

COMMITTENTE



DIREZIONE INVESTIMENTI

PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

PROGETTO DEFINITIVO

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO - SASSARI - OLBIA

VARIANTE DI BONORVA - TORRALBA

VIADOTTO VI01 STRUTTURA MISTA

*Relazione di Calcolo Pile e Fondazioni*

SCALA:

-

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

**R R 0 H** **0 4** **D** **1 3** **CL** **VI 0 1 0 5** **0 0 1** **B**

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
B	Emissione a seguito parere CSLPP	P.Tortolini	Novembre 2018	A. Ciavarella	Novembre 2018	T.Paoletti	Novembre 2018	L. Berardi
A	Emissione Esecutiva	P.Tortolini	Marzo 2018	A. Ciavarella	Marzo 2018	T.Paoletti	Marzo 2018	Novembre 2018



File: RR0H04D13CLVI0105001A\_R1.docx

n. Elab.:

## *INDICE*

1	INTRODUZIONE .....	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	13
3	MATERIALI .....	14
3.1	Calcestruzzo .....	14
3.2	Acciaio da armatura ordinaria.....	15
3.3	Acciaio armonico stabilizzato per trefoli .....	15
4	CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	16
5	ANALISI DEI CARICHI .....	17
5.1	Carichi da impalcato .....	17
5.1.1	Pesi strutturali impalcato (G1).....	17
5.1.2	Carichi permanenti portati impalcato (G2).....	18
5.1.3	Azioni variabili da traffico ferroviario.....	18
5.1.4	Vento impalcato.....	22
5.1.5	Resistenze parassite appoggi impalcato (RES).....	24
5.2	Pesi propri delle sottostrutture (G1).....	24
5.3	Vento su pila .....	25
5.4	Azione sismica (E).....	26
6	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL FUSTO PILA.....	29
6.1	Calcolo dell'azione sismica.....	29
6.1.1	Pila H=20.8 m.....	29
6.1.2	Pila H=15.1 m.....	30
6.1.3	Pila H=10.3 m.....	32
6.2	Sollecitazioni elementari da impalcato .....	34

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	3 di 128

6.2.1	Pila H=20.8m.....	34
6.2.2	Pila H=15.1m.....	35
6.2.3	Pila H=10.3m.....	36
6.3	Sollecitazioni elementari base pila.....	37
6.3.1	Pila H=20.8m.....	37
6.3.2	Pila H=15.1m.....	38
6.3.3	Pila H=10.3m.....	39
6.4	Combinazioni dei carichi .....	40
6.5	Sollecitazioni combinate base pila.....	42
6.5.1	Pila H=20.8m.....	42
6.5.2	Pila H=15.1m.....	43
6.5.3	Pila H=10.3m.....	44
6.6	Verifiche strutturali del fusto pila H= 20.8m.....	45
6.6.1	Calcolo dell'armatura minima .....	45
6.6.2	Verifica a flessione SLU e SLV .....	47
6.6.3	Verifica a taglio SLU e SLV.....	50
6.6.4	Verifica a fessurazione.....	52
6.7	Verifiche strutturali del fusto pila H= 15.1 m.....	53
6.7.1	Calcolo dell'armatura minima .....	53
6.7.2	Verifica a flessione SLU e SLV .....	55
6.7.3	Verifica a taglio SLU e SLV.....	58
6.7.4	Verifica a fessurazione.....	60
6.8	Verifiche strutturali del fusto pila H= 10.3 m.....	61
6.8.1	Calcolo dell'armatura minima .....	61

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	4 di 128

6.8.2	Verifica a flessione SLU e SLV .....	63
6.8.3	Verifica a taglio SLU e SLV.....	66
6.8.4	Verifica a fessurazione.....	68
7	VERIFICHE DELLE FONDAZIONI .....	69
7.1	Sollecitazioni elementari intradosso fondazione.....	69
7.1.1	Pila H=20.8m.....	69
7.1.2	Pila H=15.1m.....	70
7.1.3	Pila H=10.3m.....	71
7.2	Combinazioni di carico .....	72
7.3	Sollecitazioni combinate intradosso fondazione.....	74
7.3.1	Pila H=20.8m.....	74
7.3.2	Pila H=15.1 m.....	75
7.3.3	Pila H=10.3 m.....	76
7.4	Verifiche strutturali del plinto.....	77
7.4.1	Plinto 12x12x3m (Pila H=20.8 m).....	77
7.4.2	Plinto 10x10x2.5m (Pila H=15.1 m).....	88
7.4.3	Plinto 8.6x8.6x2.3m (Pila H=10.5m).....	99
7.5	Verifiche geotecniche .....	110
7.5.1	Plinto 12x12x3 m (Pila H=20.8 m).....	110
7.5.2	Verifica nei confronti della capacità portante.....	111
7.5.3	Verifica a scorrimento .....	113
7.5.4	Plinto 10x10x2.5m (Pila H=15.1 m).....	114
7.5.5	Verifica nei confronti della capacità portante.....	114
7.5.6	Verifica a scorrimento .....	116

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	5 di 128

7.5.7	Plinto 8.6x8.6x2.3m (Pila H=10.3 m).....	118
7.5.8	Verifica nei confronti della capacità portante.....	118
7.5.9	Verifica a scorrimento .....	120
7.6	Verifica a ribaltamento.....	122
7.6.1	Plinto 12x12x3m (Pila H=20.8 m).....	124
7.6.2	Plinto 10x10x2.5m (Pila H=15.1 m).....	125
7.6.3	Plinto 8.6x8.6x2.3m (Pila H=10.3 m).....	127
8	INCIDENZA ARMATURE .....	128

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione riporta le analisi e verifiche che hanno condotto al dimensionamento delle pile del viadotto VI01 della variante di Bonorva nell'ambito del progetto definitivo relativo alla "Velocizzazione linea San Gavino - Sassari - Olbia".

L'opera è funzionale ad una linea ferroviaria di categoria D4, con velocità di progetto di 140 km/h.

Il viadotto in oggetto è caratterizzato da travi poggiate a struttura mista di luce 30m, 40m e 45m. L'opera presenta 6 pile con fondazione diretta, essendo il sottosuolo caratterizzato da una matrice rocciosa ad elevate caratteristiche geomeccaniche. Le pile dell'opera presentano altezze compresa tra i 10 ed 21m, esse sono caratterizzate da una sezione scatolare cava, con geometria pseudorettangolare di dimensione esterne pari a 6x3.2m, lo spessore delle pareti è pari a 0.40m per le pile con altezza compresa tra 10 e 15m e 0.50m per le pile con altezza maggiore di 15m. Sono presenti 3 tipologie di plinti di fondazione tutti di dimensione in pianta quadrata: per le pile di altezza fino ad 11m la fondazione ha lati da 8.6m e spessore 2.3m, per le pile di altezza compresa tra 11 e 15 m, il plinto di fondazione presenta un lati da 10m e spessore 2.5m, per le pile più alte il plinto di fondazione presenta lati da 12m e spessore 3m.

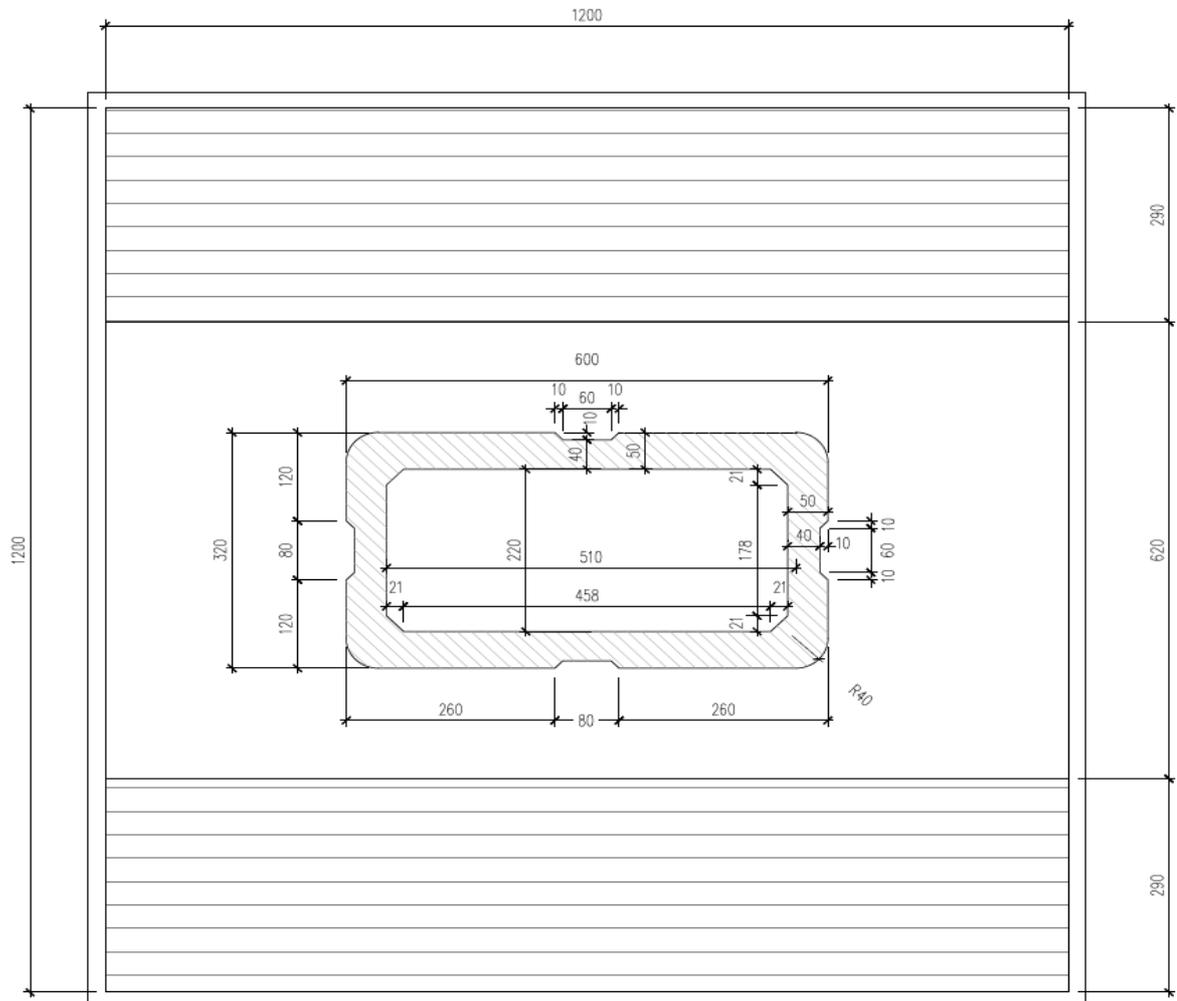
La presente relazione riporta i calcoli relativi alle tre tipologie di sottostrutture presenti:

- Pila di altezza  $H1=20.8\text{m}$  e fondazione  $12 \times 12 \times 3.0\text{m}$
- Pila di altezza  $H2= 15.1\text{ m}$  e fondazione  $10 \times 10 \times 2.5\text{m}$
- Pila di altezza  $H3= 10.3\text{ m}$  e fondazione  $8.6 \times 8.6 \times 2.3\text{m}$ .

