake
S_acc	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
S_ballast	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
F_CENT	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
VENTO	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
F_SERP	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
TU	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
TF	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
Ritiro	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
Q_acc_sx	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
F_SERP_sx	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
S_acc_sx	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
F_CENT_sx	LinStatic	Zero					Prog Det	Dead
SLD_X	LinRespSpec		MODAL				Prog Det	Quake
SLD_Z	LinRespSpec		MODAL				Prog Det	Quake

Combinazioni di carico per le sezioni di verifica

Dall'analisi agli elementi finiti del modello di calcolo, in ogni sezione di verifica, sono ricavate le sollecitazioni delle condizioni di carico come da combinazioni di seguito riportate.

L'immagine seguente fa riferimento ad una spalla tipo.

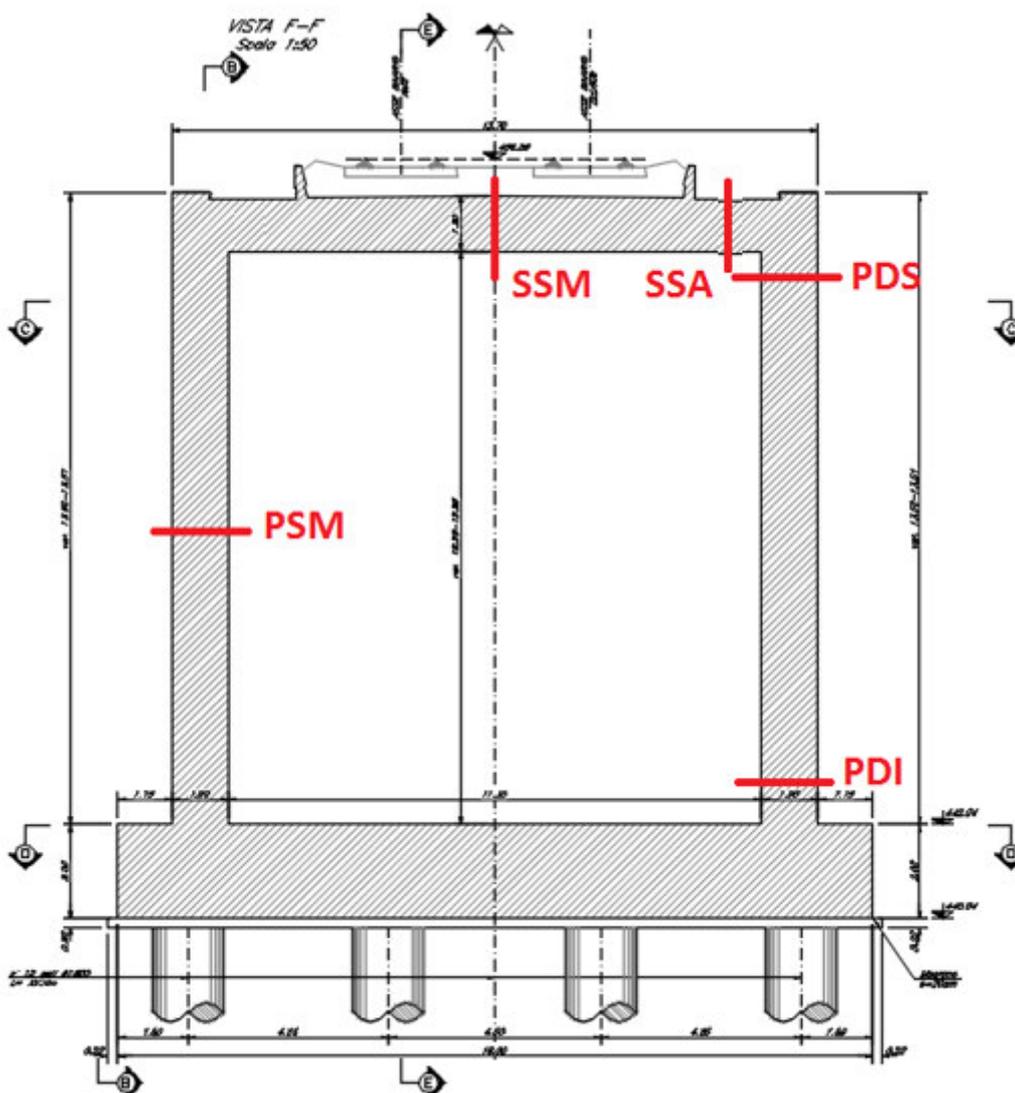


Figura 4-29 - Evidenziazione sezioni di verifica

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	68 di 96

TABLE:

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign	ConcDesign	AlumDesign	ColdDesign	GUID	Notes
SLU_STATICA_1	Linear Add	No	DEAD	1.35	None	None	None	None	35ce0b31-23ca-46c8-8b23-c6b2dae3dc91	
SLU_STATICA_1			G1 imp	1.35						
SLU_STATICA_1			G2 imp	1.5						
SLU_STATICA_1			Q_ballast	1.35						
SLU_STATICA_1			Q_acc	1.45						
SLU_STATICA_1			S_acc	1.45						
SLU_STATICA_1			S_ballast	1.5						
SLU_STATICA_1			F_CENT	1.16						
SLU_STATICA_1			F_SERP	1.16						
SLU_STATICA_1			VENTO	0.9						
SLU_STATICA_1			Ritiro	1.2						
SLU_STATICA_1			TU	0.9						
SLU_STATICA_1			TF	0.9						
SLU_SISMICA_1	Linear Add	No	G1 imp	1	None	None	None	None	5f3c3b06-74b4-4f0d-943f-b267c67e182c	
SLU_SISMICA_1			G2 imp	1						
SLU_SISMICA_1			Q_ballast	1						
SLU_SISMICA_1			DEAD	1						
SLU_SISMICA_1			SLV_X	1						
SLU_SISMICA_1			SLV_Z	0.3						
SLU_SISMICA_1			S_acc	0.2						
SLU_SISMICA_1			S_ballast	1						
SLE_RARA_1	Linear Add	No	DEAD	1	None	None	None	None	726f4929-f25c-486a-938b-8d713c00fbcf	
SLE_RARA_1			Q_acc	1						
SLE_RARA_1			Q_ballast	1						
SLE_RARA_1			TF	0.6						
SLE_RARA_1			TU	0.6						
SLE_RARA_1			F_SERP	0.6						
SLE_RARA_1			F_CENT	0.6						
SLE_RARA_1			VENTO	0.6						
SLE_RARA_1			Ritiro	1						
SLE_RARA_1			S_acc	1						
SLE_RARA_1			S_ballast	1						
SLU_STATICA_2	Linear Add	No	DEAD	1.35	None	None	None	None	35ce0b31-23ca-46c8-8b23-c6b2dae3dc91	
SLU_STATICA_2			G1 imp	1.35						
SLU_STATICA_2			G2 imp	1.5						
SLU_STATICA_2			Q_ballast	1.35						
SLU_STATICA_2			Q_acc_sx	1.45						
SLU_STATICA_2			S_acc_sx	1.45						
SLU_STATICA_2			S_ballast	1.5						
SLU_STATICA_2			F_CENT_sx	1.16						
SLU_STATICA_2			F_SERP_sx	1.16						
SLU_STATICA_2			VENTO	0.9						
SLU_STATICA_2			Ritiro	1.2						
SLU_STATICA_2			TU	0.9						
SLU_STATICA_2			TF	0.9						
SLU_STATICA_3	Linear Add	No	DEAD	1.35	None	None	None	None	35ce0b31-23ca-46c8-8b23-c6b2dae3dc91	
SLU_STATICA_3			G1 imp	1.35						
SLU_STATICA_3			G2 imp	1.5						
SLU_STATICA_3			Q_ballast	1.35						
SLU_STATICA_3			Ritiro	1.2						
SLU_STATICA_3			TU	0.9						
SLU_STATICA_3			TF	0.9						

