

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 impalcato

SCALA:

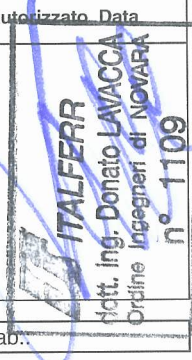
COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

M D L 1 1 2 D 2 6 C L V I 0 5 0 0 0 0 1 A

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

n. Elab.:

File: MDL112D26CLVI0500001A.doc



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 E TIRANTI	8
4.3	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA	9
5	IMPALCATO IN TRAVI IN ACCIAIO INCORPORATE NEL CLS	10
5.1	ANALISI DEI CARICHI	10
5.1.1	<i>Pesi propri strutturali – (G1)</i>	10
5.1.2	<i>Sovraccarichi permanenti portati – (G2)</i>	10
5.1.3	<i>Azione del vento (Q5)</i>	11
5.1.4	<i>Carichi verticali mobili (Qvk)</i>	11
5.1.5	<i>Frenatura/Avviamento (Qlk)</i>	13
5.1.6	<i>Centrifuga (Qtk)</i>	13
5.1.7	<i>Serpeggio (Qsk)</i>	13



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 IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	3 di 25

5.1.8	Resistenze parassite nei vincoli (<i>Q_{tk}</i>).....	13
5.1.9	Azione sismica.....	13
6	MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE.....	14
7	VERIFICA SBALZO SOLETTA.....	21
8	CARICHI SUGLI APPOGGI.....	25
9	INCIDENZE ARMATURE	25

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	4 di 25

1 PREMESSA

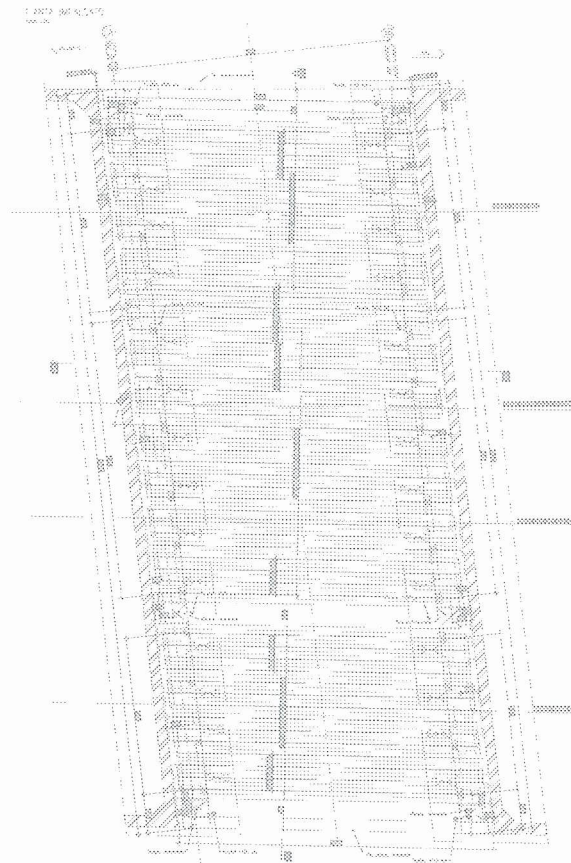
Oggetto del presente documento sono i calcoli relativi all'impalcato del Prolungamento del ponte sul canale rivestito al km 0+810.87, previsto per il potenziamento della linea Rho – Arona, tratta Gallarate – Rho. L'opera in questione è individuata con la WBS VI05.

L'opera consiste in 3 viadotti separati ad 1 sola campata, due dei quali saranno successivamente solidarizzati, realizzati con impalcato 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.



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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	5 di 25

