

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI15 – Singolo Binario

Relazione di calcolo Spalla B

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3T	30	D	09	CL	VI1504	002	B

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

File: RS3T30D09CLVI1504002B.doc

n. Elab.: 09_370_1

ITALFERR Sp.A.
U.O. Opere Civili e Gestione delle Varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Indire degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. B

INDICE

1	PREMESSA	5
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	10
3	MATERIALI	11
3.1	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	12
3.2	VERIFICA S.L.E.....	12
3.2.1	<i>Verifiche alle tensioni</i>	12
3.2.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	13
4	ANALISI E VERIFICHE SPALLA B (MOBILE)	15
4.1	GENERALITÀ	15
4.2	MODELLI A MENSOLA PER LA VERIFICA DELLE SPALLE	15
4.3	CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	15
4.4	SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA	21
4.5	GEOMETRIA DELLA SPALLA	22
4.6	CARATTERISTICHE DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA	23
4.7	INPUT_ANALISI DEI CARICHI	24
4.7.1	<i>Peso proprio elementi strutturali</i>	24
4.7.2	<i>Carichi trasmessi dall'impalcato</i>	24
4.7.3	<i>Azione del Vento</i>	25
4.7.4	<i>Carichi da traffico verticali</i>	27
4.7.5	<i>Effetti dinamici</i>	29
4.7.6	<i>Carichi da traffico orizzontali</i>	30
4.7.7	<i>Spinta statica del terrapieno</i>	31

4.7.8	Sovraccarico sul terrapieno	32
4.7.9	Spinta del sovraccarico permanente condizioni statiche	34
4.7.10	Spinta del sovraccarico accidentale condizioni statiche	35
4.7.11	Azione sismica	36
4.7.12	Sovrappinta sismica del terrapieno	43
4.7.13	Incremento di spinta del terrapieno	43
4.7.14	Incremento di spinta indotto dai sovraccarichi accidentale e permanente	44
4.7.15	Forze inerziali dovute al sisma	44
4.7.16	Calcolo delle sollecitazioni in testa pali	46
4.7.17	Riepilogo risultati	47
4.8	SOLLECITAZIONI	49
4.8.1	Muro paraghiaia	49
4.8.2	Muro frontale	50
4.8.3	Muro andatore sinistro	51
4.8.4	Plinto di fondazione	52
4.9	PALI DI FONDAZIONE	53
4.10	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	54
4.10.1	Paraghiaia	55
4.10.2	Muro frontale	62
4.10.3	Muro andatore sinistro	69
4.10.4	Palo di fondazione L= 27 m	76
4.10.5	Plinto di fondazione	82
4.11	INCIDENZE	85



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3)
VI15 – Viadotto Singolo Binario

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	4 di 85

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

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 VI15 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 A che presenta l'altezza del paramento maggiore e 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 VI15, a singolo binario, si estende dal km 37+440.131 al km 38+105.078 per uno sviluppo complessivo di 664.95 m ed è costituito da 4 campate isostatiche con 2 cassoncini in cap di luce 25m, 6 campate isostatiche in acciaio con 2 travi di luce 40m, 5 campate isostatiche in acciaio con 2 travi di luce 50m ed 1 campata isostatica in acciaio con 2 travi di luce 60m.

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

La fondazione della spalla A è costituita da un plinto fondato su 9 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 11.50 x 11.50 m.

