

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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI

RELAZIONE DI CALCOLO

SCALA:

-

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

MDL1 12 D 26 CL VI0600 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	L.FIENO	10/2010			S. Borelli			

File: MDL112D26CLVI0600001A.DOC

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	6
3	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
4	ELABORATI DI RIFERIMENTO	10
5	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA	11
6	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	13
6.1	CALCESTRUZZO	13
6.2	ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO	13
7	CARATTERISTICHE DEL TERRENO.....	14
8	ANALISI DEI CARICHI	17
8.1	PESI PROPRI STRUTTURALI	17
8.2	SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI.....	17
8.3	ALTRI PERMANENTI	17
8.4	AZIONI TERMICHE.....	18
8.5	AZIONI DEL VENTO	18
8.6	RITIRO	18
8.7	AZIONI DA TRAFFICO FERROVIARIO	19
8.8	FRENATURA.....	19
8.9	SERPEGGIO	19
8.10	AZIONI SISMICHE	20
8.11	AZIONI PROVENIENTI DAL RINTERRO A TERGO DELLA SPALLA.....	24
9	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	26
9.1	GEOMETRIA E CARATTERISTICHE INERZIALI E MECCANICHE.....	27



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	3 di 106

9.2	APPLICAZIONE DEI CARICHI AGENTI.....	30
9.3	CARICHI PERMANENTI.....	30
9.4	PESI PROPRI.....	30
9.5	PERMANENTI PORTATI.....	30
9.6	AZIONI DA TRAFFICO.....	31
	<i>Carichi verticali e incremento dinamico.....</i>	<i>31</i>
	<i>Frenatura e avviamento.....</i>	<i>33</i>
	<i>Serpeggio.....</i>	<i>33</i>
9.7	AZIONI DOVUTE AL VENTO.....	33
9.8	AZIONI TERMICHE.....	34
9.9	AZIONI DERIVANTI DAL RINTERRO A TERGO DEL MURO FRONTALE.....	34
9.10	AZIONI SISMICHE.....	36
10	COMBINAZIONI DI CARICO E SOLLECITAZIONI DI VERIFICA.....	38
11	VERIFICA DEL TELAIO.....	53
11.1	SEZIONE DI MEZZERIA (S ₁).....	53
11.2	SEZIONI TRA APPOGGIO E MEZZERIA (S ₂).....	59
11.3	ULTIMA SEZIONE CAVA IN APPOGGIO (S ₃).....	65
12	VERIFICHE MURO FRONTALE SPALLA.....	71
12.1	SEZIONE S ₄	71
12.2	SEZIONE S ₅ - S ₆ (SPICCATO).....	75
13	VERIFICA EFFETTI LOCALI TRASVERSALI.....	81
13.1	VERIFICA SBALZO SOLETTA.....	84
13.2	CALCOLO INCIDENZA ARMATURE SOLETTONE.....	85
14	FONDAZIONI : PLINTI E PALI.....	87
14.1	VALUTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI SUL PALO.....	87



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	4 di 106

15 INCIDENZE ARMATURE 106

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
	VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto di potenziamento dell'attuale tratta a doppio binario Rho-Gallarate sulla linea Rho-Arona, sono stati individuati quale fase minima funzionale gli interventi compresi tra la stazione di Rho e la radice lato Gallarate della stazione di Parabiago, nonché la realizzazione del "Raccordo Y" di collegamento tra la linea F.S. e la linea Ferrovie Nord Milano (F.N.M.) nei pressi della stazione di Busto Arsizio. Tale configurazione rappresenta il Primo Lotto Funzionale dell'intero intervento di potenziamento della linea e dal 2009 è oggetto di un complesso iter autorizzatorio, come meglio descritto nella relazione generale di progetto.

Tale tratta è ubicata a nord-ovest del capoluogo lombardo ed interessa la provincia di Milano corrispondente con la fascia di territorio compresa nei comuni di Rho, Pregnana Milanese, Vanzago, Pogliano Milanese, Nerviano, Parabiago e la provincia di Varese corrispondente con la fascia di territorio compresa nei comuni di Castellana e Busto Arsizio.

Gli interventi si sviluppano per un'estensione di circa 15 km e sono sinteticamente riassumibili in:

PRG di Rho

realizzazione bretella di collegamento tra il binario pari della linea "Milano P.ta Garibaldi-Novara" ed il binario pari linea "Milano-Varese" nel tratto Rho – Fiera Milano;

PRG della Stazione di Rho con collegamento fra questa e le linee Milano-Torino e Rho-Arona.

Tratta Rho(e) – Parabiago(i) e Raccordo Y

realizzazione del quadruplicamento della linea tra Rho e Parabiago;

realizzazione del raccordo Y di collegamento tra la linea F.S. e la linea Ferrovie Nord Milano (F.N.M.) in prossimità della stazione di Busto Arsizio.

Nell'ambito della realizzazione del fascio di 4 binari, è previsto l'adeguamento dell'attuale stazione di Parabiago e della fermata di Vanzago. Sarà invece realizzata una nuova fermata a Nerviano.

Il presente progetto definitivo è attualmente oggetto di una procedura di approvazione ai sensi dell'art. 167 comma 5 del D.Lgs. 163/2006, avviata nell'ottobre 2013, nell'ambito della quale il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con proprio parere ha ritenuto che detto *progetto definitivo dovesse essere rielaborato, integrato ed aggiornato secondo le osservazioni e prescrizioni riportate nel parere stesso*".

Tale revisione del progetto ne rappresenta pertanto la rielaborazione/integrazione conseguente al parere reso dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nell'adunanza del 26 settembre 2014.

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
	VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione tratta delle analisi delle sollecitazioni agenti e delle verifiche di resistenza di tutte le strutture portanti principali e secondarie costituenti il nuovo ponte sul Canale Villoresi, nell'ambito degli interventi di potenziamento della linea ferroviaria tra Rho e Gallarate.

Si tratta di un ponte a luce unica di 18.90m realizzato in cemento armato ordinario con schema statico a telaio, avente impalcato costituito da solettone alleggerito di spessore variabile solidale alle spalle fondate su pali.

L'opera si affianca al ponte esistente della linea storica che sovrappassa il canale con tre arcate in cls di 5.5m di luce. Per una descrizione più dettagliata si rimanda alla relazione descrittiva dell'intervento.

In fase di individuazione della tipologia di opera da eseguire si è scelto di porre particolare attenzione all'inserimento architettonico e paesaggistico della nuova opera nel contesto caratterizzato dall'opera esistente; talché è stata individuata una struttura il più possibile omogenea sia nei riguardi delle forme (si è cercato di richiamare il concetto dell'arco) e dei materiali optando per un parziale rivestimento in mattoni come per il ponte preesistente.

A margine dell'intervento sono inoltre previste opere di sostegno e interventi di riprofilatura degli argini mirati al ripristino della configurazione preesistente.

La scelta di optare per una luce unica e non ripetere come sarebbe sicuramente possibile la struttura con pile in alveo, è motivata dalla necessità di limitare le ripercussioni di carattere idraulico intervento senza soggezioni a tal riguardo.

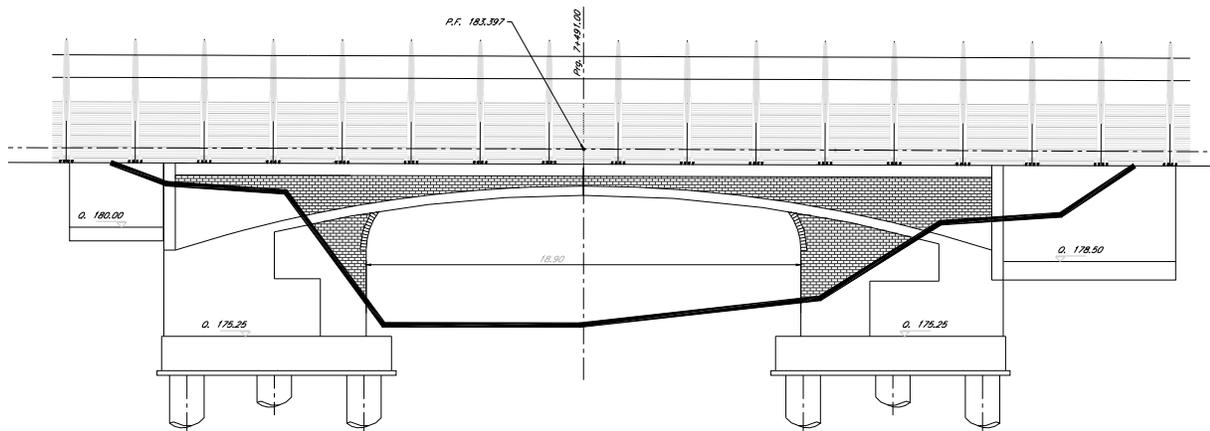


Figura 1. Vista laterale dell'opera.

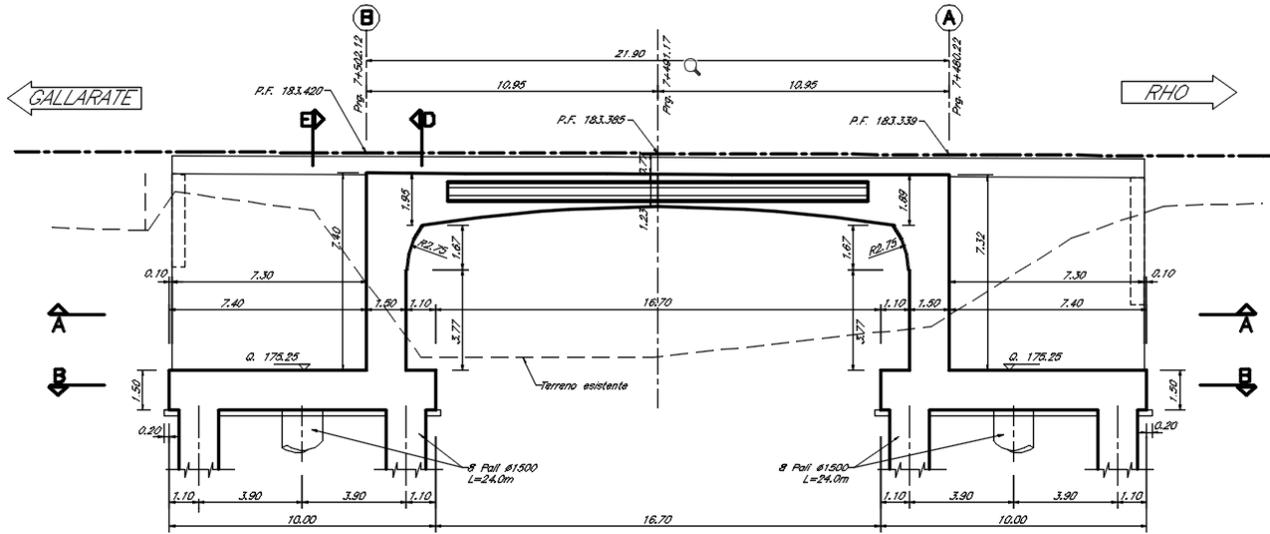


Figura 2. Sezione longitudinale dell'opera.

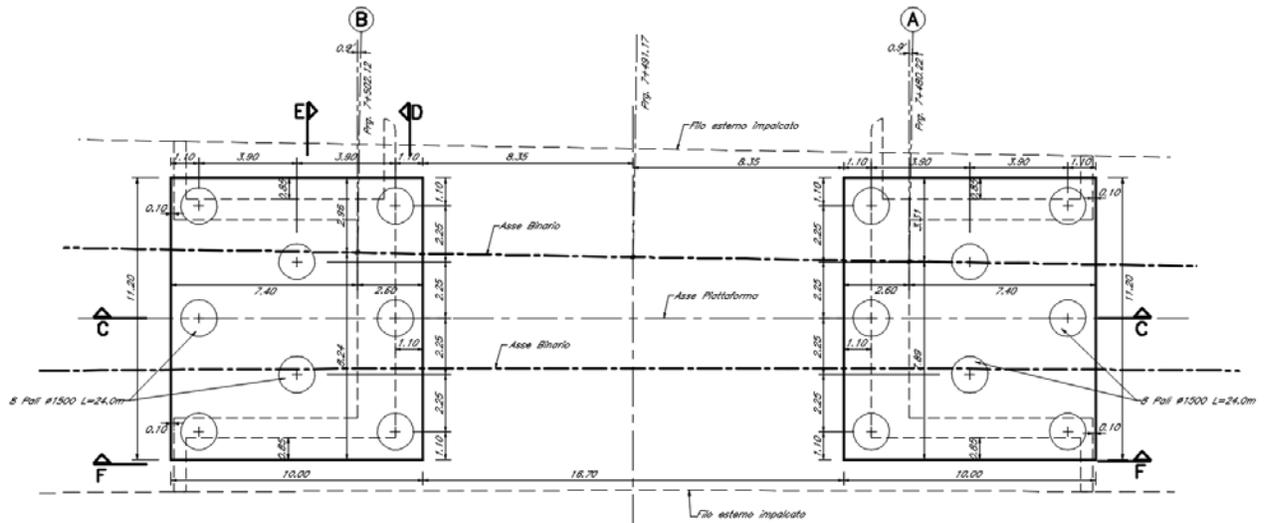


Figura 3. Pianta fondazione su pali.

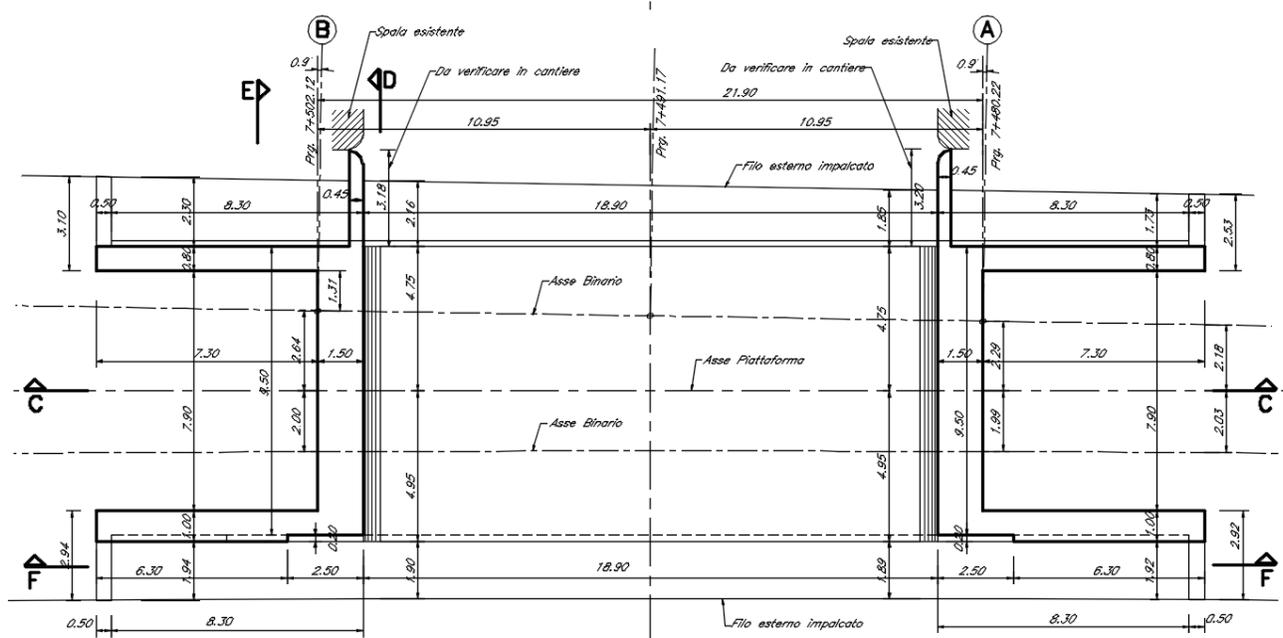


Figura 4. Pianta dell'opera.

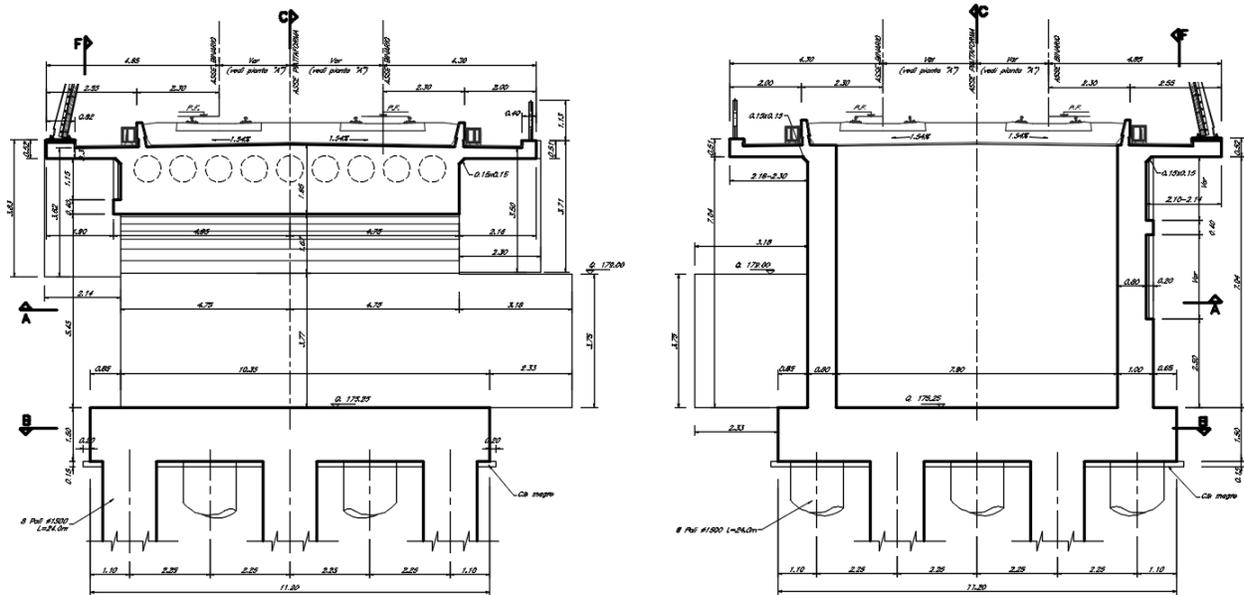


Figura 5. Sezioni trasversali dell'opera.

	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</p>					
VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X	FOGLIO 9 di 106

3 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l’elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 05/01/1971 n. 1086, “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- Legge n.64 02/02/1974, “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. 14/01/2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC08).
- Circolare n. 617: 02/02/2009, “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.
- UNI EN 1992-1 Eurocodice 2: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali”.
- UNI EN 1992-2 Eurocodice 2: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti”.
- UNI EN 1998-5 Eurocodice 8: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale – Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.

Si riporta, ora, l’elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni F.S. delle quali si è tenuto conto.

- RFI DTC SI MA IFS 001 A – Parte I;
- RFI DTC SI AG MA IFS 001 A Parte II sezione 1;
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A Parte II sezione 2;
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A Parte II sezione 3;
- RFI DTC SI GA MA IFS 001 A Parte II sezione 4;
- RFI DTC SI CS MA IFS 002 A Parte II sezione 5;
- RFI DTC SI CS MA IFS 003 A Parte II sezione 6.



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	10 di 106

4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

Relazione descrittiva	MDL1	1	2	D	26	RG	VI	0	6	0	0	001	A
Relazione di calcolo	MDL1	1	2	D	26	CL	VI	0	6	0	0	001	A
Relazione di calcolo fondazioni e opere provvisionali	MDL1	1	2	D	26	CL	VI	0	6	0	3	001	A
Planimetria generale dell'intervento	MDL1	1	2	D	26	P9	VI	0	6	0	0	001	A
Piante, prospetto, sezione longitudinale e sezione trasversale	MDL1	1	2	D	26	PA	VI	0	6	0	0	001	A
Carpenteria generale	MDL1	1	2	D	26	BA	VI	0	6	0	0	001	A
Fasi realizzative e opere provvisionali	MDL1	1	2	D	26	BB	VI	0	6	0	0	001	A
Particolari, dettagli e finiture	MDL1	1	2	D	26	BZ	VI	0	6	0	Z	001	A
Opere di sistemazione canale rivestito	MDL1	1	2	D	26	BZ	VI	0	6	0	Z	002	A



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	11 di 106

5 UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Unità di misura principali

N (Newton) unità di forza

m (metro) unità di lunghezza

kg (kilogrammo-massa) unità di massa

s (secondo) unità di tempo

Unità di misura derivate

kN (kiloNewton) 10^3 N

MN (megaNewton) 10^6 N

kgf (kilogrammo-forza) $1 \text{ kgf} = 9.81 \text{ N}$

cm (centimetro) 10^{-2} m

mm (millimetro) 10^{-3} m

Pa (Pascal) 1 N/m^2

kPa (kiloPascal) 10^3 N/m^2

MPa (megaPascal) 10^6 N/m^2

N/m³ (peso specifico)

g (accelerazione di gravità) $\sim 9.81 \text{ m/s}^2$

Corrispondenze notevoli

$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$

$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$

$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

γ (gamma) peso dell'unità di volume (kN/m^3)

σ (sigma) tensione normale (N/mm^2)



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	12 di 106

τ (tau) tensione tangenziale (N/mm^2)

ϵ (epsilon) deformazione (m/m - adimensionale)

φ (fi) angolo di resistenza ($^\circ$ sessagesimali)

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
	VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X

7 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Nel periodo settembre – dicembre 2008 sono stati eseguiti 25 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo spinti fino ad una profondità massima di 30 m. Nel periodo maggio – giugno 2017 sono stati eseguiti 8 sondaggi integrativi anch'essi spinti fino ad una profondità massima di 30 m. All'interno dei fori sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche (SPT) e prove di permeabilità tipo Lefranc.

Al fine di rilevare la profondità della superficie piezometrica della falda freatica, venti sondaggi sono stati strumentati con piezometri a tubo aperto (diametro di 2 pollici).

In dettaglio, nel corso dei sondaggi sono state sviluppate le seguenti attività:

prelievo di campioni indisturbati (n. 3) e rimaneggiati (n. 232 di cui 160 relativi al 2008 e 72 al 2017), successivamente sottoposti a prove geotecniche di laboratorio;

n. 237 (165 relative al 2008 e 72 relative al 2017) prove SPT (Standard Penetration Test);

n. 22 (14 relative al 2008 e 8 relative al 2017) prove di permeabilità in foro tipo Lefranc;

rilievo del livello dell'acqua all'interno dei fori di sondaggio, durante le operazioni di perforazione;

misure speditive della resistenza alla punta con penetrometro tascabile, limitatamente ai termini LS, presenti nei sondaggi PNMDL1R26 – SCMDL1R27;

stratigrafie dei terreni.

Le operazioni di perforazione sono state eseguite utilizzando un carotiere semplice con valvola in testa a sfera e calice per perforazione a secco, con un diametro nominale ϕ_{est} pari a 101 mm e lunghezza utile $l = 150 \div 300$ cm.

Sulla base di quanto sopra e dalla caratterizzazione stratigrafica e dei parametri geotecnici di progetto riportati nella relazione geotecnica generale, per l'opera in oggetto è stata individuata la caratterizzazione stratigrafico-geotecnica di progetto riportata nella seguente scheda geotecnica, caratterizzante il sito di ubicazione dell'opera.

Si riporta di seguito la scheda geotecnica caratterizzante il sito d'ubicazione dell'opera:

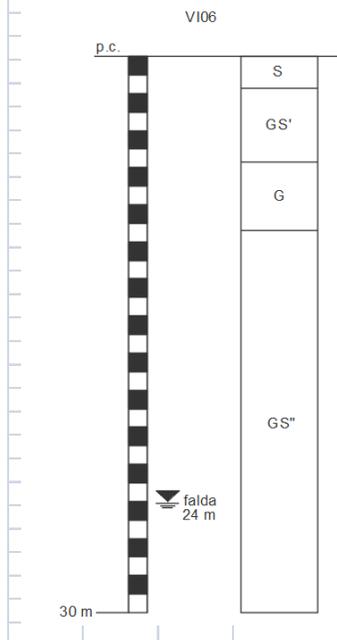
VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	15 di 106

OPERA: VI06

PK rif. KM 7+491

SONDAGGIO DI RIFERIMENTO: SCMDL1P16-17-18



LEGENDA UNITA'

Unità	DESCRIZIONE
LS	Limo sabbioso, a tratti limo argilloso debolmente sabbioso
GS'	Ghiaia sabbiosa (livelli superficiali entro 5m)
GS''	Ghiaia sabbiosa (livelli profondi oltre 5m)
SG	Sabbia ghiaiosa debolmente limosa
SL	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa, con qualche elemento lapideo di dimensioni cm

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ	c_u	c'	ϕ	V_s	G_0	E_{op}	k	N_{SPT}	c_v
	(kN/m ³)	(kPa)	(kPa)	(°)	(m/s)	(MPa)	(MPa)	(cm/s)	(N ₂ +N ₃)	(cm ² /s)
S/R	18	-	-	30	-	-	10±20	-	-	-
LS	20	30±100	10±30	25±30	-	-	10±20	10 ⁻⁵	-	3·10 ⁻³ ±5·10 ⁻³
GS'	19±20.5	-	-	35±37	200±350	70±250	20±40	10 ⁻² ±10 ⁻³	4±37	-
GS''	19±20.5	-	-	37±39	250±450	150±400	15±45	10 ⁻² ±10 ⁻³	25±60	-
SG	20±21	-	-	32±35	300±450	200±450	15±30	10 ⁻³	30±60	-
SL	20±21.5	-	-	30±32	-	-	18±20	10 ⁻⁴	-	-

Note

γ	peso per unità di volume
c_u	resistenza non drenata
c'	coesione efficace
ϕ	angolo di resistenza al taglio
V_s	velocità delle onde di taglio nei primi 30 m
G_0	modulo di taglio a piccole deformazioni
E_{op}	modulo di Young operativo
k	coefficiente di permeabilità
N_{SPT}	numero di colpi / 30 cm
c_v	coefficiente di consolidazione

I simboli rappresentati nella scheda geotecnica hanno il seguente significato:

γ' = peso di volume naturale

c_u = coesione non drenata

c' = coesione efficace

ϕ' = angolo d'attrito

ν = coefficiente di Poisson

V_s = velocità delle onde di taglio

G_0 = modulo di taglio iniziale associato a piccole deformazioni

E_o = modulo di Young operativo associato al livello di deformazione raggiunto dal terreno

E_{op} = modulo di Young operativo associato al livello di deformazione raggiunto dal terreno

E_u = modulo di Young operativo in condizioni non drenate

E_s = modulo di reazione orizzontale



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	16 di 106

K_h = gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale

N_{SPT} = numero di colpi/30 cm di riferimento nel calcolo dei pali di fondazione

c_v = coefficiente di consolidazione primaria

c_a = coefficiente di consolidazione secondaria

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
	VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X

8 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi agenti globalmente sulla struttura. Nel prossimo paragrafo saranno individuati i criteri d'applicazione al modello di calcolo utilizzato per la determinazione delle caratteristiche di sollecitazione per le verifiche.