Figura 1: Pianta impalcato

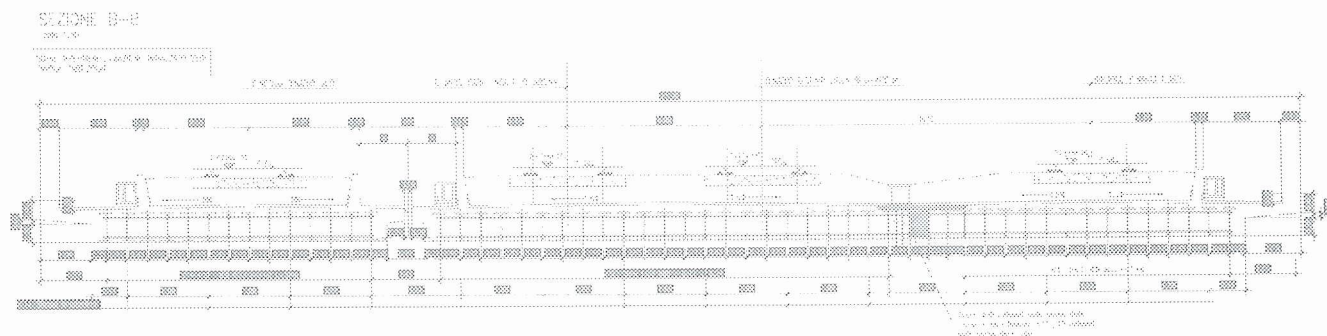


Figura 2: Sezione trasversale

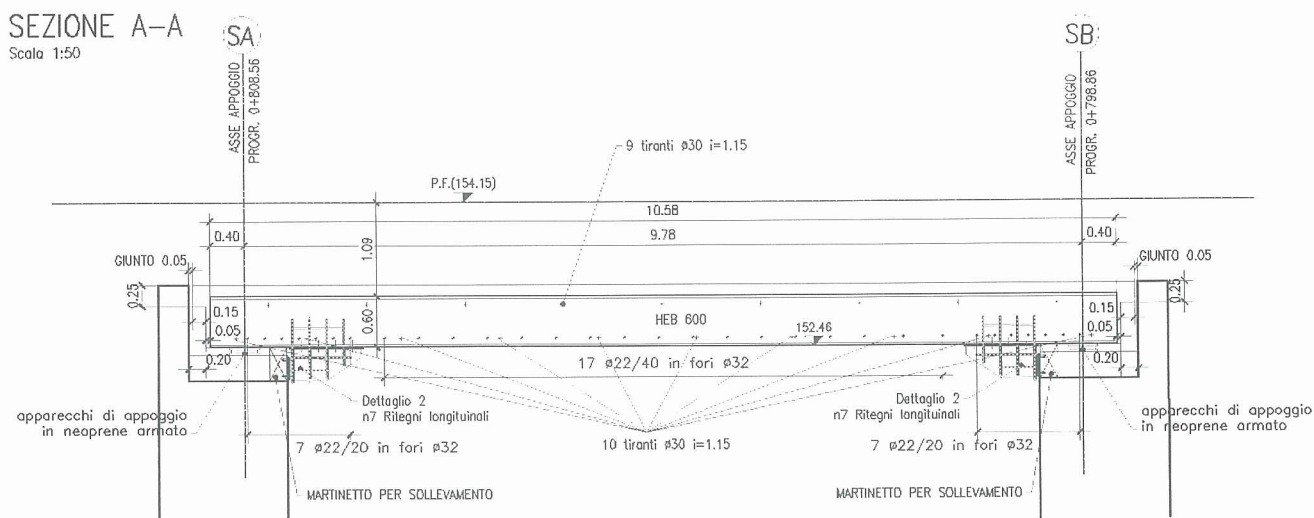


Figura 3: Sezione longitudinale



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 IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	6 di 25

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento tratta le verifiche strutturali e 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



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 IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	7 di 25

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

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	8 di 25

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Calcestruzzi

- Soletta in c.a. $R_{ck} \geq 35$ MPa

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

4.2 Acciaio da cemento armato e tiranti

- 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:

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	9 di 25

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 carpenteria metallica

- Travi principali S275J2 secondo UNI EN 10025 (Ex Fe 430 D)

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 $t \leq 40$ 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 IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	10 di 25

5 IMPALCATO IN TRAVI IN ACCIAIO INCORPORATE NEL CLS

L'impalcato ha una larghezza pari a circa 26m. E' costituito da 3 impalcati separati fisicamente da un giunto, di larghezza, rispettivamente, pari 7.50 – 10.57 – 7.57m. Tali valori sono indicativi e non univoci. La parte centrale accoglie una piattaforma a doppio binario, mentre i due laterali accolgono un singolo binario.

I tre impalcati sono costituiti da un totale di 51 travi (14 + 23 + 14) HEB 600 disposte ad interasse di 42 cm e collegate trasversalmente da tiranti ϕ 30 disposti ad interasse 1.15m. I tiranti verranno saldati tramite apposite rondelle alle travi forate per permettere il passaggio dei tiranti stessi. Ai fini delle verifiche di resistenza si considerano le sole travi metalliche mentre per le verifiche di deformabilità si considera collaborante anche la parte in calcestruzzo con rapporto tra i moduli elastici di acciaio e calcestruzzo pari a 6 come previsto da 0

Il calcolo si riferisce alla situazione peggiore, ossia l'impalcato più largo, con gli sbalzi laterali maggiori ed è valido anche per gli altri due

Le verifiche strutturali delle travi sono condotte con il metodo delle tensioni ammissibili.