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

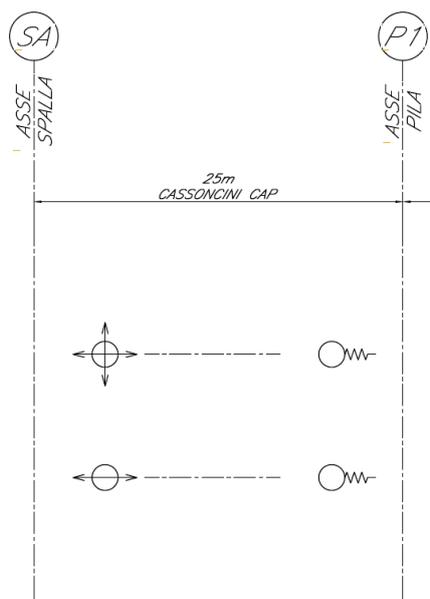


Figura 1-1-1: schema appoggi

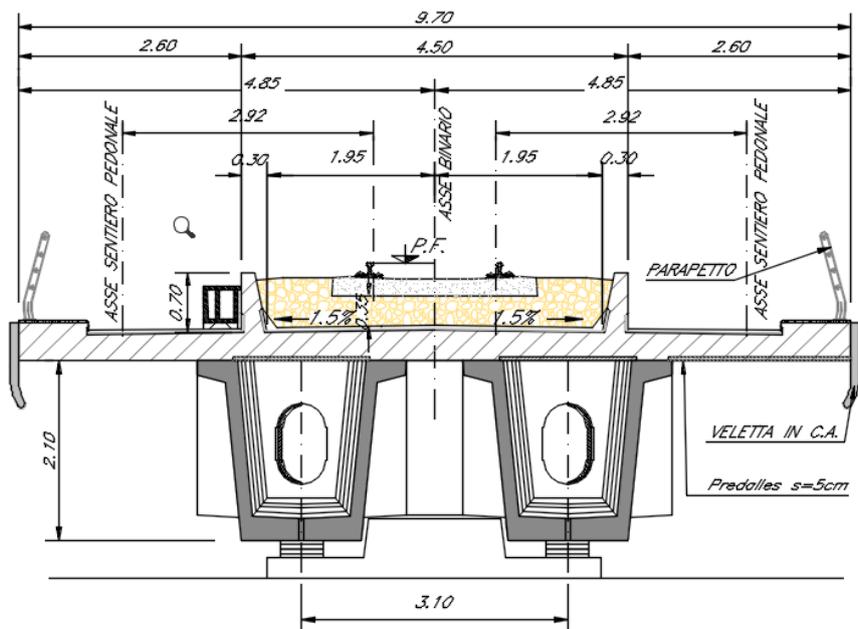


Figura 1-2: sezione trasversale impalcato tipo in cap 25m singolo binario

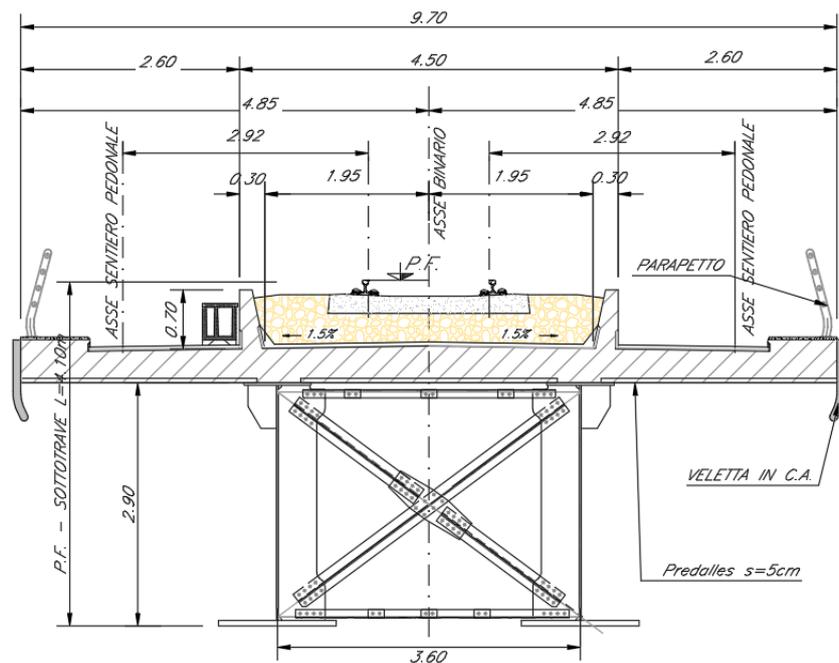


Figura 1-3 - sezione trasversale impalcato tipo in acciaio 40m singolo binario

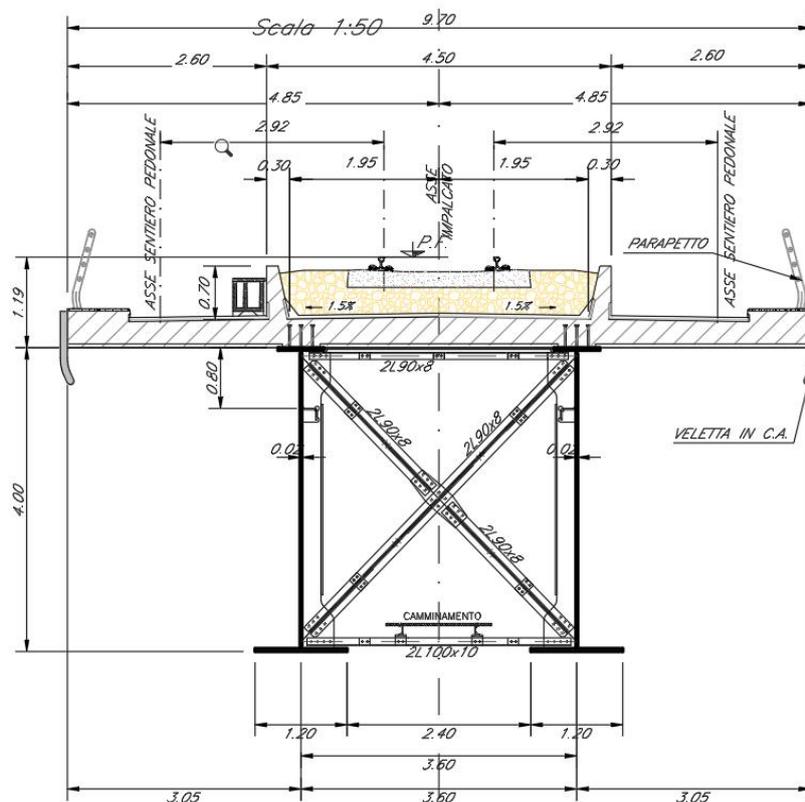


Figura 1-4 - sezione trasversale impalcato tipo in acciaio 50m singolo binario

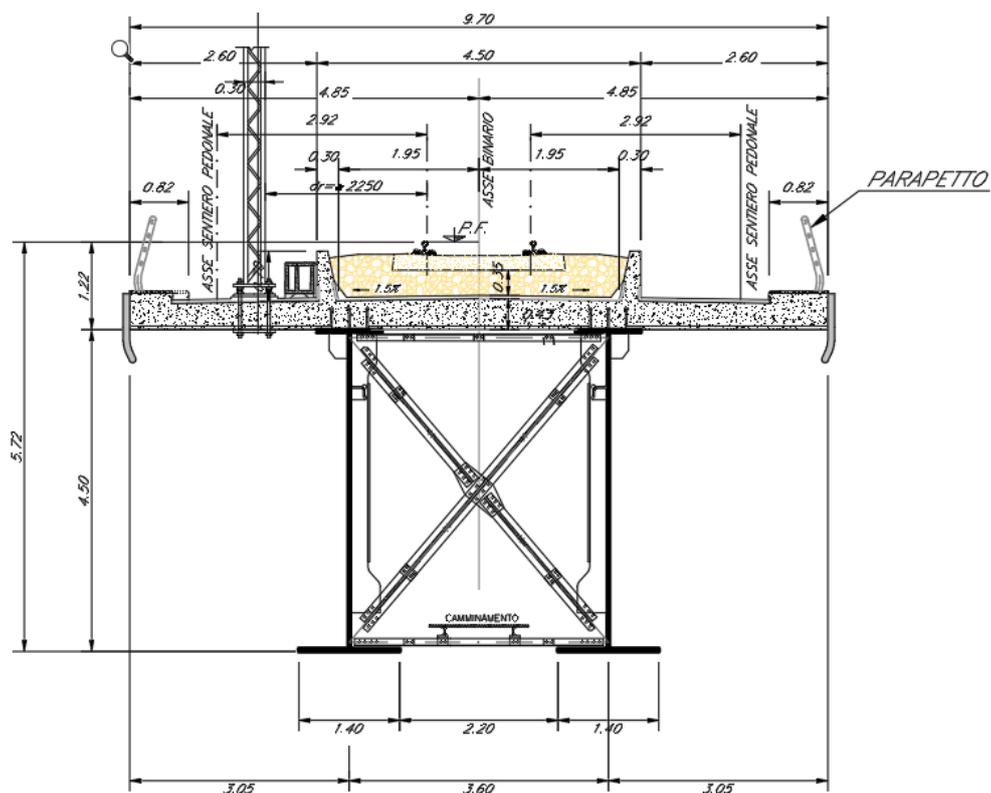


Figura 1-5 - sezione trasversale impalcato tipo in acciaio 60m singolo binario

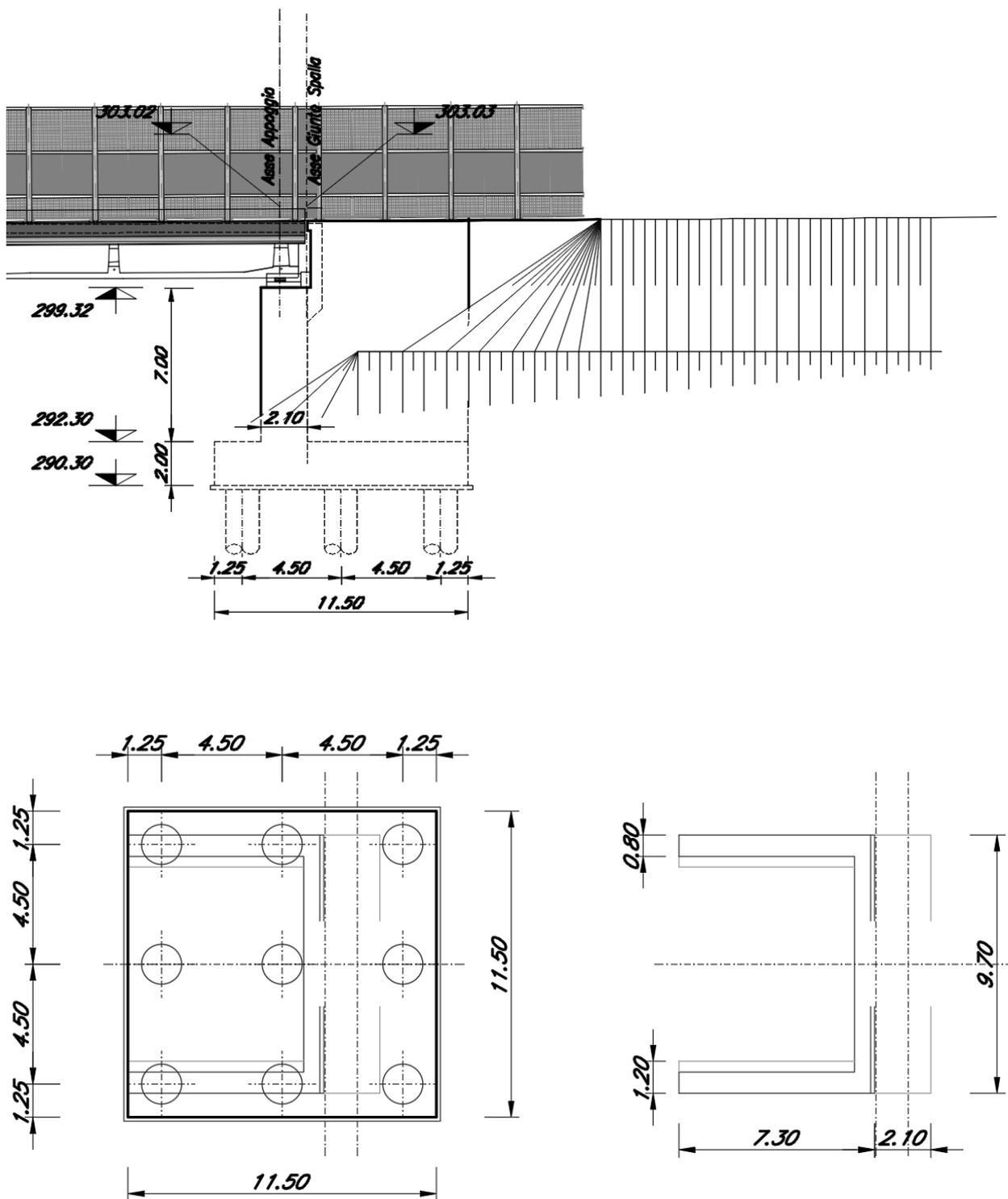


Figura 1-6 - elaborati grafici spalla B (mobile)

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VH1504 002	REV. A

3.1 Stratigrafia e parametri geotecnici

La stratigrafia lungo lo sviluppo dell'opera è la seguente:

STRATIGRAFIA SPALLA A		
Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m] da p.c.
GPQ	Unità Pasquasia – marne, marne argillose e argille marnose	0.0÷16.00
FYN4	Alternanza di prevalenti argille e argille siltose di colore da bruno a bruno tabacco con siltiti e quarzoareniti torbiditiche	16.0÷40.0
STRATIGRAFIA valida per spalla B e cautelativa per il resto del viadotto		
Unità geotecnica	Descrizione	Profondità [m] da p.c.
a	Ghiaie, sabbie, sabbie limose	0.0÷10.0
FYN4	Alternanza di prevalenti argille e argille siltose di colore da bruno a bruno tabacco con siltiti e quarzoareniti torbiditiche	10.0÷40.0
FALDA di calcolo: testa palo		

La profondità degli strati si riferisce al piano campagna, nelle verifiche dei pali la stratigrafia considerata è quella presente a partire dalla testa dei pali ovvero a circa -4.00 m dal piano campagna.

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

Tabella 1 – Parametri geotecnici

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E_{op} [MPa]	E_{mr0} [MPa]	E_{mr} [MPa]	k_h [kN/m ²]
a	20	0	0	30	35	35	-	-
GPQ	21	50-200	22	24	-	-	20	-
FYN4	20	250	22	26	-	-	100	-

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

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 “Specifica 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

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

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

ACCIAIO

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

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 2 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	di Armatura	
			Sensibile	Poco sensibile

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO V11504 002	REV. A

			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) $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

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.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4 ANALISI E VERIFICHE SPALLA B (MOBILE)

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 0.80 m. L'altezza della spalla A (escluso paraghiaia) è pari a 7.00 m.

Entrambe le spalle hanno in testa un paraghiaia di spessore 0.50 m ed altezza di circa 3.55 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.

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_{kj} 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	M2	A1+M1+R3 sovr centr				A1+M1+R3 sovr non centr				A2+M2+R2 sovr centr				A2+M2+R2 sovr non centr			
			Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.
Peso proprio																		
muro frontale			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
paraghaia frontale			1.00	1.25	1	1.25	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
muro sinistro			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
bandiera muro sx			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
paraghaia sinistro			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
muro destro			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
bandiera muro dx			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
paraghaia destro			1.00	1.25	1	1.25	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
platea			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
terr riemp su platea			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
Spinte statiche M1 (k0)																		
M1 k0 spinta terre su MF			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
M1 k0 spinta terre su MS			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
M1 k0 spinta terre su MF			1.00	1.35	1	1.35	1.00	1.35	1	1.35	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
M1 ka spinta terre su MF			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
M1 ka spinta terre su MS			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
M1 ka spinta terre su MD			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
Spinte statiche M2 (k0)																		
M2 k0 spinta terre su MF			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
M2 k0 spinta terre su MS			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
M2 k0 spinta terre su MD			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
M2 ka spinta terre su MF			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
M2 ka spinta terre su MS			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
M2 ka spinta terre su MD			0.00	1.35	1	0.00	0.00	1.35	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
D Spinte sismiche Mononobe-Okabe D Spinte sismiche Wood																		
M1 k0 sovrspinta sismica su MF						0.00				0.00				0.00				0.00
M1 k0 sovrspinta sismica su MS						0.00				0.00				0.00				0.00
M1 k0 sovrspinta sismica su MD						0.00				0.00				0.00				0.00
Spinte statiche sovraccarico ballast M1																		
M1 k0 spinta oriz sovracc su MF			1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	0.00	1.3	1	0.00	0.00	1.3	1	0.00
M1 k0 spinta oriz sovracc su MS			1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	0.00	1.3	1	0.00	0.00	1.3	1	0.00
M1 k0 spinta oriz sovracc su MD			1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	0.00	1.3	1	0.00	0.00	1.3	1	0.00
M1 k0 peso sovraccarico su platea			1.00	1.5	1	1.50	1.00	1.5	1	1.50	0.00	1.3	1	0.00	0.00	1.3	1	0.00
Spinte statiche sovraccarico ballast M2																		
M2 k0 spinta oriz sovracc su MF			0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.5	1	0.00	1.00	1.3	1	1.30	1.00	1.3	1	1.30
M2 k0 spinta oriz sovracc su MS			0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.5	1	0.00	1.00	1.3	1	1.30	1.00	1.3	1	1.30
M2 k0 spinta oriz sovracc su MD			0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.5	1	0.00	1.00	1.3	1	1.30	1.00	1.3	1	1.30
M2 k0 spinta sovraccarico su platea			0.00	1.5	1	0.00	0.00	1.5	1	0.00	1.00	1.3	1	1.30	1.00	1.3	1	1.30
Spinte sismiche sovraccarico ballast																		
M2 k0 spinta oriz sovracc su MF			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M2 k0 spinta oriz sovracc su MS			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M2 k0 spinta oriz sovracc su MD			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
Inerzie X sovraccarico ballast																		
M1 k0 spinta oriz sovracc su MF			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M1 k0 spinta oriz sovracc su MS			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M1 k0 spinta oriz sovracc su MD			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M1 k0 peso sovraccarico su platea			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
Spinte statiche sovraccarico M1																		
M1 k0 spinta oriz sovracc su MF			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	0.00	1.25	1	0.00	0.00	1.25	1	0.00
M1 k0 spinta oriz sovracc su MS			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	0.00	1.25	1	0.00	0.00	1.25	1	0.00
M1 k0 spinta oriz sovracc su MD			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	0.00	1.25	1	0.00	0.00	1.25	1	0.00
M1 k0 peso sovraccarico su platea			1.00	1.45	1	1.45	1.00	1.45	1	1.45	0.00	1.25	1	0.00	0.00	1.25	1	0.00
Spinte statiche sovraccarico M2																		
M2 k0 spinta oriz sovracc su MF			0.00	1.45	1	0.00	0.00	1.45	1	0.00	1.00	1.25	1	1.25	1.00	1.25	1	1.25
M2 k0 spinta oriz sovracc su MS			0.00	1.45	1	0.00	0.00	1.45	1	0.00	1.00	1.25	1	1.25	1.00	1.25	1	1.25
M2 k0 spinta oriz sovracc su MD			0.00	1.45	1	0.00	0.00	1.45	1	0.00	1.00	1.25	1	1.25	1.00	1.25	1	1.25
M2 k0 spinta sovraccarico su platea			0.00	1.45	1	0.00	0.00	1.45	1	0.00	1.00	1.25	1	1.25	1.00	1.25	1	1.25
Spinte sismiche sovraccarico accidentale																		
M2 k0 spinta oriz sovracc su MF			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M2 k0 spinta oriz sovracc su MS			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M2 k0 spinta oriz sovracc su MD			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
Inerzie X sovracc accidentale																		
M2 k0 spinta oriz sovracc su MF			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M2 k0 spinta oriz sovracc su MS			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M2 k0 spinta oriz sovracc su MD			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
Inerzia X spalla																		
M2 k0 muro frontale			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M2 k0 paraghaia frontale			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M2 k0 muro sinistro			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M2 k0 paraghaia sinistro			0.00	1.00	1	0.00	0.00	1.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	1	0.00
M2 k0 muro destro			0.00	1.00														

Elemento	SLE rara sov centr				SLE rara sov non centr				SLE freq sov centr				SLE freq sov non centr				SLE qp			
	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.	Coeff.att.	γ	ψ	Coeff.
muro frontale	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
paraghiala frontale	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
muro sinistro	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
bandiera muro sx	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
paraghiala sinistro	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
muro destro	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
bandiera muro dx	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
paraghiala destro	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
platea	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
terr riemp su platea	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta terre su MF	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta terre su MS	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta terre su MD	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta terre su MF	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MS	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MD	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MF	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MS	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MD	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MF	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MS	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta terre su MD	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
sovraspinta sismica su MF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
sovraspinta sismica su MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
sovraspinta sismica su MD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MF	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta oriz sovracc su MS	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta oriz sovracc su MD	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
peso sovraccarico su platea	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
spinta oriz sovracc su MF	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta oriz sovracc su MS	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta oriz sovracc su MD	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta sovraccarico su platea	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
spinta oriz sovracc su MF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta sovraccarico su platea				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta sovraccarico su platea				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta oriz sovracc su MD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
spinta sovraccarico su platea				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro frontale				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghiala frontale				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro sinistro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghiala sinistro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro destro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghiala destro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
platea				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp inf MF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp sup TPF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp inf MD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp sup TPD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp inf MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp sup TPS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro frontale				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghiala frontale				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro sinistro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghiala sinistro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
muro destro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
paraghiala destro				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
platea				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp inf MF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp sup TPF				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp inf MD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp sup TPD				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp inf MS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
Ter di riemp sup TPS				0.00				0.00				0.00				0.00				0.00
permanenti strutturali	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
permanenti non strutturali	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00	1.00	1	1	1.00
altre azioni permanenti	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	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	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
Ritiro	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00	0.00	1	1	0.00
variazioni termiche	1.00	1	0.6	0.60	1.00	1	0.6	0.60	1.00	1	0.6	0.60	1.00	1	0.6	0.60	1.00	1	0.6	0.60
viscosità	0.00	1	0.5	0.50	0.00	1	0.5	0.												