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	69 di 96

TABLE:

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign	ConcDesign	AlumDesign	ColdDesign	GUID	Notes
SLU_SISMICA_2	Linear Add	No	G1 imp	1	None	None	None	None	5f3c3b06-74b4-4f0d-943f-b267c67e182c	
SLU_SISMICA_2			G2 imp	1						
SLU_SISMICA_2			Q_ballast	1						
SLU_SISMICA_2			DEAD	1						
SLU_SISMICA_2			SLV_X	1						
SLU_SISMICA_2			SLV_Z	-0.3						
SLU_SISMICA_2			S_acc	0.2						
SLU_SISMICA_2			S_ballast	1						
SLU_SISMICA_3	Linear Add	No	G1 imp	1	None	None	None	None	5f3c3b06-74b4-4f0d-943f-b267c67e182c	
SLU_SISMICA_3			G2 imp	1						
SLU_SISMICA_3			Q_ballast	1						
SLU_SISMICA_3			DEAD	1						
SLU_SISMICA_3			SLV_X	0.3						
SLU_SISMICA_3			SLV_Z	1						
SLU_SISMICA_3			S_acc	0.2						
SLU_SISMICA_3			S_ballast	1						
SLU_SISMICA_4	Linear Add	No	G1 imp	1	None	None	None	None	5f3c3b06-74b4-4f0d-943f-b267c67e182c	
SLU_SISMICA_4			G2 imp	1						
SLU_SISMICA_4			Q_ballast	1						
SLU_SISMICA_4			DEAD	1						
SLU_SISMICA_4			SLV_X	0.3						
SLU_SISMICA_4			SLV_Z	-1						
SLU_SISMICA_4			S_acc	0.2						
SLU_SISMICA_4			S_ballast	1						
SLE_RARA_2	Linear Add	No	DEAD	1	None	None	None	None	726f4929-f25c-486a-938b-8d713c00fbcf	
SLE_RARA_2			Q_acc_sx	1						
SLE_RARA_2			Q_ballast	1						
SLE_RARA_2			TF	0.6						
SLE_RARA_2			TU	0.6						
SLE_RARA_2			F_SERP_sx	0.6						
SLE_RARA_2			F_CENT_sx	0.6						
SLE_RARA_2			VENTO	0.6						
SLE_RARA_2			Ritiro	1						
SLE_RARA_2			S_acc_sx	1						
SLE_RARA_2			S_ballast	1						
SLE_FREQ_1	Linear Add	No	DEAD	1	None	None	None	None	726f4929-f25c-486a-938b-8d713c00fbcf	
SLE_FREQ_1			Q_acc	1						
SLE_FREQ_1			Q_ballast	1						
SLE_FREQ_1			TF	0.6						
SLE_FREQ_1			TU	0.6						
SLE_FREQ_1			F_SERP	0.48						
SLE_FREQ_1			F_CENT	0.48						
SLE_FREQ_1			Ritiro	1						
SLE_FREQ_1			S_acc	1						
SLE_FREQ_1			S_ballast	1						
SLE_FREQ_2	Linear Add	No	DEAD	1	None	None	None	None	726f4929-f25c-486a-938b-8d713c00fbcf	
SLE_FREQ_2			Q_acc_sx	1						
SLE_FREQ_2			Q_ballast	1						
SLE_FREQ_2			TF	0.6						
SLE_FREQ_2			TU	0.6						
SLE_FREQ_2			F_SERP_sx	0.48						
SLE_FREQ_2			F_CENT_sx	0.48						
SLE_FREQ_2			Ritiro	1						
SLE_FREQ_2			S_acc_sx	1						
SLE_FREQ_2			S_ballast	1						
SLE_OP	Linear Add	No	DEAD	1	None	None	None	None	726f4929-f25c-486a-938b-8d713c00fbcf	
SLE_OP			Q_ballast	1						
SLE_OP			TF	0.6						
SLE_OP			TU	0.6						
SLE_OP			Ritiro	1						
SLE_OP			S_ballast	1						