5.1 Analisi dei carichi

Nel seguito si riportano qualitativamente le azioni prese in considerazione. Per i dettagli si rimanda al tabulato allegato

5.1.1 Pesi propri strutturali – (G1)

I pesi 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.

5.1.2 Sovraccarichi permanenti portati – (G2)

Ballast:: si applica sulla fascia di competenza compresa fra i muretti paraballast un carico pari a $0.8 \times 18=14.4$ kN/mq

Altri permanenti

Per la descrizione dettagliata dei carichi permanenti portati, si veda il cap. 6

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



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 IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	11 di 25

5.1.3 Azione del vento (Q5)

Si applica una azione statica equivalente pari a 2.5 kN/mq. Tale pressione agisce sull’impalcato, sulle barriere antirumore, effettivamente presenti o meno, e sull’altezza convenzionale del treno dal P.F.. In questo caso, la fascia massima (B) esposta al vento si ha considerando il treno alto 4m dal P.F., per cui risulta B= 5.51m.

5.1.4 Carichi verticali mobili (Qvk)

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

The screenshot shows the 'General Vehicle Data' window with various input fields and a table of load configurations. The 'Loads' table is as follows:

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Asle Load	Asle Width Type	Asle Width
Leading Load	0.0	0.0	0.0	Zero Width	0.0	0.0	One Point	0.0
Fixed Length	0.8	0.0	0.0	Zero Width	0.0	0.0	One Point	0.0
Fixed Length	1.6	0.0	0.0	Zero Width	0.0	0.0	One Point	0.0
Fixed Length	1.6	0.0	0.0	Zero Width	0.0	0.0	One Point	0.0
Fixed Length	0.8	0.0	0.0	Zero Width	0.0	0.0	One Point	0.0
Trailing Load	Infinite	0.0	0.0	Zero Width	0.0	0.0	One Point	0.0



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 IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	12 di 25

General Vehicle Data

Vehicle Name: _____

Usage: Lane Moment & Moment of Impact Lane Moment & Single Point Multiple Responses

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 Moments

Load:

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	7	_____	150	Zero Width	_____	0	One Point	_____
Fixed Length	15	_____	133	Zero Width	_____	0	One Point	_____

Units: EN m C

General Vehicle Data

Vehicle Name: _____

Usage: Lane Moment & Moment of Impact Lane Moment & Single Point Multiple Responses

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 Moments

Load:

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	7	_____	150	Zero Width	_____	0	One Point	_____
Fixed Length	15	_____	133	Zero Width	_____	0	One Point	_____

Units: EN m C

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, mentre per l'impalcato si è considerato il coefficiente $\Phi 3$ relativo a linee con normale standard manutentivo (per il valore del coefficiente si rimanda alla tabella riepilogativa dei carichi)

I carichi verticali sono applicati nel rispetto della tabella seguente

Tabella 5.2.III - 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 ⁺⁺ -SW/0 ⁰)	-	1.0 SW/2
	Primo	1.0 (LM 71 ⁺⁺ -SW/0 ⁰)	-	1.0 SW/2
2	secondo	1.0 (LM 71 ⁺⁺ -SW/0 ⁰)	-	1.0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)
	Primo	1.0 (LM 71 ⁺⁺ -SW/0 ⁰)	0.75 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	1.0 SW/2
≥ 3	secondo	1.0 (LM 71 ⁺⁺ -SW/0 ⁰)	0.75 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	1.0 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)
	Altri	-	0.75 (LM 71 ⁺⁺ +SW/0 ⁰)	-

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

⁽²⁾ Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

5.1.5 Frenatura/Avviamento (Q_{fk})

Come lunghezza di influenza della frenatura è stato assunto 10.93m in asse ai varchi. Per il calcolo dell'impalcato, si considera solo 1 binario carico. La forza massima si ha con il treno SW2 in frenatura:

$$F_{l,max} = 35 \cdot 10.93 = 383 \text{ kN}$$

5.1.6 Centrifuga (Q_{tk})

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

5.1.7 Serpeggio (Q_{sk})

Viene applicata a livello del binario, una forza orizzontale trasversale per ciascun binario caricato pari a 100kN, e combinata con i coefficienti previsti dalle norme.

5.1.8 Resistenze parassite nei vincoli (Q_{tk})

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

5.1.9 Azione sismica

L'azione sismica per la verifica dell'impalcato non è dimensionante. La definizione di tale azione, dimensionante per le sottostrutture, gli appoggi, e i ritegni viene presentata nella relazione delle spalle alla quale si rimanda.

6 MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE

La verifica di resistenza delle travi, e le verifiche di deformabilità sono state eseguite mediante l'ausilio di un foglio elettronico. Nel seguito saranno riportati in forma schematica i principali dati di input del modello e i risultati delle verifiche.