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	7 di 128



**Figura 1: Pianta fondazioni 12x12x3.0m**

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

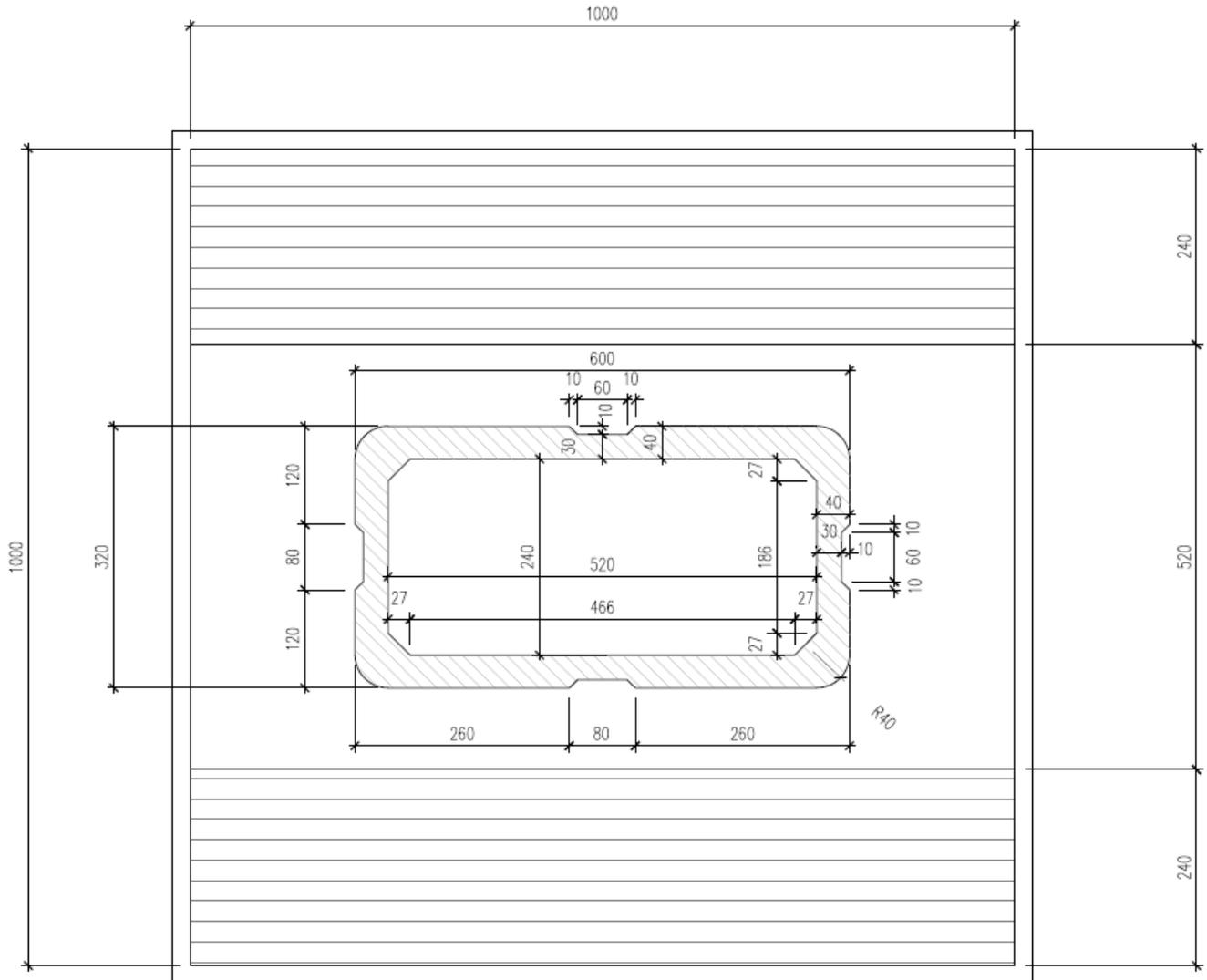
04

D13CL

VI0105001

B

8 di 128



**Figura 2: Pianta fondazioni 10x10x2.5m**

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

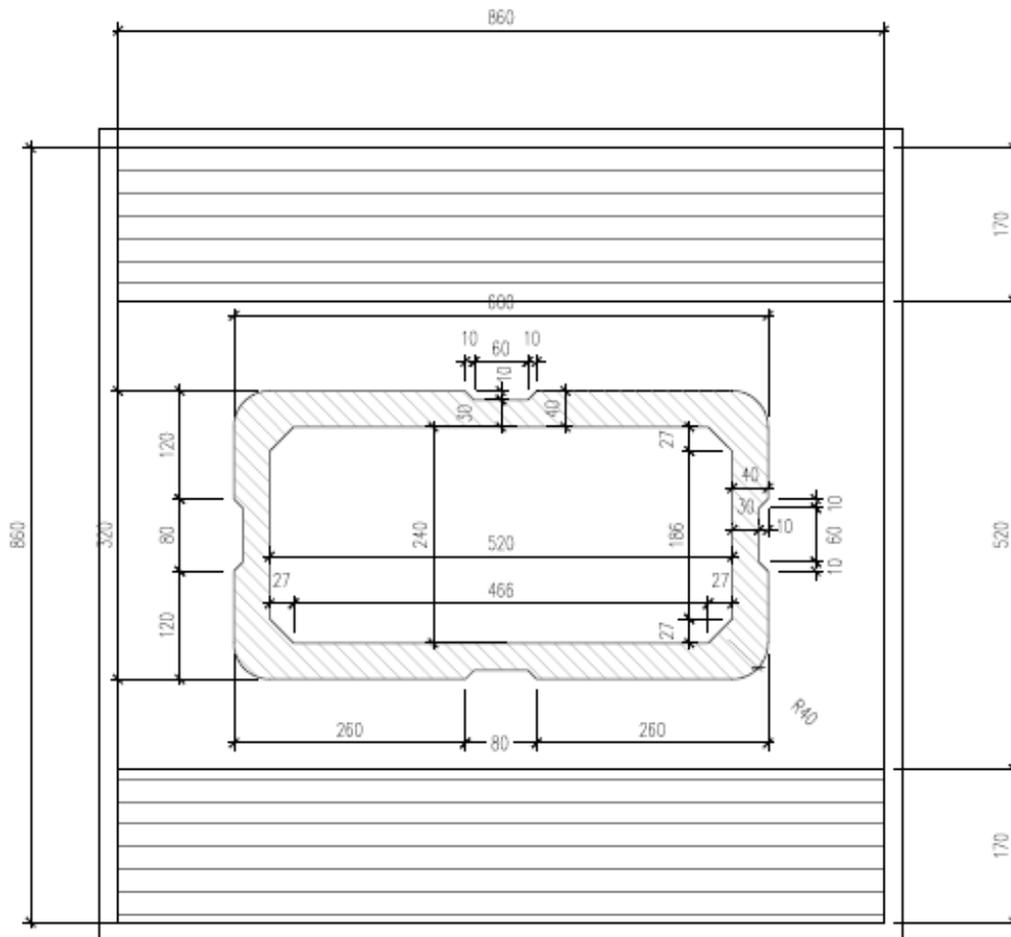
04

D13CL

VI0105001

B

9 di 128



**Figura 3: Pianta fondazioni 8.6x8.6x2.3m**



VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

04

D13CL

VI0105001

B

11 di 128

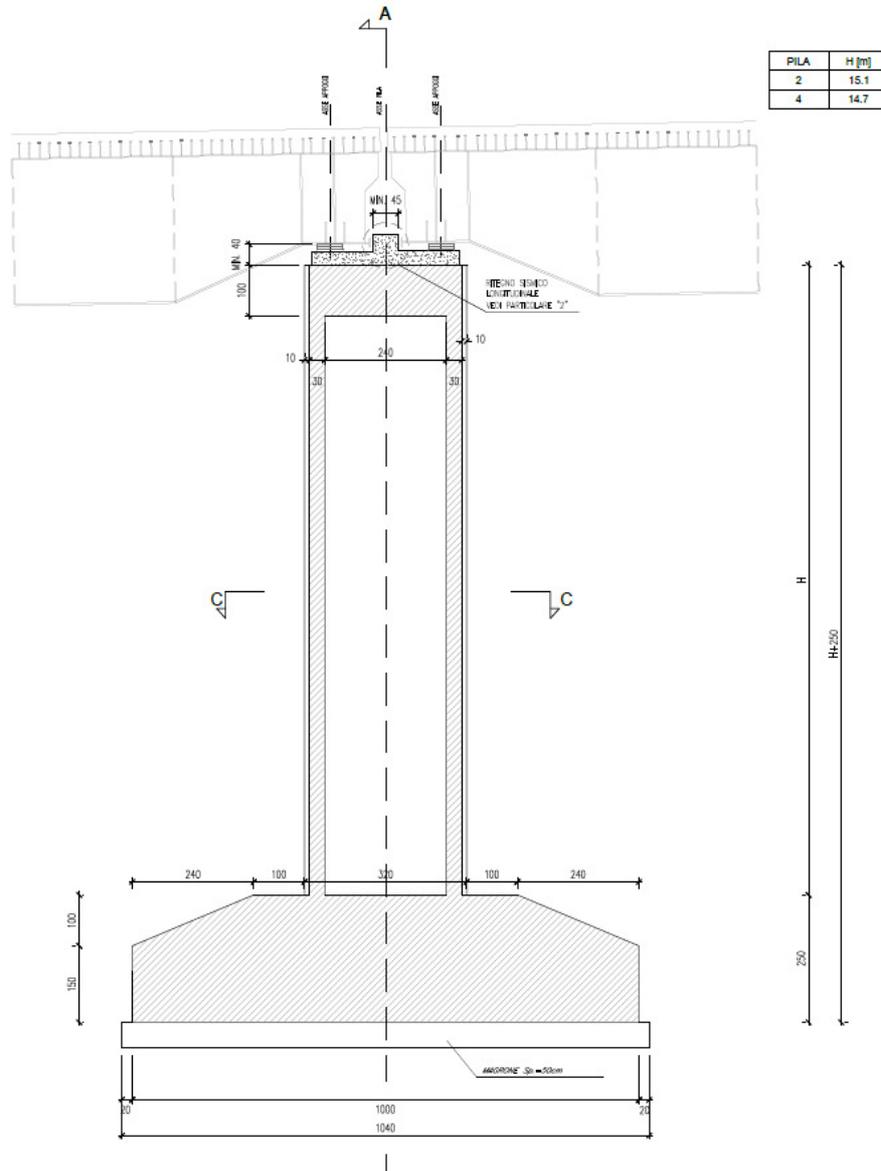
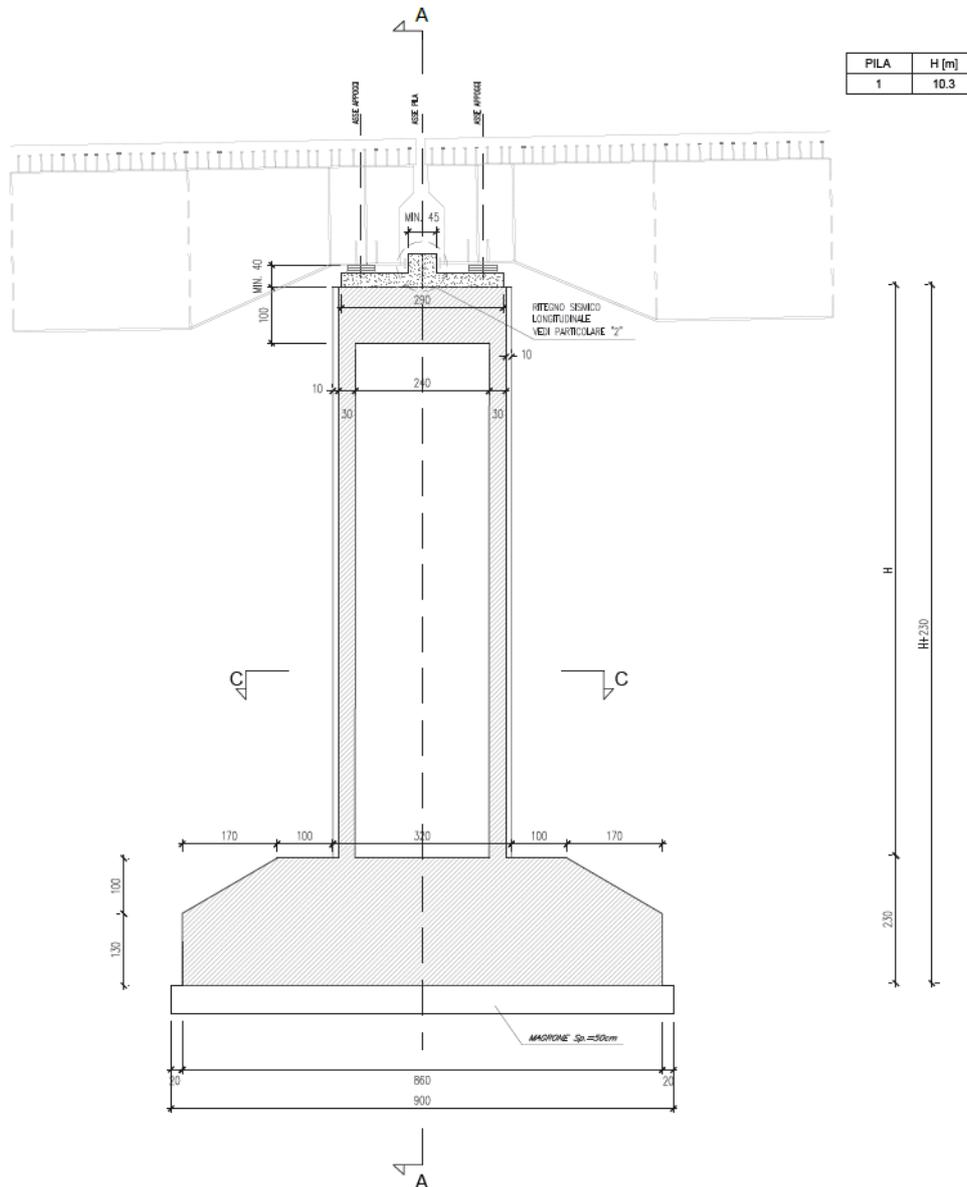


Figura 5: Sezione longitudinale pila H=15.1m



**Figura 6: Sezione longitudinale pila H=10.3m**

## 2      **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- D.P.R. n. 380/2001 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- D.M. del 14.01.2008 “*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*” (G.U. n.29 del 04.02.2008);
- Circolare del 02.02.2009 contenente le istruzioni per le l’applicazione delle “*Nuove norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. del 14.01.2008 (G.U. n.47 del 26.02.2009).
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A: “*Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.2 : Ponti e strutture* “ del 30/12/2016.
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A: *Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - sez.3. : Corpo stradale*” del 30/12/2016.
- Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “*infrastruttura*” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.
- EN 1991-2 “*Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2 : carichi da traffico sui ponti*”
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1 : Regole generali e regole per edifici*”
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi.*”
- EN 1993-1 “*Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1 : Regole generali e regole per edifici*”
- EN 1993-1-8 “*Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti*”
- EN 1993-1-9 “*Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Fatica*”
- EN 1993-2 “*Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 2 : Ponti di acciaio*”
- EN 1994-2 “*Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio- calcestruzzo - Parte 2 : Ponti*”
- EN 1997-1 “*Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1 : Regole generali.*”
- UNI EN 1337 – *Appoggi strutturali.*

### 3 MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo

- *Travi prefabbricate*

Classe C45/55

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 25.5$  Mpa

Modulo elastico  $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 36$  Gpa

Classe di esposizione = XC3

Classe di consistenza min = S4

Rapporto  $a/c_{max} = 0.45$

Copriferro minimo armatura ordinaria = 35 mm

Copriferro minimo armatura pretesa = 50 mm

- *Soletta d'impalcato*

Classe C32/40

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.1$  Mpa

Modulo elastico  $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 33$  Gpa

Classe di esposizione = XC3

Classe di consistenza min = S4

Rapporto  $a/c_{max} = 0.55$

Copriferro minimo armatura ordinaria = 40 mm

- *Getti in elevazione di pile e spalle (compresi baggioli e ritegni)*

Classe C32/40

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.1$  Mpa

Modulo elastico  $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 33$  Gpa

Classe di esposizione = XC4

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	15 di 128

Classe di consistenza min = S3

Rapporto  $a/c_{\max} = 0.50$

Copriferro minimo armatura ordinaria = 40 mm

- *Getti di fondazione*

Classe C25/30

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.2$  Mpa

Modulo elastico  $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 31$  Gpa

Classe di esposizione = XC2

Classe di consistenza min = S3

Rapporto  $a/c_{\max} = 0.60$

Copriferro minimo armatura ordinaria = 40 mm

- *Magrone*

Classe C12/15

Classe di esposizione = X0

### 3.2 Acciaio da armatura ordinaria

Acciaio tipo B450 C ( $f_{yk} = 450$  MPa)

Tensione di snervamento di calcolo  $f_{yd} = f_{yk}/1.15 = 391$  Mpa

Modulo elastico  $E_s = 200$  Gpa

### 3.3 Acciaio armonico stabilizzato per trefoli

Tensione caratteristica di rottura  $f_{ptk} = 1860$  Mpa

Tensione di snervamento di calcolo  $f_{p(1)k} = 1670$  Mpa

Modulo elastico  $E_s = 195$  Gpa

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	16 di 128

## 4 CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Con riferimento alla relazione geotecnica e al profilo geotecnico allegati al presente progetto, sono state assunti i seguenti parametri di calcolo relativi allo strato di terreno su cui sono state intestate le fondazioni delle sottostrutture.

### Tratta Geotecnica 1

**Strato: Ignimbriti e piroclastiti rioidacitiche alterate (IPDalt)**

$$\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$$

$$\varphi' = 51^\circ$$

$$c' = 100 \text{ Kpa}$$

$$E_m = 1300 \text{ Mpa}$$

Ai fini delle verifiche geotecniche, a vantaggio di sicurezza, il contributo della coesione del terreno di fondazione viene trascurato.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	17 di 128

## 5 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le corrispondenti verifiche degli elementi strutturali dell'opera.

Sono stati adottati i seguenti pesi specifici dei materiali da costruzione:

Cemento armato :  $\gamma_c = 25.00 \text{ KN/m}^3$

Acciaio strutturale :  $\gamma_s = 78.50 \text{ KN/m}^3$

### 5.1 Carichi da impalcato

#### 5.1.1 Pesi strutturali impalcato (G1)

Considerata la geometria dell'impalcato in oggetto per la singola campata si hanno i seguenti carichi strutturali:

Carpenteria metallica impalcato L=45m ( $i=4.50 \text{ KN/m}^2$ )\* =  $8.6 \text{ m} * 4.50 \text{ KN/m}^2 = \mathbf{38.70 \text{ kN/m}}$

Soletta ca (spessore medio 41 cm) =  $0.41 \text{ m} * 8.60 \text{ m} * 25 \text{ KN/m} = \mathbf{88.15 \text{ kN/m}}$   
**126.85 kN/m**

Carpenteria metallica impalcato L=40m ( $i=4.00 \text{ KN/m}^2$ )\* =  $8.6 \text{ m} * 4.00 \text{ KN/m}^2 = \mathbf{34.40 \text{ kN/m}}$

Soletta ca (spessore medio 41 cm) =  $0.41 \text{ m} * 8.60 \text{ m} * 25 \text{ KN/m} = \mathbf{88.15 \text{ kN/m}}$   
**122.50 kN/m**

Carpenteria metallica impalcato L=30m ( $i=3.50 \text{ KN/m}^2$ )\* =  $8.6 \text{ m} * 3.50 \text{ KN/m}^2 = \mathbf{30.10 \text{ kN/m}}$

Soletta ca (spessore medio 41 cm) =  $0.41 \text{ m} * 8.60 \text{ m} * 25 \text{ KN/m} = \mathbf{88.15 \text{ kN/m}}$   
**118.25 kN/m**

\* compresi traversi, controventi e giunzioni e piattame vario

**Il peso totale G1 per l'impalcato da 45m è dunque 5710 kN.**

**Il peso totale G1 per l'impalcato da 40m è dunque 4900 kN.**

**Il peso totale G1 per l'impalcato da 30m è dunque 3550 kN.**

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	18 di 128

### 5.1.2 Carichi permanenti portati impalcato (G2)

Il peso proprio della sovrastruttura ferroviaria (armamento, ballast, impermeabilizzazione, etc..) viene valutato tramite un peso di volume a pari a 20 kN/m<sup>3</sup> (ponte in curva) applicato ad un'altezza convenzionale di 0.8m .

Sovrastruttura ferroviaria	$0.8 \text{ m} * 3.7\text{m} * 20 \text{ KN/m}^3 = 59.2 \text{ kN/m}$
Muretti per marciapiedi FFP	$2 * 0.3 \text{ m} * 1.4\text{m} * 25 \text{ KN/m}^3 = 21 \text{ kN/m}$
Grigliato marciapiede FFP (50 kg/m <sup>2</sup> compresi i profili di supporto)	$2 * 2.0 \text{ m} * 0.5 \text{ KN/m}^2 = 2.0 \text{ kN/m}$
Barriere parapetto	$2 * 2.5 \text{ KN/m} = 5.0 \text{ kN/m}$
Canalette portacavi (2.0 KN/m)	<u>2.0 kN/m</u>
	<b>89.20 kN/m</b>

**Il peso totale G2 per l'impalcato da 45m è dunque 4015 kN.**

**Il peso totale G2 per l'impalcato da 40m è dunque 3570 kN.**

**Il peso totale G2 per l'impalcato da 30m è dunque 2680 kN.**

### 5.1.3 Azioni variabili da traffico ferroviario

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni più sfavorevoli prodotte dalle azioni variabili da traffico per le sottostrutture sono state prese in considerazione due configurazioni di carico delle campate afferenti la pila.

**Schema 1: Carichi da traffico presenti su entrambe le campate**

**Schema 2 : Carichi da traffico presenti solo sulla campata lato appoggio fisso**

Di seguito sono illustrati i modelli di traffico adottati per il calcolo delle sollecitazioni.