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

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

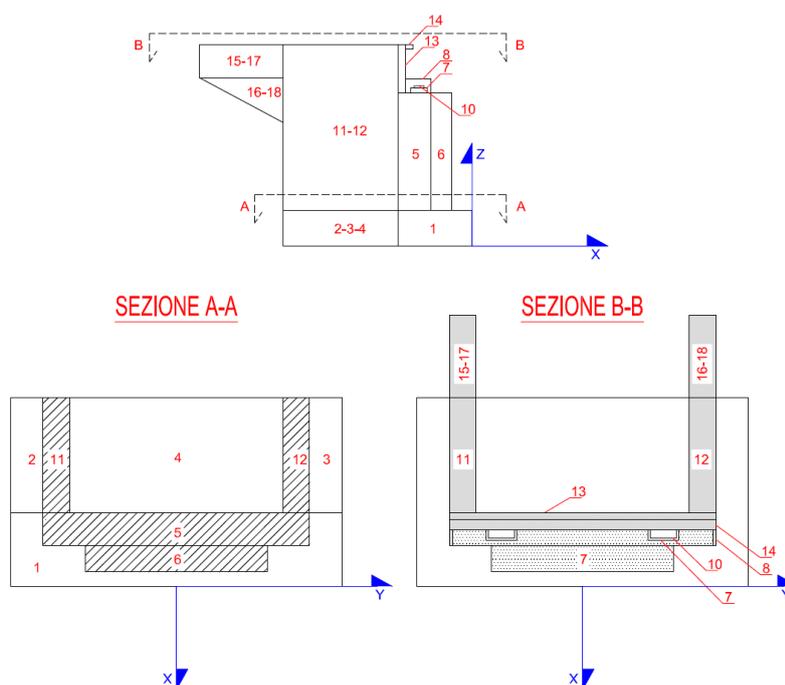


Figura 4-4: Schema qualitativo della geometria della spalla

PESO PROPRIO SPALLA - GEOMETRIA		quantità	LX [m]	LY [m]	LZ [m]	Volume	γ [kNm ³]	Peso [kN]
1	PORZIONE TRASVERSALE DELLA FONDAZIONE		4.20	11.50	2.00	96.60	25.00	-2415.00
2	PORZIONE LONGITUDINALE DELLA FONDAZIONE (y<0)		7.30	0.90	2.00	13.14	25.00	-328.50
3	PORZIONE LONGITUDINALE DELLA FONDAZIONE (y>0)		7.30	0.90	2.00	13.14	25.00	-328.50
4	COMPLETAMENTO DELLA FONDAZIONE		7.30	9.70	2.00	141.62	25.00	-3540.50
PESO TOTALE FONDAZIONE								-6612.50
5	MURO FRONTALE		2.10	9.70	7.00	142.59	25.00	-3564.75
6	RINGROSSO MURO FRONTALE (per appoggi)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
7	BAGGIOLI	2	1.56	0.80	0.25	0.62	25.00	-15.60
8	RITEGNI SISMICI TRASVERSALI	1	1.56	1.64	0.62	1.59	25.00	-39.66
9	RITEGNI SISMICI LONGITUDINALI	1	0.44	4.10	0.70	1.26	25.00	-31.57
10	APPARECCHI DI APPOGGIO	2			0.20			
11	MURO ANDATORE (Y < 0)		7.30	1.20	7.00	61.32	25.00	-1533.00
12	MURO ANDATORE (Y > 0)		7.30	1.20	7.00	61.32	25.00	-1533.00
13	MURO PARAGHIAIA		0.50	9.70	3.55	17.22	25.00	-430.44
11A	MURO PARAGHIAIA ANDATORE (Y < 0)		7.30	0.80	2.91	16.99	25.00	-424.86
12B	MURO PARAGHIAIA ANDATORE (Y > 0)		7.30	0.80	2.91	16.99	25.00	-424.86
14	MARTELLO		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
15	BANDIERA parte rettangolare (Y>0)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
16	BANDIERA parte triangolare (Y>0)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
17	BANDIERA parte rettangolare (Y<0)		0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
18	BANDIERA parte triangolare (Y<0)		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 =								-14610.23

Figura 4-5: dati di input

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VH1504 002	REV. A

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	20 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	10.55 m
W_{terr}	peso totale terreno di monte	11658.83 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)	12.55 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	20 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	9.91 m
W_{terr}	10901.97 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	9.91 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		1	[-]
Lunghezza	L	24.3	[m]
Luce di calcolo	Lc	22.8	[m]
Peso proprio	G1	166.66	[kN/m]
Permanenti portati	G2	127	[kN/m]
Ballast	G2b	57.6	[kN/m]
num. Appoggi spalla	n	2	[-]
Reazione appoggio G1	Ri	1012.45	[kN]
Reazione appoggio G2	Ri	770.92	[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	2025	2.80	0.00	9.45	-	-	-
g2	permanenti non strutturali	0	0	1542	2.80	0.00	9.45	-	-	-
g3	altre azioni permanenti	0	0	0	2.80	0.00	9.45	-	-	-
e1	distorsioni e presollecitazioni	0	0	0	2.80	0.00	9.45	-	-	-
e2	Ritiro	0	0	0	2.80	0.00	9.45	-	-	-
e3	variazioni termiche	0	0	0	2.80	0.00	9.45	-	-	-
e4	viscosità	0	0	0	2.80	0.00	9.45	-	-	-
q1+q2 - carichi mobili	Treno per max lo sforzo normale	0	0	2055.7	2.80	0.00	9.45	205.57	2466.79	0.00
q3	frenatura/avviamento	0	0	0	2.80	0.00	9.45	0.00	0.00	0.00
q4	azione centrifuga	0	0	0	2.80	0.00	9.45	0.10	0.00	0.00
	serpeggio	0	110	0	2.80	0.00	9.45	433.40	0.00	0.00
q5s	vento ponte scarico	0	237.51	0	2.80	0.00	9.45	1755.21	0.00	0.00
q5	vento ponte carico	0	242.42	0	2.80	0.00	9.45	1820.60	0.00	0.00
q6	sisma (direzione y) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	663	0	2.80	0.00	9.45	1522.75	0.00	0.00
q6	sisma (direzione x) carichi permanenti + 0.2*traffico	0.00	0	0	2.80	0.00	9.45	0.00	0.00	0.00
q6	sisma (direzione Z) carichi permanenti + 0.2*traffico	0	0	332	2.80	0.00	9.45	0.00	0.00	0.00
q7	resistenze parassite	116	0	0	2.80	0.00	9.45	0.00	0.00	0.00
q7m	attrito carichi mobili	82	0	0	2.80	0.00	9.45	0.00	0.00	0.00
q8	azione laterale	0	0	0	2.80	0.00	9.45	0.00	0.00	0.00
q9	altre azioni variabili (acc. servizio)	0	0	0	2.80	0.00	9.45	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 LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

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	282	282	[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	p	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]
Categoria di esposizione del sito	Cat.	II	II	[-]

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	7.45	7.45	[m]
Altezza di riferimento per l'impalcato	z	11.205	11.145	[m]
Coefficiente di topografia	ct	1	1	[-]
Coefficiente di esposizione	ce (z)	2.43	2.42	[-]
Larghezza impalcato	b	9.7	9.7	[m]
Altezza impalcato	hi	2.51	2.51	[m]
Altezza armamento	ha	0.88	0.88	[m]
Altezza barriere	hb	5	5	[m]
Altezza treno	ht	4	4	[m]
Altezza totale impalcato (comprese le barriere o treno)	dtot	7.51	7.39	[m]
Rapporto di forma	b/dtot	1.29	1.31	[-]
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	2.43	2.42	[-]
Coefficiente di forza	cfx	2.045	2.039	[-]
Altezza di riferimento (EC 8.3.1 (4),(5))	d	7.51	7.39	[m]
Forza statica equivalente a m/l	f	19.95	19.55	[kN/m]
Pressione statica equivalente	p	2.66	2.65	[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	19.95	19.95	[kN/m]
Luce impalcato	L	24.30	24.30	[m]
Forza trasversale al piano appoggi	FT	242.42	242.42	[kN/m]
Momento trasversale al piano appoggi	Mx	1820.60	1820.60	[kNm]
Vento impalcato a ponte scarico				
Forza statica equivalente	f	19.55	19.55	[kN/m]
Luce impalcato	L	24.30	24.30	[m]
Forza trasversale al piano appoggi	FT	237.51	237.51	[kN/m]
Momento trasversale al piano appoggi	Mx	1755.21	1755.21	[kNm]

Figura 4-10: azione del vento

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO V1504 002	REV. A

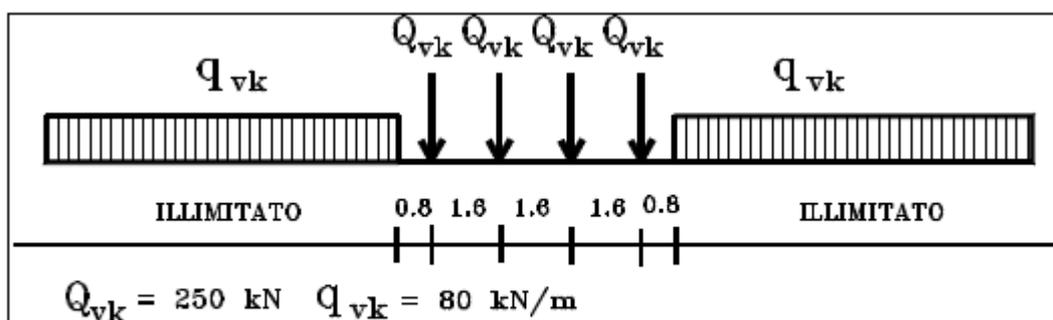
4.7.4 Carichi da traffico verticali

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:

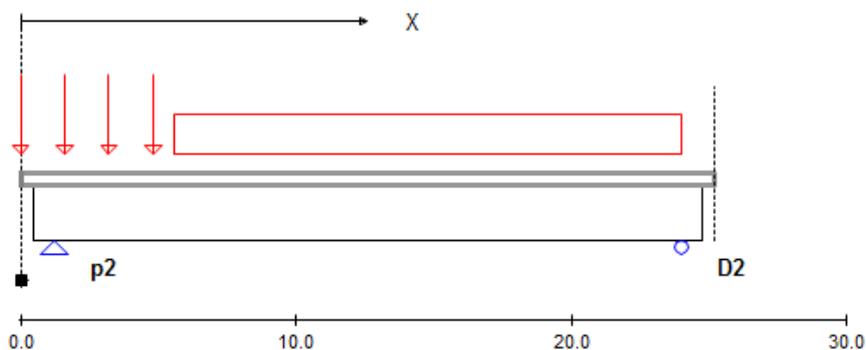
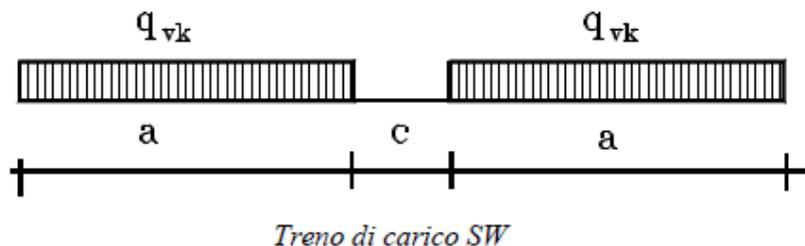


Figura 4-11 - Treno di carico LM 71: massimizzazione carico verticale sulla spalla

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO V11504 002	REV. A

➤ *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:

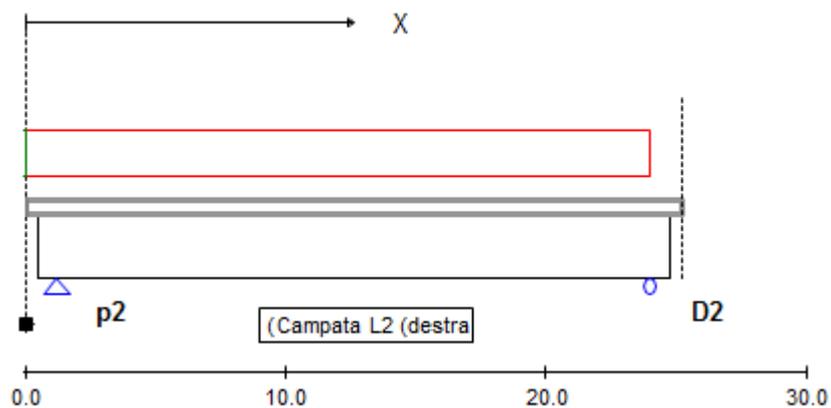


Figura 4-12 - Treno di carico SW2: massimizzazione carico verticale sulla spalla

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

	N	Mlong	Mtrasv	x	
	kN	kN/m	kN/m	m	
COMBO N	2056	2467	206	18	SW/2
COMBO ML	2056	2467	206	18	SW/2
COMBO MT	2056	2467	206		

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 LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

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 rettilineo 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 stesso. 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]	Q _{lb,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]	Q _{la,k} [kN]
TRENO LM 71		24.3	801.9
TRENO SW/0		19	689.7
TRENO SW/2		24.3	801.9

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.7.7 Spinta statica del terrapieno

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

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

$$S_0 = 1/2 * \gamma * H^2 * K_0 \quad (\text{spinta per metro lineare di spalla})$$

l'utilizzo di K_0 è determinato dall'impossibilità, da parte della spalla, di subire spostamenti; si assume $K_0 = 1 - \text{sen } \phi$.