8.1 Pesì propri strutturali

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

8.2 Sovraccarichi permanenti portati

Ballast : carico variabile linearmente da $8.57 \times 0.8 \times 18 = 123.4$ kN/ml (SA) a $8.92 \times 18 \times 0.8 = 128.45$ kN/ml (SB). Complessivamente nel tratto compreso fra i fili lato rinterro dei muri frontali delle spalle il carico da ballast ammonta a $(123.4 + 128.45)/2 \times 21.90 \approx 2758$ kN.

8.3 Altri permanenti

Muretti paraballast :	$0.14 \times 2 \times 25$	= 7.0 kN/ml
Cordolo esterno:	$0.82 \times 0.22 \times 25$	= 4.5 kN/ml
Cordolo interno :	$0.40 \times 0.22 \times 25$	= 2.2 kN/ml
Canalette	$0.0711 \times 25 \times 2$	= 3.56 kN/ml
<i>Massetto e impermeabilizzazione</i>	$0.04 \times (1.60+8.51+1.1.72) \times 25$	<u>= 11.8 kN/ml</u>
Sommano		29.6 kN/ml

Barriere antirumore e parapetti: è prevista la barriera sul solo marciapiede opposto all'opera esistente, lato interno è previsto un parapetto. Per questo ultimo si considera un carico di 1.0 kN/ml.

Per le barriere è stata considerata la configurazione che determina il maggior effetto flettente combinando azioni dovute al peso proprio e al vento sull'impronta esposta. Nel caso in esame è risultata più penalizzante la barriera standard con $h=6.0$ m e peso 2kN/mq \Rightarrow 12 kN/ml.

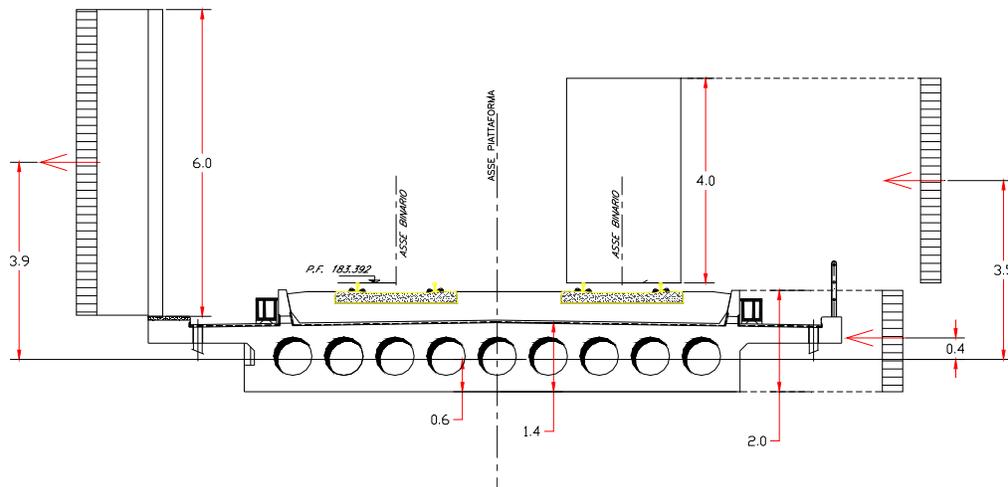
In aggiunta sul lato opposto al ponte esistente, la nuova struttura è rivestita con muratura a mattoni pieni in laterizio. A tal scopo è previsto uno zoccolo di base aggettante dall'intradosso del solettone di dimensioni 0.4×0.2 . Complessivamente tali voci portano ad avere un incremento medio di carichi permanenti per unità di lunghezza è pari a: $0.4 \times 0.2 \times 25 + 0.125 \times 18 \times 0.70 \approx 3.6$ kN/ml .

8.4 Azioni termiche

Si considera una variazione termica uniforme pari a $\pm 15^{\circ}\text{C}$ applicata agli orizzontamenti; in aggiunta si considera una variazione differenziale tra estradosso e intradosso dell'impalcato con andamento lineare di $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

8.5 Azioni del vento

Si applica una azione statica equivalente pari a 2.5 kN/mq . Tale pressione agisce sull'impronta esposta al vento e sulla sagoma del treno. Operando a favore della sicurezza si considera il seguente schema di carico riferito alla sezione media di altezza 1.35 m e baricentro posto a 0.63 m da intradosso:



$$H_t = 2.5 \times (6 + 2 + 4) = 30 \text{ kN/ml}$$

$$M_t = 95.5 \text{ kNm/m}$$

8.6 Ritiro

Ai fini della definizioni delle coazioni prodotte dal ritiro del cls dell'impalcato si ha:

Umidità relativa = 75%

Perimetro bagnato > 60cm

Età del conglomerato < 7gg

$$\epsilon_{cs} = 0.21\text{E-}3$$

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X	FOGLIO 19 di 106

Le sollecitazioni agenti sono state desunte adottando per il modulo del calcestruzzo un valore ridotto a 1/3.

8.7 Azioni da traffico ferroviario

8.7.1.1 Carichi verticali

Sono stati considerati i modelli di carico di normative ipotizzando il ponte di categoria A caricato con i modelli di carico di normativa affetti da un coefficiente di incremento valutato con le indicazioni valide per i portali, avente piedritti di altezza 7.0m e impalcato di luce teorica 18.9+1.5 e quindi $L\phi = 1.3 \times L_m = 14.9 \Rightarrow 1.32$.

L'applicazione del coefficiente dinamico definito dalla normativa è giustificata dal fatto che la frequenza propria della struttura pari a circa 7 Hz rientra all'interno del fuso di controllo avente per $L=14.9m$ limite superiore = 12.56 Hz e limite inferiore = 5.37 Hz.

8.7.1.2 Carichi orizzontali

8.8 Frenatura

Si considerano contemporaneamente agenti a livello del piano del ferro le azioni longitudinali relative a un convoglio SW2 in frenatura $Hl = 35 \text{ kN/ml}$ e un convoglio in avviamento $Hl = 33 \text{ kN/m}$. Il braccio medio rispetto al baricentro dell'impalcato è di 1.5m. Non si considera l'interazione binario struttura in quanto per strutture come quella in esame uno studio più approfondito determinerebbe una sensibile riduzione dello sforzo orizzontale che attraverso il solettone verrebbe trasferito ai piedritti. Pertanto vista la tipologia della fase progettuale in svolgimento, si ritiene ragionevole e comunque a favore di sicurezza per la struttura, trascurare il contributo dell'interazione treno-binario-struttura, salvo poi valutarne gli effetti nella successive fasi progettuali.

8.9 Serpeggio

Si applica per ciascun binario una forza di 100 kN applicata a livello del piano del ferro disposta nella posizione più sfavorevole per la verifica in esame. Complessivamente il braccio della forza è pari a 1.5m.

Per la trave di bordo tale coppia concentrata si tramuta nell'applicare un carico verticale pari a

$$M = 200 \times 1.5 = 300 \text{ kNm} \Rightarrow F_v = 300 / (9.5^2 / 6) \times 1.0 = 20 \text{ kN}$$

8.10 Azioni sismiche

Per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati i seguenti valori: $V_N=50$ anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.50$.

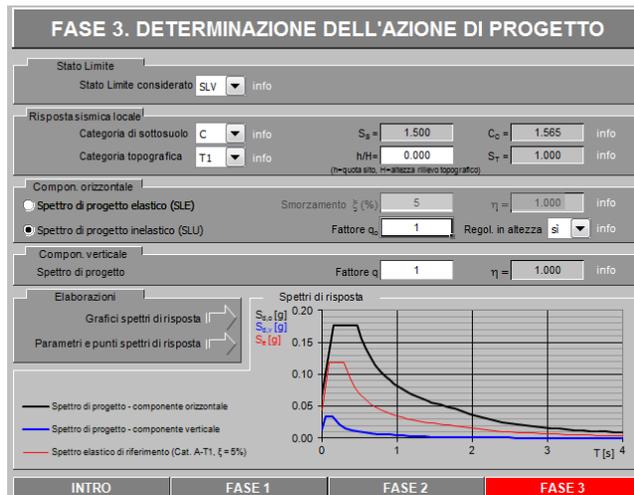
La vita di riferimento V_R è quindi pari a 75 anni.

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito:

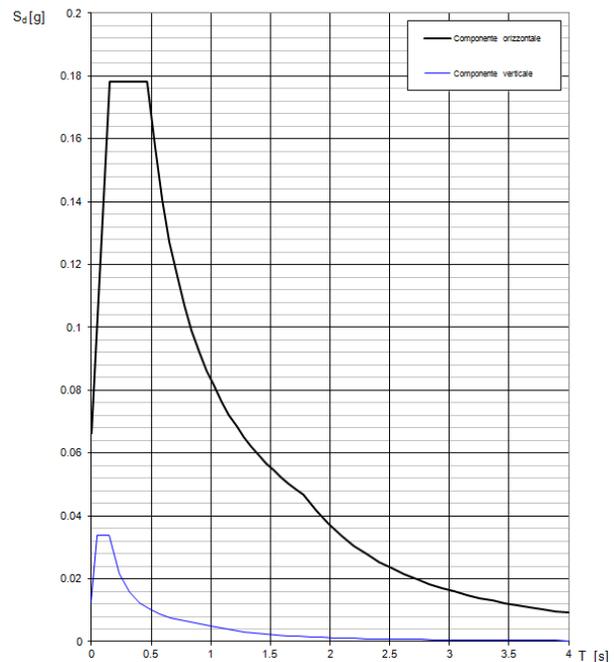
- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso: $C_U = 1.5$
- Vita nominale: $V_N = 50$ anni
- Categoria di suolo: C
- Condizione topografica: T_1
- Fattore di struttura: $q = 1$

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo SpettriNTC v1.0.3, messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Spettro SLV:



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



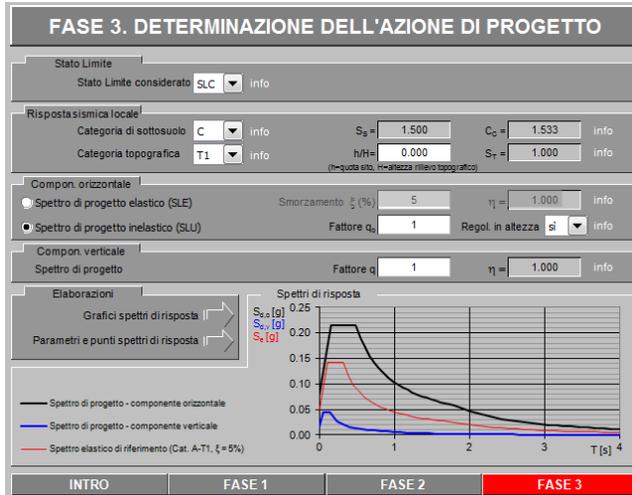


POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

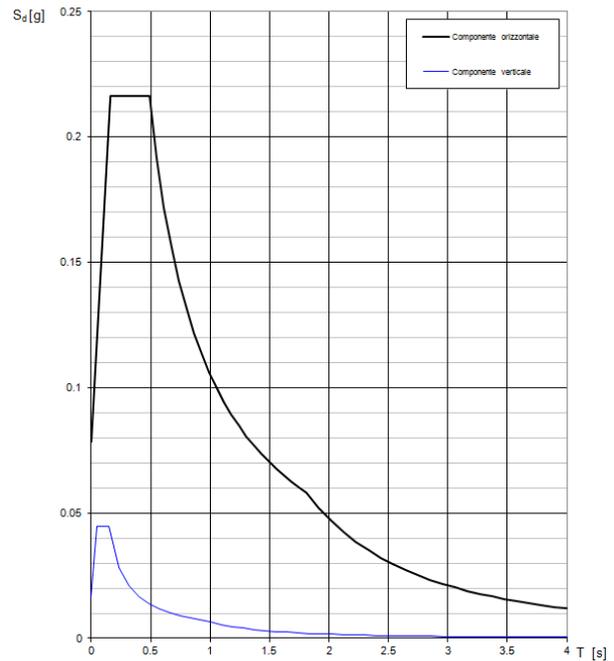
VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	21 di 106

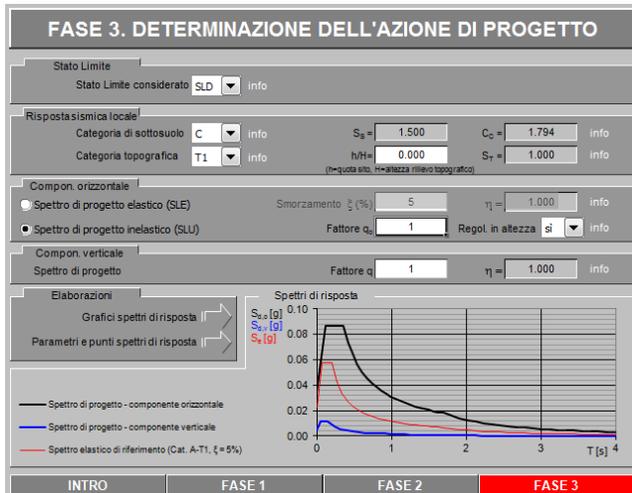
Spettro SLC:



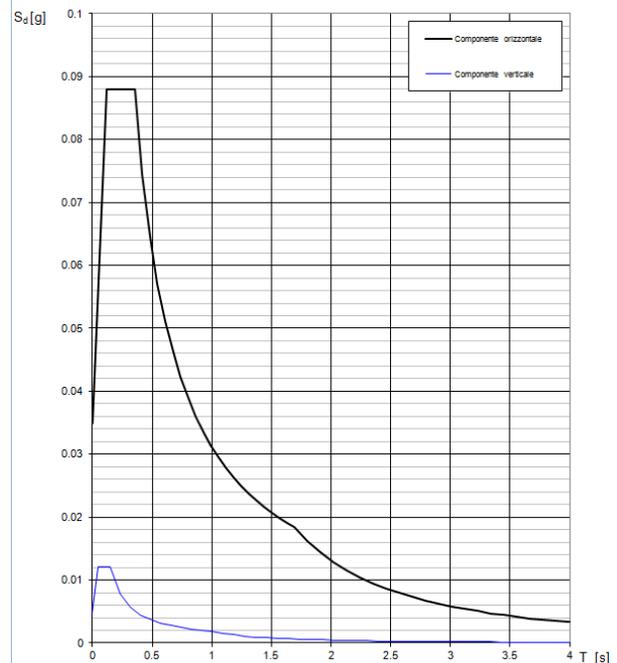
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC



Spettro SLD:



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



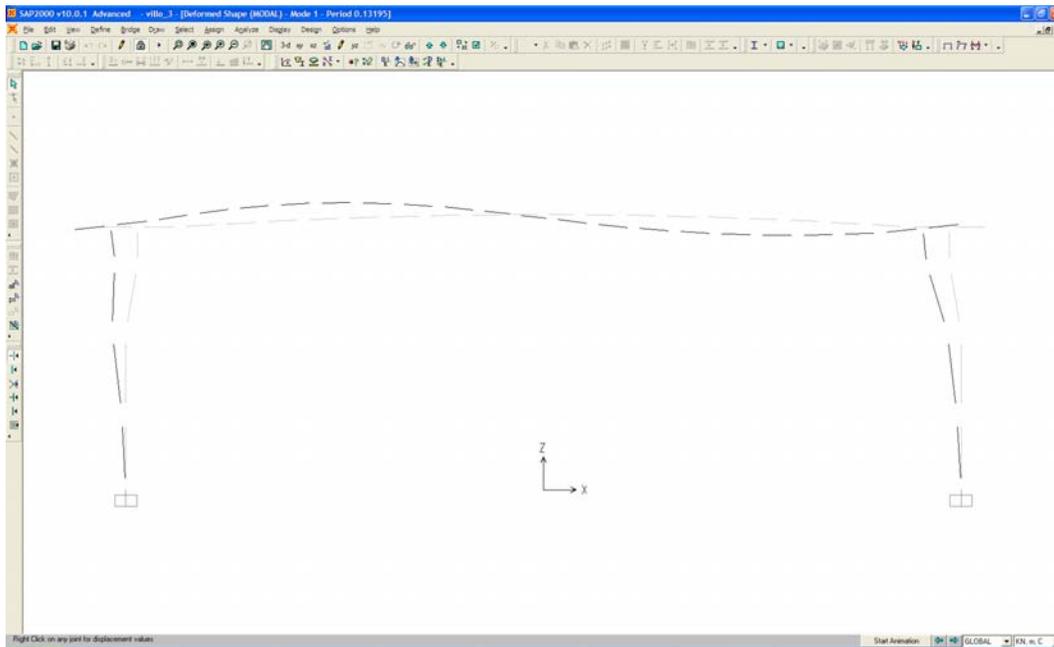


Figura 6: 1° modo proprio di vibrare della struttura;

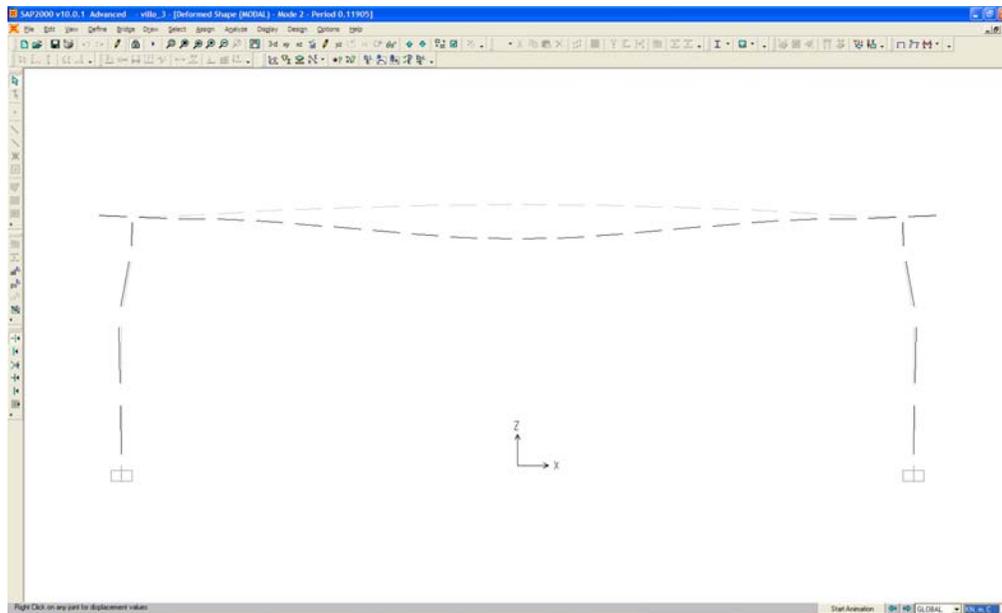


Figura 7: 2° modo proprio di vibrare della struttura;

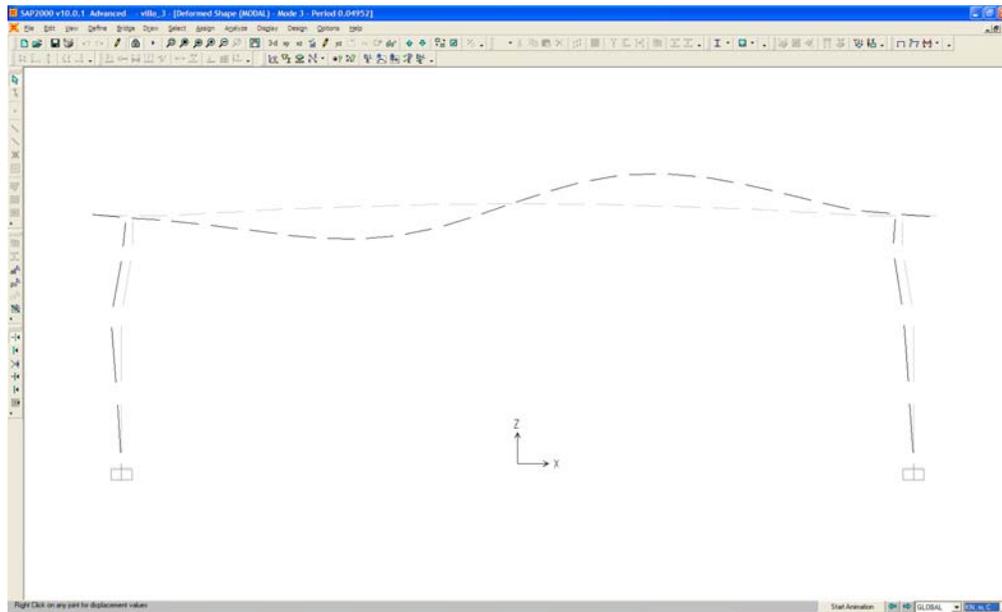


Figura 8: 3° modo proprio di vibrare della struttura;

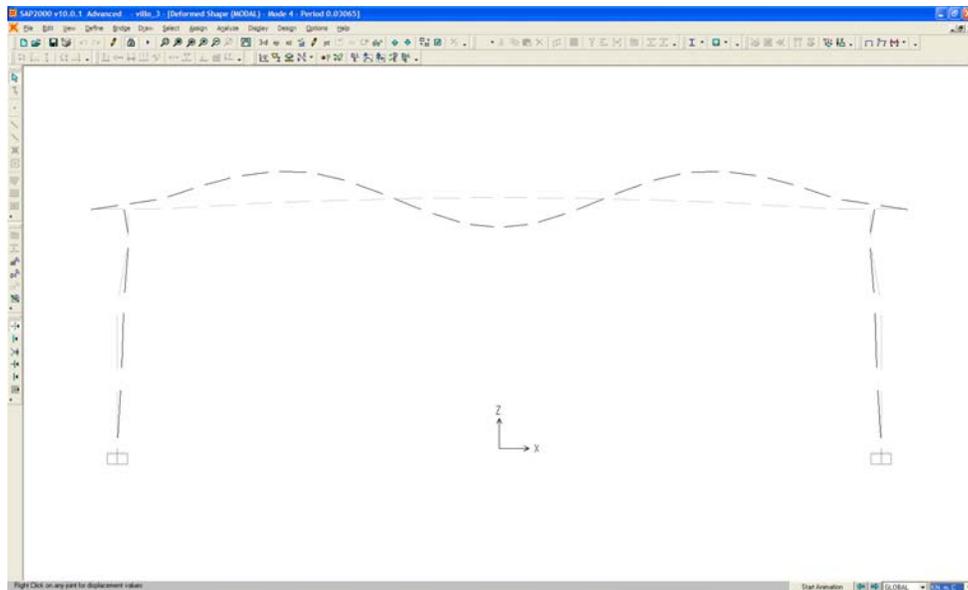


Figura 9: 4° modo proprio di vibrare della struttura;



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	24 di 106

8.11 Azioni provenienti dal rinterro a tergo della spalla

Per la determinazione delle azioni applicate alle spalle dal rinterro si assumo i seguenti parametri geotecnici :

Peso di volume del rinterro $\gamma = 19\text{kN/m}^3$,

Angolo di attrito interno $\phi = 35^\circ$.

Ai fini della determinazione delle spinte statiche del rinterro e dei sovraccarichi permanenti e variabili in presenti in condizioni di esercizio, si applica il coefficiente di spinta a riposo $k_0 = 0.426$

Come sovraccarichi agenti si considera la presenza dell'armamento 14.4 kN/mq e del treno, se a favore di sicurezza. Per il treno, considerando il modello di treno teorico LM71, si applica una fascia di ripartizione che vede in direzione longitudinale una lunghezza di 6.4m e in direzione trasversale una larghezza di diffusione limitata al piano di posa del ballast pari $2.40 + 2 \times 0.35 / 4 = 2.575$. Pertanto il carico applicato vale 66.80 kN/mq .

In aggiunta si considera l'azione di un eventuale treno in frenatura (SW2) agente su una profondità determinata ipotizzando una diffusione degli sforzi a 60° .