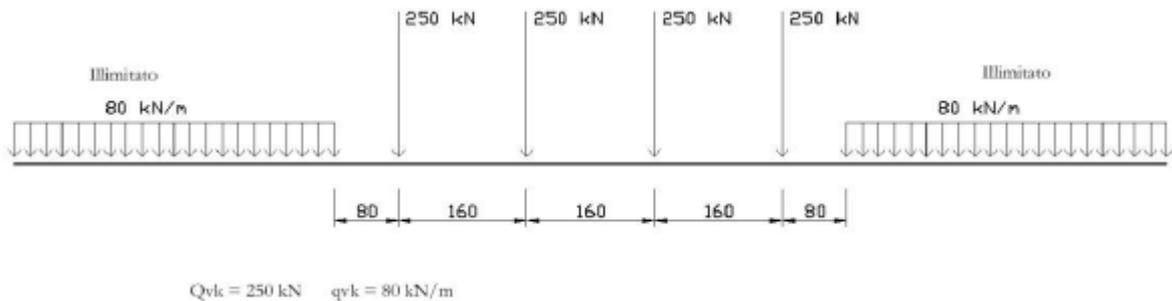
Traffico normale: Treno LM71

Questo treno di carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale e risulta articolato come da figura seguente:

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	19 di 128



*Figura 5.2.1 - Treno di carico LM71*

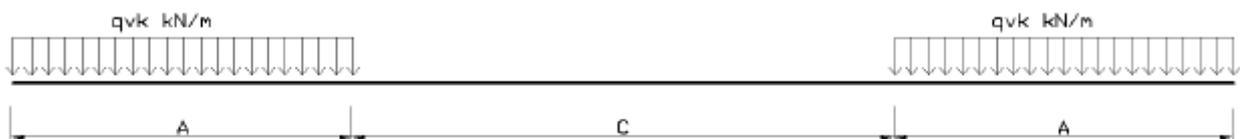
Per questo modello è prevista un'eccentricità di applicazione del carico rispetto all'asse teorico del binario pari a  $s/18$  ( $s = 1435$  mm, scartamento):

$$e_{LM71} = 80 \text{ mm}$$

I valori caratteristici del carico LM71 summenzionati devono essere incrementati per il coefficiente di adattamento  $\alpha = 1.1$

Traffico pesante: Treno SW/2

Questo treno di carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante e risulta articolato come da figura seguente:



*Fig. 5.2.2 Treno di carico SW*

	Qwk (KN/m)	A (m)	C(m)
SW/2	150	25.00	7.00

Traffico scarico

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	20 di 128

Il “treno scarico” è rappresentato da un carico uniformemente distribuito pari a 10 KN/m.

### Effetti dinamici

Si considera una linea con manutenzione standard

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.73 \quad \text{con la limitazione} \quad 1.0 \leq \Phi_3 \leq 2.0$$

con la lunghezza  $L_\Phi$  valutata secondo la Tabella 2.5.1.4.2.5.3-1 del manuale di progettazione Ponti RFI

- Travi principali - campata da 45m  $L_\Phi = L_c = 43.0$  m  **$\Phi_3 = 1.07$**
- Travi principali - campata da 40m  $L_\Phi = L_c = 38.0$  m  **$\Phi_3 = 1.09$**
- Travi principali - campata da 30m  $L_\Phi = L_c = 29.0$  m  **$\Phi_3 = 1.15$**

### Frenatura/ avviamento

I valori caratteristici considerati sono calcolati secondo :

Avviamento  $Q_{1a,k} = 33 \text{ KN/m} * L \leq 1000 \text{ kN}$  (modelli LM71 SW/0 SW/2)

Frenatura  $Q_{1b,k} = 20 \text{ KN/m} * L \leq 6000 \text{ kN}$  (modelli LM71 SW/0)

Frenatura  $Q_{1b,k} = 35 \text{ KN/m} * L$  (modelli SW/2)

I valori caratteristici devono essere moltiplicati al coefficiente  $\alpha$ .

- LM71 ( $\alpha=1.1$ ):

Campata [m]	Avviamento $Q_{1a,k}$ [kN]	Frenatura $Q_{1b,k}$ [kN]
45	1100	990
40	1100	880
30	1089	660

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	21 di 128

- SW/2 ( $\alpha=1.0$ ):

Campata (m)	Avviamento Q1a,k [kN]	Frenatura Q1b,k [kN]
45	1000	1330
40	1000	1155
30	990	875

### Serpeggio

Si considera una forza orizzontale concentrata agente sulla sommità della rotaia più alta di intensità pari a  $Q_{sk}=100\text{KN}$ . A tale carico si applica il coefficiente di adattamento  $\alpha$ , menzionato in precedenza.

[kN]	LM71 ( $\alpha=1.1$ )	SW2 ( $\alpha=1.0$ )
Azione serpeggio	<b>110</b>	<b>100</b>

### Forza centrifuga

Il valore caratteristico della forza centrifuga è valutato secondo le seguenti espressioni:

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) \quad (5.2.9.a)$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk}) \quad (5.2.9.b)$$

dove:

$Q_{tk}$ -  $q_{tk}$  = valore caratteristico della forza centrifuga [kN - kN/m];

$Q_{vk}$ -  $q_{vk}$  = valore caratteristico dei carichi verticali [kN - kN/m];

$v$  = velocità di progetto espressa in m/s;

$V$  = velocità di progetto espressa in km/h;

$f$  = fattore di riduzione (definito in seguito);

$g$  = accelerazione di gravità in  $\text{m/s}^2$ ;

$r$  = è il raggio di curvatura in m.

$$f = \left[ 1 - \frac{V-120}{1000} \left( \frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right] \quad (5.2.10)$$

Raggio di curvatura  $r = 1100 \text{ m}$

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	22 di 128

Velocità di progetto  $V = 140 \text{ km/h}$  (LM71)

$V = 100 \text{ km/h}$  (SW/2)

Calcolo del coefficiente  $V^2/127r$

- LM71: 0.09
- SW/2: 0.05

In definitiva, dunque, la forza centrifuga ha intensità pari a ( $f = 1$ ):

9% del carico verticale LM71

5% del carico verticale SW/2 (tale valore si assume anche per il “treno scarico”)

Essa si considera agente verso l'esterno della curva, applicata alla quota di 1.8m dal piano del ferro.

Ai fini della massimizzazione degli effetti dei carichi ferroviari sulle strutture oggetto di studio, sono stati presi in esame i seguenti gruppi di carico:

	Carico verticale	Frenatura/avviamento*	Forza centrifuga	Serpeggio
LM71 gr1	1	0.5	1	1
LM71 gr3	1	1	0.5	0.5
SW/2 gr1	1	0.5	1	1
SW/2 gr3	1	1	0.5	0.5
treno scarico gr2	1	0	1	1

\* Si considera l'azione (frenatura/avviamento) con intensità più alta.

#### 5.1.4 *Vento impalcato*

L'azione del vento è schematizzata come una pressione statica la cui intensità è data da:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove

$q_b$  pressione cinetica di riferimento

$c_e$  coefficiente di esposizione

$c_p$  coefficiente di forma (1.4 prima trave 0.2 travi successive)

$c_d$  coefficiente dinamico (=1)

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	23 di 128

Per l'opera in studio si ha:

- Velocità di riferimento del vento:

$$v_b = 28 \text{ m/s (Sardegna orientale con altitudine } <750 \text{ m slm)}$$

- Pressione cinetica di riferimento ( $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$ ):

$$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2 = 490 \text{ N/m}^2 = 0.49 \text{ KN/m}^2$$

- Coefficiente di esposizione:

$$c_e = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t \ln(z/z_0)] = 2.81$$

$$k_r = 0.19 \text{ e } z_0 = 0.05 \text{ m (II cat. esposizione del sito, Zona 6, Rugosità D)}$$

$$c_t = 1 \text{ (coefficiente di topografia)}$$

$$z = 20 \text{ m (quota media impalcato dal pc)}$$

In definitiva la pressione del vento vale:

$$p = 0.49 \text{ KN/m}^2 * 2.81 * 1.4 * 1 = 1.93 \text{ KN/m}^2 \quad \text{(trave direttamente investita)}$$

$$p = 0.49 \text{ KN/m}^2 * 2.81 * 0.2 * 1 = 0.28 \text{ KN/m}^2 \quad \text{(travi successive)}$$

La pressione del vento si applica ad una superficie convenzionale del treno caratterizzata da un'altezza di 4m a partire dal piano del ferro oltre alla superficie dell'impalcato direttamente investita.

Nel caso in esame si ha:

	L=30m; L=40m	L=45m
H impalcato	3.8 m	4.2 m
H treno	4 m	4 m
H trave	2.6 m	3.0 m

La forza orizzontale al metro lineare applicata sugli impalcati di luce 30 e 40 metri è dunque pari a :

$$F_{\text{vento}} = 1.93 \text{ KN/m} * (4+3.8)\text{m} + 0.28 \text{ KN/m} * 2.6\text{m} = 15.78 \text{ kN/m} \quad \text{Ponte carico}$$

$$F_{\text{vento}^*} = 1.93 \text{ KN/m} * 3.8\text{m} + 0.28 \text{ KN/m} * 2.6\text{m} = 8.06 \text{ kN/m} \quad \text{Ponte scarico}$$

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	24 di 128

La forza orizzontale al metro lineare applicata sull'impalcato di luce 45 metri è dunque pari a :

$$F_{\text{vento}} = 1.93 \text{ KN/m} * (4+4.2)\text{m} + 0.28\text{KN/m} * 3.0\text{m} = 16.67 \text{ kN/m} \quad \text{Ponte carico}$$

$$F_{\text{vento}^*} = 1.93 \text{ KN/m} * 4.2\text{m} + 0.28\text{KN/m} * 3.0\text{m} = 8.95 \text{ kN/m} \quad \text{Ponte scarico}$$

Si fa notare che nel calcolo delle sollecitazioni sull'impalcato si tiene conto del fatto che è presente un'eccentricità verticale tra il centro di applicazione della forza orizzontale dovuta al vento e l'impalcato, pertanto nel modello di calcolo all'azione orizzontale viene associato un momento torcente corrispondente alla summenzionata eccentricità.

#### 5.1.5 *Resistenze parassite appoggi impalcato (RES)*

L'entità di tale forza ( $F_a$ ), diretta secondo l'asse del viadotto, vale per travi in semplice appoggio:

Spalle  $F_a = f (V_g + V_q)$

Pile  $F_a = f (0.2 * V_g + V_q)$

dove

$V_g$  Reazione verticale massima associata ai carichi permanenti,

$V_q$  Reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamicizzati.

## 5.2 **Pesi propri delle sottostrutture (G1)**

Si hanno i seguenti pesi strutturali:

### **PILA H=20.8m**

Pulvino (sp=1m)  $= 18.8\text{m}^2 * 1\text{m} * 25 \text{ KN/m}^3 = 470 \text{ KN}$

Fusto pila  $= 7.87 \text{ m}^2 * 19.2 * 25 \text{ KN/m}^3 = 3778 \text{ KN}$

Fondazione  $= (12\text{m} * 12\text{m} * 3 \text{ m} - 2.9\text{m} * 1\text{m} * 12 \text{ m}) * 25 \text{ KN/m}^3 = 9930 \text{ KN}$

### **PILA H=15.1m**

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	25 di 128

$$\text{Pulvino (sp=1m)} = 18.8\text{m}^2 * 1\text{m} * 25 \text{ KN/m}^3 = 470 \text{ KN}$$

$$\text{Fusto pila} = 6.45 \text{ m}^2 * 14.1 * 25 \text{ KN/m}^3 = 2274 \text{ KN}$$

$$\text{Fondazione} = (10\text{m} * 10\text{m} * 2.5 \text{ m} - 2.4\text{m} * 1\text{m} * 10 \text{ m} ) * 25 \text{ KN/m}^3 = 5650 \text{ KN}$$

### **PILA H=10.3 m**

$$\text{Pulvino (sp=1m)} = 18.8\text{m}^2 * 1\text{m} * 25 \text{ KN/m}^3 = 470 \text{ KN}$$

$$\text{Fusto pila} = 6.45 \text{ m}^2 * 9.3 * 25 \text{ KN/m}^3 = 1500 \text{ KN}$$

$$\text{Fondazione} = (8.6\text{m} * 8.6 * 2.3 \text{ m} - 1.7\text{m} * 1\text{m} * 8.6 \text{ m} ) * 25 \text{ KN/m}^3 = 3887 \text{ KN}$$

### **5.3 Vento su pila**

Con riferimento alla pressione cinetica del vento del sito calcolata nell'analisi dell'impalcato ( $q_b = 0.49\text{KN/m}^2$ ) :

#### **PILA H=20.8m**

Coefficiente di esposizione :

$$c_e = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t \ln(z/z_0)] = 2.43$$

$$k_r = 0.19 \text{ e } z_0 = 0.05\text{m} \text{ (II cat. esposizione del sito, Zona 6, Rugosità D)}$$

$$c_t = 1 \text{ (coefficiente di topografia)}$$

$$z = 11.25 \text{ m (quota baricentro pila)}$$

$$p = q_b * c_e * c_p * c_d = 0.49 * 2.43 * 1 * 1.2 = 1.43 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Vento longitudinale pila} = 1.43 \text{ KN/m}^2 * 20.8 \text{ m} * 6 \text{ m} = 178.5 \text{ KN}$$

$$\text{Vento trasversale pila} = 1.43 \text{ KN/m}^2 * 20.8 * 3.2 \text{ m} = 95.2 \text{ KN}$$

#### **PILA H=15.1m**

Coefficiente di esposizione :

$$c_e = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t \ln(z/z_0)] = 2.26$$

$$k_r = 0.19 \text{ e } z_0 = 0.05\text{m} \text{ (II cat. esposizione del sito, Zona 6, Rugosità D)}$$

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	26 di 128

$ct = 1$  (coefficiente di topografia)

$z = 8.64$  m (quota baricentro pila)

$$p = qb \cdot ce \cdot cp \cdot cd = 0.49 \cdot 2.26 \cdot 1 \cdot 1.2 = 1.33 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Vento longitudinale pila} = 1.33 \text{ KN/m}^2 \cdot 15.1 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} = 120.5 \text{ KN}$$

$$\text{Vento trasversale pila} = 1.33 \text{ KN/m}^2 \cdot 15.1 \cdot 3.2 \text{ m} = 64.3 \text{ KN}$$

### **PILA H=10.3 m**

Coefficiente di esposizione :

$$ce = kr^2 \cdot ct \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + ct \ln(z/z_0)] = 2.05$$

$kr = 0.19$  e  $z_0 = 0.05$  m (II cat. esposizione del sito, Zona 6, Rugosità D)

$ct = 1$  (coefficiente di topografia)

$z = 6.13$  m (quota baricentro pila)

$$p = qb \cdot ce \cdot cp \cdot cd = 0.49 \cdot 2.05 \cdot 1 \cdot 1.2 = 1.21 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Vento longitudinale pila} = 1.21 \text{ KN/m}^2 \cdot 10.3 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} = 74.8 \text{ KN}$$

$$\text{Vento trasversale pila} = 1.21 \text{ KN/m}^2 \cdot 10.3 \cdot 3.2 \text{ m} = 39.9 \text{ KN}$$

### **5.4 Azione sismica (E)**

La regione Sardegna ricade in zona sismica di IV categoria, i dati definitivi dello spettro sismico sono riportati nella tabella 2 relativa alla pericolosità sismica del territorio nazionale contenuta nelle NTC2008.

**TABELLA 2:** Valori di  $a_g, F_o, T_c^*$  per le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri.

Isole	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$			$T_R=475$			$T_R=975$			$T_R=2475$		
	$a_g$	$F_o$	$T_c^*$	$a_g$	$F_o$	$T_c^*$	$a_g$	$F_o$	$T_c^*$	$a_g$	$F_o$	$T_c^*$	$a_g$	$F_o$	$T_c^*$	$a_g$	$F_o$	$T_c^*$	$a_g$	$F_o$	$T_c^*$	$a_g$	$F_o$	$T_c^*$	$a_g$	$F_o$	$T_c^*$
Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,70	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322	0,500	2,88	0,340	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401

Per i viadotti in esame si assumono le seguenti caratteristiche dell'opera :

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	27 di 128

Vita utile  $V_u = 75$  anni

Classe d'uso II ( $C_u = 1.0$ )

Pertanto l'azione sismica allo stato limite ultimo (salvaguardia della vita SLV) è caratterizzata da un tempo di ritorno di  **$T_r = 712$  anni**.

