

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N.443/01

DIREZIONE TECNICA – CENTRO DI PRODUZIONE MILANO

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI

VI05 – Nuovo ponte su canale rivestito km 0+810.87

Relazione di calcolo spalle

SCALA:

-

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

MDL1 12 D 26 CL VI0500 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore
A	Emissione Esecutiva	L. Fieno	Ott.2010			S. Borelli		Autore

ITALFERR
Dott. Ing. Donato LAVACCA
Ordine Ingegneri di NOVARA
n° 1109

File: MDL112D26CLVI0500002A.doc

n. Elab.:



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	2 di 35

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	6
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI	6
3.2	DOCUMENTI CORRELATI	7
3.3	DOCUMENTI SUPERATI	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
4.1	CALCESTRUZZI	8
4.2	ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO	8
4.3	ACCIAIO PER ARMATURA MICROPALI	9
5	ANALISI DEI CARICHI	10
5.1	PESI PROPRI STRUTTURALI + PERMANENTI PORTATI – (G1+G2)	10
5.2	CARICHI VERTICALI MOBILI (QVK)	13
5.3	FRENATURA/AVVIAMENTO (QLK) SU IMPALCATO	15
5.4	FRENATURA/AVVIAMENTO (QLK) SU RILEVATO	16
5.5	CENTRIFUGA (QTK)	17
5.6	SERPEGGIO (QSK)	17
5.7	EFFETTI DI INTERAZIONE STATICA TRENO-BINARIO-STRUTTURA	17
5.8	SPINTA A TERGO DEL RILEVATO	17
5.9	SPINTA DEL SOVRACCARICO A TERGO DEL RILEVATO	17
5.10	RESISTENZE PARASSITE NEI VINCOLI (QTK)	19
5.11	AZIONE SISMICA	20
5.11.1	Carico verticale mobile	20

5.11.2	Azione sismica inerziale	20
5.11.3	Spinta del terreno	21
6	CALCOLO DELLA SPALLA	24
6.1	GEOMETRIA	24
6.2	PARAMETRI DI CALCOLO	25
6.3	RIEPILOGO AZIONI	26
6.4	CONDIZIONE DI ESERCIZIO	27
6.5	CONDIZIONE SISMICA	28
6.6	CARICO SUL MICROPALO	29
6.7	VERIFICA PARAGHIAIA	30
6.8	VERIFICA MURO FRONTALE	31
6.9	VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE	33
6.9.1	Sbalzo posteriore	33
6.9.2	Sbalzo anteriore	35
7	INCIDENZE ARMATURE	35

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	4 di 35

1 PREMESSA

Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi alle sottostrutture del Prolungamento del ponte sul canale rivestito al km 0+810.87, previsto per il potenziamento della linea Rho – Arona, tratta Gallarate – Rho. L’opera in questione è individuata con la WBS VI05.

L’opera consiste in 3 viadotti separati ad 1 sola campata, realizzati con impalcati in travi in acciaio incorporate nel cls, di luce 9.78, in asse appoggi. Le travi in acciaio hanno un’obliquità rispetto all’asse appoggi di circa 7°. L’andamento planimetrico dell’asse di progetto dei binari è in rettilineo.

Il viadotto centrale accoglie una piattaforma a doppio binario, mentre i due laterali hanno un solo binario.

Le spalle hanno la medesima carpenteria. Sono spalle tradizionali fondate su micropali $\Phi 300$.

Lo schema di vincoli prevede lo schema a cerniera – cerniera con l’utilizzo di appoggi fissi in neoprene armato.

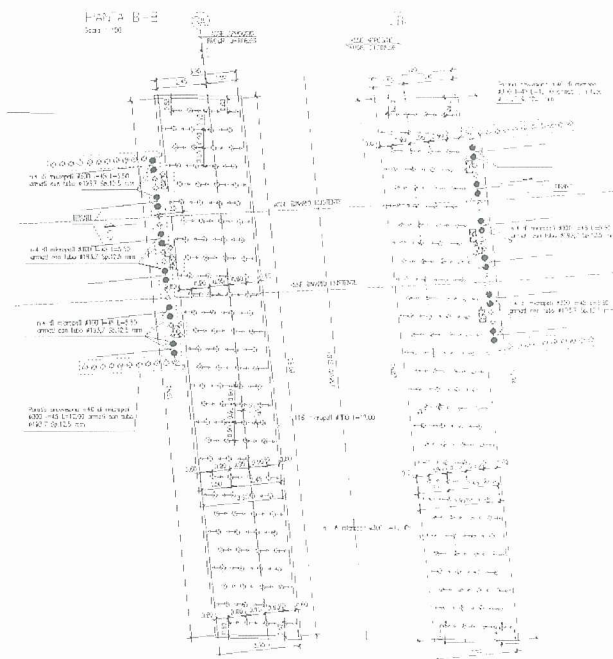


Figura 1: Pianta fondazioni

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	5 di 35

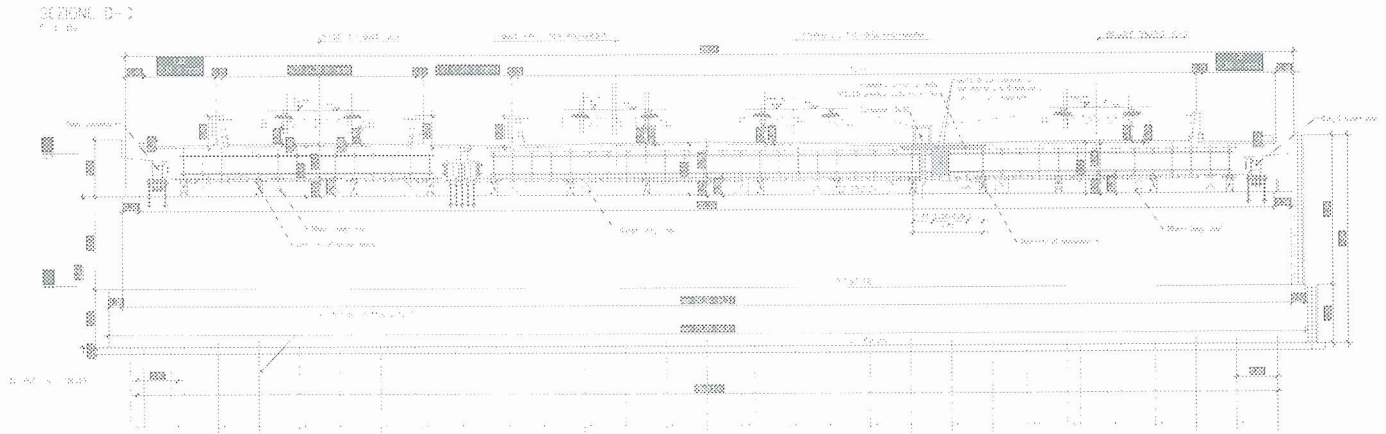


Figura 2: Prospetto frontale spalle

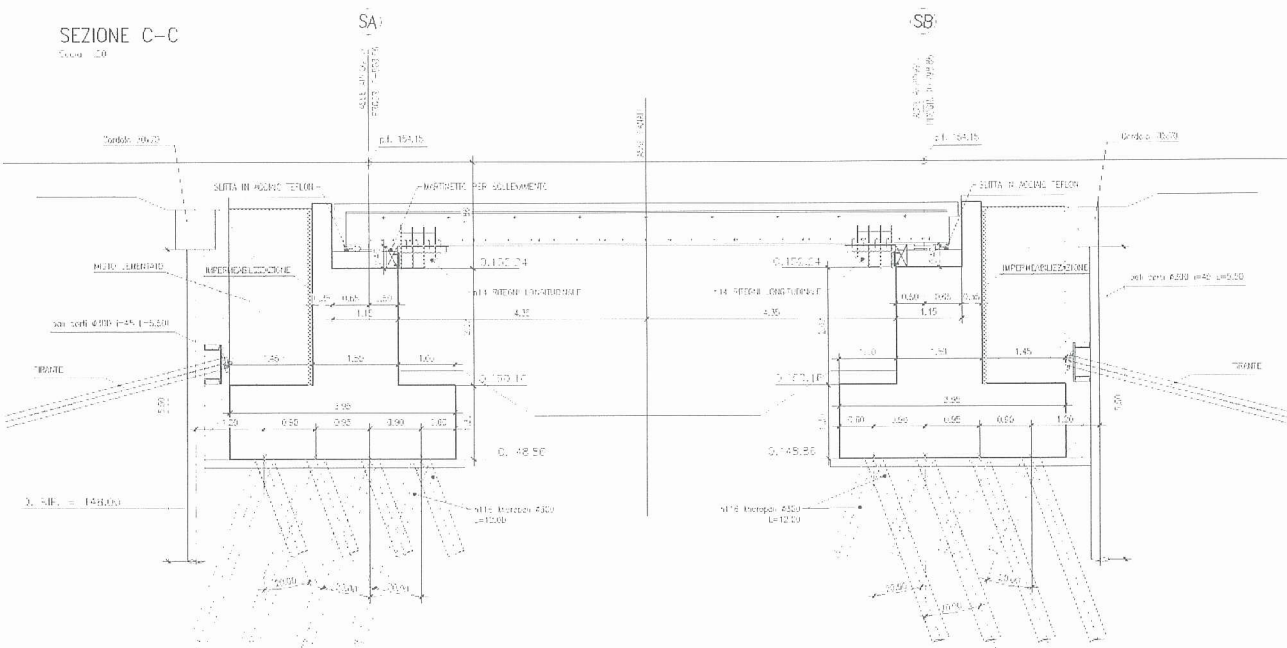



Figura 3: Sezione longitudinale spalle

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 05 00 002	REV. A	FOGLIO 6 di 35

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento tratta le verifiche strutturali relative alle strutture di cui in premessa.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Documenti Referenziati

I calcoli sono svolti in ottemperanza alla Normativa vigente ed in particolare le procedure di verifica degli elementi strutturali si basano sul metodo delle tensioni ammissibili in accordo con le seguenti normative vigenti; per l'azione sismica si considera un grado di sismicità $S = 6$ in quanto il viadotto si trovava in zona non classificata sismica che con la nuova mappatura sismica del territorio nazionale è stata classificata appartenere alla zona 4; in accordo con le normative ferroviarie è stato dimensionato come se fosse in zona 3.