4.10.3.4 Tabelle riassuntive: sollecitazioni massime

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	70 di 96

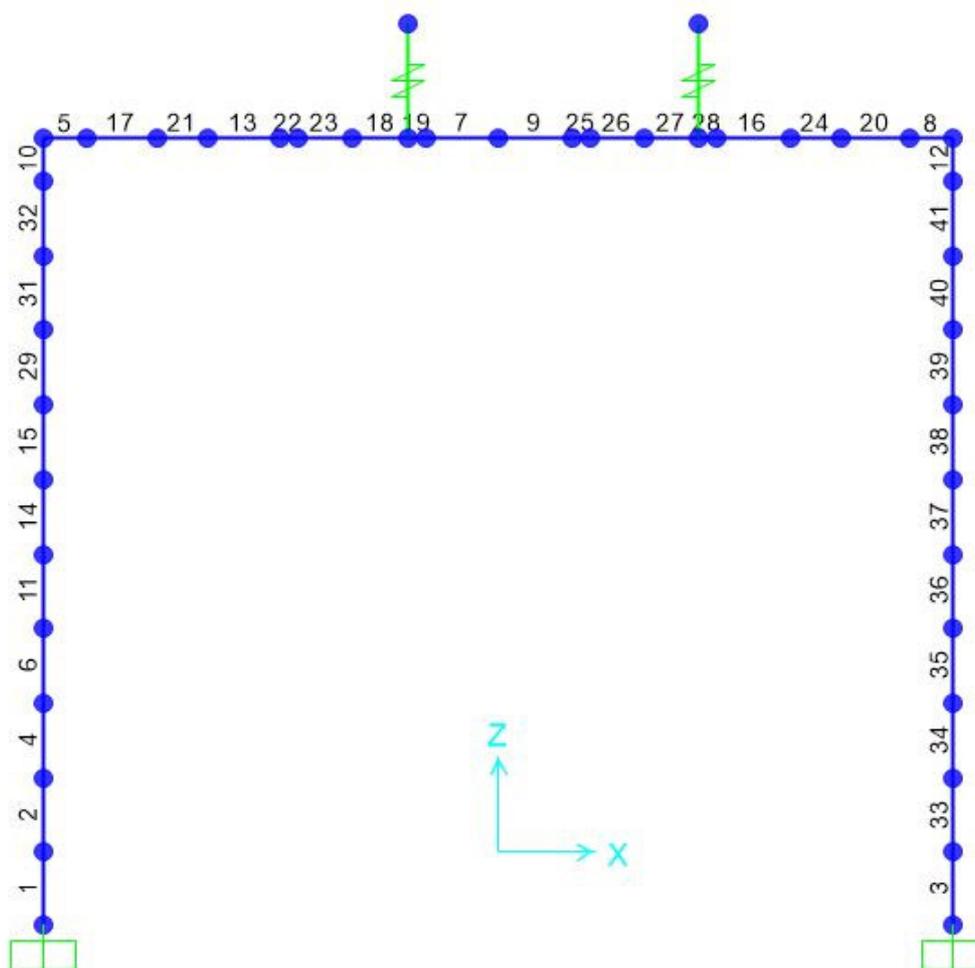
Si riporta un prospetto riassuntivo delle massime sollecitazioni che si raggiungono in corrispondenza delle sezioni di verifica dei **piedritti**:

ELEM PDS	COMB	N	Mx	Vy	ELEM PSM	COMB	N	Mx	Vy	ELEM PDI	COMB	N	Mx	Vy
12	SLU_STATICA_1	936.6	-2144.6	315.0	15	SLU_STATICA_1	637.0	97.0	161.1	33	SLU_STATICA_1	1313.2	2152.2	609.0
		936.6	-2144.6	315.0			637.0	97.0	161.1			1313.2	2152.2	609.0
12	SLU_STATICA_2	606.3	-1324.7	263.6	15	SLU_STATICA_2	636.7	2.0	66.0	33	SLU_STATICA_2	982.8	1126.4	263.6
		606.3	-1324.7	263.6			636.7	2.0	66.0			982.8	1126.4	263.6
12	SLU_STATICA_3	372.5	-380.2	56.5	15	SLU_STATICA_3	539.9	146.7	-56.5	33	SLU_STATICA_3	749.1	145.2	56.5
		372.5	-380.2	56.5			539.9	146.7	-56.5			749.1	145.2	56.5
12	SLU_SISMICA_1	129.7	401.0	244.3	15	SLU_SISMICA_1	212.5	152.0	202.2	33	SLU_SISMICA_1	406.3	1551.2	364.2
		462.2	-1421.0	-99.0			547.3	17.2	-246.4			743.4	-843.3	-137.9
12	SLU_SISMICA_2	129.7	401.0	244.3	15	SLU_SISMICA_2	212.5	152.0	202.2	33	SLU_SISMICA_2	406.3	1551.2	364.2
		462.2	-1421.0	-99.0			547.3	17.2	-246.4			743.4	-843.3	-137.9
12	SLU_SISMICA_3	214.3	-182.1	129.5	15	SLU_SISMICA_3	295.6	135.5	53.3	33	SLU_SISMICA_3	487.9	742.8	201.9
		377.7	-837.9	15.8			464.2	33.7	-97.5			661.9	-34.9	24.5
12	SLU_SISMICA_4	214.3	-182.1	129.5	15	SLU_SISMICA_4	295.6	135.5	53.3	33	SLU_SISMICA_4	487.9	742.8	201.9
		377.7	-837.9	15.8			464.2	33.7	-97.5			661.9	-34.9	24.5
12	SLE_RARA_1	642.1	-1407.4	196.5	15	SLE_RARA_1	489.8	86.7	86.7	33	SLE_RARA_1	921.0	1362.9	399.3
		642.1	-1407.4	196.5			489.8	86.7	86.7			921.0	1362.9	399.3
12	SLE_RARA_2	425.5	-882.9	171.3	15	SLE_RARA_2	478.4	18.4	32.8	33	SLE_RARA_2	704.4	709.8	171.3
		425.5	-882.9	171.3			478.4	18.4	32.8			704.4	709.8	171.3
12	SLE_FREQ_1	626.3	-1338.9	179.9	15	SLE_FREQ_1	505.5	99.2	69.2	33	SLE_FREQ_1	905.2	1276.9	382.6
		626.3	-1338.9	179.9			505.5	99.2	69.2			905.2	1276.9	382.6
12	SLE_FREQ_2	416.4	-839.1	160.8	15	SLE_FREQ_2	487.4	29.3	22.5	33	SLE_FREQ_2	695.4	656.3	160.8
		416.4	-839.1	160.8			487.4	29.3	22.5			695.4	656.3	160.8
12	SLE_QP	283.9	-334.1	53.4	15	SLE_QP	391.9	78.3	-26.1	33	SLE_QP	562.8	162.6	53.4
		283.9	-334.1	53.4			391.9	78.3	-26.1			562.8	162.6	53.4

Si riporta un prospetto riassuntivo delle massime sollecitazioni che si raggiungono in corrispondenza delle sezioni di verifica della **soletta**:

ELEM SSA	COMB	N	Mx	Vy	ELEM SSM	COMB	N	Mx	Vy
8	SLU_STATICA_1	296.1	-1787.8	888.0	9	SLU_STATICA_1	168.5	1496.8	233.5
		296.1	-1787.8	888.0			168.5	1496.8	233.5
8	SLU_STATICA_2	263.6	-1140.9	557.7	9	SLU_STATICA_2	263.6	1140.2	233.8
		263.6	-1140.9	557.7			263.6	1140.2	233.8
8	SLU_STATICA_3	56.5	-212.4	323.9	9	SLU_STATICA_3	56.5	747.9	0.0
		56.5	-212.4	323.9			56.5	747.9	0.0
8	SLU_SISMICA_1	-91.9	522.8	426.0	9	SLU_SISMICA_1	52.4	457.5	184.8
		231.9	-1305.6	93.9			87.6	408.5	-144.7
8	SLU_SISMICA_2	-91.9	522.8	426.0	9	SLU_SISMICA_2	52.4	457.5	184.8
		231.9	-1305.6	93.9			87.6	408.5	-144.7
8	SLU_SISMICA_3	16.0	-78.9	341.3	9	SLU_SISMICA_3	57.9	514.7	74.0
		124.0	-704.0	178.6			82.1	351.3	-34.0
8	SLU_SISMICA_4	16.0	-78.9	341.3	9	SLU_SISMICA_4	57.9	514.7	74.0
		124.0	-704.0	178.6			82.1	351.3	-34.0
8	SLE_RARA_1	183.4	-1152.3	606.1	9	SLE_RARA_1	117.4	1067.4	138.1
		183.4	-1152.3	606.1			117.4	1067.4	138.1
8	SLE_RARA_2	171.3	-746.6	389.5	9	SLE_RARA_2	171.3	809.6	149.5
		171.3	-746.6	389.5			171.3	809.6	149.5
8	SLE_FREQ_1	166.8	-1083.3	590.3	9	SLE_FREQ_1	114.0	1068.1	122.4
		166.8	-1083.3	590.3			114.0	1068.1	122.4
8	SLE_FREQ_2	160.8	-701.9	380.5	9	SLE_FREQ_2	160.8	803.3	140.5
		160.8	-701.9	380.5			160.8	803.3	140.5
8	SLE_QP	53.4	-212.0	247.9	9	SLE_QP	53.4	544.3	8.0
		53.4	-212.0	247.9			53.4	544.3	8.0

Nell'immagine seguente viene riportata la numerazione degli elementi frame assunta nel modello di calcolo.



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.10.3.5 Verifiche

4.10.3.5.1 Piedritti

I piedritti, con riferimento alle sezioni di verifica, risultano così armati:

Sezione		Armatura verticale		Armatura orizzontale	
PDI	1.00x1.20	$\phi 26/10$ (lato interno)	$\phi 26/20$ (lato esterno)	$\phi 18/20$ (lato interno)	$\phi 18/20$ (lato esterno)
PSM	1.00x1.20	$\phi 26/20$ (lato interno)	$\phi 26/20$ (lato esterno)	$\phi 18/20$ (lato interno)	$\phi 18/20$ (lato esterno)
PDS	1.00x1.20	$\phi 26/20$ (lato interno)	$\phi 26/10 + \phi 26/20$ (lato esterno)	$\phi 18/20$ (lato interno)	$\phi 18/20 + \phi 18/20$ (lato esterno)

Tabella 4-1 - Riepilogo armature piedritti

Verifica a pressoflessione dei piedritti

Si riporta l'output della verifica a pressoflessione eseguita con il software RC-SEC delle sezioni PDI e PDS.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. **NOME SEZIONE: PDS_VI07_SPB**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	73 di 96

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	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:	2.120	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	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:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-60.0
2	-50.0	60.0
3	50.0	60.0
4	50.0	-60.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.2	50.7	26
2	-41.2	-50.7	26
3	41.2	50.7	26
4	41.2	-50.7	26
5	41.2	45.7	26
6	-41.2	45.7	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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	74 di 96

N°Barre
Ø Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	3	8	26
2	2	4	3	26
3	5	6	3	26

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	936.60	-2144.60	0.00	0.00	0.00
2	936.60	-2144.60	0.00	0.00	0.00
3	606.30	-1324.70	0.00	0.00	0.00
4	606.30	-1324.70	0.00	0.00	0.00
5	372.50	-380.20	0.00	0.00	0.00
6	372.50	-380.20	0.00	0.00	0.00
7	129.70	401.00	0.00	0.00	0.00
8	462.20	-1421.00	0.00	0.00	0.00
9	129.70	401.00	0.00	0.00	0.00
10	462.20	-1421.00	0.00	0.00	0.00
11	214.30	-182.10	0.00	0.00	0.00
12	377.70	-837.90	0.00	0.00	0.00
13	214.30	-182.10	0.00	0.00	0.00
14	377.70	-837.90	0.00	0.00	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	642.10	-1407.40	0.00
2	425.50	-882.90	0.00

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	75 di 96

N°Comb.	N	Mx	My
1	626.30	-1338.90 (-746.49)	0.00 (0.00)
2	416.40	-839.10 (-751.36)	0.00 (0.00)

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	283.90	-334.10 (-817.63)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=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	936.60	-2144.60	0.00	936.82	-3612.00	0.00	1.67	106.2(36.0)
2	S	936.60	-2144.60	0.00	936.82	-3612.00	0.00	1.67	106.2(36.0)
3	S	606.30	-1324.70	0.00	606.28	-3461.38	0.00	2.59	106.2(36.0)
4	S	606.30	-1324.70	0.00	606.28	-3461.38	0.00	2.59	106.2(36.0)
5	S	372.50	-380.20	0.00	372.60	-3352.48	0.00	8.54	106.2(36.0)
6	S	372.50	-380.20	0.00	372.60	-3352.48	0.00	8.54	106.2(36.0)
7	S	129.70	401.00	0.00	129.89	1234.48	0.00	3.10	106.2(36.0)
8	S	462.20	-1421.00	0.00	462.05	-3394.40	0.00	2.37	106.2(36.0)
9	S	129.70	401.00	0.00	129.89	1234.48	0.00	3.10	106.2(36.0)
10	S	462.20	-1421.00	0.00	462.05	-3394.40	0.00	2.37	106.2(36.0)
11	S	214.30	-182.10	0.00	214.54	-3277.70	0.00	17.28	106.2(36.0)
12	S	377.70	-837.90	0.00	377.48	-3354.77	0.00	3.95	106.2(36.0)
13	S	214.30	-182.10	0.00	214.54	-3277.70	0.00	17.28	106.2(36.0)
14	S	377.70	-837.90	0.00	377.48	-3354.77	0.00	3.95	106.2(36.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	76 di 96