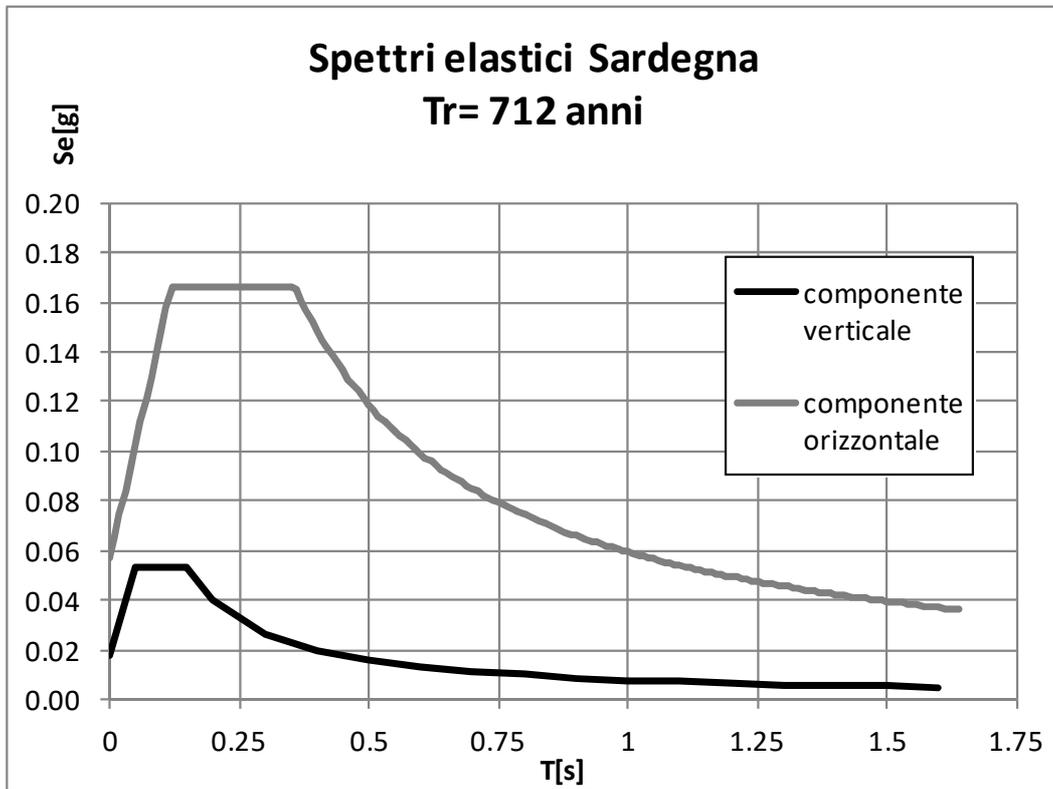
I parametri ottenuti per interpolazione da quelli della tabella 2 sono i seguenti:

SLV	$T_r = 712$ anni
$a_g$ [g]	0.057
$F_o$	2.936
$T^*c$ [s]	0.358

Considerate le caratteristiche dei terreni di fondazione (vedasi relazione geotecnica) e quelle topografiche si assume una categoria di sottosuolo "A" ( $S_s = 1.0$ ) ed un coefficiente topografico T1 ( $S_T = 1.0$ ).

In definitiva dunque le due componenti degli spettri sismici per lo SLV sono i seguenti :

SLV	componente Orizz.	Componente Vert.
$a_g$ [g]	0.057	0.018
$F_{o,v}$	2.936	0.943
$T_B$ [s]	0.119	0.05
$T_C$ [s]	0.358	0.15
$T_D$ [s]	10.827	1.00
$\eta$	1	1



## 6 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL FUSTO PILA

### 6.1 Calcolo dell'azione sismica

Considerata la bassa pericolosità sismica del territorio in cui il ponte verrà realizzato, si adotta quale spettro di progetto quello elastico ( $q=1$ ).

L'azione sismica trasmessa dall'impalcato alla sottostruttura nonché l'azione sismica della pila stessa viene valutata impiegando uno schema di calcolo ad 1GL (mensola), secondo l'analisi statica lineare.

Considerato che in direzione longitudinale ciascuna campata è collegata rigidamente ad un'unica pila, mentre trasversalmente ciascun appoggio dell'impalcato è fisso, ciascuna pila sopporta la medesima massa sismica dell'impalcato pari ad un'unica campata.

#### 6.1.1 Pila $H=20.8$ m

Per la pila in esame la massa efficace che determina l'azione sismica è data da:

**M sismica longitudinale** = (M impalcato L30m + M pulvino + 0.5M pila) = **865 ton**

**M sismica trasversale** = (1/2 M impalcato 45m + 1/2 M impalcato 30m + M pulvino + 0.5M pila) = **1034 ton**

(L'appoggio fisso corrisponde alla campata da 30m).

Ai fini del calcolo dei periodi propri e delle relative forze sismiche della pila si distinguono le due direzioni di applicazione dell'azione sismica.

- DIREZIONE LONGITUDINALE

$H_{long} = H_{pila} + H_{appoggi} = 20.8 \text{ m} + 0.4 \text{ m} = 21.2 \text{ m}$

$J_{long} = 10.4 \text{ m}^4$

$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33.3 \text{ Gpa}$  (cls C32/40, si assume una rigidezza del cls non fessurata)

Da cui discende la seguente rigidezza orizzontale della pila:

**$K_{long} = 3 E_c * J_{long} / H_{long}^3 = 109 \text{ E3 kN/m}$**

Dunque il periodo longitudinale del sistema pila + impalcato vale:

**$T_{long} = 2\pi (M_{sismica} / K_{long})^{0.5} = 0.56 \text{ s}$**

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	30 di 128

A cui corrisponde un'accelerazione spettrale allo SLV di

$$S_e(T_{\text{long}}) = 0.108 \text{ g}$$

L'azione sismica che agisce in testa alla pila vale dunque:

$$F_{\text{SLV long}} = 865 \text{ Ton} * 0.108 * 9.81 \text{ m/s}^2 = 918 \text{ KN}$$

- DIREZIONE TRASVERSALE

$$H_{\text{trav}} = H_{\text{pila}} + H_{\text{appoggi}} + Y_{\text{g impalcato}} = 20.8 \text{ m} + 0.4 \text{ m} + 1.6 \text{ m} = 22.8 \text{ m}$$

$$J_{\text{trav}} = 29.5 \text{ m}^4$$

$$E_c = 22000 * (f_{\text{cm}}/10)^{0.3} = 33.3 \text{ Gpa (cls C32/40, si assume una rigidezza del cls non fessurata)}$$

Da cui discende la seguente rigidezza orizzontale della pila:

$$K_{\text{trav}} = 3 E_c * J_{\text{tra}} / H_{\text{tra}}^3 = 249 \text{ E3 kN/m}$$

Dunque il periodo trasversale del sistema pila + impalcato vale:

$$T_{\text{trav}} = 2\pi (M_{\text{sismica}} / K_{\text{trav}})^{0.5} = 0.41 \text{ s}$$

A cui corrisponde un'accelerazione spettrale allo SLV di

$$S_e(T_{\text{tra}}) = 0.149 \text{ g}$$

L'azione sismica che agisce in testa alla pila vale dunque:

$$F_{\text{SLV tra}} = 1034 \text{ Ton} * 0.149 * 9.81 \text{ m/s}^2 = 1508 \text{ KN}$$

### 6.1.2 Pila H=15.1 m

Per la pila in esame la massa efficace che determina l'azione sismica è data da:

$$M_{\text{sismica}} = (M_{\text{impalcato L40m}} + M_{\text{pulvino}} + 0.5M_{\text{pila}}) = 1030 \text{ ton}$$

Ai fini del calcolo dei periodi propri e delle relative forze sismiche della pila si distinguono le due direzioni di applicazione dell'azione sismica.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	31 di 128

- DIREZIONE LONGITUDINALE

$$H_{\text{long}} = H_{\text{pila}} + H_{\text{appoggi}} = 14.1 \text{ m} + 0.4 \text{ m} = 14.5 \text{ m}$$

$$J_{\text{long}} = 10.4 \text{ m}^4$$

$$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33.3 \text{ Gpa (cls C32/40, si assume una rigidezza del cls non fessurata)}$$

Da cui discende la seguente rigidezza orizzontale della pila:

$$K_{\text{long}} = 3 E_c * J_{\text{long}} / H_{\text{long}}^3 = 279 \text{ E3 kN/m}$$

Dunque il periodo longitudinale del sistema pila + impalcato vale:

$$T_{\text{long}} = 2\pi (M_{\text{sismica}} / K_{\text{long}})^{0.5} = 0.38 \text{ s}$$

A cui corrisponde un'accelerazione spettrale allo SLV di

$$S_e(T_{\text{long}}) = 0.156 \text{ g}$$

L'azione sismica che agisce in testa alla pila vale dunque:

$$F_{\text{SLV long}} = 1030 \text{ Ton} * 0.156 * 9.81 \text{ m/s}^2 = 1577 \text{ kN}$$

- DIREZIONE TRASVERSALE

$$H_{\text{trav}} = H_{\text{pila}} + H_{\text{appoggi}} + Y_g \text{ impalcato} = 15.1 \text{ m} + 0.4 \text{ m} + 1.6 \text{ m} = 17.1 \text{ m}$$

$$J_{\text{trav}} = 29.5 \text{ m}^4$$

$$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33.3 \text{ Gpa (cls C32/40, si assume una rigidezza del cls non fessurata)}$$

Da cui discende la seguente rigidezza orizzontale della pila:

$$K_{\text{trav}} = 3 E_c * J_{\text{tra}} / H_{\text{tra}}^3 = 590 \text{ E3 kN/m}$$

Dunque il periodo trasversale del sistema pila + impalcato vale:

$$T_{\text{trav}} = 2\pi (M_{\text{sismica}} / K_{\text{trav}})^{0.5} = 0.26 \text{ s}$$

A cui corrisponde un'accelerazione spettrale allo SLV di

$$S_e(T_{\text{tra}}) = 0.166 \text{ g}$$

L'azione sismica che agisce in testa alla pila vale dunque:

$$F_{\text{SLV tra}} = 1030 \text{ Ton} * 0.166 * 9.81 \text{ m/s}^2 = 1677 \text{ KN}$$

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	32 di 128

### 6.1.3 Pila $H=10.3$ m

Per la pila in esame la massa efficace che determina l'azione sismica è data da:

$$M_{\text{sismica}} = (M_{\text{impalcato L30m}} + M_{\text{pulvino}} + 0.5M_{\text{pila}}) = 759 \text{ ton}$$

Ai fini del calcolo dei periodi propri e delle relative forze sismiche della pila si distinguono le due direzioni di applicazione dell'azione sismica.

- DIREZIONE LONGITUDINALE

$$H_{\text{long}} = H_{\text{pila}} + H_{\text{appoggi}} = 10.3 \text{ m} + 0.4 \text{ m} = 10.7 \text{ m}$$

$$J_{\text{long}} = 10.4 \text{ m}^4$$

$$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33.3 \text{ Gpa (cls C32/40, si assume una rigidezza del cls non fessurata)}$$

Da cui discende la seguente rigidezza orizzontale della pila:

$$K_{\text{long}} = 3 E_c * J_{\text{long}} / H_{\text{long}}^3 = 849 \text{ E3 kN/m}$$

Dunque il periodo longitudinale del sistema pila + impalcato vale:

$$T_{\text{long}} = 2\pi (M_{\text{sismica}} / K_{\text{long}})^{0.5} = 0.19 \text{ s}$$

A cui corrisponde un'accelerazione spettrale allo SLV di

$$S_e(T_{\text{long}}) = 0.166 \text{ g}$$

L'azione sismica che agisce in testa alla pila vale dunque:

$$F_{\text{SLV long}} = 759 \text{ Ton} * 0.166 * 9.81 \text{ m/s}^2 = 1239 \text{ KN}$$

- DIREZIONE TRASVERSALE

$$H_{\text{trav}} = H_{\text{pila}} + H_{\text{appoggi}} + Y_g_{\text{impalcato}} = 10.3 \text{ m} + 0.4 \text{ m} + 1.6 \text{ m} = 12.3 \text{ m}$$

$$J_{\text{trav}} = 29.5 \text{ m}^4$$

$$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33.3 \text{ Gpa (cls C32/40, si assume una rigidezza del cls non fessurata)}$$

Da cui discende la seguente rigidezza orizzontale della pila:

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	33 di 128

$$K_{\text{trav}} = 3 E_c \cdot J_{\text{tra}} / H_{\text{tra}}^3 = 151 \text{ E3 kN/m}$$

Dunque il periodo trasversale del sistema pila + impalcato vale:

$$T_{\text{trav}} = 2\pi (M_{\text{sismica}} / K_{\text{trav}})^{0.5} = 0.14 \text{ s}$$

A cui corrisponde un'accelerazione spettrale allo SLV di

$$S_e(T_{\text{tra}}) = 0.166 \text{ g}$$

L'azione sismica che agisce in testa alla pila vale dunque:

$$F_{\text{SLV tra}} = 759 \text{ Ton} \cdot 0.166 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 1239 \text{ KN}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	34 di 128

## 6.2 Sollecitazioni elementari da impalcato

Le tabelle seguenti riportano le sollecitazioni elementari trasmesse dagli appoggi dell'impalcato riportate alla base del fusto pila.

### 6.2.1 Pila H=20.8m

	APPOGGI FISSI (1-2) L=30m				
	N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]
G1	1832	1832	0	0	0
G2	1382	1382	0	0	0
Vento	0	0	-8696	0	-428
LM 71	2116	2116	-169	0	0
SW/2	2454	2454	0	0	0
serpeggio LM71	0	0	-1170	0	-48
serpeggio SW/2	0	0	-1073	0	-44
centrifuga LM71	0	0	-3362	0	-128
centrifuga SW/2	0	0	-2932	0	-112
frenatura LM71	0	21200	0	1000	0
frenatura SW2	0	24486	0	1155	0

	APPOGGI MOBILI (3-4) L= 45m				
	N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]
G1	2758	-2758	0	0	0
G2	2008	-2008	0	0	0
Vento	0	0	-6142	0	-324
LM 71	2643	-2643	211	0	0
SW/2	3072	-3072	0	0	0
serpeggio LM71	0	0	-1560	0	-64
serpeggio SW/2	0	0	-1414	0	-58
centrifuga LM71	0	0	-9111	0	-348
centrifuga SW/2	0	0	-5184	0	-198
frenatura LM71	0	0	0	0	0
frenatura SW2	0	0	0	0	0

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	35 di 128

**6.2.2 Pila H=15.1m**

	<b>APPOGGI FISSI (1-2) L= 40m</b>				
	<b>N [kN]</b>	<b>MI [kNm]</b>	<b>Mt [kNm]</b>	<b>FI [kN]</b>	<b>Ft [kN]</b>
G1	2452	2697	0	0	0
G2	1784	1962	0	0	0
Vento	0	0	-4876	0	-342
LM 71	2448	2693	-167	0	0
SW/2	2820	3102	0	0	0
serpeggio LM71	0	0	-1196	0	-64
serpeggio SW/2	0	0	-1083	0	-58
centrifuga LM71	0	0	-4014	0	-196
centrifuga SW/2	0	0	-3645	0	-178
frenatura LM71	0	15500	0	1000	0
frenatura SW2	0	17918	0	1156	0

	<b>APPOGGI MOBILI (3-4) L= 40m</b>				
	<b>N [kN]</b>	<b>MI [kNm]</b>	<b>Mt [kNm]</b>	<b>FI [kN]</b>	<b>Ft [kN]</b>
G1	2452	-2697	0	0	0
G2	1784	-1962	0	0	0
vento	0	0	-4876	0	-342
LM 71	2448	-2693	-167	0	0
SW/2	2820	-3102	0	0	0
serpeggio LM71	0	0	-859	0	-46
serpeggio SW/2	0	0	-785	0	-42
centrifuga LM71	0	0	-4014	0	-196
centrifuga SW/2	0	0	-3645	0	-178
frenatura LM71	0	0	0	0	0
frenatura SW2	0	0	0	0	0

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	36 di 128

6.2.3 Pila H=10.3m

	APPOGGI FISSI (1-2) L= 40m				
	N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]
G1	2452	2697	0	0	0
G2	1784	1962	0	0	0
Vento	0	0	-4876	0	-342
LM 71	2448	2693	-167	0	0
SW/2	2820	3102	0	0	0
serpeggio LM71	0	0	-1196	0	-64
serpeggio SW/2	0	0	-1083	0	-58
centrifuga LM71	0	0	-4014	0	-196
centrifuga SW/2	0	0	-3645	0	-178
frenatura LM71	0	15500	0	1000	0
frenatura SW2	0	17918	0	1156	0

	APPOGGI MOBILI (3-4) L= 40m				
	N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]
G1	2452	-2697	0	0	0
G2	1784	-1962	0	0	0
vento	0	0	-4876	0	-342
LM 71	2448	-2693	-167	0	0
SW/2	2820	-3102	0	0	0
serpeggio LM71	0	0	-859	0	-46
serpeggio SW/2	0	0	-785	0	-42
centrifuga LM71	0	0	-4014	0	-196
centrifuga SW/2	0	0	-3645	0	-178
frenatura LM71	0	0	0	0	0
frenatura SW2	0	0	0	0	0

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	37 di 128

### 6.3 Sollecitazioni elementari base pila

#### 6.3.1 Pila H=20.8m

La tabella seguente riporta le sollecitazioni elementari alla base della pila di tutte le azioni considerate nel calcolo della pila.