- Rif. [1] L.1086 5/11/71 Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Rif. [2] D.M. 14 febbraio 1992 Norme tecniche l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Rif. [3] DM 09/01/96 Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Rif. [4] DM 16/01/96 Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- Rif. [5] DM 16/01/96 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Rif. [6] Istruzione FF.SS. I/SC/PS-OM/2298 aggiornamento 13 Gennaio 1997: Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo.
- Rif. [7] Istruzione FF.SS. 44/b aggiornamento 16 Dicembre 1997 - Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica
- Rif. [8] Istruzione FF.SS. 44/d aggiornamento 25 Luglio 2000 - Istruzione tecnica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	7 di 35

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti elaborati grafici:

3.2 Documenti Correlati

I documenti di calcolo correlati alla presente sono:

Prolungamento ponte su canale rivestito km 0+810.87 - Pregnana Milanese

Relazione tecnica descrittiva	MDL1	1	2	D	26	RG	VI	0	5	0	0	001	A
Relazione di calcolo impalcato	MDL1	1	2	D	26	CL	VI	0	5	0	0	001	A
Relazione di calcolo spalle	MDL1	1	2	D	26	CL	VI	0	5	0	0	002	A
Relazione di calcolo fondazioni e opere provvisionali	MDL1	1	2	D	26	CL	VI	0	5	0	0	003	A
Planimetria generale dell'intervento	MDL1	1	2	D	26	P9	VI	0	5	0	0	001	A
Pianta e sezioni	MDL1	1	2	D	26	PA	VI	0	5	0	0	001	A
Carpenteria impalcato	MDL1	1	2	D	26	BB	VI	0	5	0	0	001	A
Carpenteria spalle	MDL1	1	2	D	26	BB	VI	0	5	0	0	002	A
Opere provvisionali	MDL1	1	2	D	26	B9	VI	0	5	0	0	001	A
Fasi realizzative	MDL1	1	2	D	26	B9	VI	0	5	0	0	002	A
Particolari, dettagli e finiture	MDL1	1	2	D	26	BC	VI	0	5	0	0	001	A

3.3 Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Calcestruzzi

- Elevazioni spalle $R_{ck} \geq 35$ MPa
- Fondazioni armate $R_{ck} \geq 30$ MPa

Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	[MPa]	30	35
Modulo elastico istantaneo	E_c	[MPa]	31220	33722
Tensione ammissibile a compressione	$\sigma_{c,amm}$	[MPa]	9.75	11.00
Tensione tangenziale ammissibile	τ_{c0}	[MPa]	0.60	0.67
Tensione tangenziale limite	τ_{c1}	[MPa]	1.83	1.97
Resistenza a trazione semplice (media)	f_{ctm}	[MPa]	2.61	2.89
Resistenza a trazione semplice (frattile al 5%)	$f_{ctm(5\%)}=0.7*f_{ctm}$	[MPa]	1.82	2.02
Resistenza a trazione semplice (frattile al 95%)	$f_{ctm(95\%)}=1.3*f_{ctm}$	[MPa]	3.39	3.76
Resistenza a trazione per flessione (media)	$f_{ctm}=1.2*f_{ctm}$	[MPa]	3.13	3.47
Resistenza a trazione per flessione (frattile al 5%)	$f_{ctm(5\%)}=0.7*f_{ctm}$	[MPa]	2.19	2.43
Resistenza a trazione per flessione (frattile al 95%)	$f_{ctm(95\%)}=1.3*f_{ctm}$	[MPa]	4.07	4.51
Resistenza di calcolo cilindrica (per strutture in C.A.)	$f_{cd}=(R_{ck}*0.83/1.6)*0.85$	[MPa]	13.23	15.43

4.2 Acciaio da cemento armato

- Acciaio tipo FeB 44K
- Tensione ammissibile $\sigma_{amm} = 255$ MPa
- Modulo elastico $E = 206000$ MPa


in aggiunta e in accordo con 0 p.to 2.2.2.g, si adottano le seguenti limitazioni sui tassi di lavoro in funzione del diametro delle barre:

Massimo diametro delle barre (mm)	Tensioni ammesse (mm)	Massimo interasse delle barre (mm)
30	≤160	300
28	≤170	280
26	≤180	265
24	≤190	250
22	≤205	225
≤20	≤220	200

4.3 Acciaio per armatura micropali

- Acciaio tipo S275JR secondo UNI EN 10025 (Ex Fe 430 B)

Modulo elastico	E	[MPa]	206000
Modulo di elasticità trasversale	G	[MPa]	784000
Coefficiente di Poisson	ν	[-]	0.3
Peso dell'unità di volume	γ	[kN/m ³]	78.5
Coefficiente di dilatazione termica	α	[°C ⁻¹]	1.20E-05
Tipo Acciaio		[-]	Fe 430
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq$	[MPa]	430
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk} \geq$	[MPa]	275
Tensione ammissibile (per t ≤40 mm)	σ_{amm}	[MPa]	190
Tensione ammissibile (per t >40 mm)	σ_{amm}	[MPa]	170

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
	VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 05 00 002	REV. A

5 ANALISI DEI CARICHI¹

Le sottostrutture sono state dimensionate considerando, in favore di sicurezza, i tre impalcato separati. Le combinazioni dei carichi associati al traffico ferroviario, sia quello verticale che la frenatura (su impalcato e su rilevato) sono proprie di 3 impalcato separati e non di un unico impalcato con 4 binari.

Tale assunzione, comunque, comporta un incremento del carico massimo sul micropalo del 10% circa, ma non modifica sostanzialmente il dimensionamento geotecnico del micropalo.

5.1 Pesì propri strutturali + permanenti portati – (G1+G2)

I pesì sono stati valutati considerando un peso specifico del cls pari a 25 kN/mc, un peso specifico dell'acciaio pari a 78.5 kN/mc e applicando la reale conformazione geometrica dell'opera.

Impalcato di sinistra

<i>Pesì propri - (G1)</i>	Ripetizioni	Spessore	Larghezza	Area	Lunghezza	Volume	Peso spec	Peso m/lin	L	Peso
	[-]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[mc]	[kN/mq-mc]	[kN/m]	[m]	[kN]
acciaio strutturale	14			0.0270		0.378	78.5	29.67	10.58	314
soletta (al netto delle travi di acciaio)	1			4.2744		4.2744	25	106.860	10.88	1163
Totale G1								136.5		1477
<i>Permanenti portati - (G2)</i>										
Muri parballast	2			0.1364		0.2728	25	6.8	10.93	75
Cordoli	1	0.2	0.4			0.08	25	2.0	10.93	22
Ballast+ imp. sottoballast + arm.	1	0.8	4			3.2	18	57.6	10.93	630
Canalette	1			0.16		0.16	25	4.0	10.93	44
Impermeabilizzazione marciapiedi	1	0.05	2.7			0.135	20	2.7	10.93	30
Barriere antirumore	1	1	4			4	2	8.0	10.93	87
Totale permanenti portati (G2a)								23.5		257
Totale ballast (G2b)								57.6		630
Totale G2								81.1		887
Totale G								217.7		2363
Lunghezza totale impalcato (in asse ai varchi)							A	10.93	m	
Lunghezza fuori tutto impalcato							B	7.5	m	
Incidenza pesì a ml							G/A	216.2	kN/ml	
Incidenza pesì a mq							G/(A*B)	28.8	kN/mq	

Impalcato centrale

¹ Il calcolo viene svolto su una striscia longitudinale di 1m, trascurando l'effetto delle azioni trasversali, le quali, tuttavia, visto l'elevata dimensione trasversale della fondazione, hanno un effetto trascurabile. Le azioni trasversali quindi non sono state prese in considerazione.