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

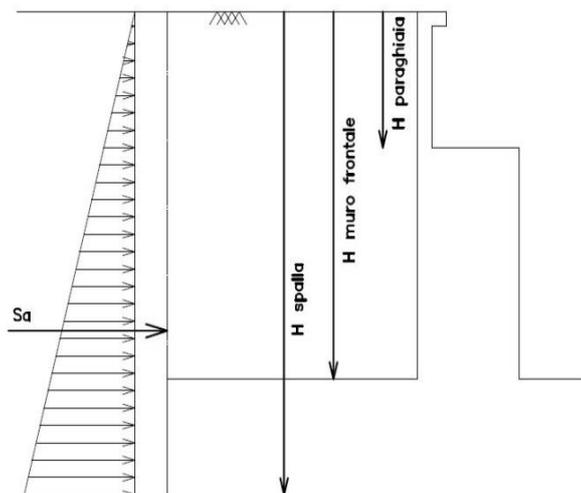


Figura 4-13: schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al terreno di rinterro

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

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 38^\circ \quad c' = 0 \text{ kPa}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

SPINTE DEL TERRENO IN CONDIZIONE D'ESERCIZIO		cond con K_0	cond con K_a
MURO FRONTALE (MF)	spinta del terreno soprafalda in condizione M1 componente orizzontale	5871.83 kN 5871.83 kN	3634.32 kN 3634.32 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta del terreno soprafalda in condizione M2 componente orizzontale	7180.29 kN 7180.29 kN	4692.95 kN 4692.95 kN
componente verticale	0.00 kN	0.00 kN	
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	spinta del terreno soprafalda in condizione M1 componente orizzontale	2755.40 kN 2755.40 kN	1705.43 kN 1705.43 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta del terreno soprafalda in condizione M2 componente orizzontale	3369.40 kN 3369.40 kN	2202.20 kN 2202.20 kN
componente verticale	0.00 kN	0.00 kN	
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	spinta del terreno soprafalda in condizione M1 componente orizzontale	2755.40 kN 2755.40 kN	1705.43 kN 1705.43 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta del terreno soprafalda in condizione M2 componente orizzontale	3369.40 kN 3369.40 kN	2202.20 kN 2202.20 kN
componente verticale	0.00 kN	0.00 kN	

Figura 4-14: calcolo spinte del terreno in condizioni di esercizio

4.7.8 Sovraccarico sul terrapieno

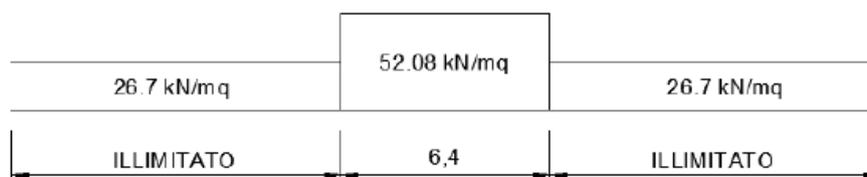
Nell'analisi delle azioni è stato inoltre considerato il contributo, in termini di sovraccarico verticale in fondazione e di spinta, del sovraccarico accidentale eventualmente presente a tergo spalla.

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

$$S_q = 53.00 * 0.384 = 20.35 \text{ kN/m}^2$$

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:



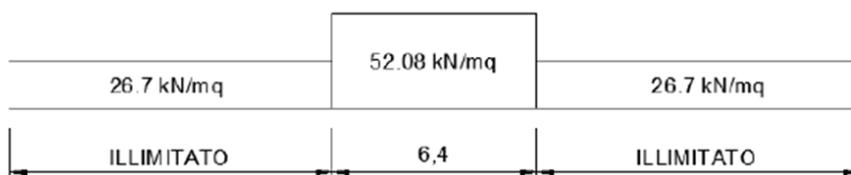
A tali carichi si deve applicare il coefficiente α relativo alle categorie S.T.I. come indicato nella tabella 11 di seguito riportata:

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 sospeso
P1600	1,1
F1, F2, F3	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospeso
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.

4.7.9 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 $H/2$.

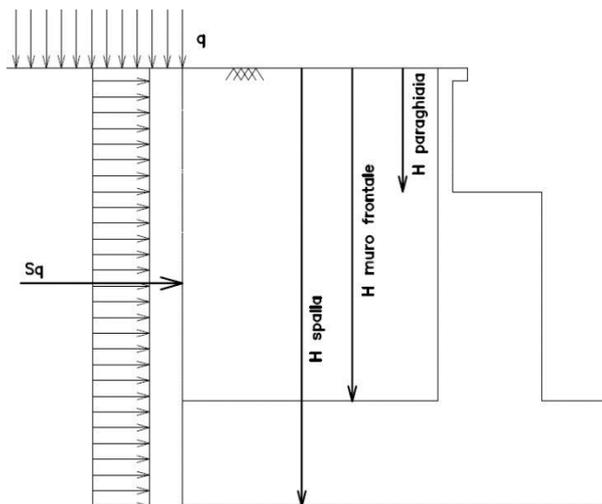


Figura 4-15: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

SPINTE SOVRACCARICHI PERMANENTI BALLAST		cond con K_0	cond con K_a
MURO FRONTALE (MF)	sovraccarico ballast	15.00 kNm/m	15.00 kNm/m
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	554.18 kN	343.00 kN
	componente orizzontale	554.18 kN	343.00 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	677.67 kN	442.92 kN
	componente orizzontale	677.67 kN	442.92 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	417.06 kN	258.14 kN
	componente orizzontale	417.06 kN	258.14 kN
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M2	510.00 kN	333.33 kN
	componente orizzontale	510.00 kN	333.33 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico ballast M1	417.06 kN	258.14 kN
	componente orizzontale	417.06 kN	258.14 kN

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

4.7.10 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 $H/2$.

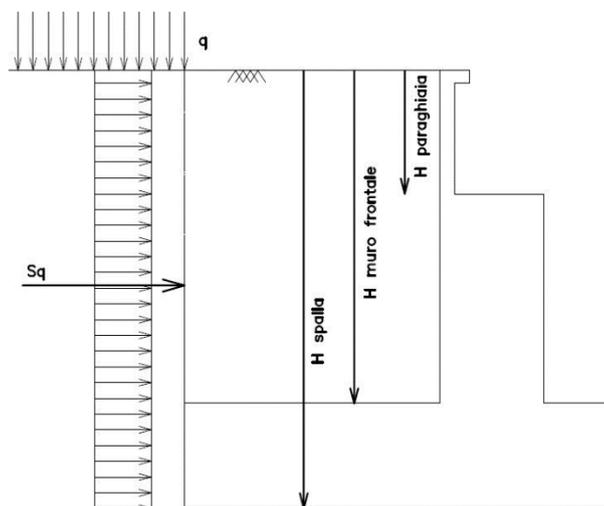


Figura 4-17: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

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	1958.10 kN	1211.95 kN
	componente orizzontale	1958.10 kN	1211.95 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	2394.44 kN	1564.98 kN
	componente orizzontale	2394.44 kN	1564.98 kN
MURO ANDATORE SINISTRA (MS)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	1473.62 kN	912.09 kN
	componente orizzontale	1473.62 kN	912.09 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	1802.00 kN	1177.77 kN
	componente orizzontale	1802.00 kN	1177.77 kN
MURO ANDATORE DESTRA (MD)	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M1	1473.62 kN	912.09 kN
	componente orizzontale	1473.62 kN	912.09 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN
	spinta dovuta al sovraccarico acc M2	1802.00 kN	1177.77 kN
	componente orizzontale	1802.00 kN	1177.77 kN
	componente verticale	0.00 kN	0.00 kN

Figura 4-18: Calcolo spinta indotta dal sovraccarico accidentale sui muri della spalla

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.7.11 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: 13.96265

Latitudine: 37.54598

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 $F_v = k_v W$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

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	2.674
S_s	accelerazione orizz mass attesa su sito di rif rigido	0.908 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	1.635 m/s ²
k_h	coeff maggiorativo della β_m	1.00
k_v	coeff sismico orizzontale	0.167
ψ	coeff sismico verticale	0.083
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	10.31 °
$k_a (\beta \leq \phi - \theta)$	coeff. Di spinta attiva del terreno se $\beta \leq \phi - \theta$	21.70 °
$k_a (\beta > \phi - \theta)$	coeff. Di spinta attiva del terreno se $\beta > \phi - \theta$	0.342
k_{AE}	coeff. Di spinta attiva (soluzione di Mononobe-Okabe)	0.810
E_d	coeff. Di spinta attiva (soluzione di Mononobe-Okabe)	0.342
E_d	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Frontale MF	2985.11 kN
E_d orizz	componente orizzontale	2985.11 kN
E_d vert	componente verticale	0.00 kN
ΔSH	sovraspinta sismica orizzontale	94.47 kN
E_d	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Sx MS	2450.82 kN
E_d orizz	componente orizzontale	2450.82 kN
E_d vert	componente verticale	0.00 kN
ΔSH	sovraspinta sismica orizzontale	44.33 kN
E_d	spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Dx MD	2450.82 kN
E_d orizz	componente orizzontale	2450.82 kN
E_d vert	componente verticale	0.00 kN
ΔSH	sovraspinta sismica orizzontale	44.33 kN

Figura 4-19: 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	5093.91
componente orizzontale	5093.91
componente verticale	0.00
spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Sx MS	2390.35
componente orizzontale	2390.35
componente verticale	0.00
spinta attiva di calcolo del terreno per il Muro Andatore Dx MD	2390.35
componente orizzontale	2390.35
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

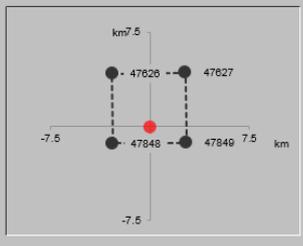
Grafici spettri di risposta

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 - $P_{VR} = 81\%$	68
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

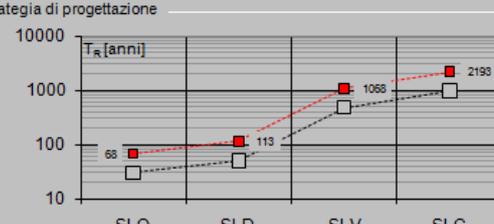
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione