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	-60.0	0.00188	-41.2	-50.7	-0.01581	41.2	50.7
2	0.00350	-50.0	-60.0	0.00188	-41.2	-50.7	-0.01581	41.2	50.7
3	0.00350	-50.0	-60.0	0.00173	-41.2	-50.7	-0.01755	41.2	50.7
4	0.00350	-50.0	-60.0	0.00173	-41.2	-50.7	-0.01755	41.2	50.7
5	0.00350	-50.0	-60.0	0.00162	-41.2	-50.7	-0.01892	41.2	50.7
6	0.00350	-50.0	-60.0	0.00162	-41.2	-50.7	-0.01892	41.2	50.7
7	0.00350	-50.0	60.0	0.00032	-41.2	50.7	-0.03431	-41.2	-50.7
8	0.00350	-50.0	-60.0	0.00166	-41.2	-50.7	-0.01838	41.2	50.7
9	0.00350	-50.0	60.0	0.00032	-41.2	50.7	-0.03431	-41.2	-50.7
10	0.00350	-50.0	-60.0	0.00166	-41.2	-50.7	-0.01838	41.2	50.7
11	0.00350	-50.0	-60.0	0.00153	-41.2	-50.7	-0.01994	41.2	50.7
12	0.00350	-50.0	-60.0	0.00162	-41.2	-50.7	-0.01889	41.2	50.7
13	0.00350	-50.0	-60.0	0.00153	-41.2	-50.7	-0.01994	41.2	50.7
14	0.00350	-50.0	-60.0	0.00162	-41.2	-50.7	-0.01889	41.2	50.7

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	-0.000174409	-0.006964525	----	----
2	0.000000000	-0.000174409	-0.006964525	----	----
3	0.000000000	-0.000190140	-0.007908393	----	----
4	0.000000000	-0.000190140	-0.007908393	----	----
5	0.000000000	-0.000202545	-0.008652726	----	----
6	0.000000000	-0.000202545	-0.008652726	----	----
7	0.000000000	0.000341510	-0.016990601	----	----
8	0.000000000	-0.000197650	-0.008359029	----	----
9	0.000000000	0.000341510	-0.016990601	----	----
10	0.000000000	-0.000197650	-0.008359029	----	----
11	0.000000000	-0.000211700	-0.009202008	----	----
12	0.000000000	-0.000202284	-0.008637032	----	----
13	0.000000000	-0.000211700	-0.009202008	----	----
14	0.000000000	-0.000202284	-0.008637032	----	----

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	77 di 96

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.03	-50.0	-60.0	-151.7	32.0	50.7	2500	79.6
2	S	4.43	50.0	-60.0	-94.0	32.0	50.7	2450	79.6

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.70	-50.0	-60.0	-143.5	32.0	50.7	2500	79.6
2	S	4.21	-50.0	-60.0	-88.7	32.0	50.7	2450	79.6

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00082	0	0.500	26.0	80	0.00048 (0.00043)	411	0.197 (0.20)	-746.49	0.00
2	S	-0.00051	0	0.500	26.0	80	0.00027 (0.00027)	408	0.109 (0.20)	-751.36	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.74	-50.0	-60.0	-29.4	32.0	50.7	2250	79.6

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	-0.00017	0	0.500	26.0	80	0.00009 (0.00009)	397	0.035 (0.20)	-817.63	0.00

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: PDI_VI07_SPB

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	78 di 96

Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810	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:	2.120	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	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 $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-60.0
2	-50.0	60.0
3	50.0	60.0
4	50.0	-60.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.2	50.7	26
2	-41.2	-50.7	26
3	41.2	50.7	26
4	41.2	-50.7	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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	79 di 96

N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 \emptyset Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	\emptyset
1	1	3	3	26
2	2	4	8	26

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	1313.20	2152.20	0.00	0.00	0.00
2	1313.20	2152.20	0.00	0.00	0.00
3	982.80	1126.40	0.00	0.00	0.00
4	982.80	1126.40	0.00	0.00	0.00
5	749.10	145.20	0.00	0.00	0.00
6	749.10	145.20	0.00	0.00	0.00
7	406.30	1551.20	0.00	0.00	0.00
8	743.40	-843.30	0.00	0.00	0.00
9	406.30	1551.20	0.00	0.00	0.00
10	743.40	-843.30	0.00	0.00	0.00
11	487.90	742.80	0.00	0.00	0.00
12	661.90	-34.90	0.00	0.00	0.00
13	487.90	742.80	0.00	0.00	0.00
14	661.90	-34.90	0.00	0.00	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	921.00	1362.90	0.00
2	704.40	709.80	0.00

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

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	80 di 96

N°Comb.	N	Mx	My
1	824.00	975.80 (769.23)	0.00 (0.00)
2	631.40	521.40 (849.01)	0.00 (0.00)

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	562.80	162.60 (2337.40)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 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	1313.20	2152.20	0.00	1313.11	2831.39	0.00	1.31	79.6(36.0)
2	S	1313.20	2152.20	0.00	1313.11	2831.39	0.00	1.31	79.6(36.0)
3	S	982.80	1126.40	0.00	982.61	2673.14	0.00	2.35	79.6(36.0)
4	S	982.80	1126.40	0.00	982.61	2673.14	0.00	2.35	79.6(36.0)
5	S	749.10	145.20	0.00	749.06	2559.37	0.00	16.04	79.6(36.0)
6	S	749.10	145.20	0.00	749.06	2559.37	0.00	16.04	79.6(36.0)
7	S	406.30	1551.20	0.00	406.34	2389.86	0.00	1.54	79.6(36.0)
8	S	743.40	-843.30	0.00	743.30	-1508.40	0.00	1.80	79.6(36.0)
9	S	406.30	1551.20	0.00	406.34	2389.86	0.00	1.54	79.6(36.0)
10	S	743.40	-843.30	0.00	743.30	-1508.40	0.00	1.80	79.6(36.0)
11	S	487.90	742.80	0.00	487.95	2430.51	0.00	3.24	79.6(36.0)
12	S	661.90	-34.90	0.00	662.07	-1466.97	0.00	68.14	79.6(36.0)
13	S	487.90	742.80	0.00	487.95	2430.51	0.00	3.24	79.6(36.0)
14	S	661.90	-34.90	0.00	662.07	-1466.97	0.00	68.14	79.6(36.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	81 di 96