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
 CALCOLO SPALLE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 MDL1 12 D 26 CL VI 05 00 002 A 11 di 35

<i>Pesi propri - (G1)</i>	Ripetizioni	Spessore	Larghezza	Area	Lunghezza	Volume	Peso spec	Peso m/lin	L	Peso
	[-]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[mc]	[kN/mq-mc]	[kN/m]	[m]	[kN]
acciaio strutturale	23			0.0270		0.621	78.5	48.75	10.58	516
soletta (al netto delle travi di acciaio)	1			6.6102		6.6102	25	165.255	10.88	1798
Totale G1								214.0		2314
<i>Permanenti portati - (G2)</i>										
Muri parballast	2			0.1364		0.2728	25	6.8	10.93	75
Ballast+ imp. sottoballast + arm.	1	0.8	8			6.4	18	115.2	10.93	1259
Canalette	2			0.16		0.32	25	8.0	10.93	87
Impermeabilizzazione marciapiedi	1	0.05	2			0.1	20	2.0	10.93	22
Totale permanenti portati (G2a)								16.8		184
Totale ballast (G2b)								115.2		1259
Totale G2								132.0		1443
Totale G								346.0		3757

Lunghezza totale impalcato (in asse ai varchi) **A** 10.93 m
 Lunghezza fuori tutto impalcato **B** 10.47 m
 Incidenza pesi a ml **G/A** 343.7 kN/ml
 Incidenza pesi a mq **G/(A*B)** 32.8 kN/mq

Impalcato di destra

<i>Pesi propri - (G1)</i>	Ripetizioni	Spessore	Larghezza	Area	Lunghezza	Volume	Peso spec	Peso m/lin	L	Peso
	[-]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[mc]	[kN/mq-mc]	[kN/m]	[m]	[kN]
acciaio strutturale	14			0.0270		0.378	78.5	29.67	10.58	314
soletta (al netto delle travi di acciaio)	1			4.2934		4.2934	25	107.335	10.88	1168
Totale G1								137.0		1482
<i>Permanenti portati - (G2)</i>										
Muri parballast	2			0.1364		0.2728	25	6.8	10.93	75
Cordoli	1	0.2	0.4			0.08	25	2.0	10.93	22
Ballast+ imp. sottoballast + arm.	1	0.8	4			3.2	18	57.6	10.93	630
Canalette	1			0.16		0.16	25	4.0	10.93	44
Impermeabilizzazione marciapiedi	1	0.05	2.7			0.135	20	2.7	10.93	30
Barriere antirumore	1	1	4			4	2	8.0	10.93	87
Totale permanenti portati (G2a)								23.5		257
Totale ballast (G2b)								57.6		630
Totale G2								81.1		887
Totale G								218.1		2368

Lunghezza totale impalcato (in asse ai varchi) **A** 10.93 m
 Lunghezza fuori tutto impalcato **B** 7.57 m
 Incidenza pesi a ml **G/A** 216.7 kN/ml
 Incidenza pesi a mq **G/(A*B)** 28.6 kN/mq

Non essendoci particolari indicazioni sulla tipologia delle barriere antirumore previste, si utilizza il carico indicato da 0 e 0, pari a 2.00 kN/mq per un'altezza di 4m dal piano della soletta, per un peso di 8 kN/ml a barriera.

Il carico permanente di progetto viene calcolato effettuando una media pesata dei pesi dei tre impalcati, diffondendo il carico a 45° a partire dagli appoggi esterni. Con riferimento alla figura seguente, si ha

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	12 di 35

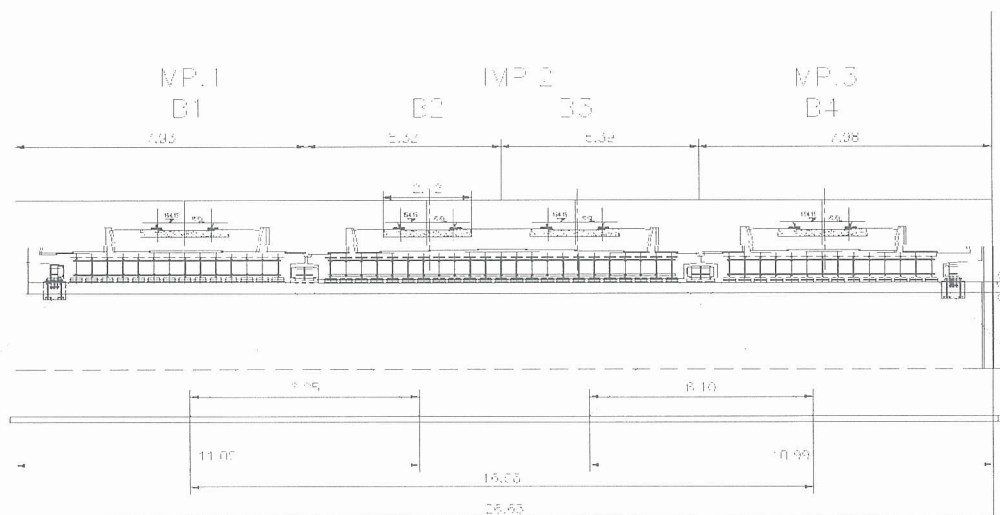


Figura 4: Diffusione trasversale adottata per i carichi permanenti sull'impalcato

Carico verticale permanente su impalcato

Reazione verticale per impalcato 1	R1	2363	/2.00	1182	kN
Reazione verticale per impalcato 2	R2	3757	/2.00	1879	kN
Reazione verticale per impalcato 3	R3	2368	/2.00	1184	kN
fascia di sovrapposizione del singolo carico	a				var
larghezza considerata per calcolo carico con media pesata	A				var

Impalcato	F	c	F=F*c	B	F/B	a	F/B*a	/A=16.98
-	kN	-		m	kN/mt	m	kN	kN/mt
1	1182	1.00	1181.50	11.02	107.21	6.25	670.09	
2	1879	1.00	1878.50	16.98	110.63	16.98	1878.50	
3	1184	1.00	1184.00	10.99	107.73	6.10	657.18	
			4244.00			somma	3205.77	188.80



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
 CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	13 di 35

5.2 Carichi verticali mobili (Qvk)

Sono stati considerati i modelli di carico di normativa (LM71; SW2; SW0), descritti nelle seguenti figure:

General Vehicle Data

Vehicle Name: []

Usage: Standard (for design and analysis) Maximum (for design and analysis) Minimum (for design and analysis)

Straddle Reduction Factor: []

Floating Axle Loads:

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments:	[]	[]	[]
For Other Responses:	[]	[]	[]

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moment:

Load Plan

Load Elevation

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	0.0	0.0	0.0	Zero Width	0.0	0.0	One Point	0.0
Fixed Length	0.3	0.0	0.0	Zero Width	0.0	50	One Point	0.0
Fixed Length	1.6	0.0	0.0	Zero Width	0.0	50	One Point	0.0
Fixed Length	1.6	0.0	0.0	Zero Width	0.0	50	One Point	0.0
Fixed Length	1.6	0.0	0.0	Zero Width	0.0	50	One Point	0.0
Fixed Length	0.3	0.0	0.0	Zero Width	0.0	0	One Point	0.0
Trailing Load	Infinite	0.0	0.0	Zero Width	0.0	0	One Point	0.0

Units: KN m C

General Vehicle Data

Vehicle Name: []

Usage: Standard (for design and analysis) Maximum (for design and analysis) Minimum (for design and analysis)

Straddle Reduction Factor: []

Floating Axle Loads:

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments:	[]	[]	[]
For Other Responses:	[]	[]	[]

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moment:

Load Plan

Load Elevation

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	1	0	0	Zero Width	0	0	One Point	0
Fixed Length	5.2	0	0	Zero Width	0	0	One Point	0
Fixed Length	15	133	0	Zero Width	0	0	One Point	0

Units: KN m C



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
 QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
 CALCOLO SPALLE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 MDL1 12 D 26 CL VI 05 00 002 A 14 di 35

I valori caratteristici sono stati amplificati tramite il coefficiente di adattamento α , che per i ponti di categoria "A" come in questo caso, valgono:

	LM71	SW0	SW2
α	1.1	1.1	1.0

Per spalle il coefficiente dinamico viene assunto pari ad 1, come previsto dalla Istruzione FS.