Per la definizione dei simboli e le principali ipotesi di calcolo, fare riferimento alla seguente legenda.

R	raggio planimetrico dell'asse del binario
□H	sopraelevazione del binario esterno
Vp	velocità di progetto
L	luce di calcolo (all'asse appoggi)
An_cls	area netta cls in opera (al netto delle travi)
Hmax	altezza impalcato (massima - in mezzeria)
lb	larghezza ballast - all'interno dei muri paraballast
retro_tr_acc	retro trave della trave metallica
retro_tr_sol	retro trave soletta
varco	varco impalcato - paraghiaia
i	interasse travi
P	peso 1 trave di acciaio
br	fascia trasversale reagente
n1°	numero travi totale
n2°	numero travi all'interno della fascia trasversale reagente
bw	superficie massima esposta al vento
D	distanza PF - intradosso impalcato
d0	distanza PF - baricentro travi di acciaio
d1*	distanza centro di spinta del vento - intradosso delle travi
d1	distanza centro di spinta del vento - baricentro delle travi
d2	distanza intradosso travi - testa spalla
c1	distanza piano del ferro - testa spalla
d	distanza trave di bordo collaborante - asse binario

Vento

Si considera una pressione statica pari a 2.50 kN/mq agente sulla superficie esposta peggiore calcolata considerando la presenza del treno alto 4m dal PF e l'altezza reale delle barriere antirumore
 La superficie esposta al vento è pari a bw= 5.51m,
 Il centro di spinta dista d1= 2.46m dal baricentro delle travi.

Forza centrifuga

Si considera agente a 1.8m dal piano del ferro, e quindi a 3.02m dal baricentro delle travi.
 Non si applica il coefficiente α



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 IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	15 di 25

Azione di frenatura/avviamento

Si considera agente a livello del piano del ferro, e quindi a 1.22 dal baricentro delle travi

Azione laterale (Serpeggio)

Si considera agente a livello del piano del ferro, e quindi a 1.22 dal baricentro delle travi

Eccentricità di carico LM71

si assume pari a 8cm come da normativa

Sopraelevazione del binario

La sopraelevazione DH produce un'eccentricità di carico $e=180*s/143.5$

Tale effetto in parte bilancia l'azione della forza centrifuga

Ipotesi di calcolo

Le azioni verticali prodotte da permanenti e accidentali e quelle prodotte da frenatura/avviamento sono ugualmente ripartite sulle diverse travi contenute all'interno della fascia resistente br di 4 m .

Le azioni orizzontali trasversali, invece, riportate al baricentro delle travi, producono delle coppie torcenti lungo l'asse dell'impalcato che hanno per effetto quello di caricare maggiormente le travi più esterne della fascia considerata. Analogo effetto hanno l'eccentricità di carico del treno LM71 e l'effetto della sopraelevazione.

L'incremento di carico verticale prodotto sulla trave di bordo dalle coppie torcenti si valuta, in prima approssimazione, considerando la flessione su una striscia unitaria trasversale di impalcato avente sezione $b*h$ pari a $100*400$ cm ed il cui momento di inerzia vale $J_t=b*h^3/12$

$$\sigma_p = m_t/J_t * d * i$$



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 IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	16 di 25

Dati di base

CAT	$\alpha(LM71)$	$\alpha(SW2)$
a	1.1	1

Materiali

Cls

Acciaio per carpenteria

Acciaio per c.a.

Rck	S	σ_{amm}	τ_{amm}	FeB	σ_{amm}
35	275	190	110	44k	255

Geometria

Dati impalcato

n° binari	ballast	R(m)	$\Delta H(cm)$	Vp(Km/h)	L(m)	$\Phi 3$
1	si	inf	0	200	9.78	1.468

retro_tr_acc(m)	retro_tr_sol(m)	varco(m)	L_travi(m)	L_soletta(m)	L_ax_varchi(m)
0.4	0.15	0.05	10.58	10.88	10.93

Soletta

Hmax(cm)	An_cls(m2)	bw(m)	lb(m)	e(cm)
73	4.29	5.51	4.0	0.00

Travi in acciaio

profilo	n1=n° travi	i(cm)	A(cm2)	h(cm)	J(cm4)	W(cm3)
HE 600 B	14	42	270	60	171000	5701

b(cm)	h2(cm)	P(Kg/m)	br(m)
1.55	54	212	4.0

n2=travi-resis	D(m)	d1*(m)	d2(m)
9	1.52	2.76	0.4
	d0(m)	d1(m)	c1(m)
	1.22	2.46	1.92

Analisi dei carichi

Pesi propri+Permanenti portati

29.7	KN/m
107.3	KN/m
137.0	KN/m

ecc (m) con segno

0	travi in acciaio
0.315	cls in opera
0.25	Totale p.p

57.6	KN/m
2	KN/m

0	Ballast, armamento e conglomerato bituminoso
4.1	cordoli



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 IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	17 di 25