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	50.0	60.0	0.00156	41.2	50.7	-0.01954	-41.2	-50.7
2	0.00350	50.0	60.0	0.00156	41.2	50.7	-0.01954	-41.2	-50.7
3	0.00350	50.0	60.0	0.00137	41.2	50.7	-0.02181	-41.2	-50.7
4	0.00350	50.0	60.0	0.00137	41.2	50.7	-0.02181	-41.2	-50.7
5	0.00350	50.0	60.0	0.00122	41.2	50.7	-0.02360	-41.2	-50.7
6	0.00350	50.0	60.0	0.00122	41.2	50.7	-0.02360	-41.2	-50.7
7	0.00350	50.0	60.0	0.00098	41.2	50.7	-0.02653	-41.2	-50.7
8	0.00350	-50.0	-60.0	0.00024	-41.2	-50.7	-0.03526	41.2	50.7
9	0.00350	50.0	60.0	0.00098	41.2	50.7	-0.02653	-41.2	-50.7
10	0.00350	-50.0	-60.0	0.00024	-41.2	-50.7	-0.03526	41.2	50.7
11	0.00350	50.0	60.0	0.00104	41.2	50.7	-0.02579	-41.2	-50.7
12	0.00350	-50.0	-60.0	0.00019	-41.2	-50.7	-0.03589	41.2	50.7
13	0.00350	50.0	60.0	0.00104	41.2	50.7	-0.02579	-41.2	-50.7
14	0.00350	-50.0	-60.0	0.00019	-41.2	-50.7	-0.03589	41.2	50.7

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	0.000208150	-0.008989021	----	----
2	0.000000000	0.000208150	-0.008989021	----	----
3	0.000000000	0.000228627	-0.010217619	----	----
4	0.000000000	0.000228627	-0.010217619	----	----
5	0.000000000	0.000244769	-0.011186149	----	----
6	0.000000000	0.000244769	-0.011186149	----	----
7	0.000000000	0.000271262	-0.012775703	----	----
8	0.000000000	-0.000350104	-0.017506253	----	----
9	0.000000000	0.000271262	-0.012775703	----	----
10	0.000000000	-0.000350104	-0.017506253	----	----
11	0.000000000	0.000264573	-0.012374391	----	----
12	0.000000000	-0.000355784	-0.017847032	----	----
13	0.000000000	0.000264573	-0.012374391	----	----
14	0.000000000	-0.000355784	-0.017847032	----	----

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	82 di 96

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.67	-50.0	60.0	-181.7	-41.2	-50.7	2300	53.1
2	S	4.07	-50.0	60.0	-78.1	32.0	-50.7	2300	53.1

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.55	-50.0	60.0	-117.8	32.0	-50.7	2300	53.1
2	S	3.02	-50.0	60.0	-49.7	32.0	-50.7	2250	53.1

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr _{max}	wk	Mx _{fess.}	My _{fess.}
1	S	-0.00067	0	0.500	26.0	80	0.00035 (0.00035)	463	0.164 (0.20)	769.23	0.00
2	S	-0.00029	0	0.500	26.0	80	0.00015 (0.00015)	459	0.068 (0.20)	849.01	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.05	-50.0	60.0	-1.4	32.0	-50.7	950	53.1

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	-0.00001	0	0.500	26.0	80	0.00000 (0.00000)	351	0.002 (0.20)	2337.40	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	83 di 96

Verifica a taglio dei piedritti

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d')

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 20769.9 KN sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2.48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Sì

No

τ N/mm² tensione tangenziale corda baricentrica

σ₁ N/mm² tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

ctgθ_l valore limite dell'inclinazione delle bielle

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

V_{Rd} KN > V_{Ed} KN

OCCORRE ARMARE A TAGLIO

Vengono inserite 9 spille Ø12 al metro quadro Tabella 4-1 - Riepilogo armature piedritti

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA CALTANISSETTA XIRBI – NUOVA ENNA (LOTTO 4A) VI07 – Viadotto Doppio Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3U	LOTTO 40 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0704 002	REV. B

4.10.3.5.2 Soletta

La soletta, con riferimento alle sezioni di verifica, risulta così armati:

Sezione		Armatura principale		Armatura secondaria	
SSA	1.00x1.20	$\phi 26/20$ (inferiore)	$\phi 26/10+ \phi 26/20$ (superiore)	$\phi 18/20$ (inferiore)	$\phi 18/20+ \phi 18/20$ (superiore)
SSM	1.00x1.20	$\phi 26/10+ \phi 26/20$ (inferiore)	$\phi 26/20$ (superiore)	$\phi 18/20+ \phi 18/20$ (inferiore)	$\phi 18/20$ (superiore)

Verifica a pressoflessione della soletta

Si riporta l'output della verifica a pressoflessione eseguita con il software RC-SEC delle sezione di appoggio e di mezzzeria della soletta.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: SSA_VI07_SPB

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 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:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	85 di 96

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 $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-60.0
2	-50.0	60.0
3	50.0	60.0
4	50.0	-60.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-41.2	50.7	26
2	-41.2	-50.7	26
3	41.2	50.7	26
4	41.2	-50.7	26
5	41.2	45.7	26
6	-41.2	45.7	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	3	8	26
2	2	4	3	26
3	5	6	3	26

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	86 di 96

N°Comb.	N	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x			
		Mx	My	Vy	Vx
1	296.10	-1787.80	0.00	0.00	0.00
2	296.10	-1787.80	0.00	0.00	0.00
3	263.60	-1140.90	0.00	0.00	0.00
4	263.60	-1140.90	0.00	0.00	0.00
5	56.50	-212.40	0.00	0.00	0.00
6	56.50	-212.40	0.00	0.00	0.00
7	-91.90	522.80	0.00	0.00	0.00
8	231.90	-1305.60	0.00	0.00	0.00
9	-91.90	522.80	0.00	0.00	0.00
10	231.90	-1305.60	0.00	0.00	0.00
11	16.00	-78.90	0.00	0.00	0.00
12	124.00	-704.00	0.00	0.00	0.00
13	16.00	-78.90	0.00	0.00	0.00
14	124.00	-704.00	0.00	0.00	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	183.40	-1152.30	0.00
2	171.30	-746.60	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	166.80	-1083.30 (-696.69)	0.00 (0.00)
2	160.80	-701.90 (-707.99)	0.00 (0.00)

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	53.40	-212.00 (-711.50)	0.00 (0.00)