	SOLLECITAZIONI BASE PILA H= 20.8m				
	N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]
Peso pila + pulvino	4366	0	0	0	0
Sisma pila + impalcato long	0	19451	0	918	0
Sisma pila + impalcato tra	0	0	-34384	0	-1508
Sisma pila + impalcato vert*	154	0	0	0	0
<b>Azioni da impalcato</b>					
G1	4590	-926	0	0	0
G2	3390	-626	0	0	0
Vento impalcato	0	0	-14837	0	-752
<b>Traffico schema 1</b>					
LM71 GR.1	4759	10073	-14823	500	-588
LM71 GR.3	4759	20673	-7222	1000	-294
SW/2 GR.1	5526	11625	-10603	578	-412
SW/2 GR.3	5526	23868	-5301	1155	-206
treno scarico GR. 2	375	0	-2929	0	-119
Res. parassite vincoli	0	9059	0	427	0
<b>Traffico schema 2</b>					
LM71 GR.1	2116	12716	-4363	500	-176
LM71 GR.3	2116	23316	-2097	1000	-88
SW/2 GR.1	2454	14697	-4005	578	-156
SW/2 GR.3	2454	26940	-2002	1155	-78
treno scarico GR. 2	225	0	-1464	0	-59
Res. parassite vincoli	0	5152	0	243	0

\* L'azione sismica verticale è stata ottenuta moltiplicando la accelerazione spettrale di ancoraggio (PGAv) per la massa del sistema impalcato-pila.

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	38 di 128

### 6.3.2 Pila H=15.1m

La tabella seguente riporta le sollecitazioni elementari alla base della pila di tutte le azioni considerate nel calcolo della pila.

	SOLLECITAZIONI BASE PILA H=10.5 m				
	N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]
Peso pila + pulvino	2740	0	0	0	0
Sisma pila + impalcato long	0	24444	0	1577	0
Sisma pila + impalcato tra	0	0	-28652	0	-1676
Sisma pila + impalcato vert*	183	0	0	0	0
<b>Azioni da impalcato</b>					
G1	4904	0	0	0	0
G2	3568	0	0	0	0
Vento impalcato	0	0	-9753	0	-684
<b>Traffico schema 1</b>					
LM71 GR.1	4896	7750	-9748	500	-502
LM71 GR.3	4896	15500	-4707	1000	-251
SW/2 GR.1	5640	8959	-9159	578	-456
SW/2 GR.3	5640	17918	-4579	1156	-228
treno scarico GR. 2	400	0	-2263	0	-120
Res. parassite vincoli	0	6821	0	440	0
<b>Traffico schema 2</b>					
LM71 GR.1	2448	10443	-5042	500	-260
LM71 GR.3	2448	18193	-2437	1000	-130
SW/2 GR.1	2820	12061	-4729	578	-236
SW/2 GR.3	2820	21020	-2364	1156	-118
treno scarico GR. 2	200	0	-1132	0	-60
Res. parassite vincoli	0	4198	0	271	0

\* L'azione sismica verticale è stata ottenuta moltiplicando la accelerazione spettrale di ancoraggio (PGAv) per la massa del sistema impalcato-pila.

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	39 di 128

### 6.3.3 Pila H=10.3m

La tabella seguente riporta le sollecitazioni elementari alla base della pila di tutte le azioni considerate nel calcolo della pila.

	SOLLECITAZIONI BASE PILA H=10.3 m				
	N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]
Peso pila + pulvino	1967	0	0	0	0
Sisma pila + impalcato long	0	13252	0	1239	0
Sisma pila + impalcato tra	0	0	-15481	0	-1239
Sisma pila + impalcato vert*	136	0	0	0	0
<b>Azioni da impalcato</b>					
G1	3664	0	0	0	0
G2	2764	0	0	0	0
Vento impalcato	0	0	-4314	0	-464
<b>Traffico schema 1</b>					
LM71 GR.1	4232	5350	-6322	500	-436
LM71 GR.3	4232	10700	-3015	1000	-218
SW/2 GR.1	4908	6185	-5506	578	-364
SW/2 GR.3	4908	12369	-2753	1156	-182
treno scarico GR. 2	300	0	-1612	0	-115
Res. parassite vincoli	0	3976	0	372	0
<b>Traffico schema 2</b>					
LM71 GR.1	2116	7678	-3161	500	-218
LM71 GR.3	2116	13028	-1508	1000	-109
SW/2 GR.1	2454	8884	-2753	578	-182
SW/2 GR.3	2454	15069	-1376	1156	-91
treno scarico GR. 2	150	0	-806	0	-58
Res. parassite vincoli	1967	0	0	0	0

\* L'azione sismica verticale è stata ottenuta moltiplicando la accelerazione spettrale di ancoraggio (PGAv) per la massa del sistema impalcato-pila.

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	40 di 128

## 6.4 Combinazioni dei carichi

Ai fini delle verifiche strutturali sono stati presi in esame i seguenti gruppi di combinazioni.

		AZIONI IMPALCATO																					
									TRAFFICO SCHEMA 1						TRAFFICO SCHEMA 2								
									G1	G2	Vento impalcato	Traffico schema 1	LM71 GR.1	LM71 GR.3	SW/2 GR.1	SW/2 GR.3	treno scarico GR. 2	Res. parassite vincoli	LM71 GR.1	LM71 GR.3	SW/2 GR.1	SW/2 GR.3	treno scarico GR. 2
SLE RARA	SLE1	Peso pila + pulvino	Sisma pila + impalcato long	Sisma pila + impalcato tra	Sisma pila + impalcato vert	1.00	1.00	0.60	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	SLE2	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE3	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE4	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE5	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE6	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	SLE7	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	SLE8	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	SLE9	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	SLE10	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	41 di 128

		AZIONI IMPALCATO																			
									TRAFFICO SCHEMA 1						TRAFFICO SCHEMA 2						
									Traffico schema 1	LM71 GR.1	LM71 GR.3	SW/2 GR.1	SW/2 GR.3	treno scarico GR. 2	Res. parassite vincoli	LM71 GR.1	LM71 GR.3	SW/2 GR.1	SW/2 GR.3	treno scarico GR. 2	Res. parassite vincoli
Peso pila + pulvino	Sisma pila + impalcato long	Sisma pila + impalcato tra	Sisma pila + impalcato vert	G1	G2	Vento impalcato															
SLU A1	SLU1	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	1.50	0.90	1.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU2	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	1.50	0.90	1.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU3	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	1.50	0.90	1.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU4	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	1.50	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU5	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.50	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU6	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
	SLU7	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.20
	SLU8	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.20
	SLU9	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	1.20
	SLU10	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.20

		AZIONI IMPALCATO																			
									TRAFFICO SCHEMA 1						TRAFFICO SCHEMA 2						
									Traffico schema 1	LM71 GR.1	LM71 GR.3	SW/2 GR.1	SW/2 GR.3	treno scarico GR. 2	Res. parassite vincoli	LM71 GR.1	LM71 GR.3	SW/2 GR.1	SW/2 GR.3	treno scarico GR. 2	Res. parassite vincoli
Peso pila + pulvino	Sisma pila + impalcato long	Sisma pila + impalcato tra	Sisma pila + impalcato vert	G1	G2	Vento impalcato															
SISMA SLV	SLV1	1.00	1.00	0.30	0.3	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLV2	1.00	1.00	0.30	-0.3	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00
	SLV3	1.00	0.30	1.00	0.3	1.00	1.00	0.00	1.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLV4	1.00	0.30	1.00	-0.3	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

## 6.5 Sollecitazioni combinate base pila

### 6.5.1 Pila H=20.8m

		PILA H= 20.8 m				
		N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]
<b>SLE RARA</b>	<b>SLE1</b>	17105	17580	-23725	927	-1040
	<b>SLE2</b>	17105	28180	-16124	1427	-745
	<b>SLE3</b>	17872	19132	-19505	1005	-863
	<b>SLE4</b>	17872	31375	-14204	1582	-657
	<b>SLE5</b>	12721	7507	-11831	427	-570
	<b>SLE6</b>	14462	16316	-13265	743	-628
	<b>SLE7</b>	14462	26916	-10999	1243	-539
	<b>SLE8</b>	14800	18297	-12907	821	-607
	<b>SLE9</b>	14800	30540	-10905	1398	-529
	<b>SLE10</b>	12571	3600	-10367	243	-511
<b>SLU</b>	<b>SLU1</b>	24076	23288	-34847	1238	-1530
	<b>SLU2</b>	24076	38658	-23825	1963	-1103
	<b>SLU3</b>	25188	25538	-28727	1350	-1274
	<b>SLU4</b>	25188	43291	-21040	2188	-976
	<b>SLU5</b>	12889	9319	-17600	513	-849
	<b>SLU6</b>	15414	23068	-19679	1017	-933
	<b>SLU7</b>	15414	38438	-16394	1742	-805
	<b>SLU8</b>	15904	25941	-19161	1129	-903
	<b>SLU9</b>	15904	43693	-16257	1966	-790
	<b>SLU10</b>	12672	4630	-15477	292	-763
<b>SISMA SLV</b>	<b>SLV1</b>	13344	31093	-11759	1545	-511
	<b>SLV2</b>	12723	27714	-10734	1361	-470
	<b>SLV3</b>	13344	15357	-37348	803	-1626
	<b>SLV4</b>	12723	11978	-35256	618	-1543

6.5.2 *Pila H=15.1m*

		PILA H= 15.1 m				
		N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]
<b>SLE RARA</b>	<b>SLE1</b>	16108	14571	-16596	940	-961
	<b>SLE2</b>	16108	22321	-11056	1440	-686
	<b>SLE3</b>	16852	15780	-13495	1018	-792
	<b>SLE4</b>	16852	24739	-9673	1596	-601
	<b>SLE5</b>	11612	6821	-8115	440	-530
	<b>SLE6</b>	13660	14641	-11392	771	-695
	<b>SLE7</b>	13660	22391	-8538	1271	-553
	<b>SLE8</b>	14032	16259	-9823	849	-609
	<b>SLE9</b>	14032	25218	-7837	1427	-510
	<b>SLE10</b>	11412	4198	-6983	271	-470
<b>SLU</b>	<b>SLU1</b>	22771	19423	-24357	1253	-1414
	<b>SLU2</b>	22771	30660	-16324	1978	-1015
	<b>SLU3</b>	23850	21176	-19860	1366	-1170
	<b>SLU4</b>	23850	34166	-14319	2204	-893
	<b>SLU5</b>	11792	8185	-12059	528	-790
	<b>SLU6</b>	16546	20180	-16811	1050	-1028
	<b>SLU7</b>	16546	31418	-12673	1775	-822
	<b>SLU8</b>	17085	22527	-14535	1163	-904
	<b>SLU9</b>	17085	35517	-11656	2001	-760
	<b>SLU10</b>	11502	5038	-10418	325	-703
<b>SISMA SLV</b>	<b>SLV1</b>	12246	34365	-9637	2217	-558
	<b>SLV2</b>	11647	32281	-9133	2048	-531
	<b>SLV3</b>	12246	15704	-30801	1013	-1786
	<b>SLV4</b>	11647	13620	-29760	844	-1732

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	44 di 128

6.5.3 Pila H=10.3m

		PILA H= 10.3 m				
		N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]
SLE RARA	SLE1	12627	9326	-8910	872	-714
	SLE2	12627	14676	-5604	1372	-496
	SLE3	13303	10161	-8094	950	-642
	SLE4	13303	16345	-5341	1528	-460
	SLE5	8695	3976	-4201	372	-393
	SLE6	10511	10078	-5749	724	-496
	SLE7	10511	15428	-4096	1224	-387
	SLE8	10849	11285	-5341	802	-460
	SLE9	10849	17469	-3965	1380	-369
	SLE10	8545	2401	-3394	224	-336
SLU	SLU1	17885	12529	-13049	1171	-1050
	SLU2	17885	20287	-8255	1896	-734
	SLU3	18865	13739	-11866	1284	-945
	SLU4	18865	22707	-7874	2122	-682
	SLU5	8830	4772	-6220	446	-584
	SLU6	12846	14014	-8466	994	-734
	SLU7	12846	21771	-6068	1719	-576
	SLU8	13336	15763	-7874	1107	-682
	SLU9	13336	24730	-5878	1945	-550
	SLU10	8613	2881	-5051	269	-501
SISMA SLV	SLV1	9282	19368	-5247	1810	-415
	SLV2	8778	18258	-4946	1663	-393
	SLV3	9282	9022	-16746	843	-1326
	SLV4	8778	7912	-16114	696	-1282

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	45 di 128

## 6.6 Verifiche strutturali del fusto pila H= 20.8m

Di seguito si riportano le verifiche strutturali del fusto della pila; i domini di resistenza sono stati calcolati con il programma VcaSLU by Prof. Piero Gelfi.

### 6.6.1 Calcolo dell'armatura minima

- **Armatura verticale**

L'armatura verticale minima da disporre è pari a 0.6% dell'area della sezione (cfr. Manuale Progettazione Opere Civili RFI).

Area sezione di base  $A_c = 7.9 \text{ m}^2$

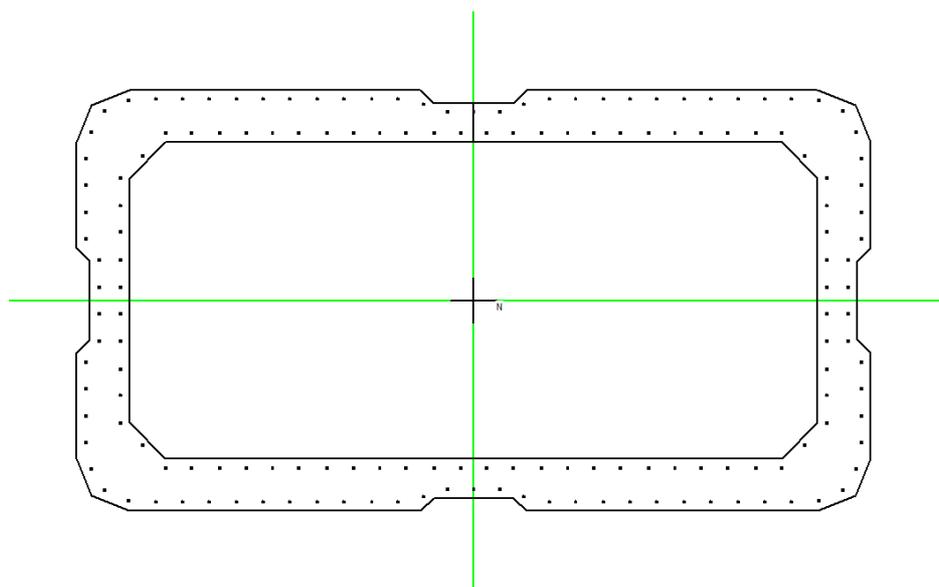
Area minima  $A_{l,min} = 0.6\% * A_c = 474 \text{ cm}^2$

Si dispone un'armatura articolata come segue:

Strato esterno:  $\phi 24$  passo 15 cm

Strato interno:  $\phi 24$  passo 15 cm

Complessivamente si contano 209 ferri  $\phi 24$  per un'area di armatura complessiva di  $945 \text{ cm}^2 > A_{l,min}$ .



**Figura 7: Armatura pila**

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	46 di 128

- **Armatura di confinamento**

Essendo stato impiegato un fattore di struttura “q” < 1,5, l’armatura di confinamento deve soddisfare la seguente limitazione:

$$\omega_{wd,r} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \zeta$$

dove  $\zeta = 0.03$  , in quanto l’accelerazione sismica ( $a_{g,SLV}$ ) del sito è minore di 0.15g.