In fase sismica si applica un'azione statica equivalente rappresentata da una sovraspinta applicata a 4.93m dallo spiccatto e pari a 13.9kN/ml :

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	25 di 106

γ [KN/m ³]	ϕ [°]	H [m]	A [m]
19.0	35.00	7.40	0.90

SOVRASPINTA SISMICA GLOBALE										
S	C	i [°]	β [°]	i [rad]	β [rad]	θ [°]	θ [rad]	α' [rad]	ϕ [rad]	ρ [rad]
6	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	2.29	0.04	1.53	0.61	0.04

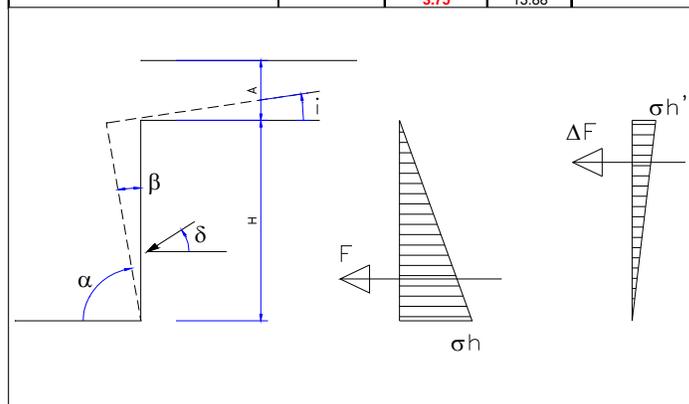
A	λ_a	F'(KN/m)	F _s (KN/m)
0.9992	0.2927	189.3	189.1

[ipotesi di attrito nullo tra muro e terreno -> spinta perpendicolare al muro]

SPINTA A RIPOSO	λ_0	σ_{h_0} [KPa]	F(KN/m)
	0.426	59.96	221.8

SPINTA ATTIVA	λ_a	σ_{h_a} [KPa]	F(KN/m)
	0.271	38.10	175.3

SOVRASPINTA SISMICA	$\sigma_{h'}$ [KPa]	ΔF [KN/m]
	3.75	13.88

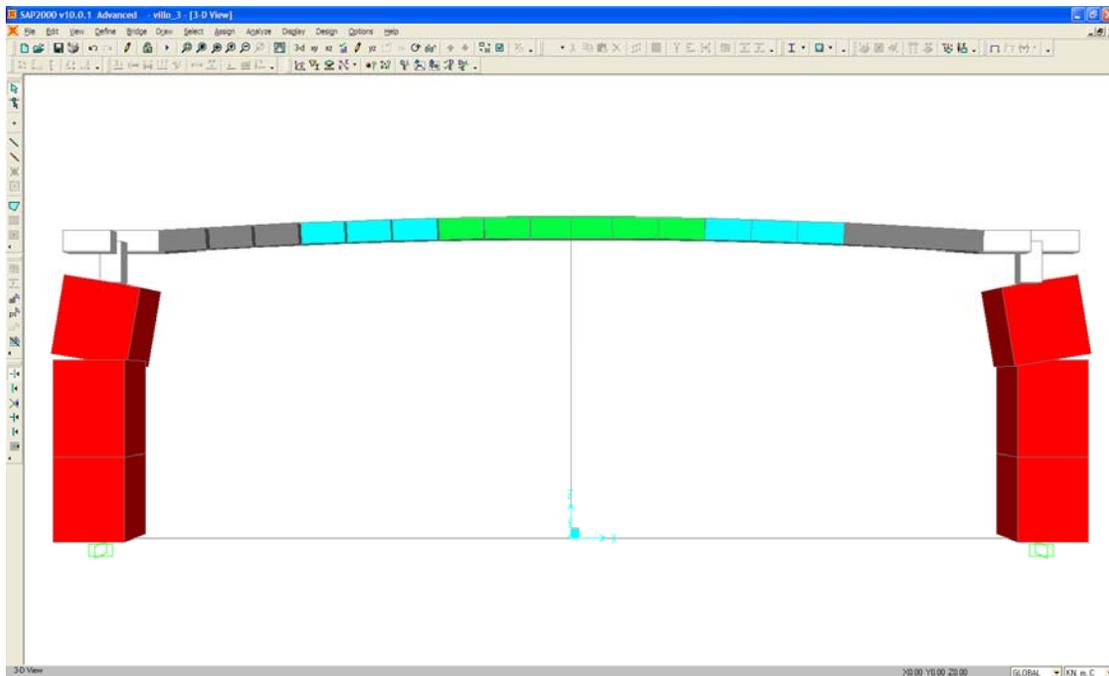


9 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Per la determinazione delle sollecitazioni agenti sulle strutture in elevazione principali (muri frontali e impalcato) si utilizza un modello di calcolo semplificato rappresentato da un telaio piano considerato perfettamente incastrato al piede modellato agli elementi finiti di trave e sollecitato sul proprio piano. E' stato utilizzato il programma SAP2000 V9 NL.

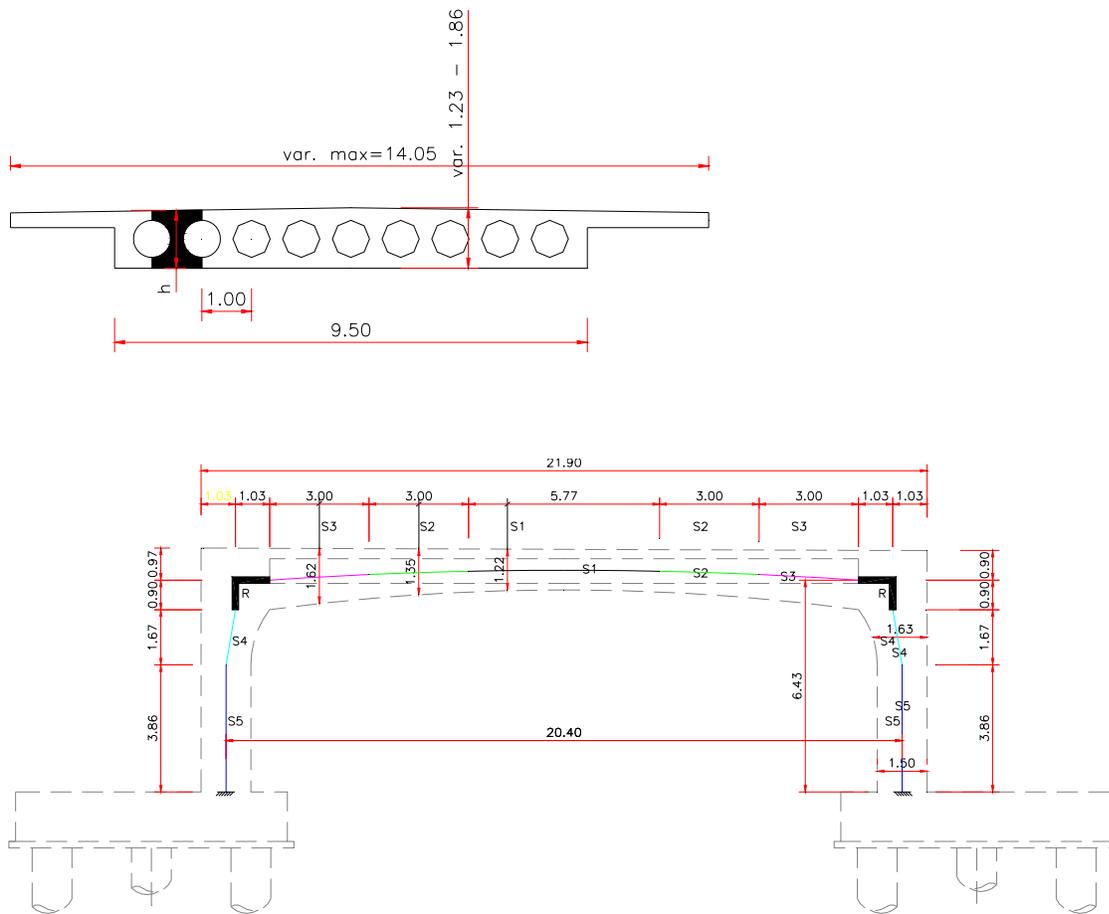
Al fine di massimizzare le sollecitazioni di verifica sugli elementi strutturali sono stati implementati due modelli distinti. Il primo, che vede i piedritti perfettamente incastrati al piede, è utilizzato per il calcolo delle sollecitazioni di verifica dei piedritti e per la valutazione delle massime azioni assiali sui pali. Nel secondo sono state introdotte le cedevolezza assiali e traslazionali della palificata rapportata al metro lineare modellato, al fine di massimizzare le sollecitazioni in mezzera del sottotono. Un terzo modello è stato invece utilizzato per il dimensionamento del palo soggetto a sforzi orizzontali che vede l'introduzione della sola cedevolezza traslazionale, e verrà descritto nel paragrafo relativo alle fondazioni.

Per le azioni sulle fondazioni delle spalle e sugli elementi strutturali secondari si applicheranno semplici considerazioni statiche riportate nel paragrafo dedicato.



9.1 Geometria e caratteristiche inerziali e meccaniche

Le caratteristiche inerziali delle sezioni sono state applicate considerando le reali sezioni¹ afferenti su una larghezza di 1m; per il solettone alleggerito di altezza variabile è stata attuata una discretizzazione con 3 sezioni tipologiche afferenti ad una fascia di 3m circa di sviluppo considerando la trave tipologica di bordo come indicato nella figura seguente.



¹ In fase di ottimizzazione delle sezioni si è optato per l'ispessimento della sezione di incastro modificando leggermente la curvatura dell'intradosso. Non sono state aggiornate le caratteristiche inerziali delle sezioni introdotte nel modello di calcolo, mentre sono stati resi congruenti i pesi propri e le verifiche di sicurezza.

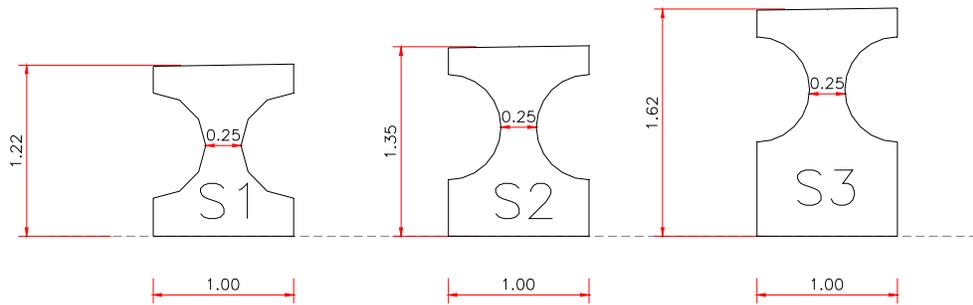
VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	28 di 106

Area: 0.78
 Perimeter: 5.29
 Bounding box: X: -0.50 -- 0.50
 Y: 0.00 -- 1.22
 Centroid: X: 0.00
 Y: 0.59
 Moments of inertia: X: 0.40
 Y: 0.05
 Product of inertia: XY: 0.00
 Radii of gyration: X: 0.72
 Y: 0.24
 Principal moments and X-Y directions about centroid:
 I: 0.05 along [0.01 1.00]
 J: 0.13 along [-1.00 0.01]

Area: 0.91
 Perimeter: 5.55
 Bounding box: X: 1.60 -- 2.60
 Y: 0.00 -- 1.36
 Centroid: X: 2.10
 Y: 0.62
 Moments of inertia: X: 0.54
 Y: 4.07
 Product of inertia: XY: 1.19
 Radii of gyration: X: 0.77
 Y: 2.12
 Principal moments and X-Y directions about centroid:
 I: 0.06 along [0.01 1.00]
 J: 0.18 along [-1.00 0.01]

Area: 1.18
 Perimeter: 6.09
 Bounding box: X: 3.80 -- 4.80
 Y: 0.00 -- 1.62
 Centroid: X: 4.30
 Y: 0.72
 Moments of inertia: X: 0.91
 Y: 21.81
 Product of inertia: XY: 3.64
 Radii of gyration: X: 0.88
 Y: 4.31
 Principal moments and X-Y directions about centroid:
 I: 0.08 along [0.01 1.00]
 J: 0.30 along [-1.00 0.01]



Property Data

Section Name: S1

Properties			
Cross-section (axial) area	0.78	Section modulus about 3 axis	1.
Torsional constant	0.5	Section modulus about 2 axis	1.
Moment of Inertia about 3 axis	0.13	Plastic modulus about 3 axis	1.
Moment of Inertia about 2 axis	0.04	Plastic modulus about 2 axis	1.
Shear area in 2 direction	0.3	Radius of Gyration about 3 axis	1.
Shear area in 3 direction	0.3	Radius of Gyration about 2 axis	1.

OK Cancel

Property Data

Section Name: S2

Properties			
Cross-section (axial) area	0.91	Section modulus about 3 axis	1.
Torsional constant	0.1	Section modulus about 2 axis	1.
Moment of Inertia about 3 axis	0.18	Plastic modulus about 3 axis	1.
Moment of Inertia about 2 axis	0.04	Plastic modulus about 2 axis	1.
Shear area in 2 direction	0.34	Radius of Gyration about 3 axis	1.
Shear area in 3 direction	0.34	Radius of Gyration about 2 axis	1.

OK Cancel



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	29 di 106

Property Data

Section Name §3

Properties

Cross-section (axial) area	1.18	Section modulus about 3 axis	1.
Torsional constant	0.1	Section modulus about 2 axis	1.
Moment of Inertia about 3 axis	0.3	Plastic modulus about 3 axis	1.
Moment of Inertia about 2 axis	0.04	Plastic modulus about 2 axis	1.
Shear area in 2 direction	0.405	Radius of Gyration about 3 axis	1.
Shear area in 3 direction	0.405	Radius of Gyration about 2 axis	1.

OK Cancel

Property Data

Section Name §4

Properties

Cross-section (axial) area	1.63	Section modulus about 3 axis	0.4428
Torsional constant	0.3358	Section modulus about 2 axis	0.2717
Moment of Inertia about 3 axis	0.3609	Plastic modulus about 3 axis	0.6642
Moment of Inertia about 2 axis	0.1358	Plastic modulus about 2 axis	0.4075
Shear area in 2 direction	1.3583	Radius of Gyration about 3 axis	0.4705
Shear area in 3 direction	1.3583	Radius of Gyration about 2 axis	0.2887

OK

Property Data

Section Name §5

Properties

Cross-section (axial) area	1.5	Section modulus about 3 axis	0.375
Torsional constant	0.2935	Section modulus about 2 axis	0.25
Moment of Inertia about 3 axis	0.2813	Plastic modulus about 3 axis	0.5625
Moment of Inertia about 2 axis	0.125	Plastic modulus about 2 axis	0.375
Shear area in 2 direction	1.25	Radius of Gyration about 3 axis	0.433
Shear area in 3 direction	1.25	Radius of Gyration about 2 axis	0.2887

OK

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
	VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X

9.2 Applicazione dei carichi agenti

Sulla base dell'analisi dei carichi globale svolta nel capitolo precedente, di seguito si descrivono i criteri utilizzati per applicare al modello di calcolo piano sopra descritto le singole azioni elementari. Si traslascia la descrizione delle metodologie di applicazione delle azioni che prescindono dalla ripartizione trasversale quali ad esempio la termica, il ritiro e le spinte delle terre.

9.3 Carichi permanenti.

Bisogna distinguere fra la fascia centrale e gli sbalzi. Tutti i carichi agenti sulla fascia centrale portante di larghezza costante pari a 9.50m sono stati idealmente spalmati su tale larghezza e applicati al modello.

I carichi agenti sugli sbalzi di larghezza variabile sono stati idealmente distribuiti sulle ultime due travi di bordo a vantaggio di sicurezza.

Pertanto sulla fascia ideale di 1m di solettone rappresentata dalla penultima trave di bordo sopra individuata, agiscono i seguenti carichi:

9.4 Pesì propri

Oltre ai pesi propri associati dal programma direttamente in funzione delle aree delle sezioni si hanno gli sbalzi; si considera lo sbalzo lato esterno che ha larghezza costante e sul quale dovrà essere alloggiata la barriera antirumore. Tale sbalzo ha un peso al ml pari a $a = 0.67 \text{ mq} \times 25 = 16.75 \text{ kN}$ assegnato alle due travi di bordo.

In aggiunta ai precedenti si considera sul tratto rigido il peso degli sbalzi e il peso proprio dell'interconnessione tra piedritto e impalcato, applicati come forze concentrate ai nodi. Per i piedritti si è fatto applicare il carico direttamente al programma in funzione delle sezioni inserite.

9.5 Permanenti portati

Con gli stessi criteri si ha:

$$\text{Ballast} \Rightarrow 128.45 / 9.50 = 13.52 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Altri permanenti} \Rightarrow 30.6 / 9.50 = 3.22 + \text{barriere e rivestimento su 2 travi} = (12+3.6) / 2 \approx 11 \text{ kN/ml}$$

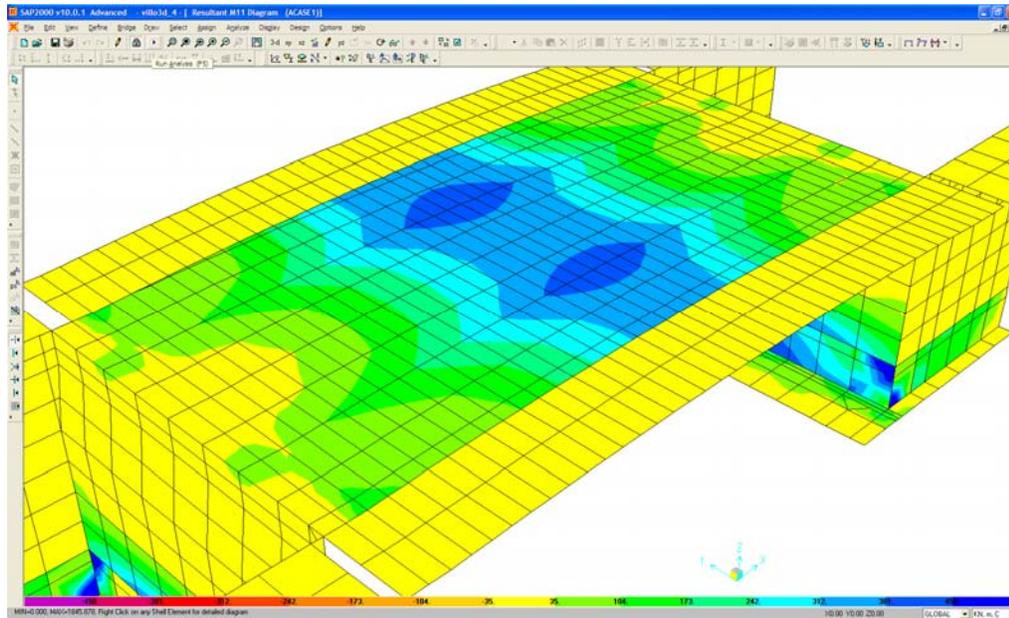
9.6 Azioni da traffico

Carichi verticali e incremento dinamico

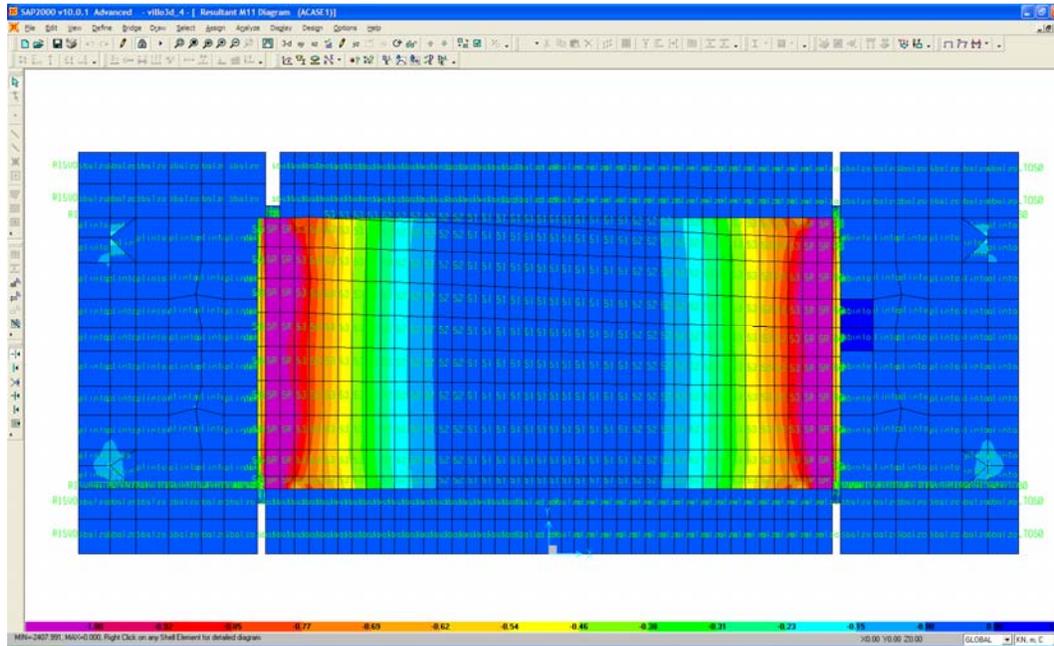
Ai fini dell'individuazione del carico equivalente agente sul modello di calcolo si è optato per una ipotesi cautelativa che vede i carichi dovuti al passaggio dei convogli di normativa applicati su una larghezza di diffusione di 4.0m e quindi su 4 travi ideali. Tale assunzione è stata confermata con un'analisi alternativa svolta su modello 3D dell'intera struttura che ha denunciato valori dei momenti flettenti e degli sforzi di taglio paragonabili e inferiori a dedotti dal modello piano. Sono risultate dimensionanti le condizioni di traffico pesante che vedono la presenza di convogli LM71 e SW2. Per il modello di carico LM71 è stato applicato il coefficiente di adattamento $\alpha=1.1$. I carichi sono stati applicati con la funzione Bridge del SAP2000 V9 che permette di sfruttare linee di carico e determinare in ogni sezione le massime sollecitazioni agenti per le verifiche facendo transitare i modelli di carico teorici di normativa.

Dal modello 3D sviluppato per confronto, si ottengono i seguenti risultati:

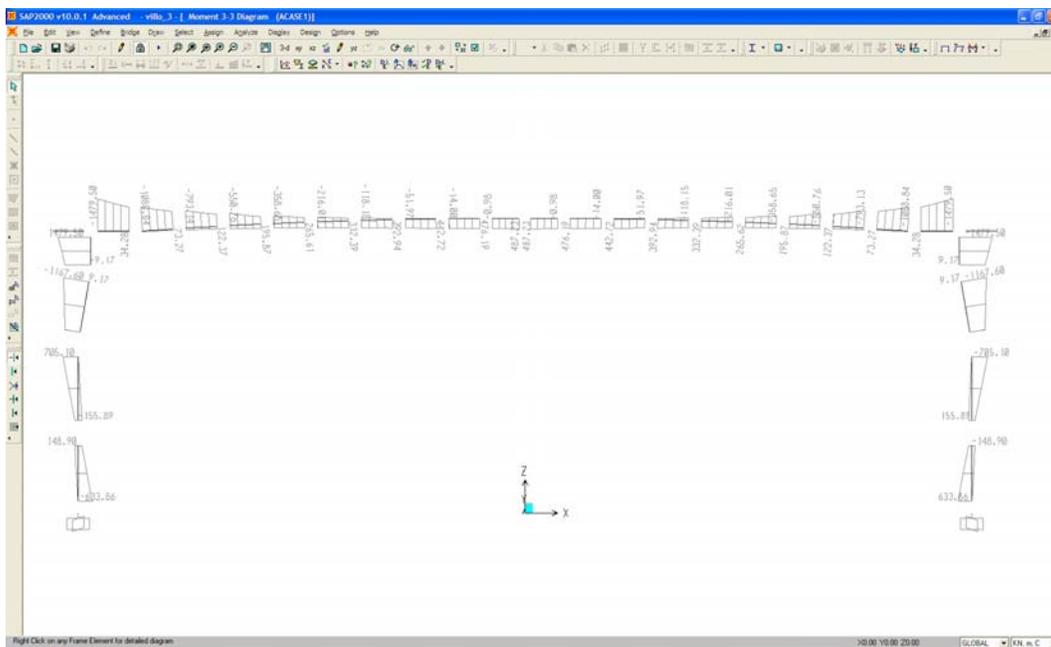
Massimi momenti flettenti positivi $M=450$ kNm/m



Massimi momenti flettenti negativi $M= -1000$ kNm/m



dall'analisi del modello piano si ha il seguente diagramma di involuppo dei momenti flettenti agenti nell'ipotesi di diffusione del singolo modello di carico (LM71 o SW2), applicato con la funzione bridge del SAP2000 nella posizione più penalizzante e ripartito su 4 travi ideali.



	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
	VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X

Come si nota dai valori diagrammati sia nel caso di momento flettente positivo in campata – $M_{max} \approx 480$ kNm- sia in quello di minimo momento in appoggio – $M_{min} \approx -1100$ kNm, si registrano valori maggiori di quelli dedotti dal modello 3D più rigoroso.