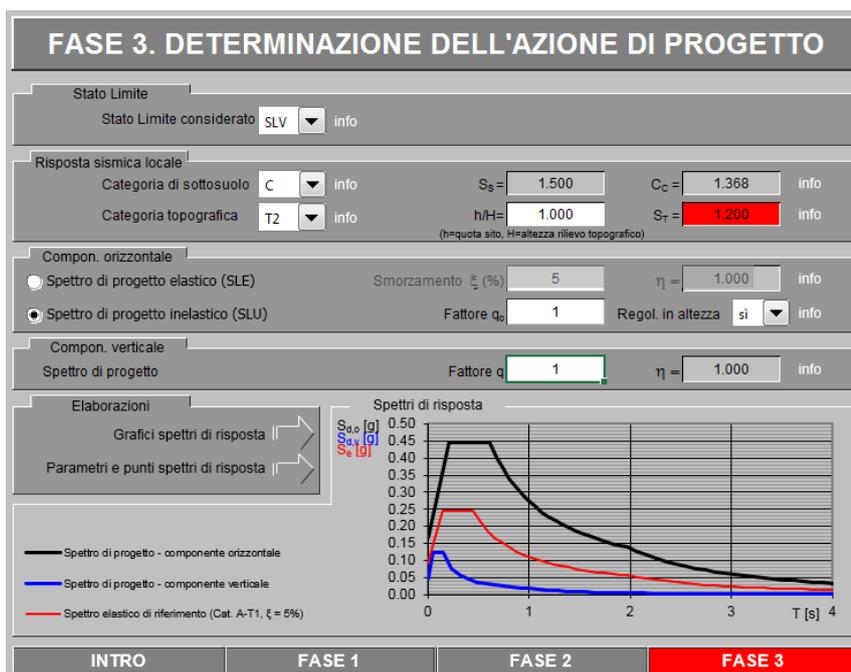
LEGENDA GRAFICO

--- Strategia per costruzioni ordinarie

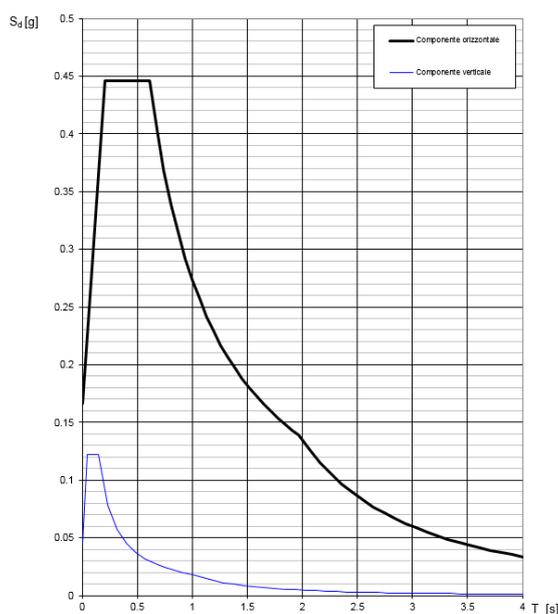
..... Strategia scelta

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_g	2.674
T_C	0.448 s
S_B	1.500
C_C	1.368
S_T	1.200
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.204 s
T_C	0.613 s
T_D	1.970 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g$$

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

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_g \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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	0.204	0.446
T_C	0.613	0.446
	0.678	0.403
	0.742	0.368
	0.807	0.339
	0.872	0.313
	0.936	0.292
	1.001	0.273
	1.066	0.256
	1.130	0.242
	1.195	0.229
	1.259	0.217
	1.324	0.206
	1.389	0.197
	1.453	0.188
	1.518	0.180
	1.583	0.173
	1.647	0.166
	1.712	0.160
	1.776	0.154
	1.841	0.148
	1.906	0.143
T_D	1.970	0.139
	2.067	0.126
	2.164	0.115
	2.260	0.105
	2.357	0.097
	2.454	0.089
	2.550	0.083
	2.647	0.077
	2.744	0.072
	2.840	0.067
	2.937	0.062
	3.033	0.059
	3.130	0.055
	3.227	0.052
	3.323	0.049
	3.420	0.046
	3.517	0.044
	3.613	0.041
	3.710	0.039
	3.807	0.037
	3.903	0.035
	4.000	0.034

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.7.12 Sovrappinta sismica del terrapieno

In assenza di uno studio più dettagliato che prenda in considerazione la rigidezza relativa, il tipo di movimento e la massa dell'opera di sostegno, si assume che la forza dovuta alla spinta dinamica del terreno sia valutata con la teoria di Wood ed agisca con un'inclinazione rispetto alla normale al muro uguale a zero:

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

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

La spinta totale di progetto Ed 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 Incremento di spinta del terrapieno

L'incremento dinamico della spinta del terrapieno è stata valutata in accordo alla formulazione data da Wood, generalmente impiegata per muri rigidamente vincolati in cui si associa tale incremento alla spinta litostatica valutata con coefficiente di spinta a riposo K_0 .

L'incremento di spinta è proporzionale all'altezza del fronte di spinta e del coefficiente sismico orizzontale, mentre non dipende dal tipo di terreno, questo perché è una teoria basata sulla propagazione dell'onda sismica in un mezzo elastico isotropo, quindi lontano dalle condizioni di rottura del terreno. Il valore di tale incremento è :

$$\Delta PE = \gamma_s \cdot H_s^2 \cdot k_h$$

Dove:

γ_s peso specifico del terreno adottata

k_h coefficiente sismico orizzontale

H_s altezza complessiva del fronte di spinta.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.7.14 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)	1075.61 kN
	sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MS (Wood)	680.48 kN
	sovraspinta sismica orizzontale sovraccarico acc. MD (Wood)	680.48 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MF	625.65 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MS	625.65 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico accidentale MD	625.65 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)	304.42 kN
	sovraspinta sismica orizzontale ballast MS (Wood)	192.59 kN
	sovraspinta sismica orizzontale ballast MD (Wood)	192.59 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico ballast MF	177.07 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico ballast MS	177.07 kN
	forza d'inerzia del sovraccarico ballast MD	177.07 kN

Figura 4-20: calcolo incremento di spinta in condizioni sismiche

4.7.15 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 LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro frontale	1243.76 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro frontale	621.88 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro parag front	699.89 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro parag front	349.94 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro laterale sx	1243.76 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro laterale sx	621.88 kN
$F_{h,terr} = k_h * W_{terr}$	forza d'inerzia orizz del terreno sul muro paragh laterale sx	573.71 kN
$F_{v,terr} = k_v * W_{terr}$	forza d'inerzia vert del terreno sul muro paragh laterale sx	286.86 kN
$F_{h,mtest} = k_h * W_{mtest}$	forza d'inerzia orizz del muro frontale	608.75 kN
$F_{v,mtest} = k_v * W_{mtest}$	forza d'inerzia vert del muro frontale	304.38 kN
$F_{h,prg} = k_h * W_{prg}$	forza d'inerzia orizz del paraghiaia	71.76 kN
$F_{v,prg} = k_v * W_{prg}$	forza d'inerzia vert del paraghiaia	35.88 kN
$F_{h,Ma} = k_h * W_{Ma}$	forza d'inerzia orizz del muro andatore ($\gamma < 0$)	255.57 kN
$F_{v,Ma} = k_v * W_{Ma}$	forza d'inerzia vert del muro andatore ($\gamma < 0$)	127.78 kN
$F_{h,Ma} = k_h * W_{Ma}$	forza d'inerzia orizz del muro andatore ($\gamma > 0$)	255.57 kN
$F_{v,Ma} = k_v * W_{Ma}$	forza d'inerzia vert del muro andatore ($\gamma > 0$)	127.78 kN
$F_{h,Map} = k_h * W_{map}$	forza d'inerzia orizz del muro paraghiaia andatore ($\gamma < 0$)	70.83 kN
$F_{v,Map} = k_v * W_{map}$	forza d'inerzia vert del muro paraghiaia andatore ($\gamma < 0$)	35.41 kN
$F_{h,Map} = k_h * W_{map}$	forza d'inerzia orizz del muro paraghiaia andatore ($\gamma > 0$)	70.83 kN
$F_{v,Map} = k_v * W_{map}$	forza d'inerzia vert del muro paraghiaia andatore ($\gamma > 0$)	35.41 kN
$F_{h,fond} = k_h * W_{fond}$	forza d'inerzia orizz della fondazione della spalla	1102.37 kN
$F_{v,fond} = k_v * W_{fond}$	forza d'inerzia vert della fondazione della spalla	551.19 kN

Figura 4-21: 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.

4.7.16 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

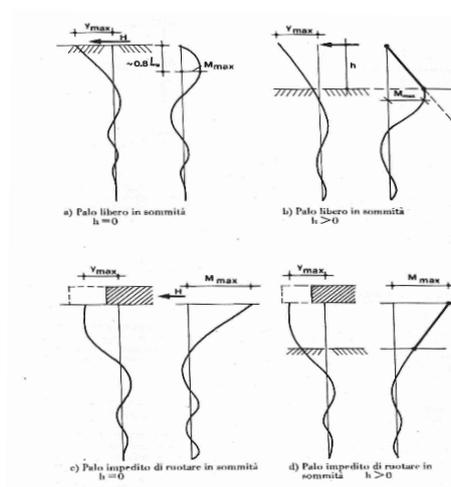
N , M_l , M_t sono lo sforzo normale e i momenti flettenti longitudinale e trasversale agenti al baricentro della palificata, n è il numero di pali e J_l , J_t sono le inerzie longitudinale e trasversale della palificata

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

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:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.7.17 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	-3652	2.60	0.00	5.50
	paraghiaia frontale	0	0	-430	1.80	0.00	10.78
	muro sinistro	0	0	-1533	-2.10	-4.25	5.50
	bandiera muro sx	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	paraghiaia sinistro	0	0	-425	-2.10	-4.45	10.46
	muro destro	0	0	-1533	-2.10	4.25	5.50
	bandiera muro dx	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	paraghiaia destro	0	0	-425	-2.10	4.45	10.46
	platea	0	0	-6613	0.00	0.00	1.00
	terr riemp su platea	0	0	-10902	-2.10	0.00	6.96
Spinte statiche M1 (k0)	spinta terre su MF	0	-5872	0	-2.10	0.00	4.18
	spinta terre su MS	2755	0	0	-2.10	-3.65	5.30
	spinta terre su MD	-2755	0	0	-2.10	3.65	5.30
Spinte statiche M1 (ka)	spinta terre su MF	0	-3634	0	-2.10	0.00	4.18
	spinta terre su MS	1705	0	0	-2.10	-3.65	5.30
	spinta terre su MD	-1705	0	0	-2.10	3.65	5.30
Spinte statiche M2 (k0)	spinta terre su MF	0	-7180	0	-2.10	0.00	4.18
	spinta terre su MS	3369	0	0	-2.10	-3.65	5.30
	spinta terre su MD	-3369	0	0	-2.10	3.65	5.30
Spinte statiche M2 (ka)	spinta terre su MF	0	-4693	0	-2.10	0.00	4.18
	spinta terre su MS	2202	0	0	-2.10	-3.65	5.30
	spinta terre su MD	-2202	0	0	-2.10	3.65	5.30
Δ Spinte sismiche Mononobe-Okabe D Spinte sismiche Wood	sovraspinta sismica su MF	0	-5094	0	-2.10	0.00	6.28
	sovraspinta sismica su MS	2390.4	0	0	-2.10	-3.65	6.96
	sovraspinta sismica su MD	-2390.4	0	0	-2.10	3.65	6.96
Spinte statiche sovraccarico ballast M1	spinta oriz sovrac su MF	0	-554	0	-2.10	0.00	6.28
	spinta oriz sovrac su MS	417	0	0	-2.10	0.00	7.28
	spinta oriz sovrac su MD	-417	0	0	-2.10	0.00	7.28
	peso sovraccarico su platea	0	0	-1062	0.00	0.00	12.55
Spinte statiche sovraccarico ballast M2	spinta oriz sovrac su MF	0	-678	0	-2.10	0.00	6.28
	spinta oriz sovrac su MS	510	0	0	-2.10	0.00	7.28
	spinta oriz sovrac su MD	-510	0	0	-2.10	0.00	7.28
	spinta sovraccarico su platea	0	0	-1062	0.00	0.00	12.55
Spinte sismiche sovraccarico ballast Mononobe-Okabe / Wood	spinta oriz sovrac su MF	0	-304	0	-2.10	0.00	6.28
	spinta oriz sovrac su MS	193	0	0	-2.10	0.00	6.96
	spinta oriz sovrac su MD	-193	0	0	-2.10	0.00	6.96
Inerzie X sovraccarico ballast	spinta oriz sovrac su MF	0	-177	0	-2.10	0.00	6.96
	spinta oriz sovrac su MS	177	0	0	-2.10	-3.65	6.96
	spinta oriz sovrac su MD	-177	0	0	-2.10	3.65	6.96
Spinte statiche sovraccarico M1	spinta oriz sovrac su MF	0	-1958	0	-2.10	0.00	6.28
	spinta oriz sovrac su MS	1474	0	0	-2.10	-3.65	7.28
	spinta oriz sovrac su MD	-1474	0	0	-2.10	3.65	7.28
	peso sovraccarico su platea	0	0	-3753	-2.10	0.00	12.55
Spinte statiche sovraccarico M2	spinta oriz sovrac su MF	0	-2394	0	-2.10	0.00	6.28
	spinta oriz sovrac su MS	1802	0	0	-2.10	-3.65	7.28
	spinta oriz sovrac su MD	-1802	0	0	-2.10	3.65	7.28
	spinta sovraccarico su platea	0	0	-3753	-2.10	0.00	12.55
Spinte sismiche sovraccarico accidentale Mononobe-Okabe / Wood	spinta oriz sovrac su MF	0	-1076	0	-2.10	0.00	6.28
	spinta oriz sovrac su MS	680	0	0	-2.10	-3.65	7.28
	spinta oriz sovrac su MD	-680	0	0	-2.10	3.65	7.28