Su ogni parete della pila si dispongono spille  $\phi 14$  nel numero di 9 al mq (13.85 cm<sup>2</sup> /m<sup>2</sup>), pertanto:

$$\omega_{wd,r} = 13.851 \text{ E-4} * 391\text{Mpa} / 18.1\text{Mpa} = 0.03$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

04

D13CL

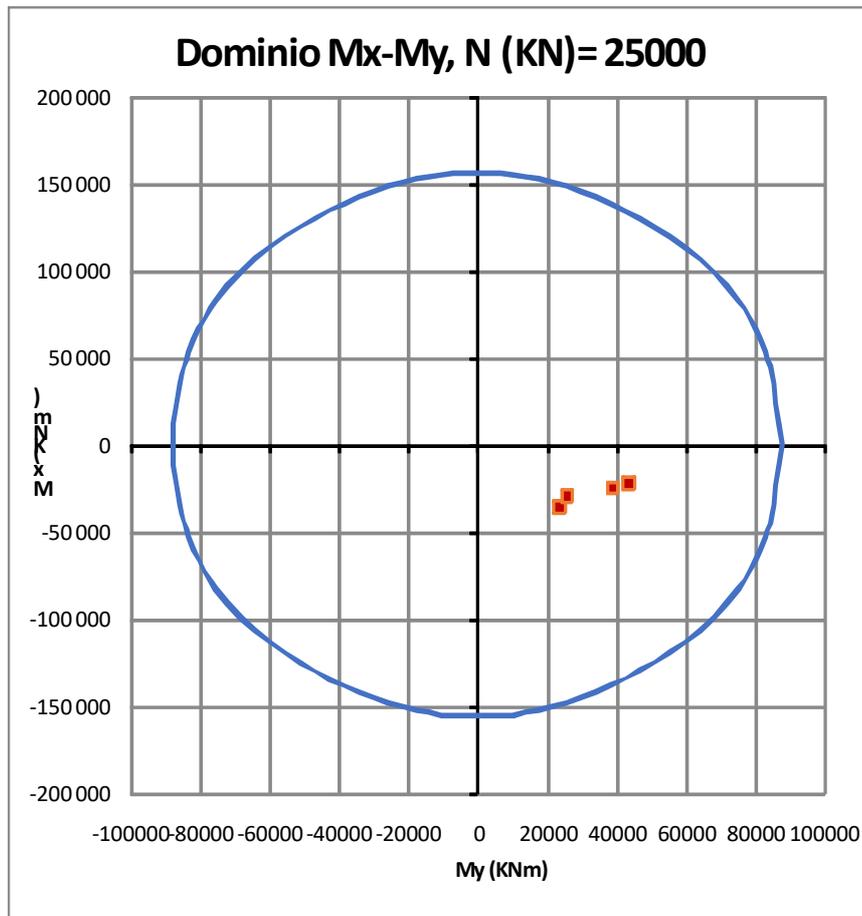
VI0105001

B

47 di 128

### 6.6.2 Verifica a flessione SLU e SLV

Si riportano i diagrammi resistenti Mx-My della sezione di base pila, confrontati con le rispettive sollecitazioni agenti.



	<b>NEd (KN)</b>	<b>MEd,x (KNm)</b>	<b>MEd,y (KNm)</b>
SLU1	24076	23288	-34847
SLU2	24076	38658	-23825
SLU3	25188	25538	-28727
SLU4	25188	43291	-21040

Tutte le sollecitazioni risultano interne al dominio di rottura, pertanto la verifica è soddisfatta.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

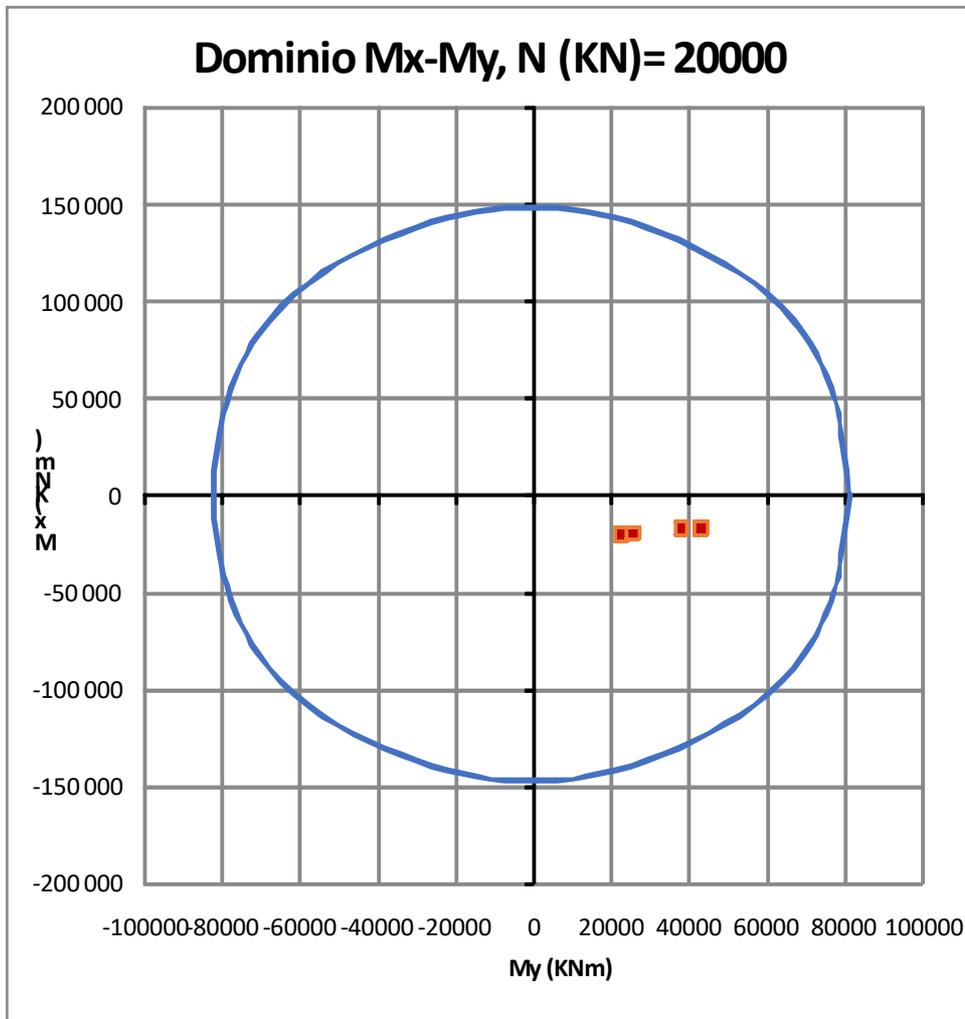
04

D13CL

VI0105001

B

48 di 128



	<b>NEd (KN)</b>	<b>MEd,x (KNm)</b>	<b>MEd,y (KNm)</b>
SLU6	20243	22431	-19679
SLU7	20243	37801	-16394
SLU8	20733	25303	-19161
SLU9	20733	43056	-16257

Tutte le sollecitazioni risultano interne al dominio di rottura, pertanto la verifica è soddisfatta.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

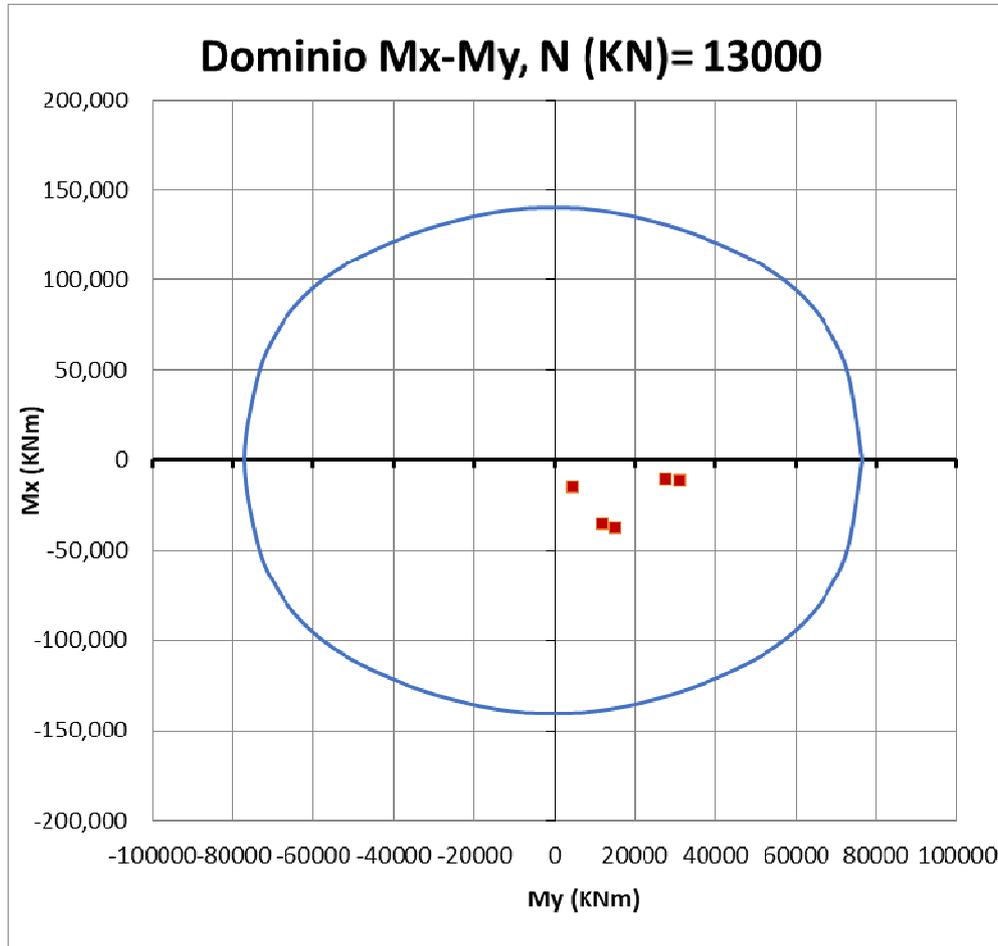
04

D13CL

VI0105001

B

49 di 128



	<b>NEd (KN)</b>	<b>MEd,x (KNm)</b>	<b>MEd,y (KNm)</b>
SLV1	13344	31093	-11759
SLV2	12723	27714	-10734
SLV3	13344	15357	-37348
SLV4	12723	11978	-35256
SLU5	12889	9319	-17600
SLU10	12672	4630	-15477

Tutte le sollecitazioni risultano interne al dominio di rottura, pertanto la verifica è soddisfatta.

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	50 di 128

### 6.6.3 Verifica a taglio SLU e SLV

Direzione longitudinale:

Il massimo taglio longitudinale è pari a:

$$V_{Ed,x} = 2188 \text{ KN (SLU4)}$$

Si considerano resistenti al taglio le due pareti laterali assimilate ad una sezione rettangolare di dimensioni:

$$B \times H = 100 \times 320 \text{ cm}$$

Ciascuna parete ospita barre orizzontali pari a ferri  $\phi 14$  passo 20 cm a 2 braccia.

*Resistenza dell'armatura :*

$$V_{Rds} = A_{sw} / s * f_{yd} * 0.9d \cotg \theta = 4 * 153 \text{ mm}^2 / 200 \text{ mm} * 391 \text{ MPa} * (0.9 * 3140 \text{ mm}) = 3381 \text{ kN}$$

con

$$\cotg \theta = 1$$

*Resistenza della biella compressa:*

$$V_{Rdc} = 0.9 d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) = 0.9 * 3140 \text{ mm} * 1000 \text{ mm} * (0.5 * 18.1 \text{ MPa}) * 1 = 25575 \text{ kN}$$

con

$\alpha_c = 1$  (assunzione a favore di sicurezza)

$$\cotg \alpha = 1$$

$$\cotg \theta = 1$$

$$V_{Rd,x} = \min (V_{Rds}; V_{Rdc}) = 3381 \text{ kN} > V_{Ed,x}$$

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	51 di 128

Direzione trasversale:

Il massimo taglio trasversale è pari a:

$$V_{Ed,y} = 1543 \text{ kN (SLV4)}$$

Si considerano resistenti al taglio le due pareti laterali assimilate ad una sezione rettangolare di dimensioni:

$$B \times H = 100 \times 600 \text{ cm}$$

Ciascuna parete ospita barre orizzontali pari a ferri  $\phi 14$  passo 20 cm a 2 braccia.

*Resistenza dell'armatura :*

$$V_{Rds} = A_{sw} / s * f_{yd} * 0.9d \cotg \theta = 4 * 153 \text{ mm}^2 / 200 \text{ mm} * 391 \text{ MPa} * (0.9 * 5940 \text{ mm}) = 6396 \text{ kN}$$

con

$$\cotg \theta = 1$$

*Resistenza della biella compressa:*

$$V_{Rdc} = 0.9 d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) = 0.9 * 5940 \text{ mm} * 1000 \text{ mm} * (0.5 * 18.1 \text{ MPa}) * 1 =$$

$$48381 \text{ kN}$$

con

$\alpha_c = 1$  (assunzione a favore di sicurezza)

$$\cotg \alpha = 1$$

$$\cotg \theta = 1$$

$$V_{Rd,y} = \min (V_{Rds}; V_{Rdc}) = 6396 \text{ kN} > V_{Ed,y}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	52 di 128

#### 6.6.4 Verifica a fessurazione

Per le opere sotto binario deve risultare in combinazione di carico SLE rara che l'ampiezza massima delle fessure sia inferiore a (strutture a contatto con il terreno):

$$w_1 = 0.20 \text{ mm.}$$

Si procede al calcolo dell'apertura delle fessure prendendo in esame la combinazione SLE che fornisce la massima tensione di trazione sull'armatura:

$$\sigma_s = 119 \text{ MPa (SLE 4)}$$

Commenti:	INPUT			OUTPUT	
interasse barre	interasse	150	mm	diff. def. armature-cls	
diametro medio barre	$\Phi$ (barre)	24	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	3.47E-04 -
baricentro della barra dal lembo sezione	x barra	70	mm	distanza max fessure	
altezza efficace	hc,eff	175	-	s r, max	4.34E+02 mm
classe cls	cls C	32	MPa	<b>ampiezza fessure:</b>	
tensione max barra	$\sigma_s$	119	MPa	<b>wk</b>	<b>0.15 mm</b>
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	kt	0.6	-	w_LIMITE	0.20 mm
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 liscie)	k1	0.8	-	Sez. verificata	
(0.5 per flessione; 1 trazione)	k2	0.5	-		
(fisso)	k3	3.4	-		
(fisso)	k4	0.425	-		

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	53 di 128

## 6.7 Verifiche strutturali del fusto pila H= 15.1 m

Di seguito si riportano le verifiche strutturali del fusto della pila; i domini di resistenza sono stati calcolati con il programma VcaSLU by Prof. Piero Gelfi.

### 6.7.1 *Calcolo dell'armatura minima*

- **Armatura verticale**

L'armatura verticale minima da disporre è pari a 0.6% dell'area della sezione (cfr. Manuale Progettazione Opere Civili RFI).

Area sezione di base  $A_c = 6.4 \text{ m}^2$

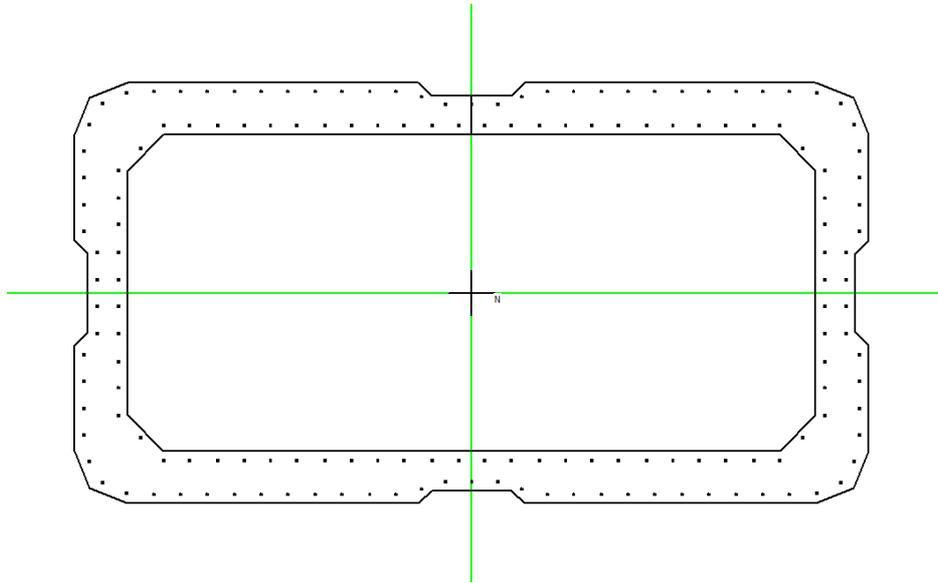
Area minima  $A_{l,min} = 0.6\% * A_c = 384 \text{ cm}^2$

Si dispone un'armatura articolata come segue:

Strato esterno:  $\phi 24$  passo 20 cm

Strato interno:  $\phi 24$  passo 20 cm

Complessivamente si contano 161 ferri  $\phi 24$  per un'area di armatura complessiva di  $728 \text{ cm}^2 > A_{l,min}$ .