Frenatura e avviamento

Con le stesse ipotesi di ripartizione fra 4 travi si considera un'azione pari $35 \text{ kN/ml} * 0.25 = 8.75 \text{ kN/ml}$ associata a una coppia torcente pari a $M=8.75 * 1.5 = 13.125 \text{ kNm/m}$. In aggiunta sul muro frontale a da una sola parte si considera l'effetto di un convoglio in avviamento a tergo della spalla che determina su una impronta assunta prudenzialmente rettangolare di larghezza pari alla metà di quella netta del muro frontale. La lunghezza di trasferimento degli sforzi si valuta ipotizzando una diffusione a 60° in verticale nel corpo del rilevato; quindi $L = 7.40 * \sin 30^\circ = 3.7 \text{ m} \Rightarrow Hl = 35 * 3.7 / 6.43 / 4.25 = 4.74 \text{ kN/ml}$ lungo l'altezza del muro che vale appunto 6.43m. Nelle combinazioni si applicano tutte le possibili combinazioni compresa quella che non prevede la presenza di convoglio in frenatura a tergo della spalla. In questa sede si traslascia a favore di sicurezza la valutazione degli effetti di interazione binario-struttura. Si rimanda a tal riguardo alla relazione relativa al VI01 dove sono stati valutati gli effetti di interazione applicando il metodo semplificato previsto dalla normativa per impalcati semplicemente poggianti; in quella sede è risultata una riduzione delle forze trasferire al vincolo fisso rispetto al valore pieno delle azioni di frenatura ed avviamento. Nel caso specifico risultando il punto fisso termico posto al centro dell'impalcato ed essendo di molto superiore la rigidezza del vincolo fornito dalle spalle all'impalcato, si otterrebbe un vantaggio ancora più sostanziale.

Serpeggio

Operando a f.d.s si applica e nell'ipotesi di ricercare il massimo momento flettente per il solettone si considera una forza concentrata per ciascun binario applicata nella sezione di mezzeria con un braccio pari 1.5m. Questa azione sulla trave di bordo si tramuta in un carico verticale concentrato che in modo conservativo può in prima approssimazione essere valutato come di seguito:

$$F_v = 200 * 1.50 = 300 \text{ kNm} \Rightarrow F_v = 300 / (9.5^{2/6}) * 1.0 = 20 \text{ kN}$$

9.7 Azioni dovute al vento

Come determinato in precedenza il vento applicato sulle impronte della struttura delle barriere e della sagoma del treno produce le seguenti azioni:

$$H_t = 30 \text{ kN/ml}$$

$$M_t = 95.5 \text{ kNm/m}$$

	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y</p>					
VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X	FOGLIO 34 di 106

Ai fini del calcolo delle azioni flettenti e taglianti sul telaio, ciò si tramuta in carico verticale uniformemente distribuito agente sulla trave ideale schematizzata.

Procedendo in modo conservativo tale effetto si valuta nel modo seguente:

$$q_v = 95.5 / (9.5^{2/6}) \times 1.0 = 6.35 \text{ kN/m}$$

9.8 Azioni termiche

Come già anticipato si applicano sommandole nel modo più sfavorevole gli effetti conseguenti ad una variazione uniforme di temperatura pari a $\pm 15^\circ\text{C}$ e ad una variazione differenziale di $\pm 5^\circ\text{C}$ tra intradosso e estradosso con andamento lineare lungo lo spessore.

9.9 Azioni derivanti dal rinterro a tergo del muro frontale.

Utilizzando la teoria di Rankine, si applica un diagramma trapezoidale delle spinte del rinterro derivante dalla applicazione del coefficiente di spinta a vuoto. A questo si aggiunge la spinta dovuta al peso dell'armamento e ad un eventuale convoglio che sta transitando sul rilevato. In questo caso si considera la presenza del convoglio da un sol lato, da entrambi ovvero assente.

Per quanto riguarda l'effetto della frenatura si ipotizza una lunghezza di diffusione a 60° sull'altezza del muro frontale e la si considera applicata a metà larghezza del medesimo al netto dei risvolti individuando in tal modo una pressione, approssimata come uniforme, pari a :

$$l = 7.40 \times \cos 60^\circ = 3.70 \Rightarrow Hl = 35 \times 3.70 \approx 130 \text{ kN} \Rightarrow q = 130 / 6.43 / 3.95 = 5.12 \text{ kN/mq}$$

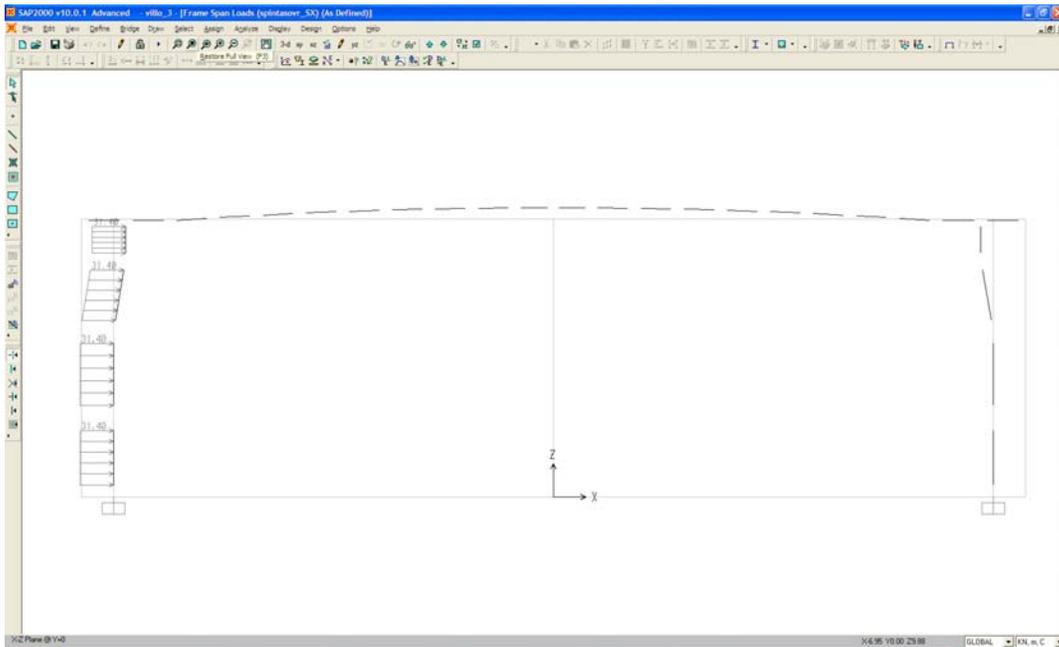
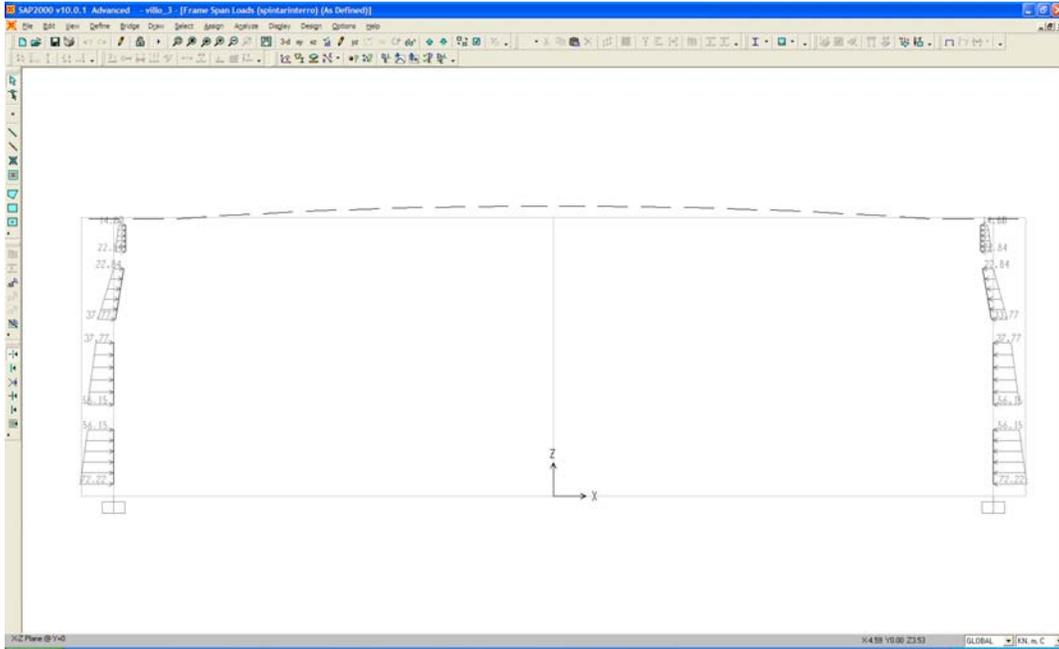
Anche in questo caso si ricercano le combinazioni che determinano il massimo effetto sulle varie porzioni strutturali considerandone la presenza o meno su uno o entrambi i lati.



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	35 di 106





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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	36 di 106

9.10 Azioni sismiche

Sulla base di quanto definito nel paragrafo precedente e operando a favore della sicurezza è stata fatta sul modello di calcolo del telaio un'analisi dinamica con spettro di risposta assegnato sul programma di calcolo sulla base delle coordinate geografiche, della **categoria di sottosuolo C** e **topografica T1**, e del **fattore di struttura q=1**. Le masse partecipanti all'azione sismica oltre ai pesi propri e ai permanenti portati sono costituite dal carico viaggiante dei **treni applicati gr1/gr3** in accordo alle NTC08 cap. 5.2.3 con fattore $\Psi_0=0.2$ (nel caso in esame si considerano 2 binari carichi).

SISMA ORIZZONTALE SLV (X):

The screenshot shows two windows from a structural analysis software. The left window, titled "Response Spectrum Italian NTC2008 Function Definition", is used to define the seismic function. It includes a "Parameters" section with options for defining the function (e.g., by latitude/longitude or user-specified), a "Define Function" table, and a "Function Graph" showing the spectral acceleration curve. The right window, titled "Load Case Data - Response Spectrum", is used to define the load case. It includes a "Modal Combination" section with options like SRSS, Absolute, GMC, NRC 10 Percent, and Double Sum. It also has a "Loads Applied" table and "Other Parameters" section.

Period	Acceleration
0	0.0662
0.1556	0.1778
0.4667	0.1778
0.5667	0.1464
0.6667	0.1245
0.7667	0.1082
0.8667	0.0957
0.9667	0.0858

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SLV	9.81
Accel	U1	SLV	9.81



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	37 di 106

SISMA VERTICALE SLV (Z):

Function Name: SLV_vert Function Damping Ratio: 0.05

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: SISMA_Z_SLV Set Def Name Modify/Show...

Modal Combination:

- CGC GMC f1: 1.
- SRSS GMC f2: 0.
- Absolute
- GMC Periodic + Rigid Type: SRSS
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Directional Combination:

- SRSS
- CGC3
- Absolute

 Scale Factor:

Mass Source: Previous (MSSSRC2)

Diaphragm Eccentricity:

- Eccentricity Ratio: 0
- Override Eccentricities: Override...

Modal Load Case:

- Use Modes from this Modal Load Case: MODAL
- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U3	SLV_vert	9.81
Accel	U3	SLV_vert	9.81

Other Parameters:

- Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Define Function:

Period	Acceleration
0.	0.0125
0.05	0.0336
0.15	0.0336
0.25	0.0202
0.35	0.0144
0.45	0.0112
0.55	9.165E-03
0.65	8.820E-03

Function Graph: (1.5692, 8.820E-03)

Parameters:

- ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude
- ag, F0 and Tc* - by Island
- ag, F0 and Tc* User Specified
- Site Longitude (degree): 8.9498
- Site Latitude (degree): 45.5507
- Island Name:
- Limit State: SLV
- Usage Class: III
- Nominal Life: 50
- Peak Ground Acc., ag/g: 0.0441
- Magnification Factor, F0: 2.8878
- Reference period, Tc*: 0.2981
- Spectrum Type: Design Vertic
- Soil Type: C
- Topography: T1
- h/H ratio: 1
- Spectrum Period, Tb: 0.05
- Spectrum Period, Tc: 0.15
- Spectrum Period, Td: 1
- Damping Percentage, Xi:
- Behavior Factor, q: 1

Convert to User Defined

10 COMBINAZIONI DI CARICO E SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Ai fini della individuazione delle sollecitazioni che le quali eseguire le verifiche delle sezioni più sollecitate della struttura sono state create, direttamente in sede di modello di calcolo, le combinazioni previste dalla Normativa per le verifiche SLU ed SLE selezionando quelle più penalizzanti per il caso in esame. Nello specifico sono stati creati i seguenti gruppi di carico più significativi.

Response Combination Data

Response Combination Name: GR1

Combination Type: Linear Add

Define Combination of Case Results

Case Name	Case Type	Scale Factor
serpeggio	Linear Static	1
ACASE1	Moving Load	1.
frenature	Combination	0.5
serpeggio	Linear Static	1

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Response Combination Data

Response Combination Name: GR3

Combination Type: Linear Add

Define Combination of Case Results

Case Name	Case Type	Scale Factor
serpeggio	Linear Static	.5
ACASE1	Moving Load	1.
frenature	Combination	1.
serpeggio	Linear Static	.5

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Response Combination Data

Response Combination Name: GR4

Combination Type: Linear Add

Define Combination of Case Results

Case Name	Case Type	Scale Factor
ACASE1	Moving Load	0.6
ACASE1	Moving Load	0.6
frenature	Combination	0.6
serpeggio	Linear Static	0.6

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

PER VERIFICHE A FESSURAZIONE

Da questi, individuando gli inviluppi più conservativi, si è giunti alle combinazioni di verifica con le altre azioni permanenti e variabili.



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	39 di 106

Di seguito si riportano le varie combinazioni analizzate in accordo alle NTC08:

TABLE: Combination Definitions					
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
spinta sovraccarico inviluppo	Envelope	No	Linear Static	Q3k_Spinta Sovr_DX	1
spinta sovraccarico inviluppo			Linear Static	Q3k_Spinta sovraccarico	1
spinta sovraccarico inviluppo			Linear Static	Q3k_Spinta Sovra_SX	1
Frenatura(+)	Linear Add	No	Linear Static	Frenatura	1
Frenatura(-)	Linear Add	No	Linear Static	Frenatura	-1
frenaturarilevati	Envelope	No	Linear Static	fre_ril_dx	1
frenaturarilevati			Linear Static	fre_ril_no	1
frenaturarilevati			Linear Static	fre_ril_sx	1
frenaturarilevati			Linear Static	fre_ril_sx_dx	1
Frenature inviluppo	Envelope	No	Response Combo	Frenatura(-)	1
Frenature inviluppo			Response Combo	Frenatura(+)	1
Frenature inviluppo			Response Combo	frenaturarilevati	1
dtu+	Linear Add	No	Linear Static	DT_U	1
dtu-	Linear Add	No	Linear Static	DT_U	-1
Termica unif inviluppo	Envelope	No	Response Combo	dtu-	1
Termica unif inviluppo			Response Combo	dtu+	1
DT Diff(-)	Linear Add	No	Linear Static	DT_Diff	-1
Termica diff inviluppo	Envelope	No	Linear Static	DT_Diff	1
Termica diff inviluppo			Response Combo	DT Diff(-)	1
Termiche	Linear Add	No	Response Combo	Termica diff inviluppo	1
Termiche			Response Combo	Termica unif inviluppo	1
SPINTA rinterro	Linear Add	No	Linear Static	G3k_Spinta rinterro	1
SPINTE STATICHE	Linear Add	No	Response Combo	SPINTA rinterro	1
SPINTE STATICHE			Response Combo	spinta sovraccarico inviluppo	1
GR1	Linear Add	No	Moving Load	Treni LM71-SW/2	1
GR1			Response Combo	Frenature inviluppo	0.5
GR1			Linear Static	Serpeggio	1
GR3	Linear Add	No	Moving Load	Treni LM71-SW/2	1
GR3			Response Combo	Frenature inviluppo	1
GR3			Linear Static	Serpeggio	0.5
GR4	Linear Add	No	Moving Load	Treni LM71-SW/2	0.6
GR4			Response Combo	Frenature inviluppo	0.6
GR4			Linear Static	Serpeggio	0.6
GR1_3	Envelope	No	Response Combo	GR1	1
GR1_3			Response Combo	GR3	1



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	40 di 106

Wbarriere	Envelope	No	Linear Static	Qvk_vento	1
wbarriere-	Linear Add	No	Linear Static	Qvk_vento	-1
Venti	Envelope	No	Response Combo	Wbarriere	1
Venti			Response Combo	wbarriere-	1
RITIRONO	Linear Add	No	Linear Static	Ritiro	0
RITIRI	Envelope	No	Linear Static	Ritiro	1
RITIRI			Response Combo	RITIRONO	1
TA1_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1
TA1_A			Linear Static	G2k_ballast	1
TA1_A			Linear Static	G1k	1
TA1_A			Linear Static	G2k_permanenti	1
TA1_A			Response Combo	SPINTE STATICHE	0.6
TA1_A			Response Combo	Termiche	0.6
TA1_A			Response Combo	Venti	0.6
TA1_A			Response Combo	RITIRI	1
TA1_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1
TA1_B			Linear Static	G2k_ballast	1
TA1_B			Linear Static	G1k	1
TA1_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
TA1_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1
TA1_B			Response Combo	Termiche	0.6
TA1_B			Response Combo	Venti	0.6
TA1_B			Response Combo	RITIRI	1
TA2_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.8
TA2_A			Linear Static	G2k_ballast	1
TA2_A			Linear Static	G1k	1
TA2_A			Linear Static	G2k_permanenti	1
TA2_A			Response Combo	SPINTE STATICHE	0.6
TA2_A			Response Combo	Termiche	1
TA2_A			Response Combo	Venti	0.6
TA2_A			Response Combo	RITIRI	1
TA2_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.8
TA2_B			Linear Static	G2k_ballast	1
TA2_B			Linear Static	G1k	1
TA2_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
TA2_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1
TA2_B			Response Combo	Termiche	1
TA2_B			Response Combo	Venti	0.6
TA2_B			Response Combo	RITIRI	1
TA5_B	Linear Add	No	Linear Static	G2k_ballast	1

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	41 di 106

TA5_B			Linear Static	G1k	1
TA5_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
TA5_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1
TA5_B			Response Combo	Termiche	0.6
TA5_B			Response Combo	Venti	0.5
TA5_B			Response Combo	GR4	1
ESE	Envelope	No	Response Combo	TA1_A	1
ESE			Response Combo	TA1_B	1
ESE			Response Combo	TA2_B	1
ESE			Response Combo	TA2_A	1
TA5_A	Linear Add	No	Linear Static	G2k_ballast	1
TA5_A			Linear Static	G1k	1
TA5_A			Linear Static	G2k_permanenti	1
TA5_A			Response Combo	SPINTE STATICHE	0.6
TA5_A			Response Combo	Termiche	0.6
TA5_A			Response Combo	Venti	0.5
TA5_A			Response Combo	GR4	1
FESSURA	Envelope	No	Response Combo	TA5_B	1
FESSURA			Response Combo	TA5_A	1
fre-	Linear Add	No	Linear Static	Frenatura	-1
GRsis	Linear Add	No	Linear Static	Treno Sismico	1
sisma_old	Linear Add	No	Response Spectrum	SISMA_X_SLV	1
sisma_old			Response Spectrum	SISMA_Z_SLV	1
sisma_old			Linear Static	sovrastoposis	1
sisma_old			Linear Static	G2k_ballast	1
sisma_old			Linear Static	G1k	1
sisma_old			Linear Static	G2k_permanenti	1
sisma_old			Response Combo	GRsis	1
formfess	Envelope	No	Response Combo	TA1_A	1
formfess			Response Combo	TA1_B	1
SLE_RARA1_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1
SLE_RARA1_A			Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_RARA1_A			Linear Static	G1k	1
SLE_RARA1_A			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_RARA1_A			Response Combo	Termiche	0.6
SLE_RARA1_A			Response Combo	Venti	0.6
SLE_RARA1_A			Response Combo	RITIRI	0
SLE_RARA1_A			Response Combo	spinta sovraccarico involucro	0.8
SLE_RARA1_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1
SLE_RARA1_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.6



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	42 di 106

SLE_RARA1_B			Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_RARA1_B			Linear Static	G1k	1
SLE_RARA1_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_RARA1_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1
SLE_RARA1_B			Response Combo	Termiche	0
SLE_RARA1_B			Response Combo	Venti	0.6
SLE_RARA1_B			Response Combo	RITIRI	1
SLE_RARA2_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.8
SLE_RARA2_A			Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_RARA2_A			Linear Static	G1k	1
SLE_RARA2_A			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_RARA2_A			Response Combo	Termiche	1
SLE_RARA2_A			Response Combo	Venti	0.6
SLE_RARA2_A			Response Combo	RITIRI	0
SLE_RARA2_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.6
SLE_RARA2_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1
SLE_RARA2_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.8
SLE_RARA2_B			Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_RARA2_B			Linear Static	G1k	1
SLE_RARA2_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_RARA2_B			Response Combo	Termiche	0
SLE_RARA2_B			Response Combo	Venti	0.6
SLE_RARA2_B			Response Combo	RITIRI	1
SLE_RARA2_B			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.6
SLE_RARA2_B			Response Combo	SPINTA rinterro	1
SLE_RARA5_A	Linear Add	No	Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_RARA5_A			Linear Static	G1k	1
SLE_RARA5_A			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_RARA5_A			Response Combo	Termiche	0.6
SLE_RARA5_A			Response Combo	Venti	0.6
SLE_RARA5_A			Response Combo	GR4	1
SLE_RARA5_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.6
SLE_RARA5_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1
SLE_RARA5_B	Linear Add	No	Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_RARA5_B			Linear Static	G1k	1
SLE_RARA5_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_RARA5_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1
SLE_RARA5_B			Response Combo	Termiche	0.6
SLE_RARA5_B			Response Combo	Venti	0.6
SLE_RARA5_B			Response Combo	GR4	1



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	43 di 106

SLE_FR1_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1
SLE_FR1_A			Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_FR1_A			Linear Static	G1k	1
SLE_FR1_A			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_FR1_A			Response Combo	Termiche	0.6
SLE_FR1_A			Response Combo	Venti	0.5
SLE_FR1_A			Response Combo	RITIRI	1
SLE_FR1_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.5
SLE_FR1_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1
SLE_FR1_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.6
SLE_FR1_B			Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_FR1_B			Linear Static	G1k	1
SLE_FR1_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_FR1_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1
SLE_FR1_B			Response Combo	Termiche	0.6
SLE_FR1_B			Response Combo	Venti	0.5
SLE_FR1_B			Response Combo	RITIRI	1
SLE_FR2_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.8
SLE_FR2_A			Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_FR2_A			Linear Static	G1k	1
SLE_FR2_A			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_FR2_A			Response Combo	Termiche	1
SLE_FR2_A			Response Combo	Venti	0.5
SLE_FR2_A			Response Combo	RITIRI	1
SLE_FR2_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.5
SLE_FR2_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1
SLE_FR2_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.8
SLE_FR2_B			Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_FR2_B			Linear Static	G1k	1
SLE_FR2_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_FR2_B			Response Combo	Termiche	1
SLE_FR2_B			Response Combo	Venti	0.5
SLE_FR2_B			Response Combo	RITIRI	1
SLE_FR2_B			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.5
SLE_FR2_B			Response Combo	SPINTA rinterro	1
SLE_FR5_A	Linear Add	No	Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_FR5_A			Linear Static	G1k	1
SLE_FR5_A			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_FR5_A			Response Combo	Termiche	0.6
SLE_FR5_A			Response Combo	Venti	0.5

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	44 di 106

SLE_FR5_A			Response Combo	GR4	1
SLE_FR5_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.5
SLE_FR5_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1
SLE_FR5_B	Linear Add	No	Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_FR5_B			Linear Static	G1k	1
SLE_FR5_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_FR5_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1
SLE_FR5_B			Response Combo	Termiche	0.6
SLE_FR5_B			Response Combo	Venti	0.5
SLE_FR5_B			Response Combo	GR4	1
SLE_QP	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.2
SLE_QP			Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_QP			Linear Static	G1k	1
SLE_QP			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_QP			Response Combo	Termiche	0.5
SLE_QP			Response Combo	Venti	0
SLE_QP			Response Combo	RITIRI	0
SLE_QP			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0
SLE_QP			Response Combo	SPINTA rinterro	1
SLU_1_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1.45
SLU_1_A			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_1_A			Linear Static	G1k	1.35
SLU_1_A			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_1_A			Response Combo	Termiche	0.9
SLU_1_A			Response Combo	Venti	0.9
SLU_1_A			Response Combo	RITIRI	0
SLU_1_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	1.2
SLU_1_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1.35
SLU_1_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.9
SLU_1_B			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_1_B			Linear Static	G1k	1.35
SLU_1_B			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_1_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1.35
SLU_1_B			Response Combo	Termiche	0.9
SLU_1_B			Response Combo	Venti	0.9
SLU_1_B			Response Combo	RITIRI	0
SLU_2_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1.2
SLU_2_A			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_2_A			Linear Static	G1k	1.35
SLU_2_A			Linear Static	G2k_permanenti	1.5



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	45 di 106

SLU_2_A			Response Combo	Termiche	1.2
SLU_2_A			Response Combo	Venti	0.9
SLU_2_A			Response Combo	RITIRI	0
SLU_2_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.9
SLU_2_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1.35
SLU_2_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1.2
SLU_2_B			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_2_B			Linear Static	G1k	1.35
SLU_2_B			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_2_B			Response Combo	Termiche	1.2
SLU_2_B			Response Combo	Venti	0.9
SLU_2_B			Response Combo	RITIRI	0
SLU_2_B			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.9
SLU_2_B			Response Combo	SPINTA rinterro	1.35
SLU_5_A	Linear Add	No	Linear Static	G2k_ballast	0
SLU_5_A			Linear Static	G1k	1
SLU_5_A			Linear Static	G2k_permanenti	0
SLU_5_A			Response Combo	Venti	0
SLU_5_A			Response Combo	GR4	0
SLU_5_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	1.5
SLU_5_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1.35
SLU_5_B	Linear Add	No	Linear Static	G2k_ballast	0
SLU_5_B			Linear Static	G1k	1
SLU_5_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLU_5_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1.35
SLU_5_B			Response Combo	Venti	1
SLU_5_B			Response Combo	GR4	0
SISMA_SLV	Linear Add	No	Response Combo	SLE_QP	1
SISMA_SLV			Linear Static	sovrappostasis	1
SISMA_SLV			Response Spectrum	SISMA_X_SLV	1
SISMA_SLV			Response Spectrum	SISMA_Z_SLV	1
SLU_3_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1.45
SLU_3_A			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_3_A			Linear Static	G1k	1.35
SLU_3_A			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_3_A			Response Combo	Termiche	0
SLU_3_A			Response Combo	Venti	0.9
SLU_3_A			Response Combo	RITIRI	0.9
SLU_3_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	1.2
SLU_3_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1.35