Figura 4-22: riepilogo azioni agenti sulla spalla 1/2

Inerzie X sovraccarico accidentale	spinta orizz. sovracc. su MF	0	-626	0	-2.10	0.00	6.96
	spinta orizz. sovracc. su MS	626	0	0	-2.10	-3.65	6.96
	spinta orizz. sovracc. su MD	-626	0	0	-2.10	3.65	6.96
Inerzia X spalla	muro frontale	0	-609	-304	2.60	0.00	5.50
	paraghiaia frontale	0	-72	-36	1.80	0.00	10.78
	muro sinistro	0	-256	-128	-2.10	0.00	5.50
	paraghiaia sinistro	0	-71	-35	-2.10	0.00	10.46
	muro destro	0	-256	-128	-2.10	0.00	5.50
	paraghiaia destro	0	-71	-35	-2.10	0.00	10.46
	platea	0	-1102	-551	0.00	0.00	1.00
Inerzia X terre	Ter di riemp. inf MF	0	-1244	-622	-2.10	0.00	5.50
	Ter di riemp. sup TPF	0	-700	-350	-2.10	0.00	10.78
	Ter di riemp. inf MD	0	0	0	-2.10	0.00	5.50
	Ter di riemp. sup TPD	0	0	0	-2.10	0.00	10.46
	Ter di riemp. inf MS	0	0	0	-2.10	0.00	5.50
	Ter di riemp. sup TPS	0	0	0	-2.10	0.00	10.46
Inerzia Y spalla	muro frontale	609	0	-304	2.60	0.00	5.50
	paraghiaia frontale	72	0	-36	1.80	0.00	10.78
	muro sinistro	256	0	-128	-2.10	0.00	5.50
	paraghiaia sinistro	71	0	-35	-2.10	0.00	10.46
	muro destro	256	0	-128	-2.10	0.00	5.50
	paraghiaia destro	71	0	-35	-2.10	0.00	10.46
	platea	1102	0	-551	0.00	0.00	1.00
Inerzia Y terre	Ter di riemp. inf MF	0	0	0	-2.10	0.00	5.50
	Ter di riemp. sup TPF	0	0	0	-2.10	0.00	10.78
	Ter di riemp. inf MD	0	0	0	-2.10	0.00	5.50
	Ter di riemp. sup TPD	0	0	0	-2.10	0.00	10.46
	Ter di riemp. inf MS	1244	0	-622	-2.10	0.00	5.50
	Ter di riemp. sup TPS	574	0	-287	-2.10	0.00	10.46
Azioni da impalcato	permanenti strutturali	0.00	0.00	-2024.90	2.80	0.00	9.45
	permanenti non strutturali	0.00	0.00	-1541.84	2.80	0.00	9.45
	altre azioni permanenti	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	distorsioni e presollecitazioni	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	Ritiro	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	variazioni termiche	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	viscosità	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	carichi mobili	0.00	0.00	-2055.66	2.80	0.00	9.45
	frenatura	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	azione centrifuga	0.02	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	serpeggio	110.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	vento ponte scarico	237.51	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	vento ponte carico	242.42	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	sisma (direzione y) carichi permanenti	663.15	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	sisma (direzione x) carichi permanenti	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45
	sisma (direzione z) carichi permanenti	0.00	0.00	-331.58	2.80	0.00	9.45
	resistenze parassite	0.00	-116.17	0.00	2.80	0.00	9.45
attrito carichi mobili	0.00	-82.23	0.00	2.80	0.00	9.45	
azione laterale	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45	
altre azioni variabili (acc. servizio)	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	9.45	
Inerzia X permanente/accidentale impalcato	Inerzia X permanente impalcato	0.00	-675.14	-168.79	2.80	0.00	9.45
	Inerzia X sovraccarico accidentale da impalcato	0.00	-685.40	-171.35	2.80	0.00	9.45
Inerzia Y permanente/accidentale impalcato	Inerzia Y permanente impalcato	337.57	0.00	-168.79	2.80	0.00	9.45
	Inerzia Y sovraccarico accidentale da impalcato	342.70	0.00	-171.35	2.80	0.00	9.45

Figura 4-23: riepilogo azioni agenti sulla spalla 2/2.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.8 Sollecitazioni

4.8.1 Muro paraghiaia

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

SOLLECITAZIONI SPICCATO MURO PARAGHIAIA STRISCIA UNITARIA					
Combinazioni	Ty [kN]	Tx [kN]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1_A1+M1+R3	0	233	-73	0	434
2_A1+M1+R3	0	233	-73	0	434
1_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
2_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	2	251	-31	-5	458
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	2	251	-58	-5	381
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	8	121	-31	-16	225
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	8	121	-58	-16	148
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	2	121	-89	-5	58
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	2	121	0	-5	316
1_SLE rara	0	163	-53	0	302
2_SLE rara	0	163	-53	0	302
1_SLE frequente	0	159	-51	0	286
2_SLE frequente	0	159	-51	0	286
SLE quasi permanente	0	141	-44	0	222

Figura 4-24: Sollecitazioni alla base del muro paraghiaia

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VH1504 002	REV. A

4.8.2 Muro frontale

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

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

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

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

SOLLECITAZIONI SPICCATO MURO FRONTALE STRISCIA UNITARIA					
Combinazioni	Ty [kN]	Tx [kN]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1_A1+M1+R3	31	1009	-1396	-461	4854
2_A1+M1+R3	31	1009	-1396	-461	4854
1_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
2_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	63	1403	-727	-422	7221
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	63	1403	-871	-400	7037
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	209	743	-727	-1321	3518
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	209	743	-871	-1321	3334
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	63	743	-907	-397	3341
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	63	743	-853	-397	3337
1_SLE rara	21	724	-1000	-310	3446
2_SLE rara	21	724	-1000	-310	3446
1_SLE frequente	5	724	-958	-69	3387
2_SLE frequente	5	724	-958	-69	3387
SLE quasi permanente	0	724	-789	0	3149

Figura 4-25: Sollecitazioni alla base del muro frontale

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.8.3 Muro andatore sinistro

Si riportano le sollecitazioni agenti alla base del muro andatore sinistro:

SOLLECITAZIONI SPICCATO MURO ANDATORE STRISCIA UNITARIA					
Combinazioni	Ty [kN]	Tx [kN]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1_A1+M1+R3	888	0	-362	-3543	0
2_A1+M1+R3	378	0	-362	-1859	0
1_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
2_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	611	45	-217	-2396	205
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	611	45	-319	-2074	205
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	1147	13	-217	-4652	61
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	1147	13	-319	-4330	61
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	233	13	-319	-827	61
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	233	13	-319	-827	61
1_SLE rara	636	0	-268	-2519	0
2_SLE rara	636	0	-268	-2519	0
1_SLE frequente	636	0	-268	-2519	0
2_SLE frequente	636	0	-268	-2519	0
SLE quasi permanente	636	0	-268	-2519	0

Figura 4-26 - Sollecitazioni alla base del muro andatore sinistro

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.8.4 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	298	11874	-49504	-5066	45282
2_A1+M1+R3	298	11874	-44062	-5066	56710
1_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
2_A2+M2+R2	-	-	-	-	-
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	2082	18606	-28223	-13665	95288
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	2082	18606	-31221	-13442	94266
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	8489	9909	-28223	-55480	40139
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	8489	9909	-31221	-55480	39117
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	2082	9909	-35864	-13418	36474
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	2082	9909	-26703	-13418	43119
1_SLE rara	200	8583	-35950	-3409	31683
2_SLE rara	200	8583	-32197	-3409	39564
1_SLE frequente	44	8583	-35539	-754	30039
2_SLE frequente	44	8583	-31786	-754	37920
SLE quasi permanente	0	8583	-33894	0	23461

Figura 4-27: Sollecitazioni ad intradosso del baricentro fondazione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VH1504 002	REV. A

4.9 Pali di fondazione

Sforzi sui Pali di Fondazione per ciascuna combinazione di carico

Sforzo normale su singolo palo =

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

Sforzo di Taglio orizzontale su singolo palo =

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

Le sollecitazioni risultanti sono riportati nelle seguenti tabelle:

Combinazioni	N	MI	Mt	VI	Vt	n	V	M
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]	[kN]	[kNm]
1_A1+M1+R3	49504	45282	-5066	11874	298	9	1320	4487
2_A1+M1+R3	44062	56710	-5066	11874	298	9	1320	4487
1_A2+M2+R2	38183	47277	-4385	11273	258	9	1253	4260
2_A2+M2+R2	33492	57128	-4385	11273	258	9	1253	4260
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso alto	28223	95288	-13665	18606	2082	9	2080	7073
sisma X + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma Z verso basso	31221	94266	-13442	18606	2082	9	2080	7073
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso alto	28223	40139	-55480	9909	8489	9	1450	4929
sisma Y + 0.3 sisma X + 0.3 sisma Z verso basso	31221	39117	-55480	9909	8489	9	1450	4929
sisma Z verso basso + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	35864	36474	-13418	9909	2082	9	1125	3825
sisma Z verso alto + 0.3 sisma Y + 0.3 sisma X	26703	43119	-13418	9909	2082	9	1125	3825
1_SLE rara	35950	31683	-3409	8583	200	9	954	3243
2_SLE rara	32197	39564	-3409	8583	200	9	954	3243
1_SLE frequente	35539	30039	-754	8583	44	9	954	3242
2_SLE frequente	31786	37920	-754	8583	44	9	954	3242
SLE quasi permanente	33894	23461	0	8583	0	9	954	3242

palo1	palo2	palo3	palo4	palo5	palo6	palo7	palo8	palo9
Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
[kN]								
7365	7178	6990	5688	5500	5313	4011	3823	3636
7184	6996	6808	5083	4896	4708	2983	2795	2608
6156	5994	5831	4405	4243	4080	2654	2492	2329
6000	5837	5675	3884	3721	3559	1768	1605	1443
7171	6665	6159	3642	3136	2630	113	-393	-899
7458	6960	6462	3967	3469	2971	476	-22	-520
6677	4623	2568	5191	3136	1081	3704	1649	-406
6973	4918	2863	5524	3469	1414	4075	2020	-35
5833	5336	4839	4482	3985	3488	3131	2634	2137
5061	4564	4067	3464	2967	2470	1867	1370	873
5294	5168	5042	4121	3994	3868	2947	2821	2695
5169	5043	4917	3704	3577	3451	2238	2112	1986
5089	5061	5033	3977	3949	3921	2864	2836	2808
4964	4936	4908	3560	3532	3504	2155	2127	2099
4635	4635	4635	3766	3766	3766	2897	2897	2897

Figura 4-28: sollecitazioni agenti sui pali di fondazione

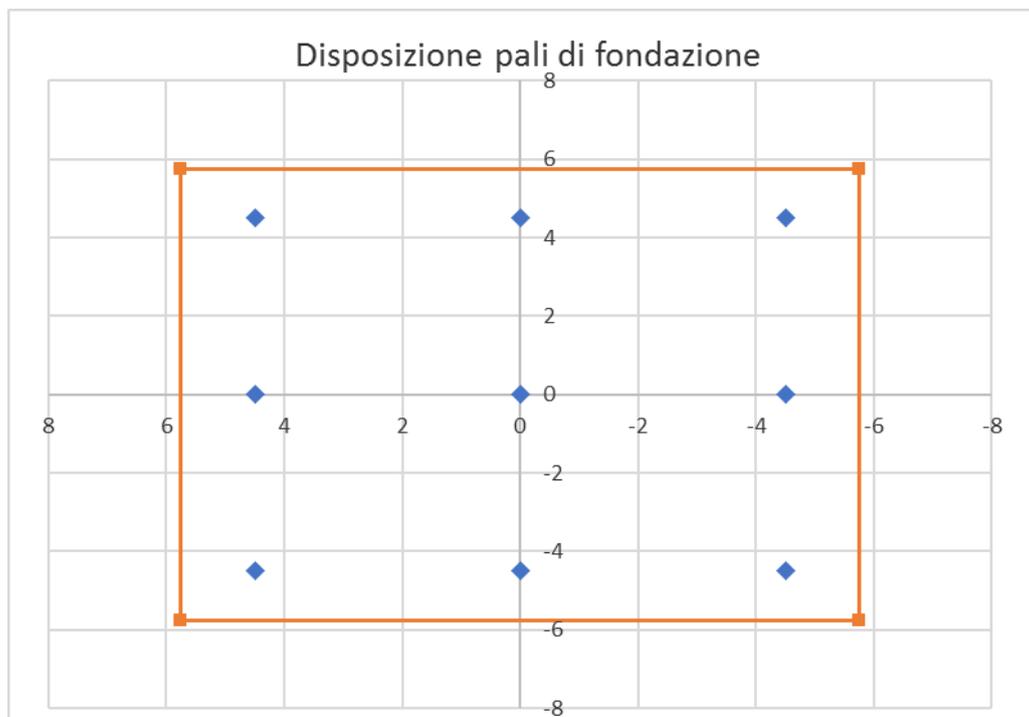


Figura 4-29 - disposizione dei pali di fondazione

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)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.10.1 Paraghiaia