**Figura 8: Armatura pila**

- **Armatura di confinamento**

Essendo stato impiegato un fattore di struttura “q” < 1,5, l’armatura di confinamento deve soddisfare la seguente limitazione:

$$\omega_{wd,r} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \zeta$$

dove  $\zeta = 0.03$  , in quanto l’accelerazione sismica ( $a_{g,SLV}$ ) del sito è minore di 0.15g.

Su ogni parete della pila si dispongono spille  $\phi 14$  nel numero di 9 al mq (13.85 cm<sup>2</sup> /m<sup>2</sup>), pertanto:

$$\omega_{wd,r} = 13.851 \text{ E-4} * 391\text{Mpa} / 18.1\text{Mpa} = 0.03$$

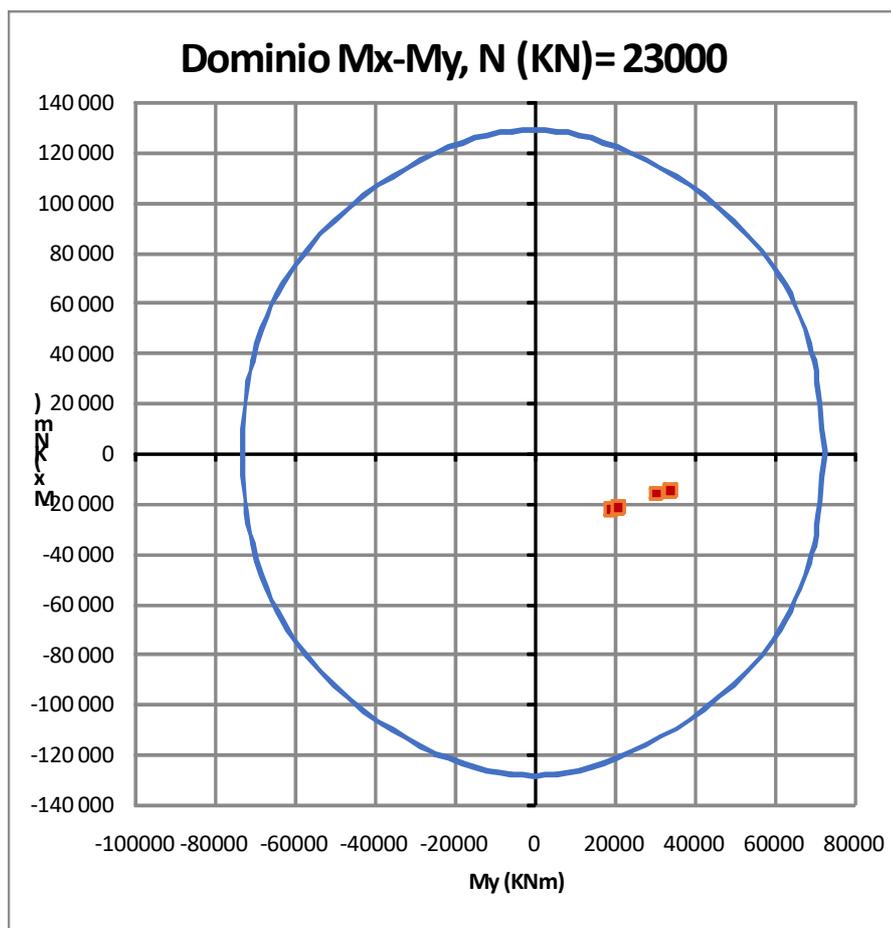
VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	55 di 128

### 6.7.2 Verifica a flessione SLU e SLV

Si riportano i diagrammi resistenti Mx-My della sezione di base pila, confrontati con le rispettive sollecitazioni agenti.



	NEd (KN)	MEd,x (KNm)	MEd,y (KNm)
SLU1	22771	19423	-22912
SLU2	22771	30660	-15602
SLU3	23850	21176	-22058
SLU4	23850	34166	-15418

Tutti le sollecitazioni risultano interne al dominio di rottura, pertanto la verifica è soddisfatta.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

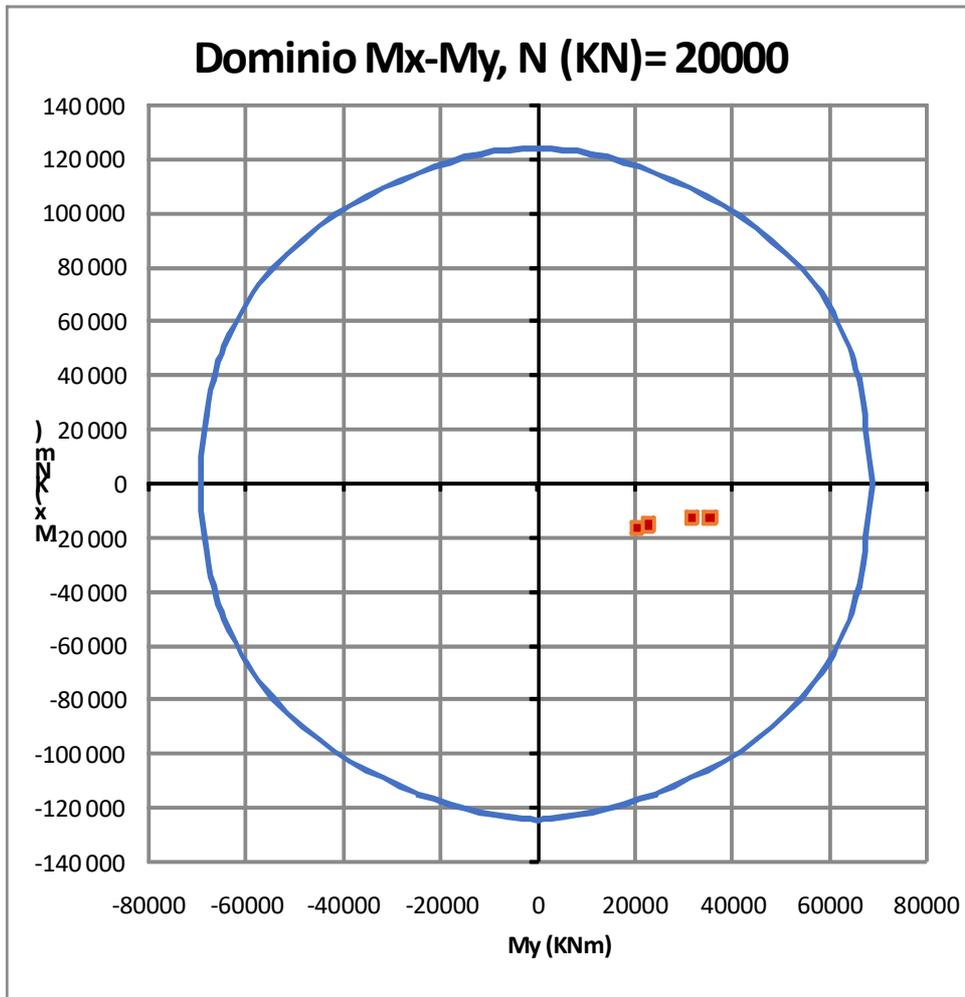
04

D13CL

VI0105001

B

56 di 128



	<b>NEd (KN)</b>	<b>MEd,x (KNm)</b>	<b>MEd,y (KNm)</b>
SLU6	19221	20180	-16089
SLU7	19221	31418	-12312
SLU8	19761	22527	-15634
SLU9	19761	35517	-12206

Tutti le sollecitazioni risultano interne al dominio di rottura, pertanto la verifica è soddisfatta.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

04

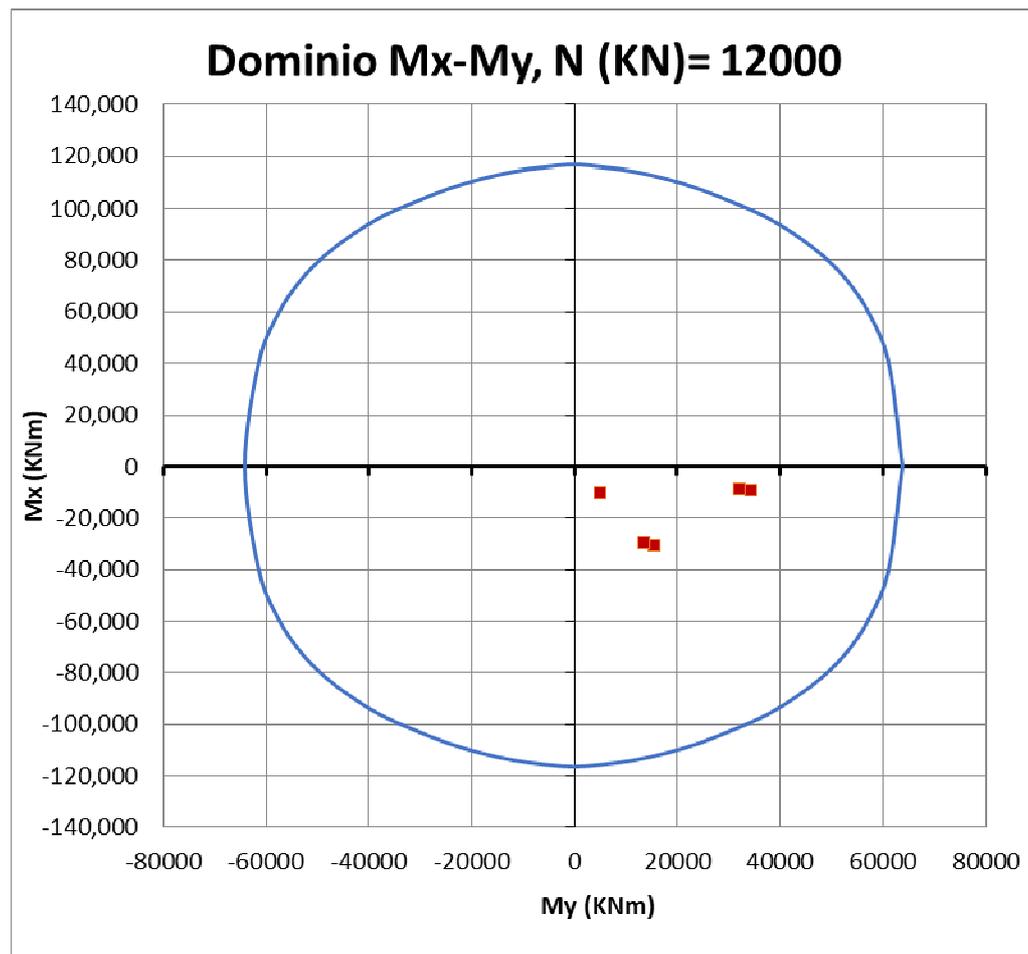
D13CL

VI0105001

B

57 di 128

Tutti le sollecitazioni risultano interne al dominio di rottura, pertanto la verifica è soddisfatta.



	<b>NEd (KN)</b>	<b>MEd,x (KNm)</b>	<b>MEd,y (KNm)</b>
SLV1	12246	34365	-9637
SLV2	11647	32281	-9133
SLV3	12246	15704	-30801
SLV4	11647	13620	-29760
SLU5	11792	8185	-12059
SLU10	11502	5038	-10418

Tutti le sollecitazioni risultano interne al dominio di rottura, pertanto la verifica è soddisfatta.

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	58 di 128

### 6.7.3 Verifica a taglio SLU e SLV

Direzione longitudinale:

Il massimo taglio longitudinale è pari a:

$$V_{Ed,x} = 2217 \text{ KN (SLV1)}$$

Si considerano resistenti al taglio le due pareti laterali assimilate ad una sezione rettangolare di dimensioni:

$$B \times H = 80 \times 320 \text{ cm}$$

Ciascuna parete ospita barre orizzontali pari a ferri  $\phi 14$  passo 20 cm a 2 braccia.

*Resistenza dell'armatura :*

$$V_{Rds} = A_{sw} / s * f_{yd} * 0.9d \cotg \theta = 4 * 153 \text{ mm}^2 / 200 \text{ mm} * 391 \text{ MPa} * (0.9 * 3140 \text{ mm}) = 3381 \text{ kN}$$

con

$$\cotg \theta = 1$$

*Resistenza della biella compressa:*

$$V_{Rdc} = 0.9 d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) = 0.9 * 3140 \text{ mm} * 800 \text{ mm} * (0.5 * 18.1 \text{ MPa}) * 1 = 20460 \text{ kN}$$

con

$\alpha_c = 1$  (assunzione a favore di sicurezza)

$$\cotg \alpha = 1$$

$$\cotg \theta = 1$$

$$V_{Rd,x} = \min (V_{Rds}; V_{Rdc}) = 3381 \text{ kN} > V_{Ed,x}$$

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	59 di 128

Direzione trasversale:

Il massimo taglio trasversale è pari a:

$$V_{Ed,y} = 1776 \text{ kN (SLV3)}$$

Si considerano resistenti al taglio le due pareti laterali assimilate ad una sezione rettangolare di dimensioni:

$$B \times H = 80 \times 600 \text{ cm}$$

Ciascuna parete ospita barre orizzontali pari a ferri  $\phi 14$  passo 20 cm a 2 braccia.

*Resistenza dell'armatura :*

$$V_{Rds} = A_{sw} / s * f_{yd} * 0.9d \cotg \theta = 4 * 153 \text{ mm}^2 / 200 \text{ mm} * 391 \text{ MPa} * (0.9 * 5940 \text{ mm}) = 6396 \text{ kN}$$

con

$$\cotg \theta = 1$$

*Resistenza della biella compressa:*

$$V_{Rdc} = 0.9 d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) = 0.9 * 5940 \text{ mm} * 800 \text{ mm} * (0.5 * 18.1 \text{ MPa}) * 1 =$$

$$38705 \text{ kN}$$

con

$\alpha_c = 1$  (assunzione a favore di sicurezza)

$$\cotg \alpha = 1$$

$$\cotg \theta = 1$$

$$V_{Rd,y} = \min (V_{Rds}; V_{Rdc}) = 6396 \text{ kN} > V_{Ed,y}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	60 di 128

#### 6.7.4 Verifica a fessurazione

Per le opere sotto binario deve risultare in combinazione di carico SLE rara che l'ampiezza massima delle fessure sia inferiore a (strutture a contatto con il terreno):

$$w_1 = 0.20 \text{ mm.}$$

Si procede al calcolo dell'apertura delle fessure prendendo in esame la combinazione SLE che fornisce la massima tensione di trazione sull'armatura:

$$\sigma_s = 114 \text{ MPa (SLE 9)}$$

Commenti:	INPUT			OUTPUT	
interasse barre	interasse	200	mm	diff. def. armature-cls	
diametro medio barre	$\Phi$ (barre)	24	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	3.32E-04 -
baricentro della barra dal lembo sezione	x barra	70	mm	distanza max fessure	
altezza efficace	hc,eff	175	-	s r, max	5.13E+02 mm
classe cls	cls C	32	MPa	<b>ampiezza fessure:</b>	
tensione max barra	$\sigma_s$	114	MPa	<b>wk</b>	<b>0.17 mm</b>
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	kt	0.6	-	w_LIMITE	0.20 mm
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 liscie)	k1	0.8	-	Sez. verificata	
(0.5 per flessione; 1 trazione)	k2	0.5	-		
(fisso)	k3	3.4	-		
(fisso)	k4	0.425	-		

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	61 di 128

## 6.8 Verifiche strutturali del fusto pila H= 10.3 m

Di seguito si riportano le verifiche strutturali del fusto della pila; i domini di resistenza sono stati calcolati con il programma VcaSLU by Prof. Piero Gelfi.

### 6.8.1 Calcolo dell'armatura minima

- **Armatura verticale**

L'armatura verticale minima da disporre è pari a 0.6% dell'area della sezione (cfr. Manuale Progettazione Opere Civili RFI).