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	46 di 106

SLU_3_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.9
SLU_3_B			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_3_B			Linear Static	G1k	1.35
SLU_3_B			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_3_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1.35
SLU_3_B			Response Combo	Termiche	0
SLU_3_B			Response Combo	Venti	0.9
SLU_3_B			Response Combo	RITIRI	1.2
SLU_4_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1.2
SLU_4_A			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_4_A			Linear Static	G1k	1.35
SLU_4_A			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_4_A			Response Combo	Termiche	0
SLU_4_A			Response Combo	Venti	0.9
SLU_4_A			Response Combo	RITIRI	0.9
SLU_4_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.9
SLU_4_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1.35
SLU_4_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1.2
SLU_4_B			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_4_B			Linear Static	G1k	1.35
SLU_4_B			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_4_B			Response Combo	Termiche	0
SLU_4_B			Response Combo	Venti	0.9
SLU_4_B			Response Combo	RITIRI	1.2
SLU_4_B			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.9
SLU_4_B			Response Combo	SPINTA rinterro	1.35
SLU_6_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1.45
SLU_6_A			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_6_A			Linear Static	G1k	1.35
SLU_6_A			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_6_A			Response Combo	Termiche	0
SLU_6_A			Response Combo	Venti	0.9
SLU_6_A			Response Combo	RITIRI	0
SLU_6_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	1.2
SLU_6_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1.35
SLU_6_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.9
SLU_6_B			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_6_B			Linear Static	G1k	1.35
SLU_6_B			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_6_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1.35



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	47 di 106

SLU_6_B			Response Combo	Termiche	0
SLU_6_B			Response Combo	Venti	0.9
SLU_6_B			Response Combo	RITIRI	0
SLU_7_A	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	1.45
SLU_7_A			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_7_A			Linear Static	G1k	1.35
SLU_7_A			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_7_A			Response Combo	Termiche	0
SLU_7_A			Response Combo	Venti	0.9
SLU_7_A			Response Combo	RITIRI	0
SLU_7_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	1.2
SLU_7_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1.35
SLU_7_B	Linear Add	No	Response Combo	GR1_3	0.9
SLU_7_B			Linear Static	G2k_ballast	1.5
SLU_7_B			Linear Static	G1k	1.35
SLU_7_B			Linear Static	G2k_permanenti	1.5
SLU_7_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1.35
SLU_7_B			Response Combo	Termiche	0
SLU_7_B			Response Combo	Venti	0.9
SLU_7_B			Response Combo	RITIRI	0
SLU INV	Envelope	No	Response Combo	SLU_1_A	1
SLU INV			Response Combo	SLU_1_B	1
SLU INV			Response Combo	SLU_2_A	1
SLU INV			Response Combo	SLU_2_B	1
SLU INV			Response Combo	SLU_5_A	1
SLU INV			Response Combo	SLU_5_B	1
SLU INV			Response Combo	SISMA_SLV	1
SLU INV			Response Combo	SLU_3_A	1
SLU INV			Response Combo	SLU_3_B	1
SLU INV			Response Combo	SLU_4_A	1
SLU INV			Response Combo	SLU_4_B	1
SLU INV			Response Combo	SLU_6_A	1
SLU INV			Response Combo	SLU_6_B	1
SLU INV			Response Combo	SLU_7_A	1
SLU INV			Response Combo	SLU_7_B	1
SLE_RARA6_A	Linear Add	No	Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_RARA6_A			Linear Static	G1k	1
SLE_RARA6_A			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_RARA6_A			Response Combo	RITIRI	0.6
SLE_RARA6_A			Response Combo	Venti	0.6



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	48 di 106

SLE_RARA6_A			Response Combo	GR4	1
SLE_RARA6_A			Response Combo	spinta sovraccarico involuppo	0.6
SLE_RARA6_A			Response Combo	SPINTA rinterro	1
SLE_RARA6_B	Linear Add	No	Linear Static	G2k_ballast	1
SLE_RARA6_B			Linear Static	G1k	1
SLE_RARA6_B			Linear Static	G2k_permanenti	1
SLE_RARA6_B			Response Combo	SPINTE STATICHE	1
SLE_RARA6_B			Response Combo	RITIRI	0.6
SLE_RARA6_B			Response Combo	Venti	0.6
SLE_RARA6_B			Response Combo	GR4	1

Di seguito si riportano a titolo esemplificativo i diagrammi involuppo delle sollecitazioni agenti sul telaio utilizzate per le verifiche dedotte a partire dal modello con incastro al piede dei piedritti.

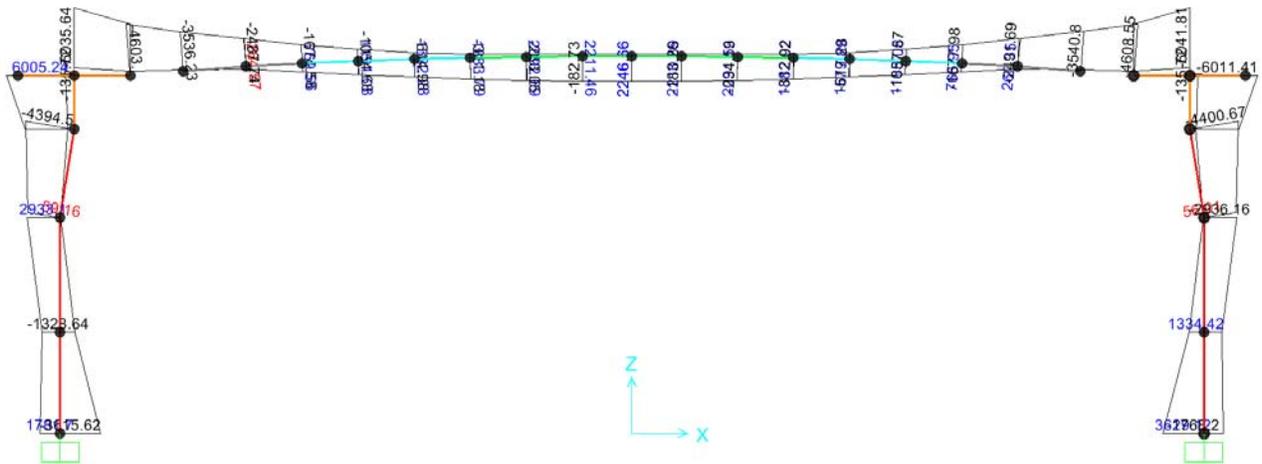


Figura 10. Involuppo SLU, momento flettente $M_{Ed,3}$ (kNm).

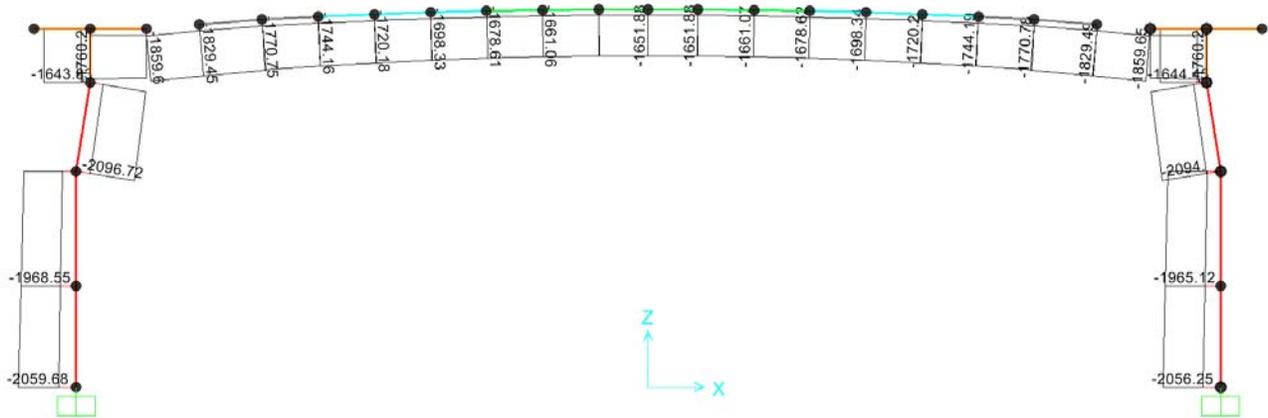


Figura 11. Involuppo SLU, sforzo assiale N_{Ed} (kN).

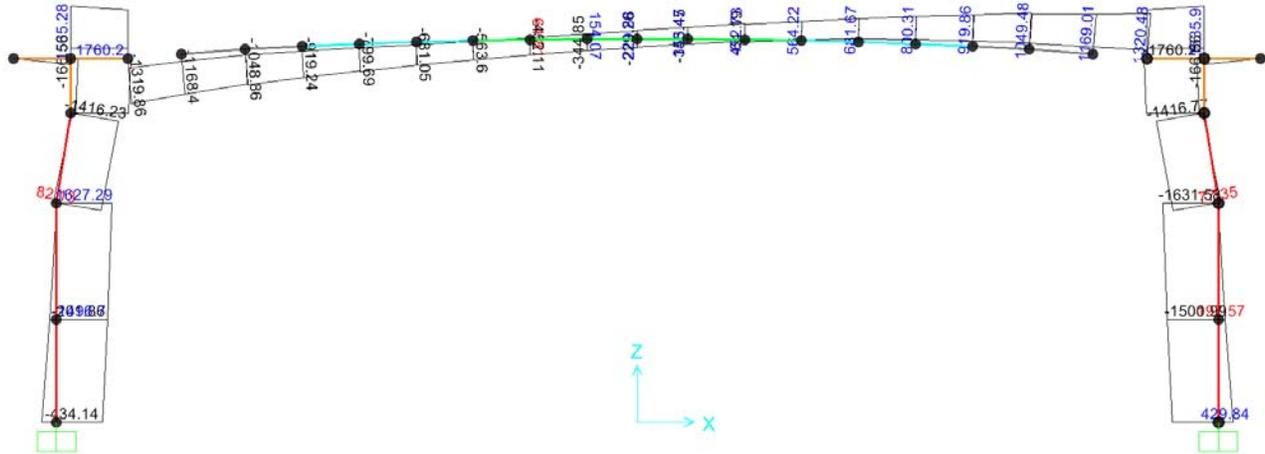


Figura 12. Involuppo SLU, taglio $V_{Ed,2}$ (kN).

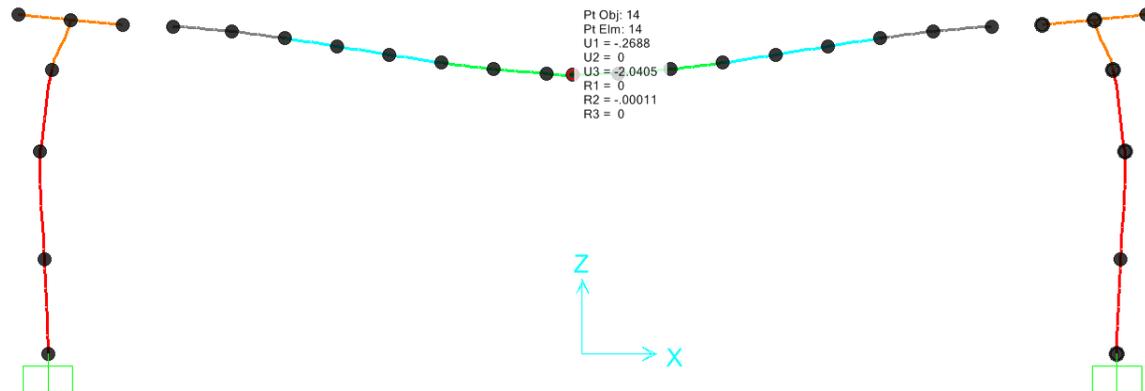


Figura 13. Deformata da treni di carico LM71 ed SW/2 su 2 binari (mm).

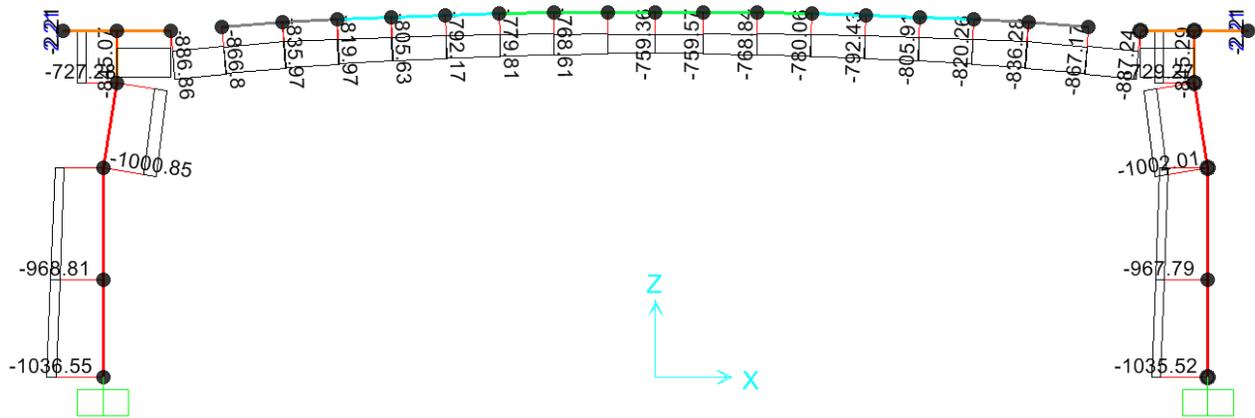


Figura 14. Sforzo normale N_{Ed} per caso di carico SISMA SLV (kN).

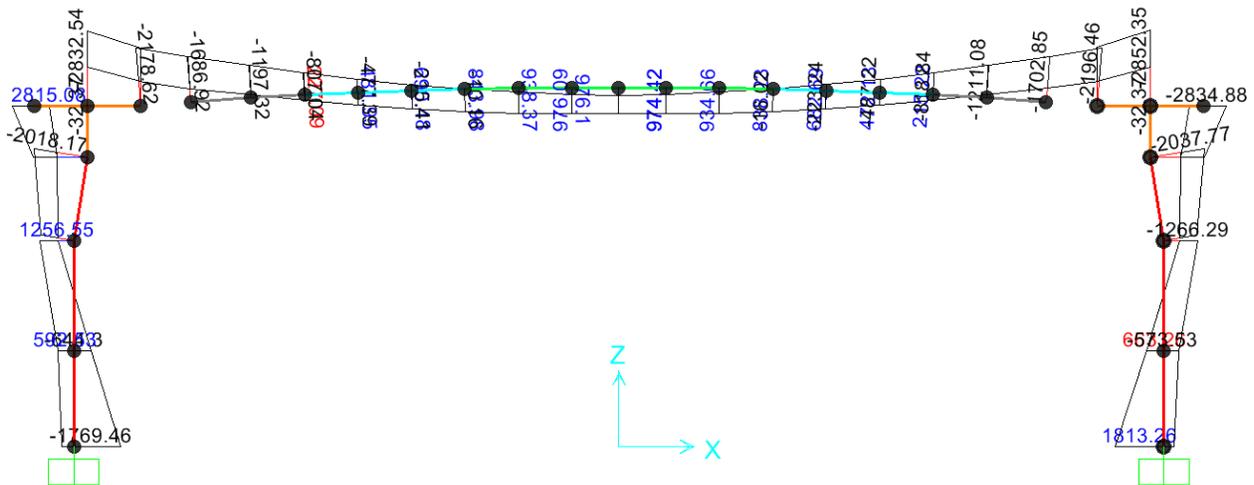


Figura 15. Momento flettente M_3 per caso di carico SISMA SLV (kNm).

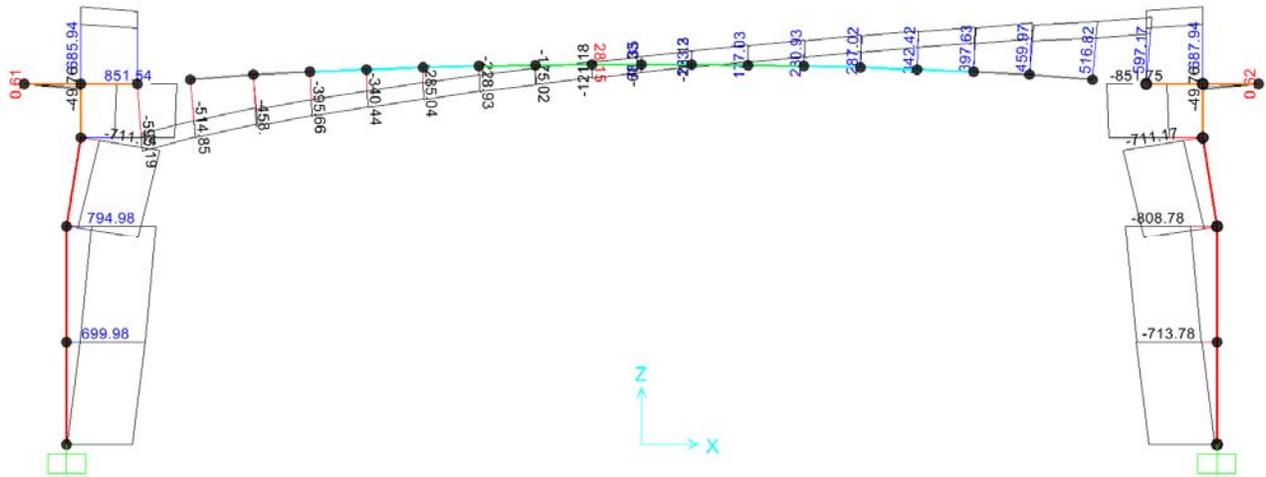
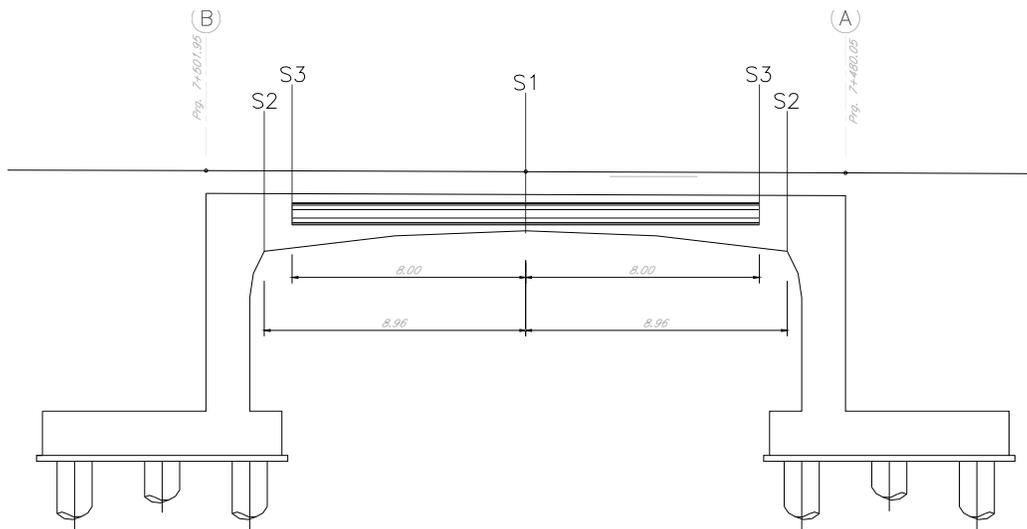


Figura 16. Taglio $V_{Ed,2}$ per caso di carico SISMA SLV (kN).

11 VERIFICA DEL TELAIO

Si eseguono nei paragrafi seguenti le verifiche di resistenza delle sezioni significative dell'impalcato raffigurate nella figura sottostante. Si considerano le sollecitazioni da inviluppo allo SLU e sismica allo SLV.



11.1 Sezione di mezzeria (S₁)

Sollecitazioni SLU/SLV

Frame	COMBO	P	V2	M3
S1_SLU/SLV	-	KN	KN	KNm
11	SISMA_SLV	-393	231	838
11	SLU_1_A	-1679	31	-170
11	SLU_1_A	-512	562	1721
24	SLU_1_A	-1679	-562	-168
13	SLU_2_A	-463	201	2113
11	SLU_2_A	-1633	57	-280

Sollecitazioni SLE RARA (comb. fessurazione)

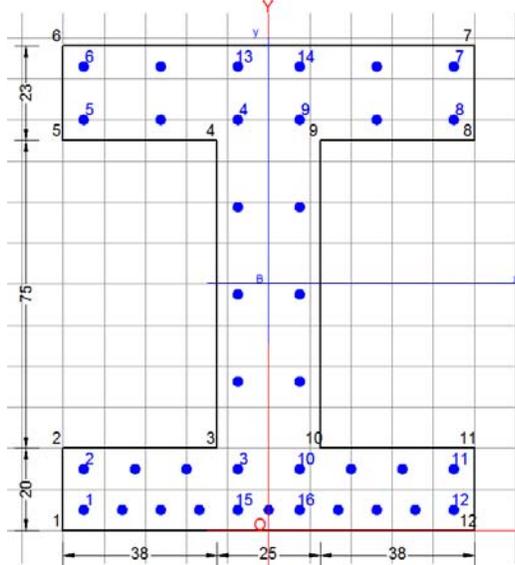
Frame	COMBO	P	V2	M3
S1_RARA	-	KN	KN	KNm
24	SLE_RARA5_A	-382	-69	1000
11	SLE_RARA5_B	-1031	65	-51
11	SLE_RARA5_B	-396	304	1007
24	SLE_RARA5_B	-1031	-303	-50
13	SLE_RARA5_A	-395	105	1236
11	SLE_RARA5_B	-1031	65	-51

Si effettua la verifica rispetto ad una sezione ideale a doppio T di altezza 118cm con anima da 25cm di spessore, armata con **37φ24** disposti come in figura.