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	87 di 96

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm ²]. [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	296.10	-1787.80	0.00	296.22	-3316.43	0.00	1.85	106.2(36.0)
2	S	296.10	-1787.80	0.00	296.22	-3316.43	0.00	1.85	106.2(36.0)
3	S	263.60	-1140.90	0.00	263.66	-3301.06	0.00	2.88	106.2(36.0)
4	S	263.60	-1140.90	0.00	263.66	-3301.06	0.00	2.88	106.2(36.0)
5	S	56.50	-212.40	0.00	56.60	-3202.22	0.00	14.94	106.2(36.0)
6	S	56.50	-212.40	0.00	56.60	-3202.22	0.00	14.94	106.2(36.0)
7	S	-91.90	522.80	0.00	-91.62	1125.63	0.00	2.11	106.2(36.0)
8	S	231.90	-1305.60	0.00	231.96	-3285.99	0.00	2.51	106.2(36.0)
9	S	-91.90	522.80	0.00	-91.62	1125.63	0.00	2.11	106.2(36.0)
10	S	231.90	-1305.60	0.00	231.96	-3285.99	0.00	2.51	106.2(36.0)
11	S	16.00	-78.90	0.00	15.95	-3182.65	0.00	40.04	106.2(36.0)
12	S	124.00	-704.00	0.00	124.09	-3234.57	0.00	4.57	106.2(36.0)
13	S	16.00	-78.90	0.00	15.95	-3182.65	0.00	40.04	106.2(36.0)
14	S	124.00	-704.00	0.00	124.09	-3234.57	0.00	4.57	106.2(36.0)

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
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.)
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	-50.0	-60.0	0.00158	-41.2	-50.7	-0.01941	41.2	50.7
2	0.00350	-50.0	-60.0	0.00158	-41.2	-50.7	-0.01941	41.2	50.7
3	0.00350	-50.0	-60.0	0.00156	-41.2	-50.7	-0.01961	41.2	50.7
4	0.00350	-50.0	-60.0	0.00156	-41.2	-50.7	-0.01961	41.2	50.7
5	0.00350	-50.0	-60.0	0.00144	-41.2	-50.7	-0.02100	41.2	50.7
6	0.00350	-50.0	-60.0	0.00144	-41.2	-50.7	-0.02100	41.2	50.7
7	0.00350	50.0	60.0	0.00023	41.2	50.7	-0.03543	-41.2	-50.7
8	0.00350	-50.0	-60.0	0.00154	-41.2	-50.7	-0.01982	41.2	50.7

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	88 di 96

9	0.00350	50.0	60.0	0.00023	41.2	50.7	-0.03543	-41.2	-50.7
10	0.00350	-50.0	-60.0	0.00154	-41.2	-50.7	-0.01982	41.2	50.7
11	0.00350	-50.0	-60.0	0.00142	-41.2	-50.7	-0.02129	41.2	50.7
12	0.00350	-50.0	-60.0	0.00148	-41.2	-50.7	-0.02054	41.2	50.7
13	0.00350	-50.0	-60.0	0.00142	-41.2	-50.7	-0.02129	41.2	50.7
14	0.00350	-50.0	-60.0	0.00148	-41.2	-50.7	-0.02054	41.2	50.7

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	-0.000206917	-0.008915036	----	----
2	0.000000000	-0.000206917	-0.008915036	----	----
3	0.000000000	-0.000208748	-0.009024893	----	----
4	0.000000000	-0.000208748	-0.009024893	----	----
5	0.000000000	-0.000221341	-0.009780435	----	----
6	0.000000000	-0.000221341	-0.009780435	----	----
7	0.000000000	0.000351711	-0.017602658	----	----
8	0.000000000	-0.000210654	-0.009139233	----	----
9	0.000000000	0.000351711	-0.017602658	----	----
10	0.000000000	-0.000210654	-0.009139233	----	----
11	0.000000000	-0.000223956	-0.009937373	----	----
12	0.000000000	-0.000217156	-0.009529335	----	----
13	0.000000000	-0.000223956	-0.009937373	----	----
14	0.000000000	-0.000217156	-0.009529335	----	----

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	5.52	50.0	-60.0	-142.7	32.0	50.7	2650	79.6
2	S	3.62	-50.0	-60.0	-89.6	32.0	50.7	2600	79.6

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.19	-50.0	-60.0	-134.4	32.0	50.7	2650	79.6
2	S	3.40	-50.0	-60.0	-84.2	13.7	50.7	2600	79.6

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

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1 Esito della verifica
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	89 di 96

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00076	0	0.500	26.0	80	0.00042 (0.00040)	419	0.177 (0.20)	-696.69	0.00
2	S	-0.00048	0	0.500	26.0	80	0.00025 (0.00025)	416	0.105 (0.20)	-707.99	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.03	50.0	-60.0	-25.2	32.0	50.7	2600	79.6

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	-0.00014	0	0.500	26.0	80	0.00008 (0.00008)	416	0.031 (0.20)	-711.50	0.00

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: SSM_VI07_SPB

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.810 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:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	90 di 96

Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	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:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-60.0
2	-50.0	60.0
3	50.0	60.0
4	50.0	-60.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.2	50.7	26
2	-41.2	-50.7	26
3	41.2	50.7	26
4	41.2	-50.7	26
5	41.2	-45.7	26
6	-41.2	-45.7	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	3	3	26
2	2	4	8	26
3	5	6	3	26

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	91 di 96

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	168.50	1496.80	0.00	0.00	0.00
2	168.50	1496.80	0.00	0.00	0.00
3	263.60	1140.20	0.00	0.00	0.00
4	263.60	1140.20	0.00	0.00	0.00
5	56.50	747.90	0.00	0.00	0.00
6	56.50	747.90	0.00	0.00	0.00
7	52.40	457.50	0.00	0.00	0.00
8	87.60	408.50	0.00	0.00	0.00
9	52.40	457.50	0.00	0.00	0.00
10	87.60	408.50	0.00	0.00	0.00
11	57.90	514.70	0.00	0.00	0.00
12	82.10	351.30	0.00	0.00	0.00
13	57.90	514.70	0.00	0.00	0.00
14	82.10	351.30	0.00	0.00	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	117.40	1067.40	0.00
2	171.30	809.60	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	114.00	1068.10 (689.76)	0.00 (0.00)
2	114.00	1068.10 (689.76)	0.00 (0.00)

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		

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	92 di 96

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	53.40	544.30 (688.51)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=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	168.50	1496.80	0.00	168.44	3255.76	0.00	2.17	106.2(36.0)
2	S	168.50	1496.80	0.00	168.44	3255.76	0.00	2.17	106.2(36.0)
3	S	263.60	1140.20	0.00	263.66	3301.06	0.00	2.88	106.2(36.0)
4	S	263.60	1140.20	0.00	263.66	3301.06	0.00	2.88	106.2(36.0)
5	S	56.50	747.90	0.00	56.60	3202.22	0.00	4.27	106.2(36.0)
6	S	56.50	747.90	0.00	56.60	3202.22	0.00	4.27	106.2(36.0)
7	S	52.40	457.50	0.00	52.31	3200.17	0.00	6.97	106.2(36.0)
8	S	87.60	408.50	0.00	87.59	3217.07	0.00	7.82	106.2(36.0)
9	S	52.40	457.50	0.00	52.31	3200.17	0.00	6.97	106.2(36.0)
10	S	87.60	408.50	0.00	87.59	3217.07	0.00	7.82	106.2(36.0)
11	S	57.90	514.70	0.00	57.82	3202.81	0.00	6.20	106.2(36.0)
12	S	82.10	351.30	0.00	82.15	3214.47	0.00	9.08	106.2(36.0)
13	S	57.90	514.70	0.00	57.82	3202.81	0.00	6.20	106.2(36.0)
14	S	82.10	351.30	0.00	82.15	3214.47	0.00	9.08	106.2(36.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	50.0	60.0	0.00151	41.2	50.7	-0.02024	-41.2	-50.7