7	KN/m	0	muretti parabolast
8	KN/m	4.1	barriere
4	KN/m	2.41	canalette
78.6	KN/m	0.64	Totale perm.portati
215.6	KN/m	0.39	Totale p.p + perm.portati

**Carichi accidentali equivalenti
 caratteristici**

	treno LM71	treno SW2		* α
flettente	147	153	treno LM71	treno SW2
tagliante	169	153	161.9	153
			185.8	153
				KN/m
				KN/m

Folla (KN/m)	Vento(KN/m)	Serpeggio F(KN)
10	13.775	100

Forza centrifuga (KN/m)

	treno LM71	treno SW2
flettente	0.00	0.00
tagliante	0.00	0.00

Az. di frenatura/avviamento (KN)

	treno LM71	treno SW2	
	219	383	frenatura
	361	361	avviamento

Calcolo delle sollecitazioni sulla fascia reagente

Momento flettente (KNm) in mezzeria e taglio (KN) agli appoggi

Modello di carico LM71

		M(L/2)	T(appoggi)
Permanenti	1	1657	691
Accidentali	2	1935	909
Accidentali dinamizzati	3	2841	1334
Frenatura/Avviamento	4	54	56

Modello di carico SW2

		M(L/2)	T(appoggi)
Permanenti	1	1657	691
Accidentali	2	1829	748
Accidentali dinamizzati	3	2685	1098
Frenatura/Avviamento	4	57	59

Coppie torcenti a metro lineare di impalcato (KNm/m)

Incremento di carico verticale prodotto sulla trave di bordo dalle coppie torcenti

b(cm)	h(cm)	Jt(cm4)	d(cm)	Δp	*Mt
100	400	5.33E+08	168	0.132	

Mt(KNm/m)	Δp (KN/m)	<input type="checkbox"/>
-----------	-------------------	--------------------------



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 IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	18 di 25

		eff.flett.	eff.tagliante	eff.flett.	eff.tagliante
Centrifuga LM71	5	0	0	0.00	0.00
Centrifuga SW2	5	0	0	0.00	0.00
Eccentricità di carico LM71	6	13	15	1.71	1.97
sopraelevazione (LM71)	7	0	0	0.00	0.00
sopraelevazione (SW2)	7	0	0	0.00	0.00
Vento	8	34		4.48	

		Mt(KNm)	Δp(KN)
Azione laterale	9	122	16.14

Calcolo delle sollecitazioni sulla trave di bordo fascia

Momento flettente (KNm) in mezzeria, Taglio (KN) agli appoggi, Sforzo normale (KN)

Modello di carico LM71

		M(L/2)	T(appoggi)	N
Permanenti	1	269	114	
Accidentali	2	215	101	
Accidentali dinamizzati	3	316	148	
Frenatura/Avviamento	4	6	6	40
Centrifuga LM71	5	0	0	
Eccentricità di carico LM71	6	20	10	
sopraelevazione (LM71)	7	0	0	
Vento	8	54	22	
Azione laterale	9	39	16	

Modello di carico SW2

		M(L/2)	T(appoggi)	N
Permanenti	1	269	114	
Accidentali	2	203	83	
Accidentali dinamizzati	3	298	122	
Frenatura/Avviamento	4	6	7	43
Centrifuga SW2	5	0	0	
Eccentricità di carico SW2	6	0	0	
sopraelevazione (SW2)	7	0	0	
Vento	8	54	22	
Azione laterale	9	39	16	

Combinazione delle sollecitazioni sulla trave di bordo fascia

Modello di carico LM71

	coeff	M(L/2)	coeff	T(appoggi)	coeff	N
Permanenti	1	269	1	114	0	0
Accidentali	0	0	0	0	0	0
Accidentali dinamizzati	1	316	1	148	0	0
Frenatura/Avviamento	0.5	3	0.5	3	0.6	24

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	19 di 25

Centrifuga LM71	1	0	1	0	0	0
Eccentricità di carico LM71	1	20	1	10	0	0
sopraelevazione (LM71)	-1	0	-1	0	0	0
Vento	0.6	32	0.6	13	0	0
Azione laterale	1	39	1	16	1	0

679	304	24
-----	-----	----

Modello di carico SW2

Modello di carico SW2

	coeff	M(L/2)	coeff	T(appoggi)	coeff	N
Permanenti	1	269	1	114	0	0
Accidentali	0	0	0	0	0	0
Accidentali dinamizzati	1	298	1	122	0	0
Frenatura/Avviamento	0.5	3	0.5	3	0.6	26
Centrifuga SW2	1	0	1	0	0	0
Eccentricità di carico SW2	1	0	1	0	0	0
sopraelevazione (SW2)	-1	0	-1	0	0	0
Vento	0.6	32	0.6	13	0	0
Azione laterale	1	39	1	16	1	0
		642		269		26