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	54 di 106

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: sez_S1



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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C45/55
	Resis. compr. di calcolo fcd:	25.500 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	12.750 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	36280.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.800 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	55 di 106

Sf limite S.L.E. Comb. Rare:

360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C45/55

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	20.0
3	-12.5	20.0
4	-12.5	95.0
5	-50.0	95.0
6	-50.0	118.0
7	50.0	118.0
8	50.0	95.0
9	12.5	95.0
10	12.5	20.0
11	50.0	20.0
12	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	24
2	-45.0	15.0	24
3	-7.5	15.0	24
4	-7.5	100.0	24
5	-45.0	100.0	24
6	-45.0	113.0	24
7	45.0	113.0	24
8	45.0	100.0	24
9	7.5	100.0	24
10	7.5	15.0	24
11	45.0	15.0	24
12	45.0	5.0	24
13	-7.5	113.0	24
14	7.5	113.0	24
15	-7.5	5.0	24
16	7.5	5.0	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	6	13	1	24
2	14	7	1	24
3	5	4	1	24



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X	FOGLIO 56 di 106
--	-------------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	---------------------

4	9	8	1	24
5	3	4	3	24
6	10	9	3	24
7	2	3	2	24
8	10	11	2	24
9	1	15	3	24
10	16	12	3	24
11	15	16	1	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 16 mm
 Passo staffe: 15.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] 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	393.00	838.00	0.00	231.00	0.00
2	1679.00	-170.00	0.00	31.00	0.00
3	512.00	1721.00	0.00	562.00	0.00
4	1679.00	-168.00	0.00	-562.00	0.00
5	463.00	2113.00	0.00	201.00	0.00
6	1633.00	-280.00	0.00	57.00	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	382.00	1000.00	0.00
2	1031.00	-51.00	0.00
3	396.00	1007.00	0.00
4	1031.00	-50.00	0.00
5	395.00	1236.00	0.00
6	1031.00	-51.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.8 cm



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	57 di 106

Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 2.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	393.00	838.00	0.00	393.01	4190.23	0.00	4.936	-----
2	S	1679.00	-170.00	0.00	1679.06	-3620.14	0.00	31.822	-----
3	S	512.00	1721.00	0.00	511.72	4239.46	0.00	2.448	-----
4	S	1679.00	-168.00	0.00	1679.06	-3620.14	0.00	32.401	-----
5	S	463.00	2113.00	0.00	462.75	4219.18	0.00	1.989	-----
6	S	1633.00	-280.00	0.00	1633.07	-3598.55	0.00	15.846	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00626	50.0	118.0	0.00253	45.0	113.0	-0.01831	-45.0	5.0
2	0.00350	-0.00868	-50.0	0.0	0.00230	-45.0	5.0	-0.02372	-45.0	113.0
3	0.00350	-0.00606	50.0	118.0	0.00255	45.0	113.0	-0.01786	-45.0	5.0
4	0.00350	-0.00868	-50.0	0.0	0.00230	-45.0	5.0	-0.02372	-45.0	113.0
5	0.00350	-0.00614	50.0	118.0	0.00255	45.0	113.0	-0.01805	-45.0	5.0
6	0.00350	-0.00878	-50.0	0.0	0.00229	-45.0	5.0	-0.02394	-45.0	113.0

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 a rottura in presenza di sola fless. (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000193046	-0.019279412	----	----
2	0.000000000	-0.000240876	0.003500000	----	----
3	0.000000000	0.000189045	-0.018807289	----	----
4	0.000000000	-0.000240876	0.003500000	----	----



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X	FOGLIO 58 di 106
--	-------------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	---------------------

5	0.000000000	0.000190671	-0.018999156	----	----
6	0.000000000	-0.000242849	0.003500000	----	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
VsdU Taglio di progetto [kN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	VsdU	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	231.00	2555.86	725.84	76.9	56.5	45.00°	1.025	8.5	26.8(0.0)
2	S	31.00	2608.52	742.70	78.7	52.2	45.00°	1.107	1.1	26.8(0.0)
3	S	562.00	2574.71	725.84	76.9	56.5	45.00°	1.033	20.8	26.8(0.0)
4	S	562.00	2608.52	742.70	78.7	52.2	45.00°	1.107	20.3	26.8(0.0)
5	S	201.00	2566.95	725.84	76.9	56.5	45.00°	1.029	7.4	26.8(0.0)
6	S	57.00	2601.64	742.70	78.7	52.2	45.00°	1.104	2.1	26.8(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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
D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.91	50.0	118.0	-100.2	-45.0	5.0	2050	86.0	9.4	1.00
2	S	1.24	-50.0	0.0	17.0	26.3	113.0	----	----	----	----
3	S	4.95	50.0	118.0	-100.4	-45.0	5.0	2050	86.0	9.4	1.00
4	S	1.24	-50.0	0.0	17.0	26.3	113.0	----	----	----	----
5	S	5.98	-50.0	118.0	-127.5	-45.0	5.0	2050	86.0	9.4	1.00
6	S	1.24	-50.0	0.0	17.0	26.3	113.0	----	----	----	----

11.2 Sezioni tra appoggio e mezzeria (S2)

Sollecitazioni SLU/SLV

Frame	COMBO	P	V2	M3
S2_SLU/SLV	-	KN	KN	KNm
8	SISMA_SLV	-374	336	472
8	SLU_1_A	-1744	291	-1678
8	SLU_1_A	-486	916	599
21	SLU_1_A	-1744	-915	-1675
23	SLU_2_A	-436	-48	1753
8	SLU_1_A	-1744	291	-1678

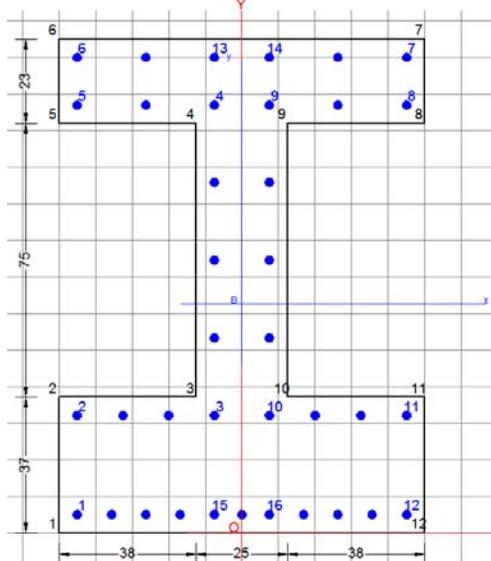
Sollecitazioni SLE RARA (comb. fessurazione)

Frame	COMBO	P	V2	M3
S2_RARA	-	KN	KN	KNm
21	SLE_RARA5_A	-375	-235	252
8	SLE_RARA5_B	-1063	231	-959
8	SLE_RARA5_B	-389	519	269
21	SLE_RARA5_B	-1063	-519	-956
23	SLE_RARA5_B	-397	-59	1008
8	SLE_RARA5_B	-1063	231	-959

Si effettua la verifica rispetto ad una sezione ideale a doppio T di altezza 135cm con anima da 25cm di spessore, armata con **37 ϕ 24** disposti come in figura.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: sez_S2



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Tipologia sezione:

Normativa di riferimento:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

Sezione generica

N.T.C.

A Sforzo Norm. costante

Moderat. aggressive

Assi x,y principali d'inertia

Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

Resis. compr. di calcolo fcd:

Resis. compr. ridotta fcd':

Def.unit. max resistenza ec2:

Def.unit. ultima ecu:

C45/55

25.500 MPa

12.750 MPa

0.0020

0.0035



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	60 di 106

Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	36280.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.800 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo 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:	C45/55

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	37.0
3	-12.5	37.0
4	-12.5	112.0
5	-50.0	112.0
6	-50.0	135.0
7	50.0	135.0
8	50.0	112.0
9	12.5	112.0
10	12.5	37.0
11	50.0	37.0
12	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	5.0	24
2	-45.0	32.0	24
3	-7.5	32.0	24
4	-7.5	117.0	24
5	-45.0	117.0	24
6	-45.0	130.0	24
7	45.0	130.0	24
8	45.0	117.0	24
9	7.5	117.0	24
10	7.5	32.0	24
11	45.0	32.0	24
12	45.0	5.0	24
13	-7.5	130.0	24
14	7.5	130.0	24
15	-7.5	5.0	24



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	62 di 106

N°Comb.	N	Mx	My
1	375.00	252.00	0.00
2	1063.00	-959.00	0.00
3	389.00	269.00	0.00
4	1063.00	-956.00	0.00
5	397.00	1008.00	0.00
6	1063.00	-959.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	5.1 cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	374.00	472.00	0.00	374.15	4569.03	0.00	9.647	-----
2	S	1744.00	-1678.00	0.00	1744.23	-4459.43	0.00	2.666	-----
3	S	486.00	599.00	0.00	486.22	4632.21	0.00	7.707	-----
4	S	1744.00	-1675.00	0.00	1744.23	-4459.43	0.00	2.671	-----
5	S	436.00	1753.00	0.00	436.14	4604.03	0.00	2.624	-----
6	S	1744.00	-1678.00	0.00	1744.23	-4459.43	0.00	2.666	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00771	-50.0	135.0	0.00253	-45.0	130.0	-0.02168	-45.0	5.0
2	0.00350	-0.00617	-50.0	0.0	0.00266	-45.0	5.0	-0.01823	-45.0	130.0
3	0.00350	-0.00749	-50.0	135.0	0.00255	-45.0	130.0	-0.02119	-45.0	5.0
4	0.00350	-0.00617	-50.0	0.0	0.00266	-45.0	5.0	-0.01823	-45.0	130.0



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	64 di 106

Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.21	-50.0	135.0	-7.8	-35.6	5.0	2162	49.8	9.4	1.00
2	S	4.23	-50.0	0.0	-78.5	26.3	130.0	2200	54.3	13.0	1.00
3	S	1.29	50.0	135.0	-8.9	-45.0	5.0	2162	49.8	9.4	1.00
4	S	4.22	-50.0	0.0	-78.1	26.3	130.0	2200	54.3	13.0	1.00
5	S	4.20	-50.0	135.0	-93.2	-35.6	5.0	2162	49.8	9.4	1.00
6	S	4.23	-50.0	0.0	-78.5	26.3	130.0	2200	54.3	13.0	1.00

11.3 Ultima sezione cava in appoggio (S3)

Sollecitazioni SLU/SLV

Frame	COMBO	P	V2	M3
S3_SLU/SLV	-	KN	KN	KNm
7	SISMA_SLV	-369	391	215
6	SLU_1_A	-1829	456	-3541
6	SLU_1_A	-486	1161	-522
19	SLU_1_A	-1829	-1160	-3536
20	SLU_2_A	-419	-296	649
6	SLU_1_A	-1829	456	-3541

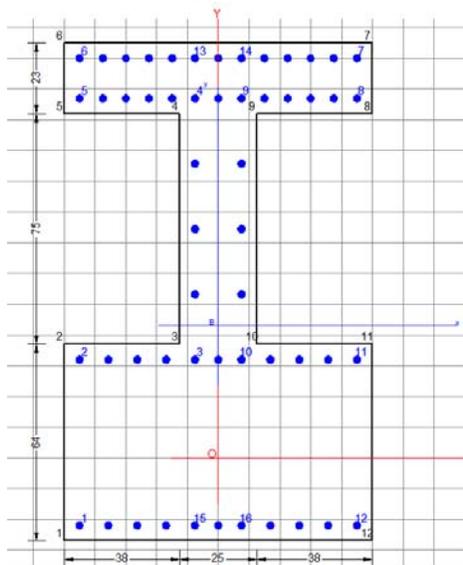
Sollecitazioni SLE RARA (comb. fessurazione)

Frame	COMBO	P	V2	M3
S3_RARA	-	KN	KN	KNm
20	SLE_RARA5_A	-374	-295	-89
6	SLE_RARA5_B	-1108	340	-2064
6	SLE_RARA5_B	-398	671	-485
19	SLE_RARA5_B	-1108	-671	-2060
20	SLE_RARA5_B	-391	-225	272
6	SLE_RARA5_B	-1108	340	-2064

Si effettua la verifica rispetto ad una sezione ideale a doppio T di altezza 162cm con anima da 25cm di spessore, la sezione è armata con **54 barre $\phi 24/m$** .

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: sez_S3



Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Tipologia sezione:

Normativa di riferimento:

Percorso sollecitazione:

Condizioni Ambientali:

Riferimento Sforzi assegnati:

Riferimento alla sismicità:

Stati Limite Ultimi

Sezione generica

N.T.C.

A Sforzo Norm. costante

Moderat. aggressive

Assi x,y principali d'inertza

Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:

Resis. compr. di calcolo fcd:

Resis. compr. ridotta fcd':

Def.unit. max resistenza ec2:

Def.unit. ultima ecu:

C45/55

25.500 MPa

12.750 MPa

0.0020

0.0035



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	66 di 106

Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	36280.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.800 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo 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:	C45/55

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-27.0
2	-50.0	37.0
3	-12.5	37.0
4	-12.5	112.0
5	-50.0	112.0
6	-50.0	135.0
7	50.0	135.0
8	50.0	112.0
9	12.5	112.0
10	12.5	37.0
11	50.0	37.0
12	50.0	-27.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.0	-22.0	24
2	-45.0	32.0	24
3	-7.5	32.0	24
4	-7.5	117.0	24
5	-45.0	117.0	24
6	-45.0	130.0	24
7	45.0	130.0	24
8	45.0	117.0	24
9	7.5	117.0	24
10	7.5	32.0	24
11	45.0	32.0	24
12	45.0	-22.0	24
13	-7.5	130.0	24
14	7.5	130.0	24
15	-7.5	-22.0	24



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	68 di 106

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 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	374.00	-89.00	0.00
2	1108.00	-2064.00	0.00
3	398.00	-485.00	0.00
4	1108.00	-2060.00	0.00
5	391.00	272.00	0.00
6	1108.00	-2064.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.8 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.1 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 2.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis. Sic.	As Tesa
1	S	369.00	215.00	0.00	368.86	5764.09	0.00	30.324	-----
2	S	1829.00	-3541.00	0.00	1828.90	-9206.79	0.00	2.544	-----
3	S	486.00	-522.00	0.00	486.10	-8634.73	0.00	15.593	-----
4	S	1829.00	-3536.00	0.00	1828.90	-9206.79	0.00	2.548	-----
5	S	419.00	649.00	0.00	419.13	5802.17	0.00	9.315	-----
6	S	1829.00	-3541.00	0.00	1828.90	-9206.79	0.00	2.544	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01124	-50.0	135.0	0.00244	-45.0	130.0	-0.02984	-45.0	-22.0
2	0.00350	-0.00319	-50.0	-27.0	0.00302	-45.0	-22.0	-0.01164	-45.0	130.0



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X	FOGLIO 69 di 106
--	-------------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	---------------------

3	0.00350	-0.00466	-50.0	-27.0	0.00291	-45.0	-22.0	-0.01494	-45.0	130.0
4	0.00350	-0.00319	-50.0	-27.0	0.00302	-45.0	-22.0	-0.01164	-45.0	130.0
5	0.00350	-0.01115	-50.0	135.0	0.00245	-45.0	130.0	-0.02963	-45.0	-22.0
6	0.00350	-0.00319	-50.0	-27.0	0.00302	-45.0	-22.0	-0.01164	-45.0	130.0

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 a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000212342	-0.025166211	----	----
2	0.000000000	-0.000096414	0.000896834	----	----
3	0.000000000	-0.000117460	0.000328584	----	----
4	0.000000000	-0.000096414	0.000896834	----	----
5	0.000000000	0.000210989	-0.024983477	----	----
6	0.000000000	-0.000096414	0.000896834	----	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Vsdu Taglio di progetto [kN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	391.00	3219.36	1635.39	115.5	47.9	45.00°	1.014	9.6	40.2(0.0)
2	S	456.00	5113.02	1452.09	102.5	81.4	45.00°	1.068	12.6	40.2(0.0)
3	S	1161.00	4874.55	1452.09	102.5	81.4	45.00°	1.018	32.2	40.2(0.0)
4	S	1160.00	5113.02	1452.09	102.5	81.4	45.00°	1.068	32.1	40.2(0.0)
5	S	296.00	3225.25	1635.39	115.5	47.9	45.00°	1.016	7.3	40.2(0.0)
6	S	456.00	5113.02	1452.09	102.5	81.4	45.00°	1.068	12.6	40.2(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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 lesa considerata aderente alle barre



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

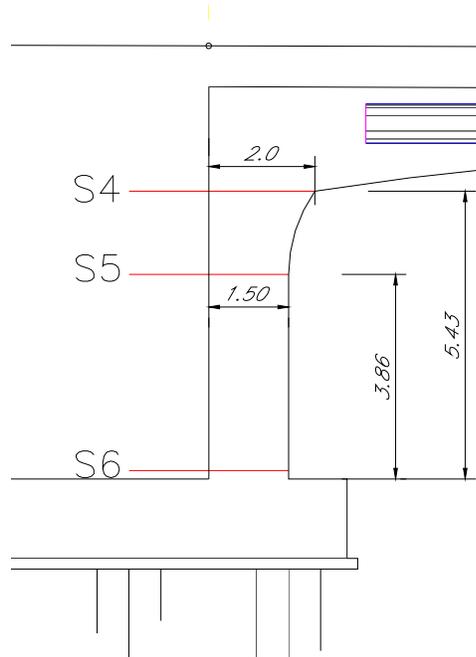
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	70 di 106

As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.46	-50.0	-27.0	0.8	45.0	130.0	----	----	----	----
2	S	5.40	-50.0	-27.0	-101.2	0.0	130.0	2200	117.6	7.5	1.00
3	S	1.36	-50.0	-27.0	-20.6	0.0	130.0	2200	117.6	7.5	1.00
4	S	5.39	-50.0	-27.0	-100.9	0.0	130.0	2200	117.6	7.5	1.00
5	S	0.78	-50.0	135.0	-3.2	-45.0	-22.0	1900	49.8	9.4	1.00
6	S	5.40	-50.0	-27.0	-101.2	0.0	130.0	2200	117.6	7.5	1.00

12 VERIFICHE MURO FRONTALE SPALLA

Si effettuano le verifiche su 3 sezioni significative raffigurate di seguito.



12.1 Sezione S4

La sezione ha un'altezza di 2.0m ed è armata con **3 strati di $\phi 24/15\text{cm}$** . Non occorre armare a taglio.

Sollecitazioni SLU/SLV

Frame	COMBO	P	V2	M3
S4_SLU/SLV	-	KN	KN	KNm
1	SLU_5_A	-463	-283	-612
14	SLU_1_A	-2097	-1329	-2766
14	SLU_2_A	-982	-21	-517
1	SLU_1_A	-2017	-1417	-4399
14	SLU_5_A	-507	-134	-263
1	SLU_1_A	-2017	-1417	-4399

Sollecitazioni SLE RARA (comb. fessurazione)

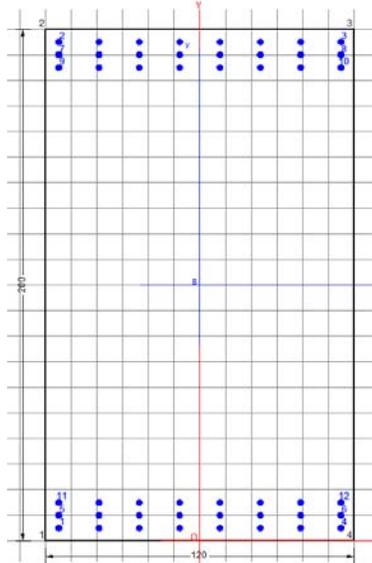
Frame	COMBO	P	V2	M3
S4_RARA	-	KN	KN	KNm
1	SLE_RARA5_B	-671	-195	-1048
14	SLE_RARA5_B	-1250	-780	-1617
14	SLE_RARA5_B	-722	-88	-447
1	SLE_RARA5_B	-1191	-846	-2554
14	SLE_RARA5_B	-722	-88	-447
1	SLE_RARA5_B	-1191	-846	-2554

Si studia la sezione di larghezza 1.2 m in modo da disporre un numero intero di barre e amplificando le azioni del 20%.

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	72 di 106

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.
NOME SEZIONE: sez_S4



Descrizione Sezione:
Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione: Sezione generica
Normativa di riferimento: N.T.C.
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali: Moderat. 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 calcolo fcd:	18.140 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00
Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	73 di 106

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	-60.0	0.0
2	-60.0	200.0
3	60.0	200.0
4	60.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-55.0	5.0	24
2	-55.0	195.0	24
3	55.0	195.0	24
4	55.0	5.0	24
5	-55.0	10.0	24
6	55.0	10.0	24
7	-55.0	190.0	24
8	55.0	190.0	24
9	-55.0	185.0	24
10	55.0	185.0	24
11	-55.0	15.0	24
12	55.0	15.0	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	2	3	6	24
2	1	4	6	24
3	5	6	6	24
4	7	8	6	24
5	9	10	6	24
6	11	12	6	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	74 di 106

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	555.60	-734.40	0.00	339.60	0.00
2	2516.40	-3319.20	0.00	1594.80	0.00
3	1178.40	-620.40	0.00	25.20	0.00
4	2420.40	-5278.80	0.00	1700.40	0.00
5	608.40	-315.60	0.00	160.80	0.00
6	2420.40	-5278.80	0.00	1700.40	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	805.20	-1257.60	0.00
2	1500.00	-1940.40	0.00
3	866.40	-536.40	0.00
4	1429.20	-3064.80	0.00
5	866.40	-536.40	0.00
6	1429.20	-3064.80	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	555.60	-734.40	0.00	555.39	-8320.08	0.00	11.329	-----
2	S	2516.40	-3319.20	0.00	2516.37	-10014.05	0.00	3.017	-----
3	S	1178.40	-620.40	0.00	1178.18	-8862.19	0.00	14.285	-----
4	S	2420.40	-5278.80	0.00	2420.15	-9931.95	0.00	1.881	-----
5	S	608.40	-315.60	0.00	608.17	-8366.11	0.00	26.509	-----
6	S	2420.40	-5278.80	0.00	2420.15	-9931.95	0.00	1.881	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	75 di 106

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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01679	-60.0	0.0	0.00232	-55.0	5.0	-0.04266	-55.0	195.0
2	0.00350	-0.01167	-60.0	0.0	0.00262	-55.0	5.0	-0.03101	-55.0	195.0
3	0.00350	-0.01502	-60.0	0.0	0.00242	-55.0	5.0	-0.03864	-55.0	195.0
4	0.00350	-0.01189	-60.0	0.0	0.00260	-55.0	5.0	-0.03152	-55.0	195.0
5	0.00350	-0.01664	-60.0	0.0	0.00233	-55.0	5.0	-0.04232	-55.0	195.0
6	0.00350	-0.01189	-60.0	0.0	0.00260	-55.0	5.0	-0.03152	-55.0	195.0

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 a rottura in presenza di sola fless. (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000236729	0.003500000	----	----
2	0.000000000	-0.000176977	0.003500000	----	----
3	0.000000000	-0.000216081	0.003500000	----	----
4	0.000000000	-0.000179568	0.003500000	----	----
5	0.000000000	-0.000234952	0.003500000	----	----
6	0.000000000	-0.000179568	0.003500000	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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
 D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.85	-60.0	0.0	-37.3	39.3	195.0	2640	108.6	5.0	1.00
2	S	2.89	-60.0	0.0	-49.1	39.3	195.0	2640	108.6	5.0	1.00
3	S	0.86	-60.0	0.0	-3.8	39.3	195.0	2640	108.6	5.0	1.00
4	S	4.42	-60.0	0.0	-109.8	39.3	195.0	2640	108.6	5.0	1.00
5	S	0.86	-60.0	0.0	-3.8	39.3	195.0	2640	108.6	5.0	1.00
6	S	4.42	-60.0	0.0	-109.8	39.3	195.0	2640	108.6	5.0	1.00

12.2 Sezione S5 - S6 (spiccato)

Sollecitazioni SLU/SLV

Frame	COMBO	P	V2	M3
S5_SLU/SLV	-	KN	KN	KNm
27	SLU_5_A	-477	-216	-266
30	SLU_1_A	-2060	-197	-3570
29	SLU_1_A	-952	1627	2766
27	SLU_1_A	-1861	-1632	-2769
28	SLU_2_A	-1155	194	3629
30	SLU_2_A	-1931	-198	-3616

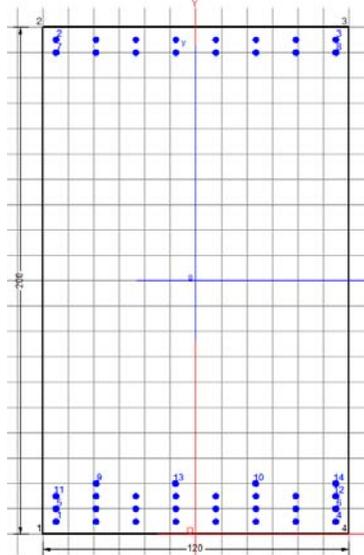
Sollecitazioni SLE RARA (comb. fessurazione)

Frame	COMBO	P	V2	M3
S5_RARA	-	KN	KN	KNm
27	SLE_RARA5_B	-695	-214	-449
30	SLE_RARA5_B	-1258	-122	-2084
29	SLE_RARA5_B	-698	961	1617
27	SLE_RARA5_B	-1110	-964	-1619
28	SLE_RARA5_B	-840	119	2094
30	SLE_RARA5_B	-1258	-122	-2084

La sezione ha un'altezza di 1.5m ed è **armata con 36 ϕ 24/m** disposti come in figura. Si studia la sezione di larghezza 1.2 m in modo da disporre un numero intero di barre e amplificando le azioni del 20%.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: sez_S5



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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.140 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	77 di 106

Resis. media a trazione fctm: 3.100 MPa
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.00 MPa
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.00 MPa
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 391.30 MPa
 Resist. ultima di calcolo ftd: 391.30 MPa
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef 2000000 daN/cm²
 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	-60.0	0.0
2	-60.0	200.0
3	60.0	200.0
4	60.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-55.0	5.0	24
2	-55.0	195.0	24
3	55.0	195.0	24
4	55.0	5.0	24
5	-55.0	10.0	24
6	55.0	10.0	24
7	-55.0	190.0	24
8	55.0	190.0	24
9	-39.2	20.0	24
10	23.5	20.0	24
11	-55.0	15.0	24
12	55.0	15.0	24
13	-8.0	20.0	24
14	55.0	20.0	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



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X	FOGLIO 78 di 106
--	-------------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	---------------------

1	2	3	6	24
2	1	4	6	24
3	5	6	6	24
4	7	8	6	24
5	11	12	6	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] 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	572.00	-319.20	0.00	-259.20	0.00
2	2472.00	-4284.00	0.00	-236.40	0.00
3	1142.40	3319.20	0.00	1952.40	0.00
4	2233.20	-3322.80	0.00	-1958.40	0.00
5	1386.00	4354.80	0.00	232.80	0.00
6	2317.20	-4339.20	0.00	-237.60	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	834.00	-538.80	0.00
2	1509.60	-2500.80	0.00
3	837.60	1940.40	0.00
4	1332.00	-1942.80	0.00
5	1008.00	2512.80	0.00
6	1509.60	-2500.80	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X	FOGLIO 79 di 106
--	------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	---------------------

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	572.00	-319.20	0.00	571.92	-5939.94	-19.59	19.769	-----
2	S	2472.00	-4284.00	0.00	2472.07	-7571.27	-23.89	1.783	-----
3	S	1142.40	3319.20	0.00	1142.16	10010.32	24.99	2.992	-----
4	S	2233.20	-3322.80	0.00	2233.30	-7367.29	-28.01	2.246	-----
5	S	1386.00	4354.80	0.00	1386.05	10217.27	23.74	2.332	-----
6	S	2317.20	-4339.20	0.00	2317.20	-7438.82	-25.94	1.728	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01888	60.0	0.0	0.00219	55.0	5.0	-0.04742	-55.0	195.0
2	0.00350	-0.01461	-60.0	0.0	0.00244	-55.0	5.0	-0.03770	55.0	195.0
3	0.00350	-0.01082	60.0	200.0	0.00266	55.0	195.0	-0.02908	-55.0	5.0
4	0.00350	-0.01513	-60.0	0.0	0.00241	-55.0	5.0	-0.03889	55.0	195.0
5	0.00350	-0.01016	60.0	200.0	0.00270	55.0	195.0	-0.02756	-55.0	5.0
6	0.00350	-0.01495	-60.0	0.0	0.00242	-55.0	5.0	-0.03847	55.0	195.0