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

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 0.5 x 9.70 m

Armatura verticale

$A_s = \phi 24/10$ (lato controterra)

$A'_s = \phi 24/20$ (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 12/20$

$A'_s = \phi 12/20$

La verifica a taglio è soddisfatta come elemento non armato a taglio. Si prevede comunque un minimo di armatura a taglio costituita da spilli $9\phi 10/m^2$

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: MPG_25m_VI15_SPB

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	56 di 85

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	-25.0
2	-50.0	25.0
3	50.0	25.0
4	50.0	-25.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-44.0	-18.6	24
2	44.0	-18.6	24
3	-44.0	18.6	24
4	44.0	18.6	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	2	8	24
2	3	4	3	24

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	57 di 85

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	73.00	434.00	0.00	0.00	0.00
2	73.00	434.00	0.00	0.00	0.00
3	55.00	424.00	0.00	0.00	0.00
4	55.00	424.00	0.00	0.00	0.00
5	31.00	458.00	-5.00	0.00	0.00
6	58.00	381.00	-5.00	0.00	0.00
7	31.00	225.00	-16.00	0.00	0.00
8	58.00	148.00	-16.00	0.00	0.00
9	89.00	58.00	-5.00	0.00	0.00
10	0.00	316.00	-5.00	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	51.00	286.00	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	50.00	273.00 (124.74)	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	44.00	222.00 (124.91)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	58 di 85

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

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	73.00	434.00	0.00	73.30	708.42	0.00	1.63	45.2(6.5)
2	S	73.00	434.00	0.00	73.30	708.42	0.00	1.63	45.2(6.5)
3	S	55.00	424.00	0.00	55.05	705.14	0.00	1.66	45.2(6.5)
4	S	55.00	424.00	0.00	55.05	705.14	0.00	1.66	45.2(6.5)
5	S	31.00	458.00	-5.00	30.95	701.72	-10.72	1.53	45.2(6.5)
6	S	58.00	381.00	-5.00	57.71	706.94	-7.01	1.85	45.2(6.5)
7	S	31.00	225.00	-16.00	30.71	700.25	-52.50	3.11	45.2(6.5)
8	S	58.00	148.00	-16.00	58.08	704.52	-78.89	4.74	45.2(6.5)
9	S	89.00	58.00	-5.00	88.76	710.33	-62.88	12.02	45.2(6.5)
10	S	0.00	316.00	-5.00	0.00	696.17	-10.85	2.20	45.2(6.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.208	50.0	25.0	0.00103	44.0	18.6	-0.01335	-44.0	-18.6
2	0.00350	0.208	50.0	25.0	0.00103	44.0	18.6	-0.01335	-44.0	-18.6
3	0.00350	0.206	50.0	25.0	0.00101	44.0	18.6	-0.01348	-44.0	-18.6
4	0.00350	0.206	50.0	25.0	0.00101	44.0	18.6	-0.01348	-44.0	-18.6
5	0.00350	0.206	-50.0	25.0	0.00102	-44.0	18.6	-0.01348	44.0	-18.6
6	0.00350	0.208	-50.0	25.0	0.00103	-44.0	18.6	-0.01336	44.0	-18.6
7	0.00350	0.221	-50.0	25.0	0.00122	-44.0	18.6	-0.01233	44.0	-18.6
8	0.00350	0.232	-50.0	25.0	0.00136	-44.0	18.6	-0.01156	44.0	-18.6
9	0.00350	0.230	-50.0	25.0	0.00132	-44.0	18.6	-0.01174	44.0	-18.6
10	0.00350	0.204	-50.0	25.0	0.00099	-44.0	18.6	-0.01369	44.0	-18.6

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.
--------	---	---	---	-----	--------

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	59 di 85

1	0.000000000	0.000386558	-0.006163955	0.208	0.700
2	0.000000000	0.000386558	-0.006163955	0.208	0.700
3	0.000000000	0.000389412	-0.006235295	0.206	0.700
4	0.000000000	0.000389412	-0.006235295	0.206	0.700
5	-0.000001134	0.000387087	-0.006233883	0.206	0.700
6	-0.000001025	0.000384562	-0.006165292	0.208	0.700
7	-0.000005907	0.000350282	-0.005552418	0.221	0.716
8	-0.000008543	0.000326892	-0.005099424	0.232	0.731
9	-0.000006841	0.000334888	-0.005214261	0.230	0.727
10	-0.000001150	0.000391713	-0.006350341	0.204	0.700

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.21	50.0	25.0	-162.1	-44.0	-18.6	1100	45.2

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	6.89	50.0	25.0	-154.6	-24.4	-18.6	1100	45.2

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 fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	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	-0.00096	0	0.500	24.0	52	0.00058 (0.00046)	276	0.160 (0.20)	124.74	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	5.61	50.0	25.0	-125.4	34.2	-18.6	1100	45.2

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

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	-0.00078	0	0.500	24.0	52	0.00050 (0.00038)	276	0.138 (0.20)	124.91	0.00

4.10.1.1 Verifica a taglio muro paraghiaia

La verifica a taglio è soddisfatta come elemento non armato a taglio. Si prevede comunque un minimo di armatura a taglio costituita da spilli $9\varnothing 10/m^2$

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	61 di 85

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 _c	<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 anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	<input type="text" value="436"/>	mm	altezza utile della sezione
A _c	<input type="text" value="436000"/>	mm ²	area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n _{bl}	<input type="text" value="10"/>		numero di barre longitudinali
Ø _{bl}	<input type="text" value="24"/>	mm	diametro delle barre longitudinali
n _{bw}	<input type="text" value="4.00"/>		numero di bracci delle staffe
Ø _{st}	<input type="text" value="12"/>	mm	diametro delle staffe
s _{st}	<input type="text" value="200"/>	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	sfuerzo normale di calcolo (+ per compressione)
V _{Ed}	<input type="text" value="251"/>	KN	taglio di calcolo
N _{Rd}	8202.6	KN	sfuerzo 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/mm² tensione tangenziale corda baricentrica
σ 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}	<input type="text" value="285.5"/>	KN	taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
V _{Rd}	<input type="text" value="859.6"/>	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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto su L.S. in corrispondenza VI02 – Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.10.2 Muro frontale

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

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare **2.1 x 9.70 m**

Armatura verticale

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

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

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 18/20 + \phi 16/20$ (lato controterra)

$A'_s = \phi 18/20$ (lato esterno)

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: MF_25m_VI15_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
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	63 di 85

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	-105.0
2	-50.0	105.0
3	50.0	105.0
4	50.0	-105.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-41.2	95.7	26
2	-41.2	-95.7	26
3	41.2	95.7	26
4	41.2	-95.7	26
5	-41.2	-90.1	26
6	41.2	-90.1	26
7	-35.3	-84.5	26
8	35.3	-84.5	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	8	26
3	5	6	8	26
4	7	8	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.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	64 di 85

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
				Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x
1	1396.00	4854.00	-461.00	0.00	0.00
2	1396.00	4854.00	-461.00	0.00	0.00
3	1101.00	4669.00	-399.00	0.00	0.00
4	1101.00	4669.00	-399.00	0.00	0.00
5	727.00	7221.00	-422.00	0.00	0.00
6	871.00	7037.00	-400.00	0.00	0.00
7	727.00	3518.00	-1321.00	0.00	0.00
8	871.00	3334.00	-1321.00	0.00	0.00
9	907.00	3341.00	-397.00	0.00	0.00
10	853.00	3337.00	-397.00	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	958.00	3387.00	-345.00

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	924.00	3339.00 (2186.30)	-96.00 (-62.86)

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	789.00	3149.00 (2341.45)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.5 cm

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	65 di 85

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 [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	1396.00	4854.00	-461.00	1395.80	10565.22	-942.38	2.16	185.8(63.0)
2	S	1396.00	4854.00	-461.00	1395.80	10565.22	-942.38	2.16	185.8(63.0)
3	S	1101.00	4669.00	-399.00	1100.94	10343.08	-928.16	2.20	185.8(63.0)
4	S	1101.00	4669.00	-399.00	1100.94	10343.08	-928.16	2.20	185.8(63.0)
5	S	727.00	7221.00	-422.00	727.18	10207.18	-587.28	1.41	185.8(63.0)
6	S	871.00	7037.00	-400.00	870.81	10327.85	-579.55	1.46	185.8(63.0)
7	S	727.00	3518.00	-1321.00	726.96	7147.42	-2642.87	2.02	185.8(63.0)
8	S	871.00	3334.00	-1321.00	870.97	6956.24	-2730.70	2.07	185.8(63.0)
9	S	907.00	3341.00	-397.00	906.88	10059.62	-1132.80	2.98	185.8(63.0)
10	S	853.00	3337.00	-397.00	853.23	10017.39	-1132.50	2.97	185.8(63.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-50.0	105.0	0.00275	-41.2	95.7	-0.00981	41.2	-95.7
2	0.00350	-50.0	105.0	0.00275	-41.2	95.7	-0.00981	41.2	-95.7
3	0.00350	-50.0	105.0	0.00273	-41.2	95.7	-0.01028	41.2	-95.7
4	0.00350	-50.0	105.0	0.00273	-41.2	95.7	-0.01028	41.2	-95.7
5	0.00350	-50.0	105.0	0.00261	-41.2	95.7	-0.01358	41.2	-95.7
6	0.00350	-50.0	105.0	0.00262	-41.2	95.7	-0.01332	41.2	-95.7
7	0.00350	-50.0	105.0	0.00269	-41.2	95.7	-0.00688	41.2	-95.7
8	0.00350	-50.0	105.0	0.00268	-41.2	95.7	-0.00689	41.2	-95.7
9	0.00350	-50.0	105.0	0.00275	-41.2	95.7	-0.00941	41.2	-95.7
10	0.00350	-50.0	105.0	0.00275	-41.2	95.7	-0.00947	41.2	-95.7

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

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	66 di 85

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000028250	0.000053500	-0.003530001	----	----
2	-0.000028250	0.000053500	-0.003530001	----	----
3	-0.000028718	0.000055598	-0.003773647	----	----
4	-0.000028718	0.000055598	-0.003773647	----	----
5	-0.000022622	0.000074809	-0.005486016	----	----
6	-0.000022169	0.000073754	-0.005352665	----	----
7	-0.000072518	0.000018782	-0.002098075	----	----
8	-0.000074423	0.000017947	-0.002105604	----	----
9	-0.000032894	0.000049377	-0.003329314	----	----
10	-0.000033058	0.000049596	-0.003360483	----	----

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.22	-50.0	105.0	-145.9	41.2	-95.7	2113	84.9

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	5.73	-50.0	105.0	-124.7	41.2	-95.7	3539	132.7

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00068	0	0.500	26.0	75	0.00042 (0.00037)	373	0.155 (0.20)	2186.30	-62.86

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.85	-50.0	105.0	-113.4	32.0	-95.7	3441	132.7

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	-0.00061	0	0.500	26.0	80	0.00043 (0.00034)	387	0.167 (0.20)	2341.45	0.00

4.10.2.1 Verifica a taglio muro frontale

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

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

Spille $5\phi 12/20$ per metro di sezione.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	68 di 85

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 _c	<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 anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	<input type="text" value="2007"/>	mm	altezza utile della sezione
A _c	<input type="text" value="2007000"/>	mm ²	area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n _{bl}	<input type="text" value="25"/>		numero di barre longitudinali
∅ _{bl}	<input type="text" value="26"/>	mm	diametro delle barre longitudinali
n _{bw}	<input type="text" value="4.00"/>		numero di bracci delle staffe
∅ _{st}	<input type="text" value="12"/>	mm	diametro delle staffe
s _{st}	<input type="text" value="200"/>	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="1403"/>	KN	taglio di calcolo
N _{Rd}	37758.4	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)

Sì
 No

τ		N/mm ²	tensione tangenziale corda baricentrica
σ		N/mm ²	tensione principale di trazione sulla corda baricentrica
ctgθ _{lim}			valore limite dell'inclinazione delle bielle

Valore di verifica del taglio resistente

V _{Rd}	<input type="text" value="887.3"/>	KN	taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
V _{Rd}	<input type="text" value="3957.1"/>	KN	taglio resistente per elemento con armatura trasversale
V _{Rd}	<input type="text" value="887.3"/>	KN	> V _{Ed} <input type="text" value="1403"/> KN

OCCORRE ARMARE A TAGLIO

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.10.3 Muro andatore sinistro

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

Caratteristiche della sezione :

Sezione rettangolare 2.1 x 9.70 m

Armatura verticale

$A_s = \phi 30/10 + \phi 30/10 + \phi 30/10$ (lato controterra)

$A'_s = \phi 30/10$ (lato esterno)

Armatura orizzontale

$A_s = \phi 18/20 + \phi 16/20$ (lato controterra)

$A'_s = \phi 18/20$ (lato esterno)