I carichi verticali sono applicati nel rispetto della tabella seguente

Tabella 5.2.HI - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante ⁽²⁾
		caso a ⁽¹⁾	caso b ⁽¹⁾	
1	Primo	1.0 (LM 71 ¹⁾ +SW/0 ⁽²⁾	-	1.0 SW/2
	Secondo	1.0 (LM 71 ¹⁾ +SW/0 ⁽²⁾	-	1.0 SW/2
≥ 3	Primo	1.0 (LM 71 ¹⁾ +SW/0 ⁽²⁾	0.75 (LM 71 ¹⁾ +SW/0 ⁽²⁾	1.0 SW/2
	secondo	1.0 (LM 71 ¹⁾ +SW/0 ⁽²⁾	0.75 (LM 71 ¹⁾ +SW/0 ⁽²⁾	1.0 (LM 71 ¹⁾ +SW/0 ⁽²⁾
	Altri	-	0.75 (LM 71 ¹⁾ +SW/0 ⁽²⁾	-

⁽¹⁾ LM71 "1" SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Come risulta dalla relazione di calcolo dell'impalcato, per una luce di calcolo di 9.78m, il carico equivalente tagliante dell'LM71 è 185.8 kN/ml (comprensivo di α , ma non dinamizzato), superiore ai 153 kN/ml dell'SW2, pertanto il modello SW2 non è dimensionante e non è stato utilizzato. La reazione verticale all'appoggio prodotta dall'LM71 vale quindi

$$R \text{ (LM71)} = 185.8 \cdot 9.78 / 2 = 909 \text{ kN}$$

Tale reazione è stata diffusa fino al piano di posa delle fondazioni, 4:1 nel ballast e 1:1 all'interno del cls. E' stato ricavato un carico a mq relativo alla singola reazione e, effettuando le possibili combinazioni di carico, è stato ricavato un carico a mq di progetto, facendo una media pesata.

Con riferimento alla seguente figura, si ha

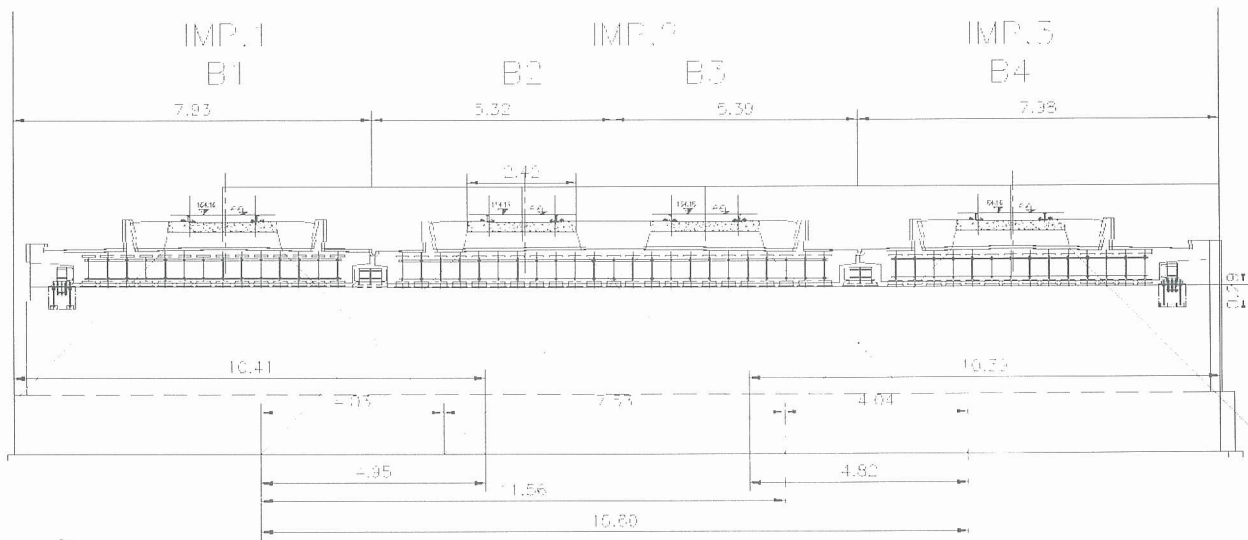


Figura 5: Diffusione trasversale adottata per il carico verticale da traffico ferroviario e per la frenatura/avviamento sull'impalcato

IMP 1:(primo*1)	IMP 2 (primo*1 + secondo*1)		IMP 3:(primo*1)		B	F/B	a	F/B*a	/A=15.60
	Binario	F	c	F=F*c					
	-	kN	-		m	kN/mt	m	kN	kN/mt
	1	909	1.00	908.56	10.41	87.28	4.95	432.03	
	2	909	1.00	908.56	11.56	78.60	11.56	908.56	
	3	909	1.00	908.56	11.56	78.60	11.56	908.56	
	4	909	1.00	908.56	10.39	87.45	4.82	421.49	
				3634.25			somma	2670.64	171.19

Si utilizza quindi un carico di progetto

$$q = 171.2 \text{ kN/mq}$$

5.3 Frenatura/Avviamento (Qlk) su impalcato

Come lunghezza di influenza della frenatura è stato assunto 10.93m in asse ai varchi. La forza di frenatura totale viene divisa per 2 visto lo schema statico di cerniera – cerniera.

Con riferimento sempre alla Figura 5, si ha

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
 CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	16 di 35

IMP 1:(Frenatura max)		IMP 2: (primo:Fren max + secondo:Avviamento max)				IMP 3: (Frenatura max)			
Binario	F	c	L	F=F*c*L	B	F/B	a	F/B*a	/A=15.60
-	kN/ml	-	m	kN	m	kN/mt	m	kN	kN/mt
1	35	1.00	5.47	191.28	10.41	18.37	4.95	90.95	
2	35	1.00	5.47	191.28	11.56	16.55	11.56	191.28	
3	33	1.00	5.47	180.35	11.56	15.60	11.56	180.35	
4	35	1.00	5.47	191.28	10.39	18.41	4.82	88.73	
				754.17			somma	551.31	35.34

5.4 Frenatura/Avviamento (Qlk) su rilevato

Per la frenatura sul rilevato, la lunghezza di influenza viene presa pari a $H/\tan(30^\circ)$, con H altezza totale spalla, considerando quindi una diffusione nel terreno a 30°

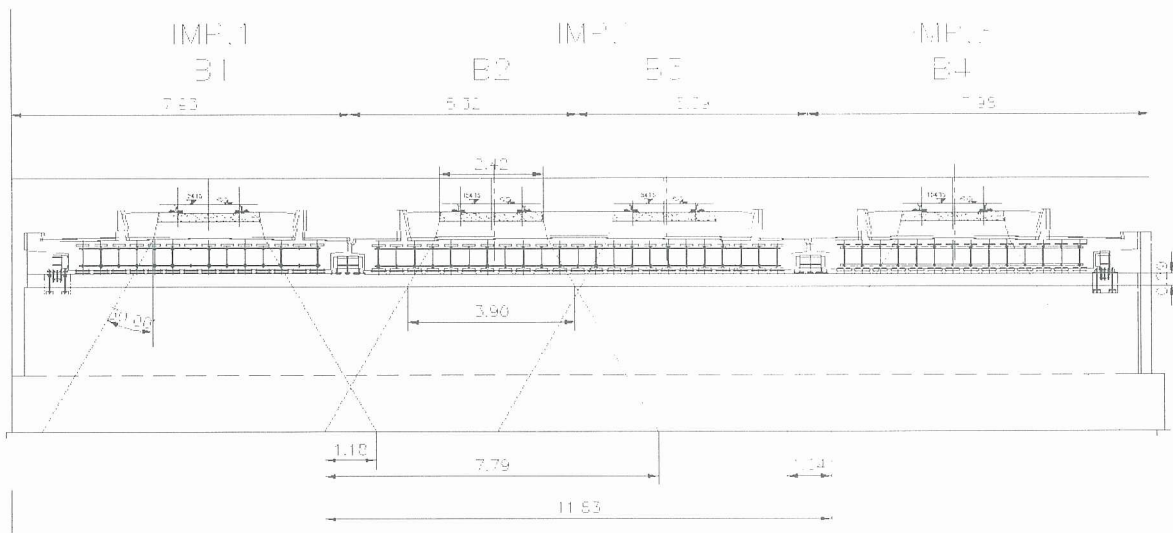


Figura 6: Diffusione trasversale adottata per la frenatura/avviamento sul rilevato

IMP 1:(Frenatura max)		IMP 2: (primo:Fren max + secondo:Avviamento max)				IMP 3: (Frenatura max)			
Binario	F	c	F=F*c	B	F/B	a	F/B*a	/A=11.83	
-	kN/ml	-	kN/ml	m	kN/ml/mt	m	kN/ml	kN/ml/mt	
1	35	1.00	35.00	7.79	4.49	1.18	5.30		
2	35	1.00	35.00	7.79	4.49	7.79	35.00		
3	33	1.00	33.00	7.79	4.24	7.79	33.00		
4	35	1.00	35.00	7.79	4.49	1.04	4.67		
			138.00			somma	77.97	6.59	

Con $H=4.34$ m, si ha

$$L=H/\tan 30^\circ=7.52 \text{ m}$$

$$\text{Frenatura max} = 6.59 \cdot 7.52 = 49.55 \text{ kN/mt}$$



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	17 di 35

5.5 Centrifuga (Qtk)

Essendo i binari in rettilineo, la forza centrifuga è nulla.

5.6 Serpeggio (Qsk)

Non considerata (vedi ¹⁾).