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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000742	-0.000260683	0.003455473	----	----
2	-0.000000134	-0.000211211	0.003491946	----	----
3	0.000003184	0.000165207	-0.029732446	----	----
4	-0.000000161	-0.000217287	0.003490316	----	----
5	0.000003039	0.000157507	-0.028183776	----	----
6	-0.000000126	-0.000215182	0.003492417	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	80 di 106

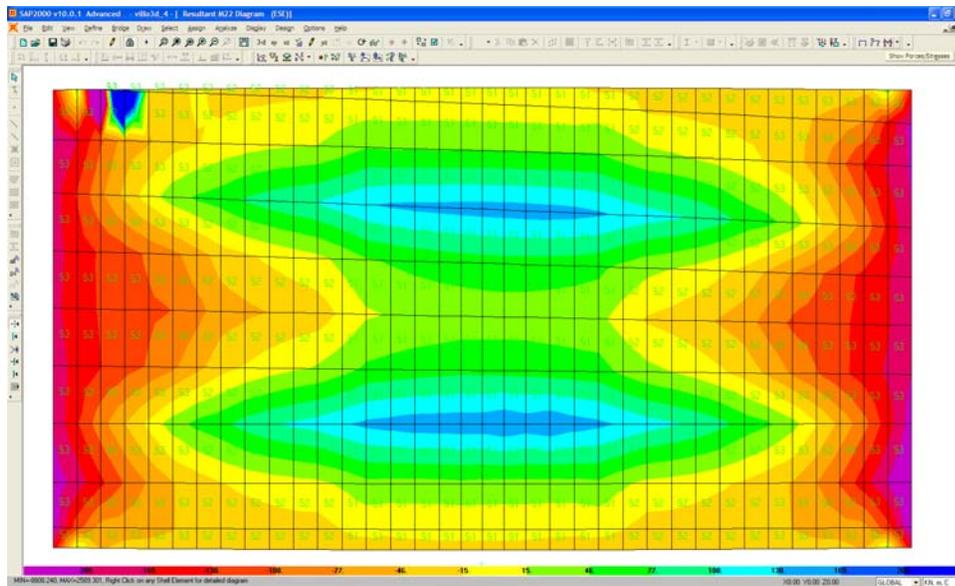
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.85	-60.0	0.0	-4.7	55.0	195.0	2538	72.4	5.0	1.00
2	S	3.94	-60.0	0.0	-105.7	55.0	195.0	2560	72.4	5.0	1.00
3	S	2.90	60.0	200.0	-65.4	-55.0	5.0	2511	126.7	5.0	1.00
4	S	3.06	-60.0	0.0	-73.8	55.0	195.0	2558	72.4	5.0	1.00
5	S	3.73	60.0	200.0	-87.2	-55.0	5.0	2508	126.7	5.0	1.00
6	S	3.94	-60.0	0.0	-105.7	55.0	195.0	2560	72.4	5.0	1.00

13 VERIFICA EFFETTI LOCALI TRASVERSALI

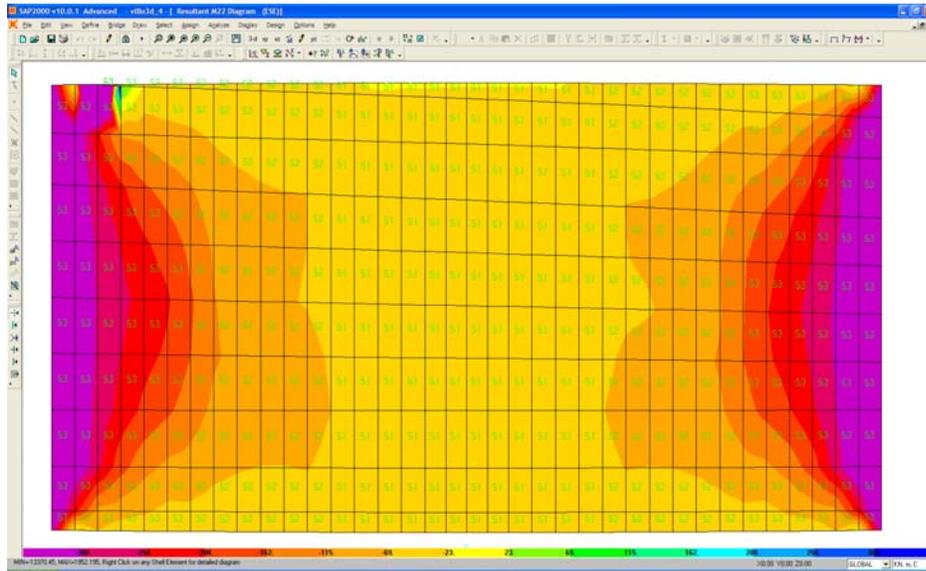
Ai fini della definizione degli effetti trasversali si utilizza il modello di calcolo 3D con elementi shell.

Tale modello discretizza correttamente la struttura tramite l'individuazione di un sistema di piastre a spessore costante ed equivalenti in peso, area e caratteristiche inerziali, nelle due direzioni longitudinale e trasversale a quelle reali del solettone alleggerito. Su tale modello sono state applicate tutte le azioni elementari sopra già definite. In particolare per quanto riguarda i carichi mobili è stata applicata una linea di carico operando evidentemente una semplificazione conservativa rispetto ad una configurazione realistica che vede una diffusione trasversale grazie a traverse e ballast.

Con le stesse ipotesi di combinazione previsti dalla Normativa e applicate in precedenza, di seguito si riportano i diagrammi di involuppo delle sollecitazioni flettenti trasversali utilizzate per le verifiche SLE comb. RARA.



Involuppo momenti positivi $M_{max} \approx 170 \text{ kNm/m}$ su S1;



involuppo momenti negativi

$M \approx -300$ kNm/m su S3

$M \approx -150$ kNm/m su S2

$M \approx -50$ kNm/m su S1

Le verifiche si effettuano ipotizzando una sezione a doppio T ideale avente cioè anima nulla e le flange costituite dalla soletta e controsoletta di spessore minimo pari a $s_s=25$ cm e $s_i=20$ cm armate con **doppio strato $\phi 14/15$ cm**.



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	83 di 106

La verifica allo SLU è stata fatta moltiplicando le azioni massime da involucro in combinazione di carico rara per il fattore parziale $\gamma=1.5$ a vantaggio di sicurezza:

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

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

Titolo : _____

N° figure elementari 3 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	20	12.5
2	0.0001	120	2	20	155
3	100	20			

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N Ed 0 kN
 M xEd 0 kNm
 M yEd 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C45/55
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 25.5
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 16
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.9333
 τ_{c1} 2.543

M xRd -1 214 kN m
 σ_c -25.5 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.146 ‰
 ϵ_s 67.5 ‰
 d 152.5 cm
 x 6.79 x/d 0.04453
 δ 0.7

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Nelle stesse condizioni di sollecitazione si verifica la formazione delle fessure limitando la tensione sulla sezione a doppio T ideale di **altezza 1.65**, con soletta e contro soletta armate simmetricamente con $\phi 14/15$ cm.



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	84 di 106

Dati	area(cmq)	inerzia(cm ⁴)	yinf(cm)
cl	4500.00	22760000.00	0.89
acciai	41.07	210909.82	0.89

yg	0.89	cm
Ai	5116.00	cm ²
Ji	25923647.30	cm ⁴
htrave	165.00	cm
Wsup	157965.07	cm ⁴

N	0.00	kN
M	-300.00	kNm
Rck	55.00	Mp
fck	-3.32	MP

$\sigma_{sup,cls}$ -1.90 Mp **ok**

13.1 Verifica sbalzo soletta

Si riporta di seguito la verifica flessionale dello sbalzo di soletta soggetto ai carichi in esercizio.

Si prende in considerazione lo sbalzo lato opposto al ponte esistente perché ivi verrà posizionata la barriera antirumore e quindi maggiori saranno le sollecitazioni flessionali agenti nella sezione di verifica. Questa sezione è posta a 2.0m dal filo esterno del cordolo e ha uno **spessore di 33.0cm**.

Le azioni agenti sono:

Barriera antirumore applicato a 1.8m da incastro:

Peso proprio = 15 kN/ml

Momento flettente (vento più effetto stantuffo) = $(2.5 + 0.3) * 6^2 / 2 = 50.4$ kNm/m

Azione tagliante in testa al cordolo = $2.8 * 6 = 16.8$ kN/m

Peso cordolo $0.4 * 0.21 * 25 = 2.1$ kN/ml

Peso massetto = $0.05 * 25 * 1.6 = 2.0$ kN/ml

Peso proprio strutturale sbalzo = $0.31 * 25 * 2.0 = 15.5$ kN/ml

Sovraccarico pedonale = $10 * 1.6 = 16$ kN/ml

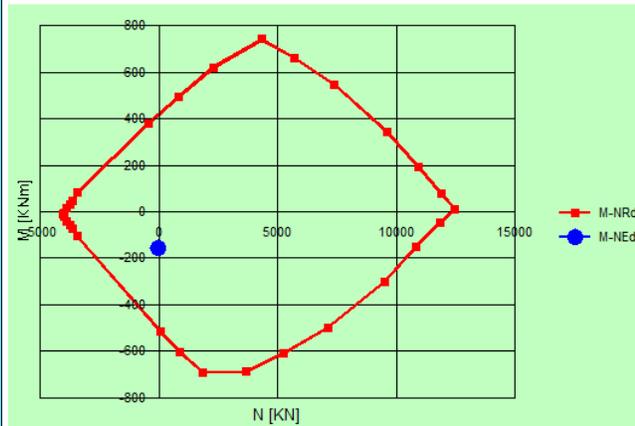
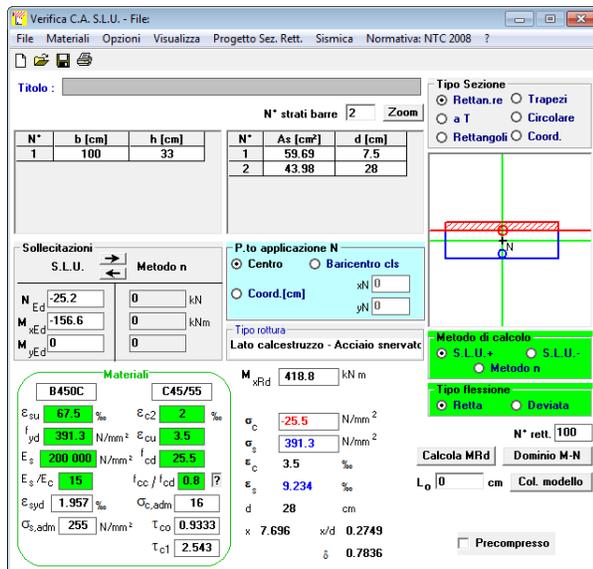
Nella combinazione peggiore il massimo momento flettente agente sulla sezioni in esame vale:

$$M_{Ed} = -156.6 \text{ kNm/m}$$

al quale è associato uno sforzo di trazione di $N_{Ed} = 25.2 \text{ kN/m}$

La sezione è **armata con $\phi 14/20$ correnti sup e inf. + un rinforzo superiore costituito da $\phi 20/20$.**

La verifica a tensoflessione della sezione denuncia i seguenti tassi di lavoro nei materiali:



Si tralasciano le verifiche a fessurazione perchè sicuramente soddisfatte, in quanto nella combinazione dedicata, la SLE_RARA5, l'azione del vento, che nel caso in esame assume rilevanza dimensionante, deve essere combinata con fattore 0.5.

13.2 Calcolo incidenza armature solettone

Sulla base dei dimensionamenti sopra riportati si ha :

Incidenza armatura

	Base	Altezza			
Pareti					
Sezione mezzera S1	1	0.78			
	diametro	passo	n° strati	Peso	
Armatura longitudinale	24		1	37	131.33 kg
Ripartitori superiori	12	0.15		1	6.80 kg
Ripartitori inferiori	12	0.15		1	6.80 kg
Legature	12	0.15		2	13.20 kg
			sommano	158.14 kg	
			incidenza	202.7 kg/mc	

Arrotondato a

203 kg/mc

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	86 di 106

Sezione S3	Base	Altezza			
Sezione	1	1.27			
	diametro	passo	n° strati	Peso	
Armatura di forza superiore	24	0.15	8	189.30	kg
Armatura di forza inferiore	24	0.15	1	23.66	kg
Ripartitori superiori	12	0.15	1	5.92	kg
Ripartitori inferiori	12	0.15	1	5.92	kg
Staffe	14	0.15	2	27.44	kg
			sommano	252.24	kg
			incidenza	198.6	kg/mc
Arrotondato a				199 kg/mc	

Sezione S2	Base	Altezza			
Sezione	1	1.8			
	diametro	passo	n° strati	Peso	
Armatura di forza superiore	24	0.125	9	255.56	kg
Armatura di forza inferiore	24	0.15	1	23.66	kg
Ripartitori superiori	12	0.15	1	5.92	kg
Ripartitori inferiori	12	0.15	1	5.92	kg
Staffe	16	0.15	2	49.22	kg
			sommano	340.27	kg
			incidenza	189.0	kg/mc
Arrotondato a				190 kg/mc	

Sviluppo	20m	I media (kN/mc)	Totale
S1	8m	203	1624
S2	8m	199	1592
S3	2m	190	760
			3976

incidenza media 198.80 Kg/mc

si assume **i = 200 kg/mc**

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y					
VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X	FOGLIO 87 di 106

14 FONDAZIONI : PLINTI E PALI

In questo capitolo si riportano le analisi delle sollecitazioni agenti sulle strutture di fondazione e le azioni sui pali con le quali verrà svolta la verifica geotecnica.

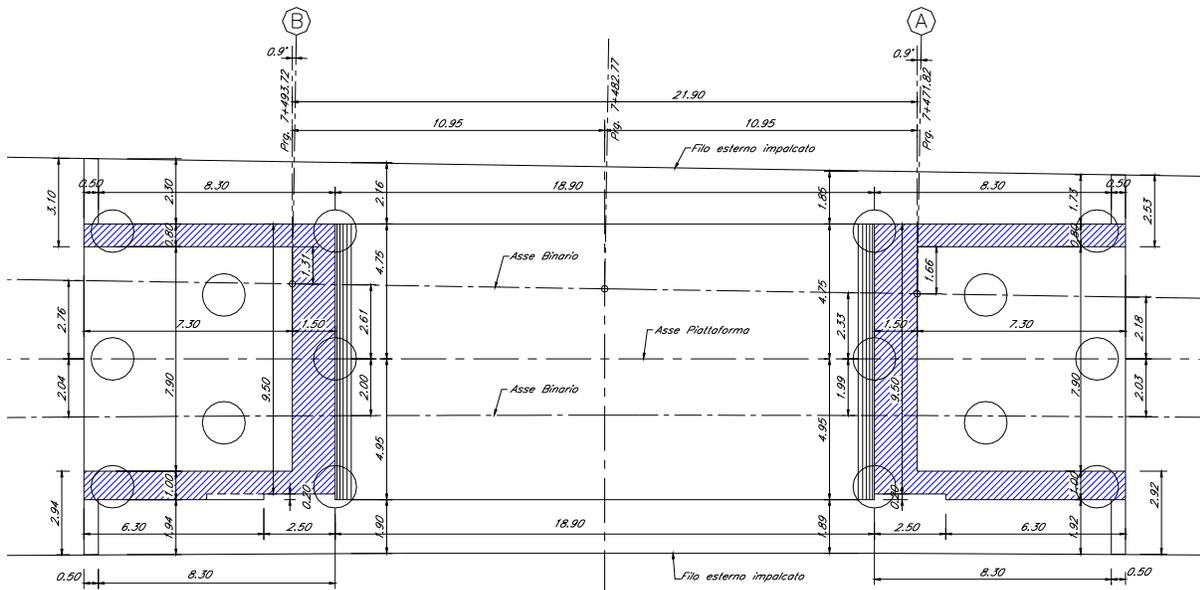
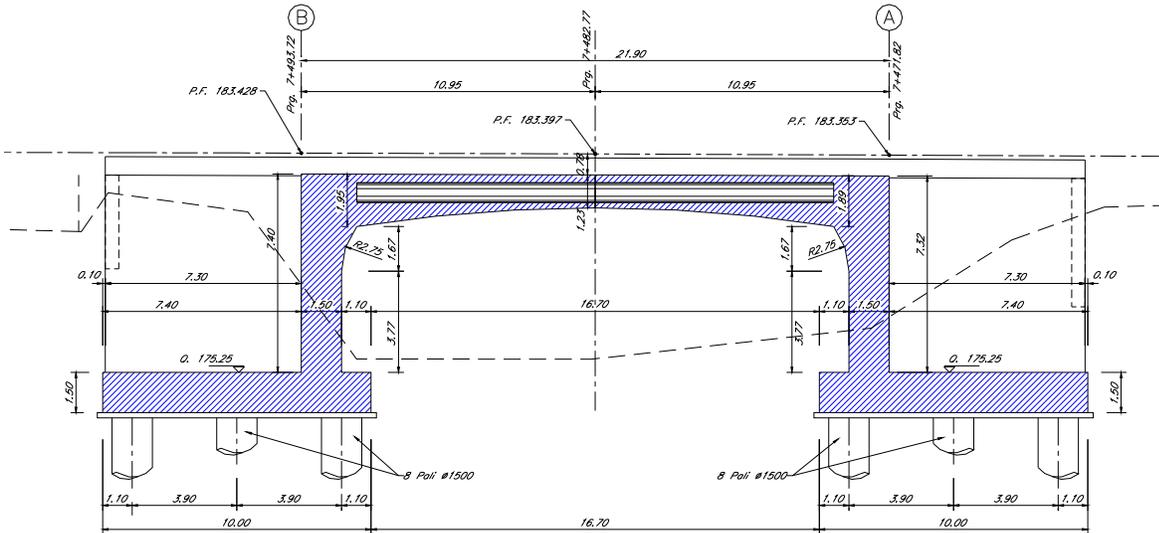
Il calcolo delle sollecitazioni agenti sul portale viene svolto a partire dal modello piano, in tutti i casi si procederà in modo conservativo estendendo i risultati ottenuti con il modello piano, nel seguente modo:

- Si determineranno le azioni globali trasmesse dalla struttura al plinto di fondazione moltiplicando le reazioni lette dal modello piano per 9.5m che è la larghezza del piedritto verticale. In questo modo si sovrastimano leggermente sia gli effetti dei sovraccarichi mobili che quello dovuto ai pesi propri degli elementi accessori (sbalzi e barriere antirumore, ecc.) in quanto ripartiti in modo conservativo ai fini del calcolo delle sollecitazioni sulla trave.
- Tali azioni, sforzo normale, momenti flettenti longitudinali e azioni taglianti longitudinali, si considerano applicate al baricentro della platea.
- si aggiungono le sollecitazioni dovute a:
 - peso elementi strutturali non conteggiato nel modello piano quali i risvolti, le bandiere e gli sbalzi con i pesi accessori lungo i risvolti;
 - peso e spinte orizzontale del rinterro limitatamente alle sole impronte delle bandiere e del plinto di base, in quanto sul muro frontale sono già state conteggiate;
 - peso e spinta del sovraccarico applicato nel modo descritto al punto precedente.

Si riporta di seguito l'analisi delle sollecitazioni agenti sulla spalla A che è risultata la peggiore fra le due. Le considerazioni e i dimensionamenti sono pertanto da intendersi validi anche per la spalla B.

14.1 Valutazione delle sollecitazioni sul palo

Le fondazioni delle spalle sono su **8 pali $\phi 1500$** posti a “quinconce” con un plinto di dimensioni **10.0 x 11.20 e altezza 1.50m**. Nelle schede seguenti si valutano le sollecitazioni sul palo.





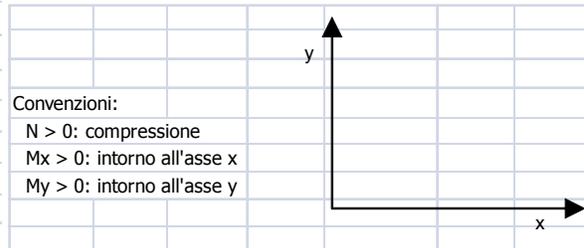
POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	89 di 106

Coordinate:

Numero pali	n	8
Coordinate baricentro	x_G	0.00 m
	y_G	0.00 m
Lx plinto	10.00	m
Ly plinto	11.20	m
H plinto	1.50	m
H rinterro	2.50	m
Area pila	0.00	m ²
Peso specifico cls	25	kN/m ³
Peso specifico terreno	20	kN/m ³
N_{plinto}	4 200	kN
$N_{rinterro}$	5 600	kN
N_{totale}	9 800	kN
Quota applicazione forze	1.50	m



Palo	1	2	3	4	5	6	7	8
x [m]	0.00	0.00	3.90	-3.90	3.90	-3.90	3.90	-3.90
y [m]	2.25	-2.25	0.00	0.00	4.50	4.50	-4.50	-4.50
dx [m]	0.00	0.00	3.90	-3.90	3.90	-3.90	3.90	-3.90
dy [m]	2.25	-2.25	0.00	0.00	4.50	4.50	-4.50	-4.50
dx² [m ²]	0.0	0.0	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
dy² [m ²]	5.1	5.1	0.0	0.0	20.3	20.3	20.3	20.3
di	2.3	2.3	3.9	3.9	6.0	6.0	6.0	6.0
di²	5.1	5.1	15.2	15.2	35.5	35.5	35.5	35.5

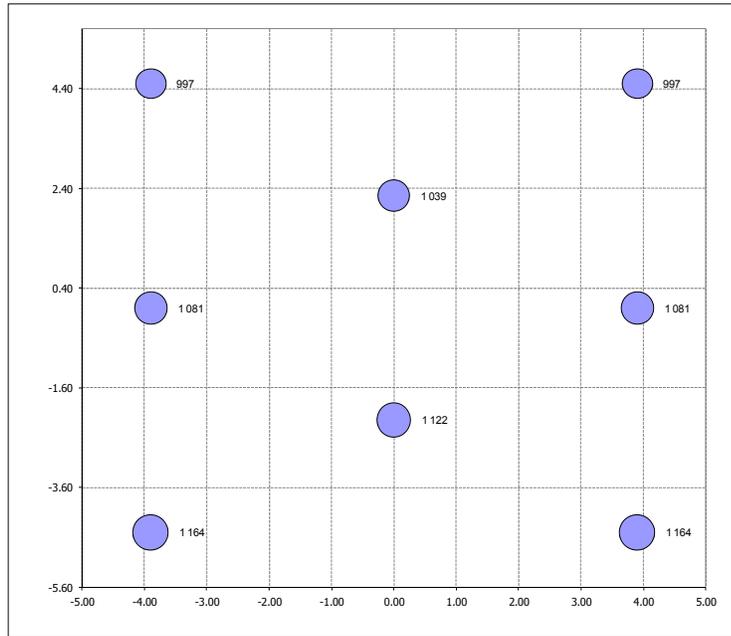


POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 12 D 26 CL VI 06 00 001 X 90 di 106

Sollecitazioni:



combinazione con sforzo normale max (kN)

Carichi a estradosso plinto

Carichi a intradosso plinto

Azioni sui singoli pali

	Fz	Fx	Fy	My	Mx	Fz	Fx	Fy	My	Mx	Mt	Nmax	Nmin	V
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN m]	[kN m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN m]	[kN m]	[kN m]	[kN]	[kN]	[kN]
SLU_1_A	-2056.25	0	-192.90	0	-1041.49	7 744	0	-193	0	-752	0	1 005	931	24
SLU_1_A	-1144.00	0	1345.02	0	3583.85	8 656	0	1 345	0	1 566	0	1 159	1 005	168
SLU_1_B	-1781.54	0	-169.85	0	-902.95	8 018	0	-170	0	-648	0	1 034	970	21
SLU_1_B	-1161.23	0	1106.81	0	3068.86	8 639	0	1 107	0	1 409	0	1 149	1 010	138
SLU_2_A	-1928.07	0	-194.07	0	-1196.62	7 872	0	-194	0	-906	0	1 029	939	24
SLU_2_A	-1155.15	0	1295.54	0	3629.12	8 645	0	1 296	0	1 686	0	1 164	997	162
SLU_2_B	-1928.07	0	-194.07	0	-1196.62	7 872	0	-194	0	-906	0	1 029	939	24
SLU_2_B	-1155.15	0	1295.54	0	3629.12	8 645	0	1 296	0	1 686	0	1 164	997	162
SLU_5_A	-648.94	0	-252.05	0	-284.98	9 151	0	-252	0	93	0	1 148	1 139	32
SLU_5_A	-621.92	0	49.39	0	402.34	9 178	0	49	0	328	0	1 163	1 131	6
SLU_5_B	-831.36	0	-189.13	0	-168.85	8 969	0	-189	0	115	0	1 127	1 115	24
SLU_5_B	-680.55	0	188.00	0	641.74	9 119	0	188	0	360	0	1 158	1 122	23
SISMA_SLV	-1035.52	0	18.69	0	-397.65	8 764	0	19	0	-426	0	1 117	1 075	2
SISMA_SLV	-867.70	0	598.25	0	1813.26	8 932	0	598	0	916	0	1 162	1 071	75
SLU_3_A	-2056.25	0	-54.92	0	-470.92	7 744	0	-55	0	-389	0	987	949	7
SLU_3_A	-1144.00	0	1128.38	0	2584.59	8 656	0	1 128	0	892	0	1 126	1 038	141
SLU_3_B	-1781.54	0	-58.10	0	-475.27	8 018	0	-58	0	-388	0	1 021	983	7
SLU_3_B	-1161.23	0	890.17	0	2069.60	8 639	0	890	0	734	0	1 116	1 044	111