Sollecitazioni di verifica

	LM71	SW2
M(KNm)	679	642
T(KN)	304	269
N(KN)	24	26

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	20 di 25

	LM71	SW2
M(KNm)	679	642
T(KN)	304	269
N(KN)	24	26

Flessione

A(cm ²)	W(cm ³)
270	5701

LM71
SW2

condizione di carico 2 ($\sigma_{amm_II}=1.125*\sigma_{amm_I}$)

$\sigma=M/W$	$\sigma=N/A$	σ (MPa)	σ_{amm_II}
119	1	120	214
113	1	114	214

OK
OK

Taglio

b(cm)	h ₂ (cm)	At(cm ²)
1.55	54	84

LM71
SW2

condizione di carico 1

$\tau=T/At$	τ_{amm}
36	110
32	110

OK
OK

Calcolo prima frequenza propria dell'impalcato

Questa verifica è eseguita per controllare l'affidabilità del coefficiente dinamico Φ_3 assunto nei calcoli. Essa consiste nell'accertare che la frequenza propria n_0 sia contenuta all'interno del fuso indicato in fig. 1.4.2.3 dell'Istruzione per il calcolo dei ponti

L	9.78 m	Luce di calcolo
p	215.615 KN/m	carichi permanenti
J1	5 256 609 cm ⁴	inerzia intero impalcato (compreso cls, n=6)
f ₀	2.33 mm	= $5/384*p*L^4/E/J$ = freccia sotto i carichi permanenti
n _{0_inf} =80/L	8.18 Hz	limite inferiore del fuso
n ₀	11.64 Hz	= $17.75/(f_0)^{0.5}$ = frequenza propria
n₀	11.64	>=
n_{0_inf}	8.18	

Verifiche di deformabilità

Freccia sotto i carichi accidentali dinamizzati prodotti dall'LM71

p	161.86 KN/m	carico equivalente LM71
Φ_3	1.47	coeff dinamico
p	237.59 KN/m	carico equivalente LM71 dinamizzato
J2	3 726 429 cm ⁴	inerzia impalcato largo 5m (compreso cls, n=6)
f	3.62 mm	freccia sotto i carichi acc. dinam. prodotti dall'LM71
α	1.5	incremento dei limiti di deformabilità
f	3.62	<=
f_max	8.15	= $L/1800*1.5$

Rotazione agli appoggi

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	21 di 25

f	3.62 mm	freccia sotto i carichi acc. dinam. prodotti dall'LM71
θ_1	0.00118 =16/5*f/L	rotazione per effetto dell'LM71 dinamizzato
ΔT	10 °C	delta termico di 10°C tra estradosso e intradosso
H	73 cm	
θ_2	0.0007 =L/2*\alpha*\Delta T/H	rotazione per effetto termico
θ	0.00159	= $\theta_1+0.6*\theta_2$
θ	0.00159	<= θ_{max} 0.0065

Sghembo

La verifica si effettua ipotizzando la presenza di un profilo metallico in corrispondenza di ciascuna rotaia e calcolando la differenza di abbassamento tra i due profili in corrispondenza della sezione posta a 3 metri dall'appoggio considerando una distribuzione trasversale degli abbassamenti di tipo lineare

Momenti torcenti

	val. caratt.	coeff	coeff. din	progetto	
Mt5	0.00	1		0 KNm/m	Centrifuga LM71
Mt6	12.95	1	1.47	19 KNm/m	Eccentricità di carico LM71
Mt7	0.00	1		0 KNm/m	sopraelevazione (LM71)
Mt8	33.89	0.6		20 KNm/m	Vento
Mt9	12.47	1		12 KNm/m	Azione laterale
				<u>51.8</u>	Totale