5.7 Effetti di interazione statica Treno-Binario-Struttura

Gli effetti dell'interazione vengono trascurati in favore di sicurezza. Trascurare tale effetto equivale a trasferire per intero le forze orizzontali di frenatura ed avviamento alle sottostrutture, rinunciando quindi all'effetto favorevole di ripartizione di una quota delle stesse ai rilevati mediante la continuità della rotaia.

Le azioni di frenatura ed avviamento dei treni si assumono uniformemente distribuite su tutta la lunghezza dell'impalcato.

5.8 Spinta a tergo del rilevato

Si considera la spinta prodotta dal rilevato ferroviario, nella condizione di spinta a riposo, con le seguenti caratteristiche meccaniche

- Peso dell'unità di volume 19 kN/mc
- Angolo di attrito 35°
- Coefficiente di spinta a riposo 0.426

5.9 Spinta del sovraccarico a tergo del rilevato

A tergo del rilevato, si considera il peso dell'armamento di $18 \cdot 0.8 = 14.4$ kPa e il peso del sovraccarico ferroviario di 40 kPa per una larghezza di 4m.

La spinta prodotta dal sovraccarico, considerato uniformemente distribuito in senso trasversale, sarebbe, sull'altezza di 4.34m $S = 54.4 \cdot 4.34 \cdot 0.426 = 100.58$ kN/mt.

Considerando la diffusione a 30° nel terreno, il sovraccarico da 54.4 kPa su un'impronta di 4m in testa alla spalla, crea la seguente spinta, pari a circa la metà.

λ_0	0.426		coefficiente di spinta
b_t	4	m	impronta trasversale del carico alla quota $z=0$

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	18 di 35

q_{01}	54.4	KN/m ²	carico a mq alla quota z=0
$\sigma_{01}=q_{01}\cdot\lambda_0$	23.17	KN/m ²	spinta del carico alla quota z=0

facendo una diffusione a 30° fino alla quota z=h, si ha

h	4.34	m	profondità considerata
$B_t=b_t+2\cdot h\cdot\tan 30$	9.01	m	larghezza di diffusione trasversale alla quota z=h
$q_{02}=q_{01}\cdot b_t/B_t$	24.15	KN/m ²	carico a mq alla quota z=h
$\sigma_{02}=q_{02}\cdot\lambda_0$	10.29	KN/m ²	spinta del carico alla quota z=h

$S_0=h/6\cdot[\sigma_{01}\cdot(2\cdot b_t+B_t)+\sigma_{02}\cdot(b_t+2\cdot B_t)]$	449	kN	Spinta totale
$M_0=h^2/12\cdot[\sigma_{01}\cdot(3\cdot b_t+B_t)+\sigma_{02}\cdot(b_t+B_t)]$	974	kNm	Momento totale all'intradosso paraghiaia

Ripartendo le sollecitazioni globali sulla larghezza B_t alla quota z=h; si ha

$S_1=S_0/B_t$	49.83	kN/m	
$M_1=M_0/B_t$	108.13	kNm/m	
$h_1=M_1/S_1$	2.17	m	punto di applicazione della spinta S_1 (da intradosso)

Facendo il calcolo a m, senza considerare la diffusione trasversale, si ha

$S_2=\sigma_{01}\cdot h$	100.58	kN/m	
$M_2=S_2\cdot h/2$	218	kNm/m	
$h_2=M_2/S_2$	2.17	m	punto di applicazione della spinta S_1 (da intradosso)

Per l'impalcato n°2, il sovraccarico agisce su un'impronta di 8.03m, con la seguente spinta

λ_0	0.426		coefficiente di spinta
b_t	8.03	m	impronta trasversale del carico alla quota z=0
q_{01}	54.4	KN/m ²	carico a mq alla quota z=0
$\sigma_{01}=q_{01}\cdot\lambda_0$	23.17	KN/m ²	spinta del carico alla quota z=0

facendo una diffusione a 30° fino alla quota z=h, si ha

h	4.34	m	profondità considerata
$B_t=b_t+2\cdot h\cdot\tan 30$	13.05	m	larghezza di diffusione trasversale alla quota z=h
$q_{02}=q_{01}\cdot b_t/B_t$	33.50	KN/m ²	carico a mq alla quota z=h
$\sigma_{02}=q_{02}\cdot\lambda_0$	14.27	KN/m ²	spinta del carico alla quota z=h

$S_0=h/6\cdot[\sigma_{01}\cdot(2\cdot b_t+B_t)+\sigma_{02}\cdot(b_t+2\cdot B_t)]$	840	kN	Spinta totale
$M_0=h^2/12\cdot[\sigma_{01}\cdot(3\cdot b_t+B_t)+\sigma_{02}\cdot(b_t+B_t)]$	1823	kNm	Momento totale all'intradosso paraghiaia

Ripartendo le sollecitazioni globali sulla larghezza B_t alla quota z=h; si ha

$S_1=S_0/B_t$	64.40	kN/m	
$M_1=M_0/B_t$	140	kNm/m	
$h_1=M_1/S_1$	2.17	m	punto di applicazione della spinta S_1 (da intradosso)

Facendo una media pesata si ottiene il carico di progetto

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	19 di 35

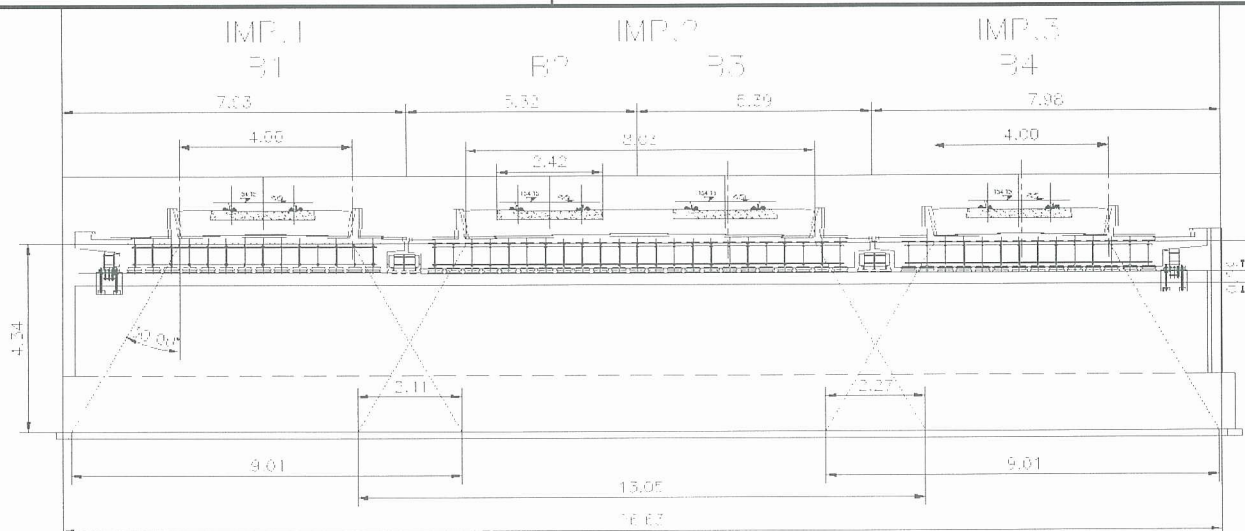


Figura 7: Diffusione trasversale adottata per la spinta del sovraccarico sul rilevato

impalcato 1	R1	49.83	/A=100.58	0.50	
impalcato 2	R2	64.40	/A=100.58	0.64	
impalcato 3	R3	49.83	/A=100.58	0.50	
fascia di sovrapposizione del singolo carico	a				var
larghezza considerata per calcolo carico con media pesata	A				var

Impalcato	F	c	F=F*c	B	F/B	a	F/B*a	/A=13.05
-	-	-	-	m	kN/mt	m	kN	kN/mt
1	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	2.41	1.19	
2	0.64	1.00	0.64	1.00	0.64	13.05	8.36	
3	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	2.41	1.19	
			1.63			somma	10.74	0.82

Ossia l'82% della spinta che si avrebbe considerando il carico indefinito in senso trasversale.

Il sovraccarico di progetto vale quindi $0.823 * 54.40 = 44.79$ kPa

La spinta di progetto vale quindi $0.823 * 100.58 = 82.88$ kN/mt

5.10 Resistenze parassite nei vincoli (Qtk)

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
	VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 05 00 002	REV. A

Si utilizzano apparecchi di appoggio in neoprene armato fissi, con schema a cerniera – cerniera, pertanto le resistenze parassite nei vincoli non sono state considerate.

5.11 Azione sismica

L'analisi sismica è stata effettuata con l'analisi statica.