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	91 di 106

SLU_4_A	-1928.07	0	16.12	0	-292.96	7 872	0	16	0	-317	0	1 000	968	2
SLU_4_A	-1155.15	0	1006.68	0	2296.78	8 645	0	1 007	0	787	0	1 119	1 042	126
SLU_4_B	-1928.07	0	-10.10	0	-435.86	7 872	0	-10	0	-421	0	1 005	963	1
SLU_4_B	-1155.15	0	1006.68	0	2296.78	8 645	0	1 007	0	787	0	1 119	1 042	126
SLU_6_A	-2056.25	0	23.74	0	-42.24	7 744	0	24	0	-78	0	972	964	3
SLU_6_A	-1144.00	0	1128.38	0	2584.59	8 656	0	1 128	0	892	0	1 126	1 038	141
SLU_6_B	-1781.54	0	46.79	0	96.31	8 018	0	47	0	26	0	1 004	1 001	6
SLU_6_B	-1161.23	0	890.17	0	2069.60	8 639	0	890	0	734	0	1 116	1 044	111
SLU_7_A	-2056.25	0	23.74	0	-42.24	7 744	0	24	0	-78	0	972	964	3
SLU_7_A	-1144.00	0	1128.38	0	2584.59	8 656	0	1 128	0	892	0	1 126	1 038	141
SLU_7_B	-1781.54	0	46.79	0	96.31	8 018	0	47	0	26	0	1 004	1 001	6
SLU_7_B	-1161.23	0	890.17	0	2069.60	8 639	0	890	0	734	0	1 116	1 044	111
SLU_1_A	-2059.68	0	-1340.73	0	-3570.35	7 740	0	-1 341	0	-1 559	0	1 045	891	168
SLU_1_A	-1147.43	0	197.19	0	1054.99	8 653	0	197	0	759	0	1 119	1 044	25
SLU_1_B	-1784.97	0	-1102.51	0	-3055.35	8 015	0	-1 103	0	-1 402	0	1 071	933	138
SLU_1_B	-1164.66	0	174.15	0	916.45	8 635	0	174	0	655	0	1 112	1 047	22
SLU_2_A	-1931.50	0	-1291.24	0	-3615.62	7 869	0	-1 291	0	-1 679	0	1 066	901	161
SLU_2_A	-1158.58	0	198.36	0	1210.12	8 641	0	198	0	913	0	1 125	1 035	25
SLU_2_B	-1931.50	0	-1291.24	0	-3615.62	7 869	0	-1 291	0	-1 679	0	1 066	901	161
SLU_2_B	-1158.58	0	198.36	0	1210.12	8 641	0	198	0	913	0	1 125	1 035	25
SLU_5_A	-651.34	0	-45.09	0	-388.93	9 149	0	-45	0	-321	0	1 159	1 128	6
SLU_5_A	-624.32	0	256.34	0	298.40	9 176	0	256	0	-86	0	1 151	1 143	32
SLU_5_B	-833.76	0	-183.71	0	-628.32	8 966	0	-184	0	-353	0	1 138	1 103	23
SLU_5_B	-682.95	0	193.43	0	182.27	9 117	0	193	0	-108	0	1 145	1 134	24
SISMA_SLV	-1036.55	0	-584.45	0	-1769.46	8 763	0	-584	0	-893	0	1 140	1 051	73
SISMA_SLV	-868.64	0	-4.63	0	441.96	8 931	0	-5	0	449	0	1 139	1 094	1
SLU_3_A	-2059.68	0	-1124.09	0	-2571.09	7 740	0	-1 124	0	-885	0	1 011	924	141
SLU_3_A	-1147.43	0	59.21	0	484.42	8 653	0	59	0	396	0	1 101	1 062	7
SLU_3_B	-1784.97	0	-885.88	0	-2056.10	8 015	0	-886	0	-727	0	1 038	966	111
SLU_3_B	-1164.66	0	62.39	0	488.77	8 635	0	62	0	395	0	1 099	1 060	8
SLU_4_A	-1931.50	0	-1002.39	0	-2283.28	7 869	0	-1 002	0	-780	0	1 022	945	125
SLU_4_A	-1158.58	0	-11.83	0	306.46	8 641	0	-12	0	324	0	1 096	1 064	1
SLU_4_B	-1931.50	0	-1002.39	0	-2283.28	7 869	0	-1 002	0	-780	0	1 022	945	125
SLU_4_B	-1158.58	0	14.39	0	449.36	8 641	0	14	0	428	0	1 101	1 059	2
SLU_6_A	-2059.68	0	-1124.09	0	-2571.09	7 740	0	-1 124	0	-885	0	1 011	924	141
SLU_6_A	-1147.43	0	-19.45	0	55.74	8 653	0	-19	0	85	0	1 086	1 077	2
SLU_6_B	-1784.97	0	-885.88	0	-2056.10	8015	0	-886	0	-727	0	1038	966	111
SLU_6_B	-1164.66	0	-42.49	0	-82.81	8635	0	-42	0	-19	0	1080	1078	5
SLU_7_A	-2059.68	0	-1124.09	0	-2571.09	7 740	0	-1 124	0	-885	0	1 011	924	141
SLU_7_A	-1147.43	0	-19.45	0	55.74	8 653	0	-19	0	85	0	1 086	1 077	2



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	92 di 106

SLU_7_B	-1784.97	0	-885.88	0	-2056.10	8 015	0	-886	0	-727	0	1 038	966	111
SLU_7_B	-1164.66	0	-42.49	0	-82.81	8 635	0	-42	0	-19	0	1 080	1 078	5
											Sollecitazioni da telai	1 164	891	168
											Sollecitazioni globali	11057	8460	1597

larghezza piedritto B 9.5 m

Verifica dei pali capacità portante

DATI GENERALI

D	=	1500 mm	diametro palo
L	=	30.00 m	lunghezza palo
L/D	=	20.00 m	rapporto lunghezza/diametro
Z _D	=	2.50 m	profondità testa palo da piano campagna
γ _t	=	20 kN/m ³	peso specifico terreno sopra piano di posa
Z _w	=	21.00 m	profondità della falda da testa palo
γ _w	=	10 kN/m ³	peso specifico dell'acqua (=0 in assenza di falda)

PARAMETRI GEOTECNICI

	profondità da testa palo			potenza	peso unità di volume	angolo di attrito	coesione drenata	coesione non drenata	coeff parziale	coeff parziale	coeff parziale	coeff parziale	angolo di attrito di calcolo	coesione drenata di calcolo	coesione non drenata di calcolo	peso palo alleggerito	Nspt	t _{lim_max}
	da	a	h															
	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[kPa]	[-]	[-]	[-]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]	[-]	[kPa]	
unità 1 GS*	0.0	21.0	21.0	20.0	39.0	0.0	0.0	0.0	1	1	1	1	39.0	0.0	0.0	556.7	40.0	120
unità 2 SG	21.0	30.0	9.0	20.0	35.0	0.0	0.0	0.0	1	1	1	1	35.0	0.0	0.0	238.6	40.0	120

CALCOLO RESISTENZA LATERALE

	press interstiz	press interstiz	tens vertic	tens vertic	tens vertic	tens vertic	coeff di attrito	coeff di adesione	resist laterale	resist laterale	α _{CU_max}		
	tetto	base	tetto	base	efficace tetto	efficace base			media in condiz drenate	in condiz non drenate			
	u _t	u _b	σ _{vt}	σ _{vb}	σ' _{vt}	σ' _{vb}	K	μ	α	τ _{d,D}	τ _{d,UD}	[kPa]	
	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[-]	[-]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	
unità 1 GS*	0	0	50	470	50	470	0.371	0.81	0	78.0	78.0	0.0	78.04
unità 2 SG	0	90	470	650	470	560	0.426	0.70	0.0	153.8	153.8	0.0	153.77

CALCOLO DELLA PORTANZA IN CONDIZIONI DRENATE (SLU)

Portanza laterale

τ_s	=	100.8 kPa	resistenza tangenziale unitaria media
R_{s1}	=	14244.9 kN	resistenza laterale
$\tau_{lim\ max}$	=	160.0 kPa	resistenza tangenziale unitaria media limite

Portanza alla base

σ'_{vb}	=	560 kPa	tensione verticale efficace base palo
ϕ_d'	=	35.0 °	angolo di attrito di calcolo unità di base
c_d'	=	0.0 kPa	coesione drenata di calcolo unità di base
N'_q	=	15.6	fattore di capacità portante
N'_c	=	20.9	fattore di capacità portante in condizioni drenate
q_b	=	8740 kPa	resistenza unitaria alla base in condizioni drenate
q_b	=	7500 kPa	resistenza unitaria alla base in condizioni drenate $q_{lim} = 7500$ kPa
R_b	=	13254 kN	resistenza alla base in condizioni drenate di calcolo

Resistenze caratteristiche

$\xi_{3,1}$	=	1.70	fattore di correlazione funzione del numero di verticali indagate
$R_{s,k1}$	=	8379.4 kN	resistenza laterale caratteristica
$R_{b,k}$	=	7796.2 kN	resistenza alla base caratteristica

Calcolo della resistenza di progetto

		comb1	comb2	
$\gamma_{R,s}$	=	1.15	FALSE	coefficiente parziale resistenza laterale
$\gamma_{R,b}$	=	1.35	FALSE	coefficiente parziale resistenza alla base
$R_{s,d}$	=	7286.4	-	kN resistenza laterale di progetto
$R_{b,d}$	=	5775.0	-	kN resistenza alla base di progetto
W'_{palo}	=	795.2	-	kN peso efficace del palo
$\gamma_{g,palo}$	=	1.30	-	coefficiente parziale peso palo
R_d	=	13061.4	-	kN resistenza di progetto del palo
P	=	11057.0	-	kN carico assiale testa palo (max compressione)
FS	=	1.18	-	coefficiente di sicurezza (se >1 verifica soddisfatta)



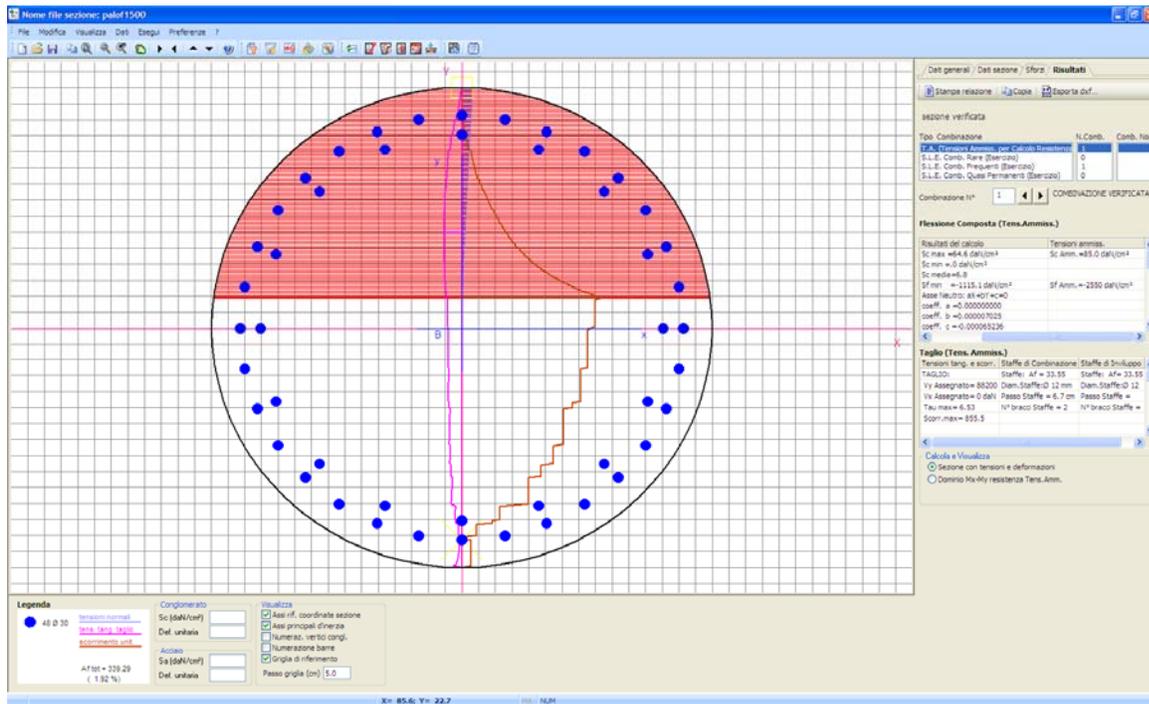
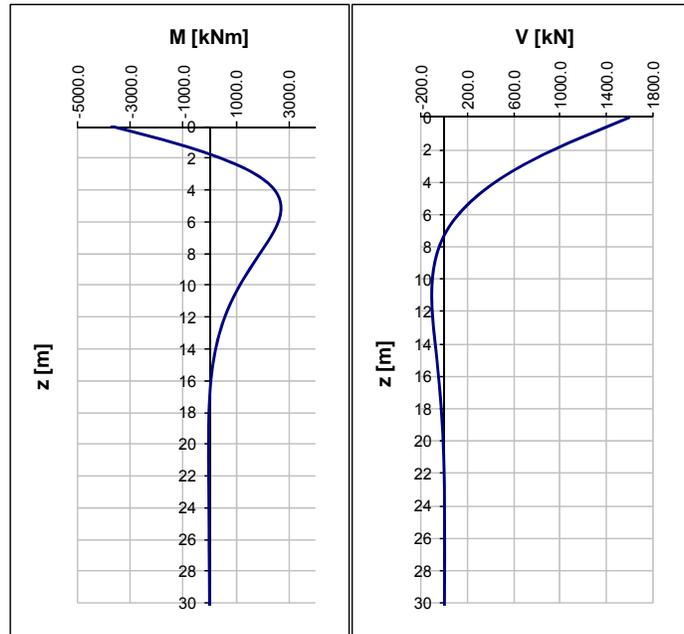
POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

VI06 - VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	94 di 106

Verifica a pressoflessione e taglio dei pali

	=	Vmax	
E	=		31 447.16
D	=		1 500.00
J	=		0.25
Et	=		25.00
v	=		0.20
K	=		30 000.00
B	=		2.25
E _s	=		67 500.00
L0	=		4.64
h	=		0.00
V _{max}	=		1 597.00
M _{max}	=		3 704.19
d _{max}	=		5.10
z	=		4.00
M(z)	=		2 454.43
V(z)	=		438.75





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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	96 di 106

La verifica delle sezione di testa del palo **armata con 32+16 ϕ 30 (gabbia1) e spirale ϕ 16 passo 15cm** è riportata di seguito:

Vmax															
	Z _{in} [m]	Z _{in} [m]	D [mm]	c' [mm]	n°ferri [adim]	D ferri [mm]	Af_conc [mm ²]	y_conc [mm]	f _{cd} [MPa]	f _{yd} [MPa]	flag	M _{Ed} [kN*m]	N _{Ed} [N]	M _{res} (N=Ned) [kN*m]	FS
gabbia n.1	-1.10	10.00	1 500.0	0.00	48.00	30.00	0.00	0.00	14.11	391.30	50.00	3 704.2	-8 460 000.0	9 615.9	2.60
Vmax															
	Z _{in} [m]	Z _{in} [m]	D [mm]	c' [mm]	n°ferri [adim]	D ferri [mm]	Af_conc [mm ²]	y_conc [mm]	f _{cd} [MPa]	f _{yd} [MPa]	flag	M _{Ed} [kN*m]	N _{Ed} [N]	M _{res} (N=Ned) [kN*m]	FS
gabbia n.2	10.00	30.00	1 500.0	0.00	16.00	30.00	0.00	0.00	14.11	391.30	50.00	2 454.4	-8 460 000.0	5 550.5	2.26

Sollecitazioni

V	=	1597.0	kN	taglio di calcolo
N	=	8460.0	kN	sforzo assiale di calcolo

Geometria

D	=	1500	mm	diametro sezione
d	=	1420	mm	altezza utile
d _e	=	1103.8	mm	altezza utile equivalente
b _{we}	=	1350	mm	base equivalente

Materiali

R _{ck}	=	30		resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	25	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
g _c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
a _{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' _{cd}	=	7.055	MPa	resistenza ridotta
g _s	=	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	97 di 106

Verifica per elementi provisti di armatura a taglio

\varnothing_w	=	16.0	mm	diametro dell'armatura a taglio
a	=	90.0	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	150.0	mm	passo staffe in direzione longitudinale
n_{br}	=	2.0		numero bracci
A_{sw}	=	402.1	mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg θ	=	2.0		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
s_{cp}	=	2.8	MPa	tensione media calcestruzzo
a_c	=	1.3		
V_{Rsd}	=	2084.2	kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	4730.8	kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	2084.2	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.31		

Da ciò ne risulta un'incidenza per metro lineare di palo pari a :

Pali	diametro	Area						
Sezione	1.5	1.76625	diametro	strati	n° barre	Peso(kg/ml)	Lung. tratto	Peso tratto
Armatura di forza 1° tratto	30	1	48	266.21	8	2129.7		
Armatura di forza 2° tratto	30	1	32	177.47	18.5	3283.2		
spirale 1 tratto	12	0.0625	4.7124	66.91	3	200.7		
spirale 2 tratto	12	0.25	4.7124	16.73	21	351.3		
					21.5	5964.9		
			incidenza	277.4	kg/ml			
			Arrotondato a	280	kg/ml			

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	98 di 106

Verifica carico limite orizzontale

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI INCOERENTI

Dati di Calcolo	=	Vmax	
D	=	1.5 m	diámetro palo
L	=	30.0 m	lunghezza palo
L/D	=	20.0 m	
My	=	9615.9 kNm	momento di plasticizzazione del palo
f'	=	35.0 °	angolo d'attrito
kp	=	3.7	coefficiente di spinta passiva
g	=	20.0 kN/m ³	peso unità di volume (g' se è presente falda)
palo corto			
Qlim,1	=	149452.0 kN	carico limite per palo corto
Mmax	=	2989039.6 kNm	momento massimo
palo intermedio			
Qlim,2	=	50137.9 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	17.5 m	
Mmax	=	583293.7 kNm	momento massimo
palo lungo			
Qlim,3	=	5250.7 kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO	meccanismo di rottura
Qlim,m	=	5250.7 kN	carico limite (valore medio)
x	=	1.70	fattore di correlazione
Qlim,k	=	3088.7 kN	carico limite (valore caratteristico)
gT	=	1.30	coefficiente parziale
Qlim,d	=	2375.9 kN	carico limite (valore di progetto)
Fh	=	1597.0 kN	azione trasversale testa palo
check	=	1.49	se >1 verifica soddisfatta

Verifica mensola di valle

Si effettua la verifica della sezione del plinto di altezza $h=1.5m$, ipotizzando un meccanismo di trasferimento degli sforzi a mensola tozza. Operando a favore di sicurezza si considera un **braccio del puntone compresso di 25cm**. L'altezza efficace della mensola è posta pari a 1.4m. ipotizzando una diffusione a 45° fino al piano medio del plinto si riporta la verifica tirante-puntone disponendo **2 strati di $\Phi 24/15cm$** .

Sollecitazioni suola di valle

γ_{cls}	25.00 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
B_y	11.20 m	larghezza y plinto di fondazione
B_z	1.50 m	spessore del plinto di fondazione
l_m	1.10 m	lunghezza mensola di valle
P_m	41.25 kN/m	peso della mensola di valle al metro
N_{max}	11057.0 kN	massimo carico sui pali (sisma)
x	8.90 m	coordinata x allineamento pali interno ponte
e_x	0.25 m	eccentricità carico pali paramento
n_1	3	num pali allineati

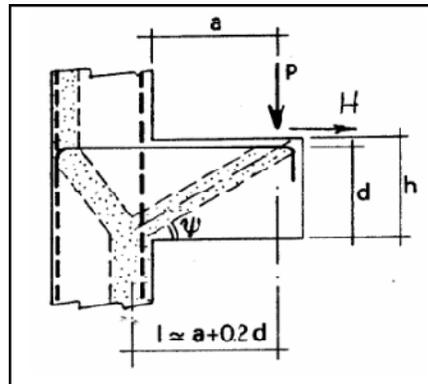
Circolare applicazione NTC C4.1.2.1.5

Calcestruzzo

R_{ck}	30	N/mm ²
f_{ck}	25	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	14.1	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²



Caratteristiche geometriche

a	25	cm
b	300	cm
h mensola	140	cm
copriferro	15	cm
d	125	cm
l	50	cm
ψ	66	°
$\lambda = \text{ctg}\psi$	0.44	
c	1.00	



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	100 di 106

Armatura

n	40.00	
∅	24	mm
A _s	181.0	cm ²

Sollecitazioni

P _{Ed}	11057.0	kN
H _{Ed}		kN

$$P_R = P_{R_s} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda}$$

Resistenza

P _{RS}	15 932	kN	> P _{Ed}
P _{RC}	17 674	kN	> P _{Ed}

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

Verifica mensola di monte

Sollecitazioni suola di monte

γ _{cls}	25.00	kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
B _y	11.20	m	larghezza y plinto di fondazione
B _z	1.50	m	spessore del plinto di fondazione
H _z	7.40	m	altezza ricoprimento a tergo spalla
l _m	7.40	m	lunghezza mensola
γ _t	20.00	kN/m ³	peso specifico terreno a tergo spalla
P _{pt}	1095	kN/m	peso del terreno a tergo spalla al metro
P _{pm}	277.5	kN/m	peso della mensola di monte al metro
ext	3.7	m	eccentricità del peso del terreno
ex _m	3.7	m	eccentricità del peso della mensola di valle
N _{min}	1597.0	kN	minimo carico sui pali (sisma)
x	1.10	m	coordinata x allineamento pali interno ponte
ex	6.30	m	eccentricità carico pali paramento
n ₁	3		num pali allineati
F _z	-945	kN/m	Taglio
M _y	-2384	kNm/m	Momento

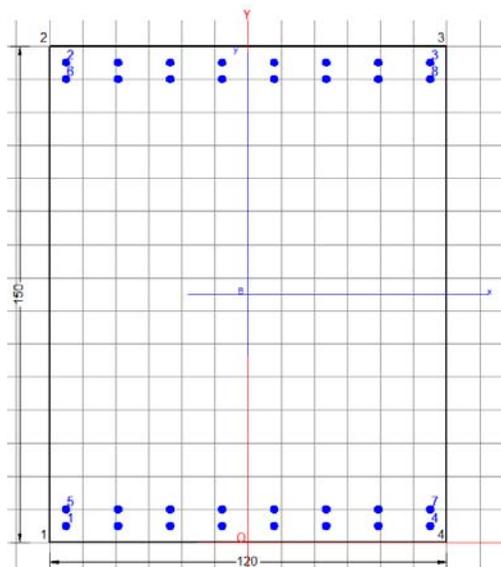
VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	101 di 106

Si dispongono **2 strati di $\Phi 24/15\text{cm}$** .

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: mensola monte



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

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resist. compr. di calcolo f_{cd} :	14.160 MPa
	Resist. compr. ridotta f_{cd}' :	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza $ec2$:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu :	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale E_c :	31475.0 MPa
	Resist. media a trazione f_{ctm} :	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. f_{yk} :	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura f_{tk} :	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo f_{yd} :	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo f_{td} :	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo E_{pu} :	0.068
	Modulo Elastico E_f :	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	102 di 106

Coef. 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: C25/30

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-60.0	0.0
2	-60.0	150.0
3	60.0	150.0
4	60.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-55.0	5.0	24
2	-55.0	145.0	24
3	55.0	145.0	24
4	55.0	5.0	24
5	-55.0	10.0	24
6	-55.0	140.0	24
7	55.0	10.0	24
8	55.0	140.0	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	2	3	6	24
2	1	4	6	24
3	5	7	6	24
4	6	8	6	24

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 20 mm
 Passo staffe e legature: 40.0 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA MDL1	LOTTO 12	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO VI 06 00 001	REV. X	FOGLIO 103 di 106
--	-------------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	----------------------

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	0.00	-2860.80	0.00	1134.00	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	0.00	-2043.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-2860.80	0.00	0.00	-3899.72	0.00	1.363	72.4(25.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01818	-60.0	0.0	0.00181	-55.0	5.0	-0.04540	-55.0	145.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	104 di 106

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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000337269	0.003500000	0.072	0.700

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio di progetto [kN] = proiez. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	1134.00	5543.64	1203.18	145.0	120.0	45.00°	1.000	22.2	23.6(7.9)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.02	-60.0	0.0	-219.5	39.3	145.0	2640	72.4	5.0	1.00



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	105 di 106

In direzione trasversale si dispone 1 strato di $\phi 24/15$. Complessivamente si ha una incidenza di armatura sul plinto così determinata:

Plinto	Base	Altezza			
Sezione		1	1.5		
	diametro	passo	n° strati	Peso	
Armatura di forza superiore	24	0.15	2	47.33	kg
Armatura di forza inferiore	24	0.15	2	47.33	kg
Ripartitori superiori	20	0.15	1	16.43	kg
Ripartitori inferiori	20	0.15	1	16.43	kg
Legature	1%	1	1	11.20	kg
			sommano	138.66	kg
			incidenza	92.44	kg/mc
			Arrotondato a	100.0	kg/mc



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

VI06 – VIADOTTO SUL CANALE VILLORESI
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	VI 06 00 001	X	106 di 106

15 INCIDENZE ARMATURE

Le incidenze calcolate vengono sintetizzate di seguito:

- **Impalcato:** 200 kg/m³;
- **Fondazione:** 100 kg/m³;
- **Pali:** 280 kg/m³.