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	93 di 96

2	0.00350	50.0	60.0	0.00151	41.2	50.7	-0.02024	-41.2	-50.7
3	0.00350	50.0	60.0	0.00156	41.2	50.7	-0.01961	-41.2	-50.7
4	0.00350	50.0	60.0	0.00156	41.2	50.7	-0.01961	-41.2	-50.7
5	0.00350	50.0	60.0	0.00144	41.2	50.7	-0.02100	-41.2	-50.7
6	0.00350	50.0	60.0	0.00144	41.2	50.7	-0.02100	-41.2	-50.7
7	0.00350	50.0	60.0	0.00144	41.2	50.7	-0.02103	-41.2	-50.7
8	0.00350	50.0	60.0	0.00146	41.2	50.7	-0.02079	-41.2	-50.7
9	0.00350	50.0	60.0	0.00144	41.2	50.7	-0.02103	-41.2	-50.7
10	0.00350	50.0	60.0	0.00146	41.2	50.7	-0.02079	-41.2	-50.7
11	0.00350	50.0	60.0	0.00144	41.2	50.7	-0.02099	-41.2	-50.7
12	0.00350	50.0	60.0	0.00146	41.2	50.7	-0.02083	-41.2	-50.7
13	0.00350	50.0	60.0	0.00144	41.2	50.7	-0.02099	-41.2	-50.7
14	0.00350	50.0	60.0	0.00146	41.2	50.7	-0.02083	-41.2	-50.7

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	0.000214428	-0.009365672	----	----
2	0.000000000	0.000214428	-0.009365672	----	----
3	0.000000000	0.000208748	-0.009024893	----	----
4	0.000000000	0.000208748	-0.009024893	----	----
5	0.000000000	0.000221341	-0.009780435	----	----
6	0.000000000	0.000221341	-0.009780435	----	----
7	0.000000000	0.000221602	-0.009796129	----	----
8	0.000000000	0.000219435	-0.009666095	----	----
9	0.000000000	0.000221602	-0.009796129	----	----
10	0.000000000	0.000219435	-0.009666095	----	----
11	0.000000000	0.000221266	-0.009775952	----	----
12	0.000000000	0.000219771	-0.009686273	----	----
13	0.000000000	0.000221266	-0.009775952	----	----
14	0.000000000	0.000219771	-0.009686273	----	----

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	5.08	-50.0	60.0	-135.1	32.0	-50.7	2650	79.6
2	S	3.91	-50.0	60.0	-97.9	32.0	-50.7	2600	79.6

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	5.08	50.0	60.0	-135.4	-32.0	-50.7	2650	79.6

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	94 di 96

2 S 5.08 50.0 60.0 -135.4 -32.0 -50.7 2650 79.6

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00077	0	0.500	26.0	80	0.00043 (0.00041)	419	0.179 (0.20)	689.76	0.00
2	S	-0.00077	0	0.500	26.0	80	0.00043 (0.00041)	419	0.179 (0.20)	689.76	0.00

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	2.58	50.0	60.0	-69.2	32.0	-50.7	2700	79.6

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00039	0	0.500	26.0	80	0.00021 (0.00021)	422	0.088 (0.20)	688.51	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3U	40 D 09	CL	VI0704 002	B	95 di 96

Verifica a taglio della soletta superiore

Caratteristiche materiali

Cl _s R _{ck}	<input type="text" value="40"/>	
Cl _s	<input type="text" value="Fessurato (v=0)"/>	condizioni calcestruzzo
Acciaio 1	<input type="text" value="B450"/>	acciaio barre longitudinali
Acciaio 2	<input type="text" value="B450"/>	acciaio armature trasversali
γ _s	<input type="text" value="1.5"/>	coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
γ _s	<input type="text" value="1.15"/>	coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b _w	<input type="text" value="1000"/>	mm	larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d')
d	<input type="text" value="1104"/>	mm	altezza utile della sezione
A _c	<input type="text" value="1104000"/>	mm ²	area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n _{bl}	<input type="text" value="15"/>		numero di barre longitudinali
∅ _{bl}	<input type="text" value="26"/>	mm	diametro delle barre longitudinali
n _{bw}	<input type="text" value="3.00"/>		numero di bracci delle staffe
∅ _{st}	<input type="text" value="12"/>	mm	diametro delle staffe
s _{st}	<input type="text" value="300"/>	mm	passo delle staffe
α	<input type="text" value="90"/>	°	inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	KN	sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
V _{Ed}	<input type="text" value="888"/>	KN	taglio di calcolo
N _{Rd}	20769.9	KN	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	<input type="text" value="22"/>	°	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
ctgθ	2.48		(il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Si
 No

τ		N/mm ²	tensione tangenziale corda baricentrica
σ _t		N/mm ²	tensione principale di trazione sulla corda baricentrica
ctgθ _l			valore limite dell'inclinazione delle bielle

Valore di verifica del taglio resistente

V _{Rd}	<input type="text" value="544.4"/>	KN	taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
V _{Rd}	<input type="text" value="1088.4"/>	KN	taglio resistente per elemento con armatura trasversale
V _{Rd}	<input type="text" value="544.4"/>	KN	> V _{Ed} <input type="text" value="888"/> KN

OCCORRE ARMARE A TAGLIO

Vengono inserite 9 spille ∅12 al metro quadro

4.11 Incidenze

Si riporta la tabella di sintesi delle incidenze delle armature per i singoli elementi strutturali:

Piedritti	135 kg/m ³
Solettone superiore	135 kg/m ³
Muro frontale	60 kg/m ³
Muro paraghiaia	150 kg/m ³
Plinto di fondazione	150 kg/m ³
Palo di fondazione	245 kg/m ³

Le incidenze calcolate sono relative alla sezione maggiormente sollecitata.