5.11.1 Carico verticale mobile

Per una luce di calcolo di 9.78m, dalla tabella B.17.1 del 0, si hanno i seguenti valori, approssimando la luce a 10m

- Sovraccarico uniforme flettente 91.60 kN/ml
- Sovraccarico uniforme tagliante 112.00 kN/ml
- Peso complessivo degli assi 1000 kN

La reazione sulla spalla vale quindi $112 \cdot 9.78 / 2 = 548$ kN. Effettuando la stessa ripartizione fatta per il carico mobile in esercizio, si ha il seguente carico di progetto

$$Q = 171.2 \cdot 548 / 909 = 103.20 \text{ kN/mt}$$

5.11.2 Azione sismica inerziale

Il peso del treno sismico ripartito vale $P = 171.2 \cdot 1000 / 909 = 188.42$ kN/mt

Il peso dell'impalcato più il peso del treno sismico (in favore di sicurezza si trascura il coefficiente di contemporaneità), vale

- Peso permanente $g = 188.8 \cdot 2 = 377.3$ kN/mt
- Peso treno sismico $q = 188.42 = 188.42$ kN/mt

$$\text{Totale } g+q = 566.0 \text{ kN/mt}$$

Azione orizzontale

$$F_h = C \cdot R \cdot I \cdot e \cdot \beta \cdot W$$

Con

- $S=6$
- $C=(S-2)/100 = 0.04$
- $R=1$
- $I=1$

- $\beta = 2.5 * 0.8 = 2.0$ (si utilizza 0.8 per tenere conto della ricarica del terreno sulla zattera di fondazione)

Si ha

$$F_h = 0.08 * W = 0.08 * 566 = 45.3 \text{ kN/mt}$$

Come fatto per la frenatura sull'impalcato, l'azione sismica inerziale orizzontale viene divisa per due per lo schema statico cerniera – cerniera, quindi

$$F_h = 45.3 / 2 = 22.65 \text{ kN/mt}$$

Azione verticale

$$F_v = m * C * I * \epsilon * W$$

Con

- $m = 2$
- $S = 6$
- $C = (S - 2) / 100 = 0.04$
- $I = 1$

Si ha

$$F_h = 0.08 * W = 0.08 * 566 = 45.3 \text{ kN/mt}$$

Pertanto la reazione verticale sulla spalla in condizioni simiche, vale

$$R = 188.8 + 103.2 + 22.65 = 314.65 \text{ kN/mt}$$

5.11.3 Spinta del terreno

$$F_s = A * F' \quad A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2 \beta * \cos \theta}$$

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	22 di 35

Con

- $\theta = \arctan C$
- C coefficiente di intensità sismica

$F' =$ spinta del terreno calcolata per $i' = i + \theta$ e $b' = b + \theta$

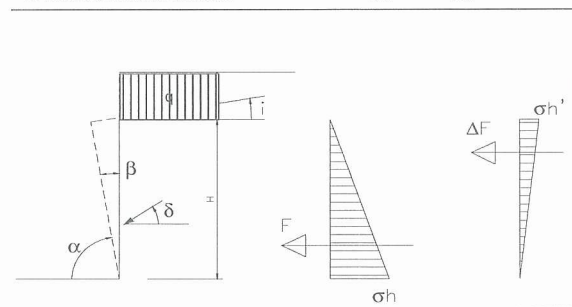
dove con b ed i si indicano rispettivamente l'angolo di inclinazione del terreno e l'angolo di inclinazione del paramento interno rispetto alla verticale, come da normativa sismica.

Nel seguente prospetto sono riportate le spinte del terreno e dei vari contributi del sovraccarico, per le condizioni di spinta a riposo (valida per l'esercizio), spinta attiva (non considerata) e spinta in condizioni sismiche.

SOVRASPINTA SISMICA DM 96											
γ [KN/m ³]	φ [°]	H [m]	B [m]	sovr. perm p [kPa]	sovr. var statico q [kPa]	sovr. var in sisma c [kPa]	bracci delle forze (m)				
19.0	35.00	4.34	1.00	11.85	32.92	16.46	H/3 [m]	H/2 [m]	2/3H [m]		
SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE											
S	C	i [°]	β [°]	i [rad]	β [rad]	θ [°]	θ [rad]	α' [rad]	φ [rad]	i' [rad]	
6	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	2.29	0.04	1.53	0.61	0.04	
A	λ_s	F'(KN/m)	Fs(KN/m)	Ipotesi di attrito nullo tra muro e terreno -> spinta perpendicolare al muro							
0.9992	0.293	88	88								

N.B. : se B≠1; le pressioni e le risultanti indicate di sotto, sono moltiplicate per B (dimensione trasversale)												
	λ	pressioni (σ_h)					risultanti (F)					TOTALE
		terreno [kPa]	sovr. perm [kPa]	sovr. var statico [kPa]	sovr. var in sisma [kPa]	delta spinta sis [kPa]	terreno [kN/m]	sovr. perm [kN/m]	sovr. var statico [kN/m]	sovr. var in sisma [kN/m]	delta spinta sis [kN/m]	
SPINTA A RIPOSO STATICA	0.426	35.16	5.05	14.04	-	-	76.30	21.93	60.92	-	-	159.16
SPINTA ATTIVA STATICA	0.271	22.35	3.21	8.92	-	-	48.49	13.94	36.72	-	-	101.15
SPINTA IN CONDIZIONI SISMICHE		22.35	3.21	-	4.46	2.98	48.49	13.94	-	19.36	6.48	88.26

	bracci delle forze (m)					Momenti alla base (m)					TOTALE
	terreno [m]	sovr. perm [m]	sovr. var statico [m]	sovr. var in sisma [m]	delta spinta sis [m]	terreno [kNm/m]	sovr. perm [kNm/m]	sovr. var statico [kNm/m]	sovr. var in sisma [kNm/m]	delta spinta sis [kNm/m]	
SPINTA A RIPOSO STATICA	1.45	2.17	2.17	-	-	110.39	47.59	132.21	-	-	290.19
SPINTA ATTIVA STATICA	1.45	2.17	2.17	-	-	70.15	30.25	84.02	-	-	184.41
SPINTA IN CONDIZIONI SISMICHE	1.45	2.17	-	2.17	2.89	70.15	30.25	-	42.01	18.74	161.14



$$\lambda'_s = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - i)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + i)}} \right]^2}$$

I valori dei sovraccarichi sono stati differenziati, tenendo sempre conto della ripartizione trasversale, ossia del coefficiente 0.823 già calcolato (vedi 5.9). Si ha

- Sovraccarico permanente $14.4 \cdot 0.823 = 11.85$ kPa
- Sovraccarico variabile in esercizio $40.0 \cdot 0.823 = 32.92$ kPa
- Sovraccarico variabile in condizioni sismiche (quello statico al 50%) $0.5 \cdot 40.00 \cdot 0.823 = 16.46$ kPa

Quindi, il sovraccarico totale in esercizio e in condizione sismica vale

- Sovraccarico totale in esercizio $q_1 = 44.77$ kPa



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	23 di 35

- Sovraccarico variabile in esercizio

$q_2=28.31$ kPa

Con il seguente rapporto $q_2/q_1=0.63$

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	24 di 35

6 CALCOLO DELLA SPALLA

Il calcolo della spalla presentato in seguito è valido per entrambe le spalle.