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME SEZIONE: Msx_25m_VI15_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:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	70 di 85

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	51.0	30
2	-41.2	-51.0	30
3	41.2	51.0	30
4	41.2	-51.0	30
5	-41.2	45.0	30
6	41.2	45.0	30
7	-41.2	39.0	30
8	41.2	39.0	30

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	30
2	2	4	8	30
3	5	6	8	30
4	7	8	8	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'inertza
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inertza

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	362.00	-3543.00	0.00	0.00	0.00
2	362.00	-1859.00	0.00	0.00	0.00
3	268.00	-3492.00	0.00	0.00	0.00
4	268.00	-3492.00	0.00	0.00	0.00
5	217.00	-2396.00	205.00	0.00	0.00
6	319.00	-2074.00	205.00	0.00	0.00
7	217.00	-4652.00	61.00	0.00	0.00
8	319.00	-4330.00	61.00	0.00	0.00
9	319.00	-827.00	61.00	0.00	0.00
10	319.00	-827.00	61.00	0.00	0.00

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

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	268.00	-2519.00	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	268.00	-2519.00 (-921.99)	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	268.00	-2519.00 (-921.99)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	72 di 85

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 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	362.00	-3543.00	0.00	361.93	-7731.99	0.00	2.17	282.7(36.0)
2	S	362.00	-1859.00	0.00	361.93	-7731.99	0.00	4.12	282.7(36.0)
3	S	268.00	-3492.00	0.00	267.83	-7705.57	0.00	2.20	282.7(36.0)
4	S	268.00	-3492.00	0.00	267.83	-7705.57	0.00	2.20	282.7(36.0)
5	S	217.00	-2396.00	205.00	216.75	-7506.36	605.86	3.12	282.7(36.0)
6	S	319.00	-2074.00	205.00	318.88	-7477.42	713.15	3.58	282.7(36.0)
7	S	217.00	-4652.00	61.00	217.15	-7684.97	82.02	1.65	282.7(36.0)
8	S	319.00	-4330.00	61.00	319.03	-7705.36	145.45	1.78	282.7(36.0)
9	S	319.00	-827.00	61.00	318.98	-7550.72	574.81	8.92	282.7(36.0)
10	S	319.00	-827.00	61.00	318.98	-7550.72	574.81	8.92	282.7(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.)
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.)
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	0.00269	-41.2	-51.0	-0.00654	41.2	51.0
2	0.00350	-50.0	-60.0	0.00269	-41.2	-51.0	-0.00654	41.2	51.0
3	0.00350	-50.0	-60.0	0.00267	-41.2	-51.0	-0.00670	41.2	51.0
4	0.00350	-50.0	-60.0	0.00267	-41.2	-51.0	-0.00670	41.2	51.0
5	0.00350	50.0	-60.0	0.00281	41.2	-51.0	-0.00473	-41.2	51.0
6	0.00350	50.0	-60.0	0.00283	41.2	-51.0	-0.00442	-41.2	51.0
7	0.00350	50.0	-60.0	0.00269	41.2	-51.0	-0.00639	-41.2	51.0
8	0.00350	50.0	-60.0	0.00272	41.2	-51.0	-0.00597	-41.2	51.0
9	0.00350	50.0	-60.0	0.00281	41.2	-51.0	-0.00472	-41.2	51.0
10	0.00350	50.0	-60.0	0.00281	41.2	-51.0	-0.00472	-41.2	51.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000090423	-0.001925357	----	----
2	0.000000000	-0.000090423	-0.001925357	----	----
3	0.000000000	-0.000091894	-0.002013664	----	----
4	0.000000000	-0.000091894	-0.002013664	----	----
5	0.000019341	-0.000058278	-0.000963755	----	----
6	0.000021112	-0.000054050	-0.000798598	----	----
7	0.000004474	-0.000085399	-0.001847650	----	----
8	0.000007358	-0.000079269	-0.001624042	----	----
9	0.000018634	-0.000058708	-0.000954205	----	----
10	0.000018634	-0.000058708	-0.000954205	----	----

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	8.37	-50.0	-60.0	-139.9	32.0	51.0	2250	212.1

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	8.37	-50.0	-60.0	-139.9	32.0	51.0	2250	212.1

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

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

Ver. Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ 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	-0.00081	0	0.500	30.0	75	0.00059 (0.00042)	309	0.184 (0.20)	-921.99	0.00

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.37	-50.0	-60.0	-139.9	32.0	51.0	2250	212.1

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	-0.00081	0	0.500	30.0	75	0.00063 (0.00042)	309	0.195 (0.20)	-921.99	0.00

4.10.3.1 Verifica a taglio muro andatore sinistro

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

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

Spille $5\phi 12/20$ per metro di sezione.

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	75 di 85

Caratteristiche materiali

Cls R_{ck}	<input type="text" value="40"/>	
Cls	<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_c	<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 anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	<input type="text" value="1110"/>	mm	altezza utile della sezione
A_c	<input type="text" value="1110000"/>	mm ²	area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl}	<input type="text" value="30"/>		numero di barre longitudinali
\varnothing_{bl}	<input type="text" value="30"/>	mm	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	<input type="text" value="4.00"/>		numero di bracci delle staffe
\varnothing_{st}	<input type="text" value="12"/>	mm	diametro delle staffe
s_{st}	<input type="text" value="200"/>	mm	passo delle staffe
α	<input type="text" value="90"/>	°	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ 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="1147"/>	KN	taglio di calcolo
N_{Rd}	20882.8	KN	sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ	<input type="text" value="22"/>	°	inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse
$ctg\theta$	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/mm ²	tensione tangenziale corda baricentrica
σ		N/mm ²	tensione principale di trazione sulla corda baricentrica
$ctg\theta$			valore limite dell'inclinazione delle bielle

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd}	<input type="text" value="756.7"/>	KN	taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale
V_{Rd}	<input type="text" value="2188.5"/>	KN	taglio resistente per elemento con armatura trasversale
V_{Rd}	<input type="text" value="756.7"/>	KN	> V_{Ed} <input type="text" value="1147"/> KN

OCCORRE ARMARE A TAGLIO

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.10.4 Palo di fondazione L= 27 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:

$$M = T * \alpha$$

$\alpha = 3.4$ (vedi relazione geotecnica generale)

Caratteristiche della sezione:

Sezione circolare \varnothing 1500 mm

$A_s = 40+40 \phi 30$ *staffe $\phi 14/10$*

La lunghezza del palo è pari a L = 27 m.

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. **NOME SEZIONE: Palo_27m_VI15_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
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: 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 circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	65.9	40	30
2	0.0	0.0	59.9	40	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	7365.00	4487.00	0.00	0.00	0.00
2	2608.00	4487.00	0.00	0.00	0.00
3	7458.00	7073.00	0.00	0.00	0.00
4	-899.00	7073.00	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
---------	---	----	----

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	78 di 85

1	5294.00	3243.00	0.00
2	1986.00	3243.00	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	5016.00	3242.00 (2118.59)	0.00 (0.00)
2	2100.00	3242.00 (1649.21)	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	4635.00	3242.00 (2042.63)	0.00 (0.00)
2	2897.00	3242.00 (1755.52)	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	7365.00	4487.00	0.00	7364.99	11750.84	0.00	2.62	565.5(53.0)
2	S	2608.00	4487.00	0.00	2607.86	11173.96	0.00	2.49	565.5(53.0)
3	S	7458.00	7073.00	0.00	7458.03	11756.77	0.00	1.66	565.5(53.0)
4	S	-899.00	7073.00	0.00	-898.83	10392.80	0.00	1.47	565.5(53.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	79 di 85

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

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	75.0	0.00304	0.0	65.9	-0.00357	0.0	-65.9
2	0.00350	0.0	75.0	0.00295	0.0	65.9	-0.00502	0.0	-65.9
3	0.00350	0.0	75.0	0.00304	0.0	65.9	-0.00355	0.0	-65.9
4	0.00350	0.0	75.0	0.00285	0.0	65.9	-0.00653	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	0.000050197	-0.000264811	----	----
2	0.000000000	0.000060451	-0.001033805	----	----
3	0.000000000	0.000050032	-0.000252368	----	----
4	0.000000000	0.000071157	-0.001836760	----	----

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

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.72	0.0	0.0	-75.9	0.0	-65.9	1452	84.8
2	S	8.09	0.0	0.0	-129.3	0.0	-65.9	2221	127.2

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.67	0.0	0.0	-79.9	0.0	-65.9	1502	84.8
2	S	8.11	0.0	0.0	-127.2	0.0	-65.9	2164	127.2

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
	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3T	30 D 09	CL	VI1504 002	A	80 di 85

k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(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	-0.00047	0	0.500	30.0	76	0.00024 (0.00024)	349	0.084 (0.20)	2118.59	0.00
2	S	-0.00072	0	0.500	30.0	76	0.00046 (0.00038)	345	0.158 (0.20)	1649.21	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	8.60	0.0	0.0	-85.5	0.0	-65.9	1609	113.1
2	S	8.27	0.0	0.0	-113.3	0.0	-65.9	1993	113.1

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	-0.00050	0	0.500	30.0	76	0.00032 (0.00026)	331	0.107 (0.20)	2042.63	0.00
2	S	-0.00064	0	0.500	30.0	76	0.00044 (0.00034)	348	0.155 (0.20)	1755.52	0.00

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.10.4.1 Verifica a taglio palo di fondazione

Caratteristiche materiali

Cls R_{ck}
 Cls 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'anima)
 d mm altezza utile della sezione
 A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali
 \varnothing_{bl} mm diametro delle barre longitudinali
 n_{bw} numero di bracci delle staffe
 \varnothing_{st} mm diametro delle staffe
 s_{st} mm passo delle staffe
 α ° inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ 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
 $ctg\theta$ 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 N/mm² tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

$ctg\theta$ 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

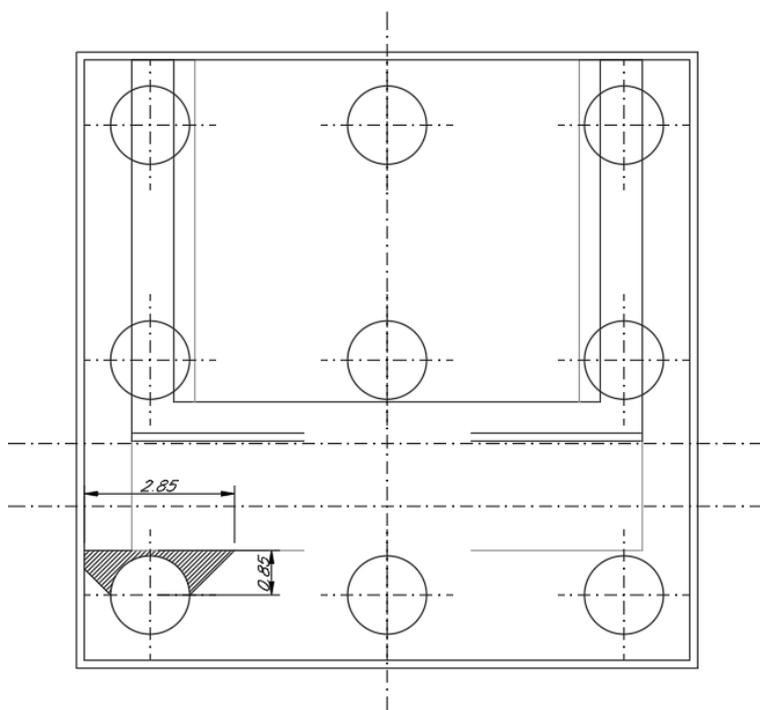
V_{Rd} KN > V_{Ed} KN

OCCORRE ARMARE A TAGLIO

4.10.5 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}	7365	[kN]	carico risultante VERTICALE sulla fascia di dimensione b
H_{Ed}	2080	[kN]	carico risultante ORIZZONTALE sulla fascia di dimensione b

Caratteristiche Materiali

<u>Calcestruzzo</u>	28	35	classe di resistenza calcestruzzo
R_{ck}	35	[MPa]	
f_{ck}	29.05	[MPa]	

γ_c	1.5	[-]	
α_{cc}	0.85	[-]	
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	850	[mm]	distanza P da incastro
h_c	2000	[mm]	spessore mensola

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA LERCARA DIR. – CALTANISSETTA XIRBI (LOTTO 3) VI15 – Viadotto Singolo Binario					
	RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B	COMMESSA RS3T	LOTTO 30 D 09	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI1504 002	REV. A

4.11 Incidenze

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

Muro paraghiaia	135 kg/m ³
Muro frontale	100 kg/m ³
Muro andatore sinistro	215 kg/m ³
Plinto di fondazione	150 kg/m ³
Palo di fondazione	225 kg/m ³

Le incidenze calcolate sono relative alla sezione maggiormente sollecitata.