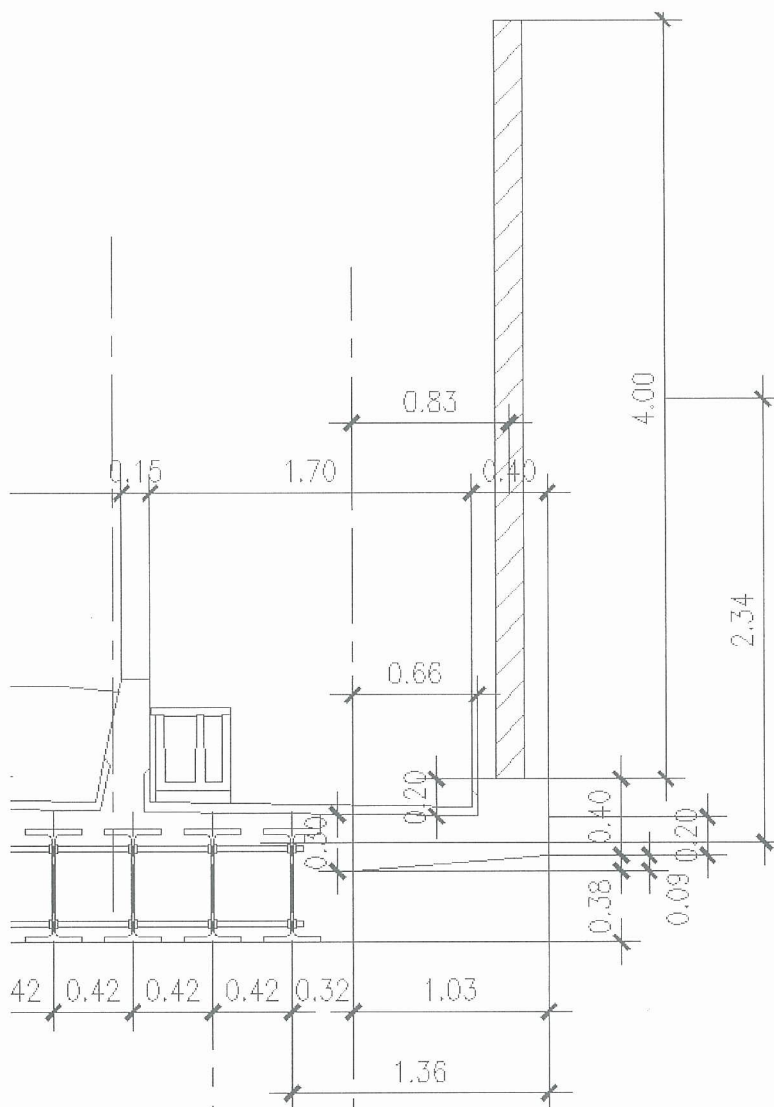
Jt	5.33 m4	inerzia striscia unitaria trasversale impalcato
i	42 cm	interasse travi
Δp	3.06 KN/m	=Mt/Jt*0.75*i
J_1trave	266174 cm4	=J2/n1°
a	3 m	distanza dall'appoggio
f(a)	0.54	freccia verticale a 3m dall'appoggio
s	1.08 =2*f(a)	sghembo
s	1.08	<= s_{max} 3.00 mm

7 VERIFICA SBALZO SOLETTA

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	22 di 25

Viene effettuato il calcolo dello sbalzo della soletta, con riferimento alla seguente figura:



VERIFICA ALLE T.A. - comb TA3

descrizione	γ	d_1 [m, m ² , m ³]	d_2 [m]	d_3 [m]	γ [KN/m ³]	ecc [m]	=	t [KN/ml]	m [KNm/ml]
peso proprio soletta (medio)	1.000	1.03	0.25		25.00	0.52	=	6.438	3.315



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 IMPALCATO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 MDL1 12 D 26 CL VI 05 00 001 A 23 di 25

cordolo	1.000	0.40	0.20		25.00	0.83	=	2.000	1.660
impermeabilizzazione marciapiedi	1.000	0.66	0.02		25.00	0.33	=	0.396	0.131
barriera antirumore	1.000			4.00	2.00	0.83	=	8.000	6.640
vento su barriera	1.000		4.00		2.50	2.34	=	0.000	23.400
accidentale folla	0.000	0.66			10.00	0.33	=	0.000	0.000

Σ 16.8 35.1

Armando lo sbalzo con $5\Phi 16/m$, si ha

Verifica di resistenza

Verifica C.A. S.L.U. File: Abilza

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sec. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° strati barre: 1 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10,05	25

Tipo Sezione
 Rettang. re Trapezi
 a T Circolate
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cis
 Coord [cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.* S.L.U.
 Metodo n