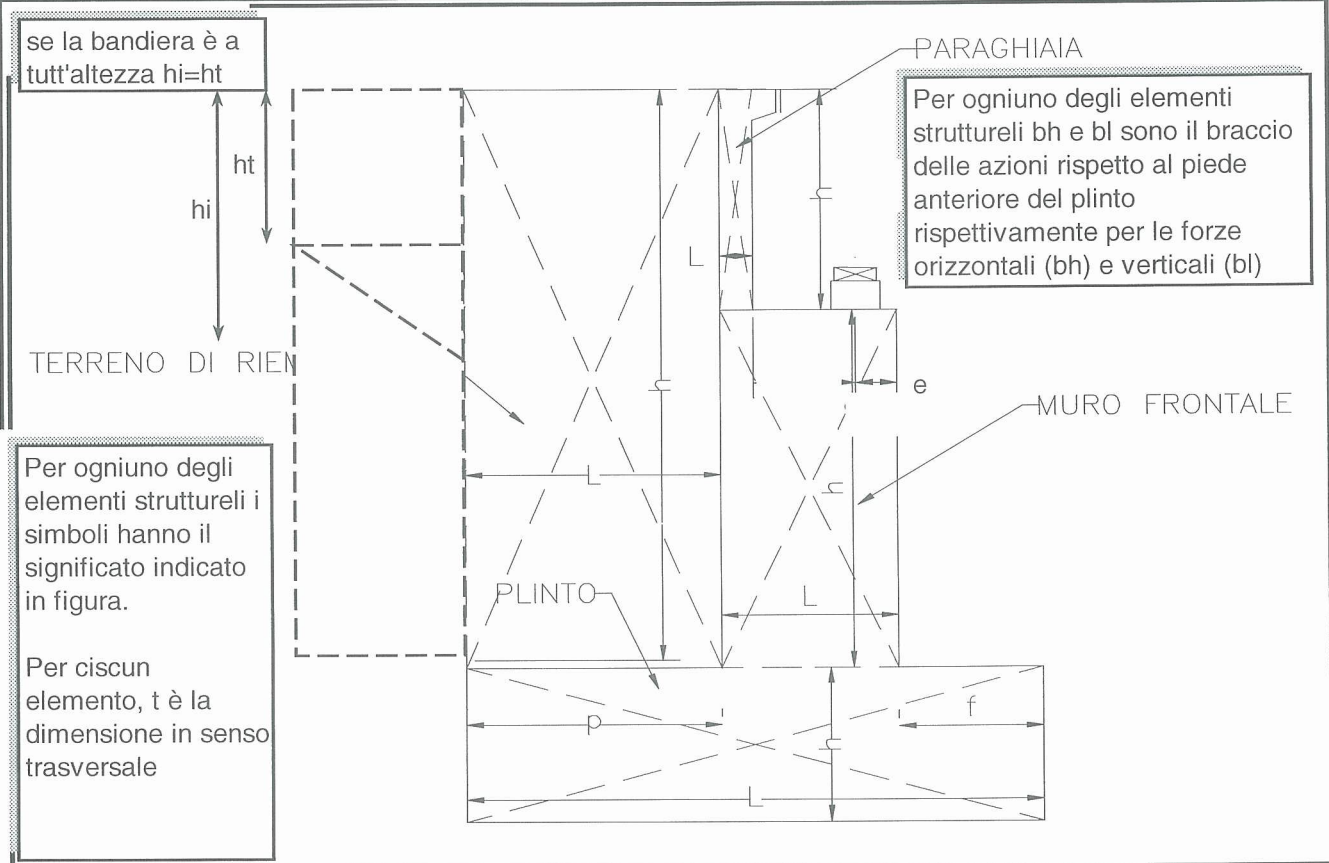
6.1 Geometria

SPALLA

PLINTO									
l [m]	h [m]	t [m]	p [m]	f [m]	V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
3.95	1.30	1.00	1.45	1.00	5.14	128.38	13.09	1.98	0.65
MURO FRONTALE									
li [m]	h [m]	t [m]	e [m]	ls [m]	V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
1.50	2.07	1.00	0.50	1.50	3.11	77.63	7.91	1.75	2.34
PARAGHIAIA									
l [m]	h [m]	t [m]		corr (bl)	V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
0.35	0.97	1.00		0.00	0.34	8.49	0.87	2.33	3.86
TERRENO DI RIEMPIMENTO									
l [m]	h [m]	t [m]	l'(m)		V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
1.45	3.04	1.00	1.45		4.41	83.75	8.54	3.23	2.82
MURO DI RISVOLTO									
l [m]	h [m]	t [m]	n°	pos	V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
1.45	3.04	0.70	0.00	sx	0.00	0.00	0.00	3.23	2.82
BANDIERA									
l [m]	ht [m]	t [m]	n°	hi [m]	V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	4.34
TERRENO RICOPRIMENTO FRONTALE									
l [m]	h [m]	t [m]			V [m ³]	P [KN]	M [KNm]	bl [m]	bh [m]
1.00	0.00	1.00			0.00	0.00	0.00	0.50	1.30

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	25 di 35



6.2 Parametri di calcolo

CLS		TERRA						
γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	γ [KN/m ³]	m [KNm/m ³]	ϕ [°]	λ_0	H [m]	f	H1
25.00	2.55	19.00	1.94	35.00	0.426	4.34	0.50	3.04
0.271								

SISMA					
g [m/sec ²]	a_{g0} [g]	σ_H [g]	σ_V [g]	a_H [m/sec ²]	a_V [m/sec ²]
9.81	0.00	0.040	0.080	0.39	0.78

SOVRACCARICO ACCIDENTALE									
B(q) [m]	L(fr) [m]							fr [KN/ml]	q [KN/m ²]
1.00	7.52							6.59	44.79

quota parte sovraccarico in condizioni sismiche 0.50
coefficiente di struttura β 0.80x 2.50= 2.00

6.3 Riepilogo azioni

Nel seguito si riportano le azioni non fattorizzate, con il seguente significato.

- Fv = Forza verticale;
- Fl = Forza longitudinale;
- Ft = Forza trasversale;
- bl = Braccio delle forze verticali, rispetto al piede anteriore della fondazione;
- bh = Braccio delle forze orizzontali, rispetto alla quota intradosso fondazione;
- Msl = Momento stabilizzante, rispetto al piede anteriore della fondazione ;
- Mrl = Momento ribaltante, rispetto al piede anteriore della fondazione;
- et = Braccio trasversale delle forze verticali, rispetto al baricentro della fondazione ;
- Mt = Momento trasversale, rispetto al baricentro della fondazione, riportato alla quota intradosso plinto;

AZIONI NON FATTORIZZATE

PESO PROPRIO SPALLA

elemento	FV [KN]	Fl [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]	et [m]	Mt [KNm]
PLINTO	128.38			1.98	0.65	253.54			
M FRONTALE	77.63			1.75	2.34	135.84			
PARAGHIAIA	8.49			2.33	3.86	19.73			
MURI RISVOLTO	0.00			3.23	2.82	0.00		0.00	0.00
BANDIERE	0.00			3.56	4.34	0.00		0.00	0.00
TOTALE	214.49					409.12			0.00

PESO TERRENO

elemento	FV [KN]	Fl [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
RIEMPIMENTO	83.75			3.23	2.82	270.10			
RICOPRIMENTO	0.00			0.50	1.30	0.00			

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

condizione	FV [KN]	Fl [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]		Mt [KNm]
ESERCIZIO PERM	189			1.50	3.72	283.50	0.00		
ESERCIZIO MAX	360	35.3		1.50	3.72	540.29	131.47		
SISMA LONG+VERT	314.65	22.65		1.50	3.72	471.98	84.26		

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	27 di 35

SPINTA TERRENO

condizione	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]	Mt [KNm]
SPINTA		76.30	0.00		1.45		110.39	0.00
SOVRACCARICO		82.88	0.00		2.17		179.86	0.00
FRENATURA		49.55			2.17		107.52	

SISMA LONGITUDINALE SPALLA

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]	Mt [KNm]
M FRONTALE		3.11			2.34		7.25	
PARAGHIAIA		0.34			3.86		1.31	
TOTALE		8.58					11.90	

SOVRASPINTA SISMICA TERRENO

elemento	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	bl [m]	bh [m]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]	Mt [KNm]
TERRENO		6.48	0.00		2.89		18.74	0.00

6.4 Condizione di esercizio

VERIFICA IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO

CODICE CARICO	DESCRIZIONE	FATTOR.	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
1	PESO PROPRIO SPALLA	-	1.000	214.49	0.00	0.00	0.00	409.12
2	PESO TERRENO RIEMPIMENTO	1.000	83.75	0.00	0.00	0.00	0.00	270.10
4	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	ESERCIZIO MAX	1.000	360.19	35.34	0.00	0.00	540.29
5	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	ESERCIZIO MIN	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	SPINTA TERRENO	SPINTA	1.000	0.00	76.30	0.00	0.00	110.39
10	SPINTA TERRENO	SOVRACCARICO	1.000	0.00	82.88	0.00	0.00	179.86
11	SPINTA TERRENO	FRENATURA	1.000	0.00	49.55	0.00	0.00	107.52
2_1	PESO TERRENO	RICOPRIMENTO	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TOTALE AZIONI AGENTI

FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
658.43	244.07	0.00	0.00	1219.51	529.23

Mg [KNm] e=Mg/N [m]
610.12 0.93

6.5 Condizione sismica

CODICE CARICO	DESCRIZIONE		FATTOR.	FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]
1	PESO PROPRIO SPALLA	-	1.000	214.49	0.00	0.00	0.00	409.12	0.00
2	PESO TERRENO	RIEMPIMENTO	1.00	83.75	0.00	0.00	0.00	270.10	0.00
15	SOVRASPINTA SISMICA TERRENO	-	1.00	0.00	6.48	0.00	0.00	0.00	18.74
8	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	SISMA LONG+VERT	1.00	314.65	22.65	0.00	0.00	471.98	84.26
10	SPINTA TERRENO	SOVRACCARICO	0.40	0.00	33.31	0.00	0.00	0.00	72.28
9	SPINTA TERRENO	SPINTA	0.64	0.00	48.49	0.00	0.00	0.00	70.15
12_2	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	M FRONTALE	2.00	0.00	6.21	0.00	0.00	0.00	14.50
12_3	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	PARAGHIAIA	2.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.00	2.62
12_4	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	RISVOLTI	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12_5	SISMA LONGITUDINALE SPALLA	BANDIERE	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2_1	PESO TERRENO	RICOPRIMENTO	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TOTALE AZIONI AGENTI				FV [KN]	FI [KN]	Ft [KN]	Mt [KNm]	Msl [KNm]	Mrl [KNm]	Mg [KNm]	e=Mg/N [m]
				612.89	117.81	0.00	0.00	1151.19	262.54	321.80	0.53

In condizione sismica, i coefficienti relativi al codice di carico 10,9 e 12, sono rispettivamente:

- Codice 10, coeff =0.40 = $0.271/0.426*0.63$ (per avere la spinta attiva con il sovraccarico in condizione sismica)
- Codice 9, coeff =0.64 = $0.271/0.426$ (per avere la spinta attiva)
- Codice 12, coeff = 2.00 (fattore di struttura $\beta=2.5*0.8$)

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	29 di 35

Riepilogando, le azioni al baricentro della fondazione, in esercizio e in sisma sono:

		ES.1	SISM.2
Forza verticale	N [kN/mt]	658	613
Forza orizzontale	H [kN/mt]	244	118
Momento flettente al baricentro	M [kNm/mt]	610	322

6.6 Carico sul micropalo

La fondazione viene realizzata con una serie di 4 micropali $\Phi 300$, interasse trasversale 0.90m, inclinati tutti di 20° , in maniera alternata, ossia una fila inclinata in avanti e una fila inclinata indietro. Il carico massimo sul micropalo viene calcolato con

- $N_{max} = (N/np + M/W_{min})/\cos\alpha + H/np/\sin\alpha$
- $N_{min} = (N/np - M/W_{min})/\cos\alpha - H/np/\sin\alpha$

Ponendo le distanze longitudinali dei pali rispetto al baricentro

1.375 0.475 -0.475 -1.375

Si ha un $W_{min} = 3.078m$

Le sollecitazioni sulla singola fila, moltiplicate per l'interasse di 0.90m, sono

Azioni massime al baricentro plinto	N [kN]	HI [kN]	MI [kN m]
ES.1	593	220	549
SISM.2	552	106	290

Per cui risulta

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	30 di 35

Condizione	N [kN]	HI [kN]	MI [kN m]
ES.1	593	220	549
Trasporto al baricentro palificata	593	220	549
Trasporto assi principali palificata	593	220	549
Sforzo massimo per cond ES.1	508	kN	
Sforzo minimo per cond ES.1	-193	kN	

Condizione	N [kN]	HI [kN]	MI [kN m]
SISM.2	552	106	290
Trasporto al baricentro palificata	552	106	290
Trasporto assi principali palificata	552	106	290
Sforzo massimo per cond SISM.2	324	kN	
Sforzo minimo per cond SISM.2	-31	kN	

Per il calcolo della capacità portante del micropalo si rimanda al documento:

Relazione di calcolo fondazioni e opere provvisionali	MDL1	1	2	D	26	CL	VI	0	5	0	0	003	A
----------------------------------------------------------	------	---	---	---	----	----	----	---	---	---	---	-----	---

6.7 Verifica paraghiaia

VERIFICA IN FASE SISMICA PARAGHIAIA			
AZIONI	FATTOR	m [KNm/ml]	t [KN/ml]
SPINTA	1.00	1.23	3.81
SOVRASPINTA SISMICA	1.00	0.21	0.32
SOVRACCARICO	0.40	3.61	7.44
FRENATURA RILEVATO	0.00	0.00	0.00
	TOTALE	5.05	11.58

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO PARAGHIAIA			
AZIONI	FATTOR	m [KNm/ml]	t [KN/ml]
SPINTA	1.00	1.23	3.81
SOVRACCARICO	1.00	8.98	18.52
FRENATURA RILEVATO	1.00	5.37	11.07
	TOTALE	15.59	33.41

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	31 di 35

Verifica e flessione armature verticali lato interno

	ϕ (mm)	pas (cm)	As (mq)
armature	16	20	0.00101
n	15		
copriferro (m)	0.048		
N°s	1.0		
d (m)	0.30		
f	0.02		
y (m)	0.08		
z (m)	0.27		
Sollecitazione di verifica	Mf [kN m/m] 16	σ_{cl} [Mpa] 1.4	σ_{sl} [Mpa] 56.4

Verifica a taglio

T di verifica = 33 kN/ml
 $\tau = 0.123$ Mpa
Non occorre armare al taglio!

6.8 Verifica muro frontale

VERIFICA IN FASE SISMICA MURO FRONTALE				
AZIONI	FATTOR	m [KNm/m]	t [KN/m]	N [KN/m]
SPINTA ATTIVA	1.00	24.11	23.79	0.00
SOVRASPINTA SISMICA	1.00	6.44	3.18	0.00
MASSA PARAGHIAIA	2.00	1.73	0.68	0.00
MASSA MURO FRONTALE	2.00	6.43	6.21	0.00
SOVRACCARICO	0.40	22.54	14.83	0.00
IMP. SISMA LONG+VERT	1.00	125.55	22.65	314.65
FRENATURA RILEVATO	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO PROPRIO MURO	1.00	0.00	0.00	77.63
TOTALE		186.79	71.33	392.28



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
 CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	32 di 35

VERIFICA IN FASE ESERCIZIO MURO FRONTALE

AZIONI	FATTOR	m [KNm/ml]	t [KN/ml]	N [KN/ml]
SPINTA	1	37.94	37.44	0.00
SOVRACCARICO	1	88.25	58.06	0.00
IMPALCATO ESE.	1	163.20	35.34	360.19
PESO PROPRIO MURO	1	0.00	0.00	77.63
FRENATURA RILEVATO	1	52.75	34.71	0
TOTALE		342.14	165.54	437.82

Armando con l'armatura minima, lo 0.15% Ac, si inseriscono 5Φ24/m, si ha

The screenshot shows a software interface for structural analysis. Key sections include:

- Titolo:** [Empty field]
- Numero figure elementari:** 1
- Numero strati barre:** 1
- Table of dimensions:**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	22.62	140
- Sollecitazioni:** S.L.U., Metodo n
- P.to applicazione N:** Centro, Baricentro cls, Coord [cm]
- Metodo di calcolo:** S.L.U., S.L.U., Metodo n
- Materiali:** B450C, C28/35
- Results:**
 - σ_{cu} : 47.3
 - σ_{cd} : 391.3
 - E_s : 208.000
 - E_s/E_c : 15
 - σ_{adm} : 1.957
 - σ_{adm} : 255
 - σ_c : 1.768
 - σ_s : 36.67
 - ϵ_s : 0.1833
 - ϵ_{cc} : 11
 - ϵ_{cc} : 0.6667
 - ϵ_{c1} : 1.971
 - ϵ_{s1} : 58.78
 - ϵ_{s1} : 0.4199
 - ϵ_{s1} : 0.9648
- Verifica:** N° iterazioni: 5
- Precompresso:** [Checked]



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
 QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
 CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	33 di 35

6.9 Verifica plinto di fondazione

6.9.1 Sbalzo posteriore

L'armatura superiore dello sbalzo posteriore viene verificato con un calcolo a trave, considerando la trazione massima sul micropalo e il peso del plinto e del rinterro. Il calcolo viene fatto a m/l con un carico di $-193/0.9 = -214.4$ kN

Verifica sbalzo posteriore

distanza da sezione di verifica sbalzo posteriore	d1	0.85 m
mensola posteriore		1.45 m
altezza ricoprimento		3.04 m
altezza plinto	h	1.3 m

$$M = N_{tot} \cdot \cos(a) \cdot d1 - N_{tot} \cdot \sin(a) \cdot h/2 \quad (+ \text{tende le fibre inferiori})$$

Cond ES.1

d1	Ntot	Ntot*cos(a)	Ntot*sen(a)	M
0.85	-214.444	-202	-73	-124

peso proprio plinto -34 kNm

peso ricoprimento -61 kNm

Momento di calcolo -218 kNm



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

VI05 - NUOVO PONTE SU CANALE RIVESTITO KM
 0+810.87 - PREGNANA MILANESE - RELAZIONE DI
 CALCOLO SPALLE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 002	A	34 di 35

Armando con l'armatura minima, lo 0.15% A_c , si inseriscono $5\Phi 22/m$, si ha

L'acciaio lavora a 102 MPa.

Considerando la sezione in fase 1 con il cls che lavora a trazione, si ha

Trazione massima nel cls = $0.73 \text{ MPa} < f_{cm(5\%)} = 0.7 * f_{cm} = 2.19 \text{ MPa}$ sezione non fessurata

6.9.2 Sbalzo anteriore

L'armatura inferiore viene dimensionata con il modello di calcolo tirante puntone, con il carico massimo a m/l di $508/0.9 = 564.4$ kN

Modello di calcolo tirante - puntone

Forza verticale	P	564.4	kN
Distanza punto di applicazione della forza dalla sezione di verifica	a	0.4	m
Altezza utile della sezione	d	1.2	m
	$\tan \alpha = a/d$	0.33	
inclinazione del puntone	α	18.43	°
	$\cos \alpha$	0.95	
Sforzo nel puntone compresso	$C = P / \cos \alpha$	595	kN
Tirante	$T = P * \tan \alpha$	188	kN

Armando con l'armatura minima, lo 0.15% A_c , si inseriscono $5\Phi 22/m = 19.01$ cmq/m.

La trazione nell'acciaio è pari a

$$T/A_s = 188/19.01 * 10 = 98 \text{ MPa}$$

7 INCIDENZE ARMATURE

In seguito ai calcoli effettuati, sono risultati i seguenti valori delle incidenze:

Fondazioni	50 kg/mc
Elevazioni	50 kg/mc