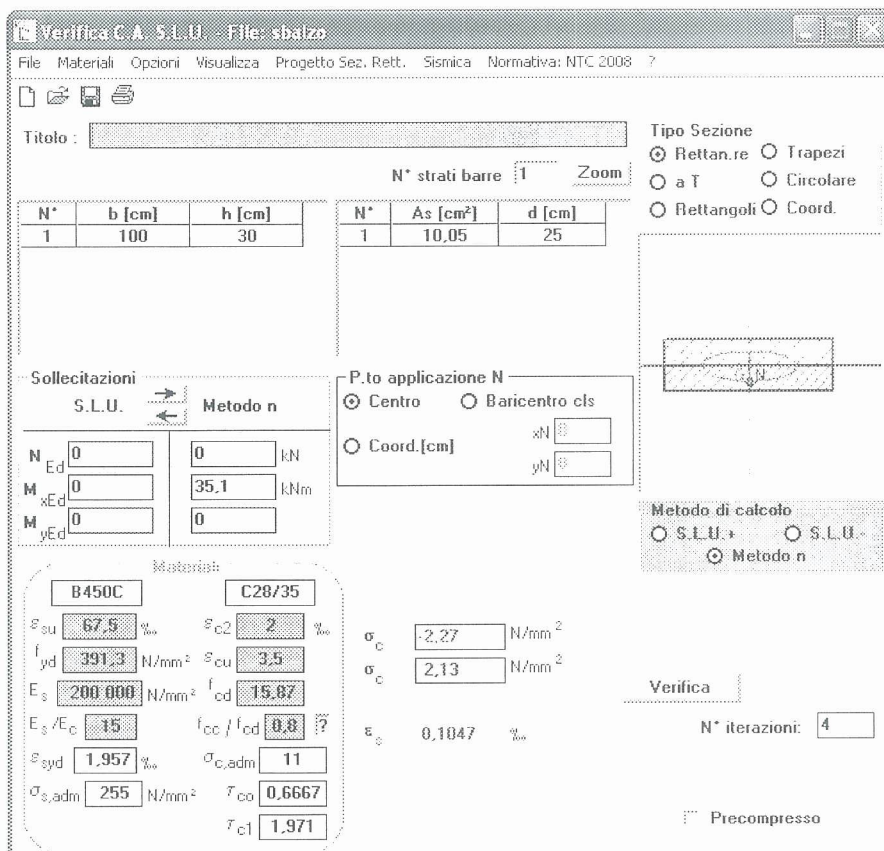
Materiali
 B450C C28/35
 f_{cu} 67,5 % σ_{c2} 2 %
 f_{yd} 391,3 N/mm² σ_{cu} 3,5 %
 E_s 209.000 N/mm² f_{cd} 15,97 %
 E_c/E_c 35 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 σ_{syd} 1,957 % σ_{c.adm} 11
 σ_{s.adm} 255 N/mm² τ_{cc} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

Verifica
 N° iterazioni: 4
 σ_c -4,259 N/mm²
 σ_s 154,8 N/mm²
 ε_s 0,7739 %
 d 25 cm
 x 7,304 w/d 0,2922
 δ 0,8052
 Precompresso

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	24 di 25

Verifica a fessurazione



Verifica C.A. S.L.U. - File: sbalzo

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

N° strati barre: 1 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10,05	25

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: yN:

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali:
 B450C C28/35
 σ_{su} 67,9 % σ_{c2} 2 %
 f_{yd} 391,3 N/mm² σ_{cu} 3,5 %
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 15,07
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 $\sigma_{s,adm}$ 1,957 % $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{cl} 1,971

σ_c -2,27 N/mm²
 σ_c 2,13 N/mm²
 ϵ_s 0,1047 %
 Verifica N° iterazioni: 4
 Precompresso

Resistenza a trazione per flessione (frattile al 5%)	$f_{cfm(5\%)} = 0.7 \cdot f_{cfm}$	[MPa]	2.43
--	------------------------------------	-------	------

Risulta $\sigma_t = 2.13 \text{ MPa} < 2.43 \text{ MPa}$ la sezione non si fessura

Verifica a taglio

T = 16.8 kN/ml
 $\tau = 0.075 \text{ Mpa} < \tau_{co} = 0.67 \text{ Mpa}$

Verifica soddisfatta

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 05 00 001	A	25 di 25

Non occorre armare al taglio!

8 CARICHI SUGLI APPOGGI

Si utilizzano appoggi in neoprene armato fissi sotto ogni trave. I carichi combinati massimi risultano i seguenti:

Azioni agli appoggi

In condizioni di esercizio

In condizioni sismiche

		Fl,max	Ft,max		Fl,max	Ft,max
Fren/Avv		191		G	117	117
Attrito perm	0.03	0		Qt	48	48
Attrito acc	0.03	0				
somma	kN	191	145		165	165

Per tenere conto dei giochi di costruzione, per la ripartizione delle forze orizzontali, si considera una quota parte del numero totale degli appoggi

	numero	efficacia	considerati
fissi long	14	50%	7
fissi trasv	14	50%	7

Azioni massime sul singolo appoggio

	ESE	SIS	
N,max	304	214	
Hl,max	14	12	kN
Ht,max	21	24	kN

9 INCIDENZE ARMATURE

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

Soletta impalcato	50 kg/mc
Muri parabolast	110 kg/mc