Area sezione di base  $A_c = 6.4 \text{ m}^2$

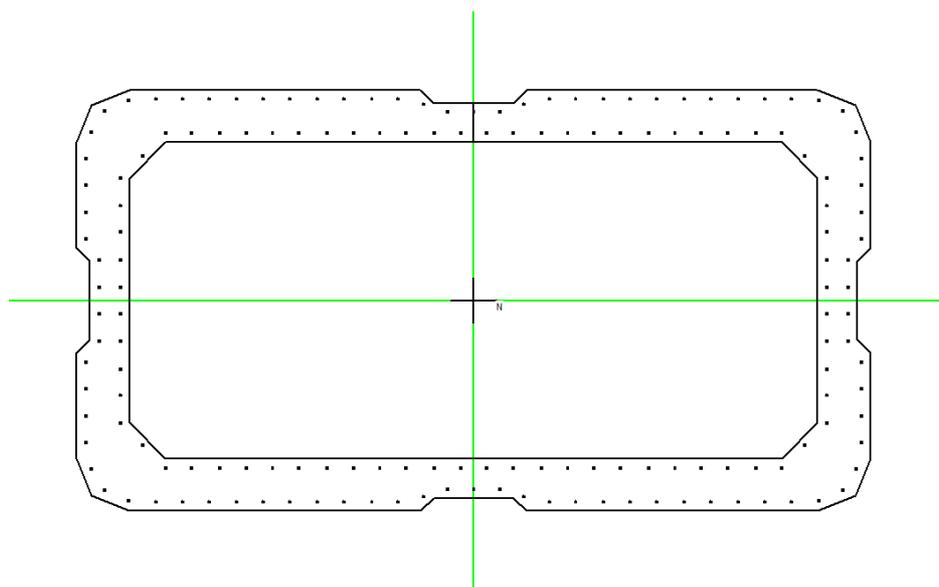
Area minima  $A_{l,min} = 0.6\% * A_c = 384 \text{ cm}^2$

Si dispone un'armatura articolata come segue:

Strato esterno:  $\phi 20$  passo 20 cm

Strato interno:  $\phi 20$  passo 20 cm

Complessivamente si contano 161 ferri  $\phi 20$  per un'area di armatura complessiva di  $506 \text{ cm}^2 > A_{l,min}$ .



**Figura 9: Armatura pila**

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	62 di 128

- **Armatura di confinamento**

Essendo stato impiegato un fattore di struttura “q” < 1,5, l’armatura di confinamento deve soddisfare la seguente limitazione:

$$\omega_{wd,r} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \zeta$$

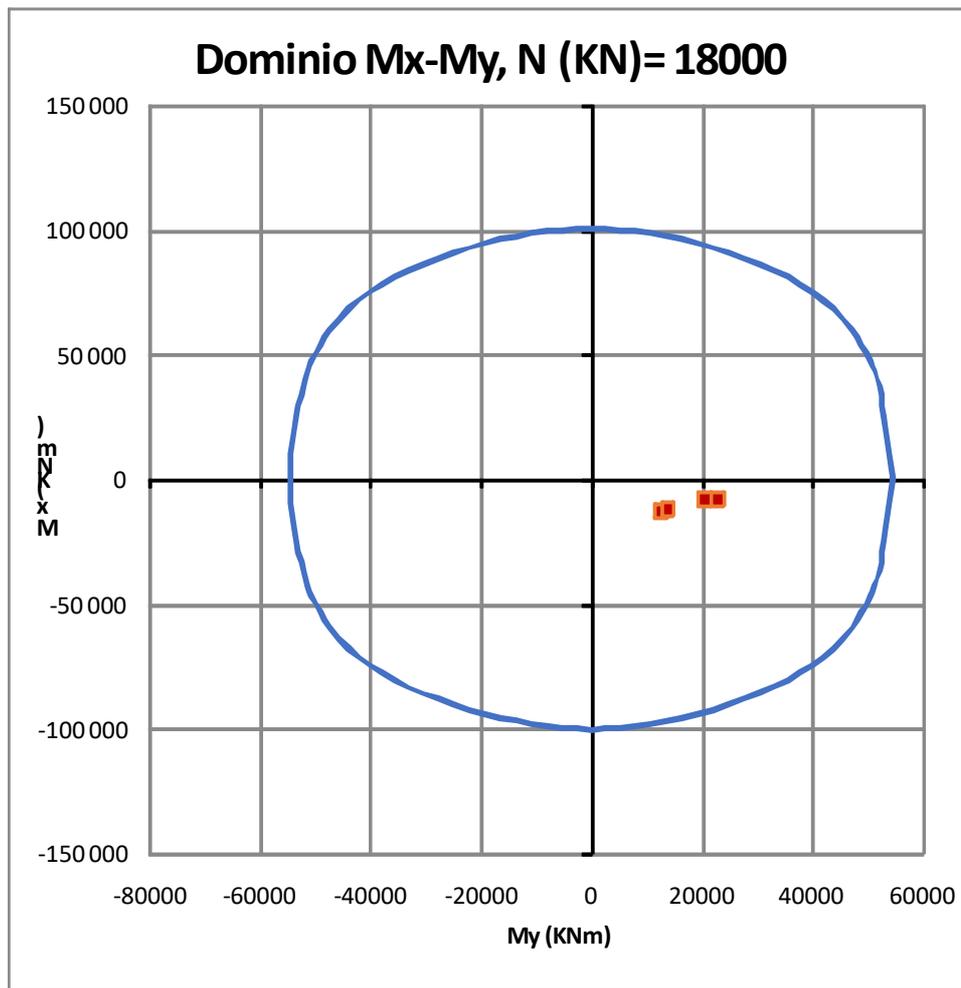
dove  $\zeta = 0.03$  , in quanto l’accelerazione sismica ( $a_{g,SLV}$ ) del sito è minore di 0.15g.

Su ogni parete della pila si dispongono spille  $\phi 14$  nel numero di 9 al mq (13.85 cm<sup>2</sup> /m<sup>2</sup>), pertanto:

$$\omega_{wd,r} = 13.851 \text{ E-4} * 391\text{Mpa} / 18.1\text{Mpa} = 0.03$$

### 6.8.2 Verifica a flessione SLU e SLV

Si riportano i diagrammi resistenti Mx-My della sezione di base pila, confrontati con le rispettive sollecitazioni agenti.



	<b>NEd (KN)</b>	<b>MEd,x (KNm)</b>	<b>MEd,y (KNm)</b>
SLU1	17885	12529	-13049
SLU2	17885	20287	-8255
SLU3	18865	13739	-11866
SLU4	18865	22707	-7874

Tutti le sollecitazioni risultano interne al dominio di rottura, pertanto la verifica è soddisfatta.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

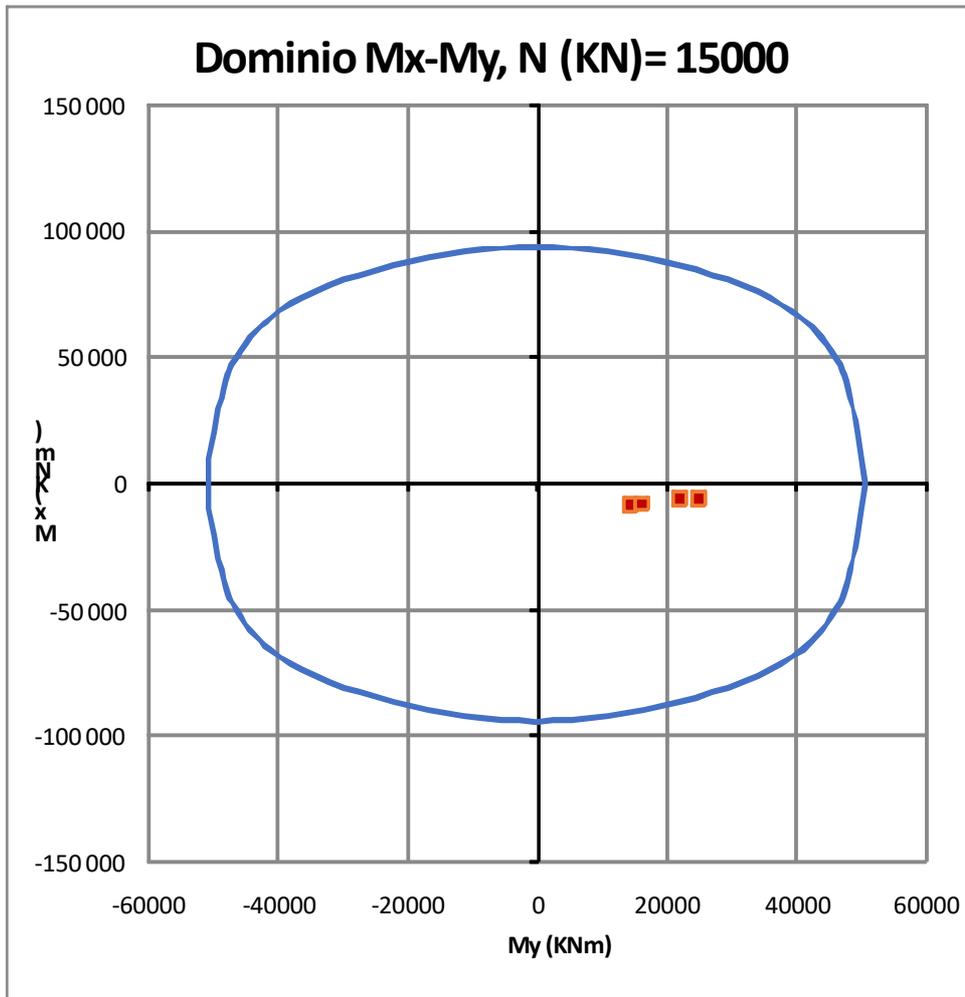
04

D13CL

VI0105001

B

64 di 128



	<b>NEd (KN)</b>	<b>MEd,x (KNm)</b>	<b>MEd,y (KNm)</b>
SLU6	14816	14014	-8466
SLU7	14816	21771	-6068
SLU8	15307	15763	-7874
SLU9	15307	24730	-5878

Tutti le sollecitazioni risultano interne al dominio di rottura, pertanto la verifica è soddisfatta.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

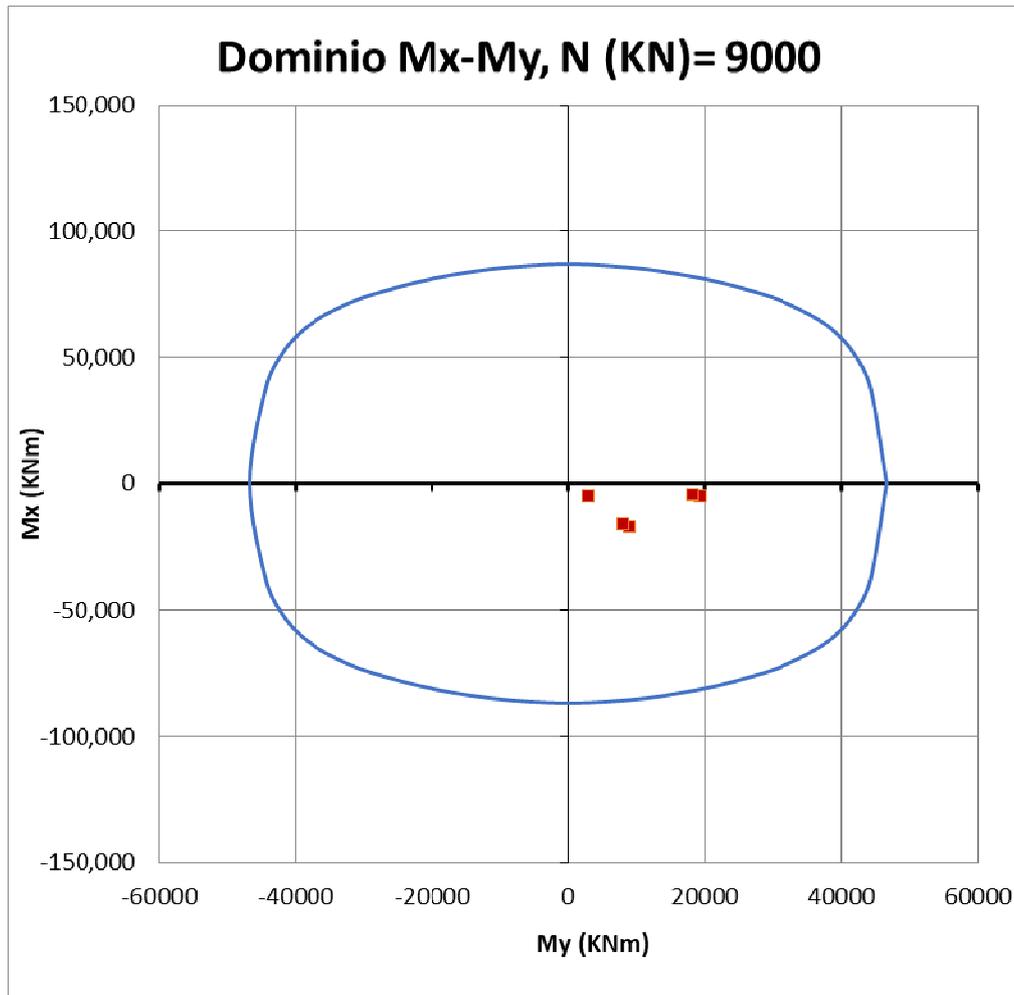
04

D13CL

VI0105001

B

65 di 128



	<b>NEd (KN)</b>	<b>MEd,x (KNm)</b>	<b>MEd,y (KNm)</b>
SLV1	9282	19368	-5247
SLV2	8778	18258	-4946
SLV3	9282	9022	-16746
SLV4	8778	7912	-16114
SLU5	8830	4772	-6220
SLU10	8613	2881	-5051

Tutti le sollecitazioni risultano interne al dominio di rottura, pertanto la verifica è soddisfatta.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	66 di 128

### 6.8.3 Verifica a taglio SLU e SLV

Direzione longitudinale:

Il massimo taglio longitudinale è pari a:

$$V_{Ed,x} = 2122 \text{ kN (SLU4)}$$

Si considerano resistenti al taglio le due pareti laterali assimilate ad una sezione rettangolare di dimensioni:

$$B \times H = 80 \times 320 \text{ cm}$$

Ciascuna parete ospita barre orizzontali pari a ferri  $\phi 14$  passo 20 cm a 2 braccia.

*Resistenza dell'armatura :*

$$V_{Rds} = A_{sw} / s * f_{yd} * 0.9d \cotg \theta = 4 * 153 \text{ mm}^2 / 200 \text{ mm} * 391 \text{ MPa} * (0.9 * 3140 \text{ mm}) = 3381 \text{ kN}$$

con

$$\cotg \theta = 1$$

*Resistenza della biella compressa:*

$$V_{Rdc} = 0.9 d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) = 0.9 * 3140 \text{ mm} * 800 \text{ mm} * (0.5 * 18.1 \text{ MPa}) * 1 =$$

$$20460 \text{ kN}$$

con

$\alpha_c = 1$  (assunzione a favore di sicurezza)

$$\cotg \alpha = 1$$

$$\cotg \theta = 1$$

$$V_{Rd,x} = \min (V_{Rds}; V_{Rdc}) = 3381 \text{ kN} > V_{Ed,x}$$

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	67 di 128

Direzione trasversale:

Il massimo taglio trasversale è pari a:

$$V_{Ed,y} = 1326 \text{ KN (SLV3)}$$

Si considerano resistenti al taglio le due pareti laterali assimilate ad una sezione rettangolare di dimensioni :

$$B \times H = 80 \times 600 \text{ cm}$$

Ciascuna parete ospita barre orizzontali pari a ferri  $\phi 14$  passo 20 cm a 2 braccia.

*Resistenza dell'armatura :*

$$V_{Rds} = A_{sw} / s * f_{yd} * 0.9d \cotg \theta = 4 * 153 \text{ mm}^2 / 200 \text{ mm} * 391 \text{ MPa} * (0.9 * 5940 \text{ mm}) = 6396 \text{ kN}$$

con

$$\cotg \theta = 1$$

*Resistenza della biella compressa:*

$$V_{Rdc} = 0.9 d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) = 0.9 * 5940 \text{ mm} * 800 \text{ mm} * (0.5 * 18.1 \text{ MPa}) * 1 =$$

$$38705 \text{ kN}$$

con

$\alpha_c = 1$  (assunzione a favore di sicurezza)

$$\cotg \alpha = 1$$

$$\cotg \theta = 1$$

$$V_{Rd,y} = \min (V_{Rds}; V_{Rdc}) = 6396 \text{ kN} > V_{Ed,y}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	68 di 128

#### 6.8.4 Verifica a fessurazione

Per le opere sotto binario deve risultare in combinazione di carico SLE rara che l'ampiezza massima delle fessure sia inferiore a (strutture a contatto con il terreno):

$$w_1 = 0.20 \text{ mm.}$$

Si procede al calcolo dell'apertura delle fessure prendendo in esame la combinazione SLE che fornisce la massima tensione di trazione sull'armatura:

$$\sigma_s = 76 \text{ MPa (SLE 9)}$$

Commenti:	INPUT			OUTPUT	
interasse barre	interasse	200	mm	diff. def. armature-cls	
diametro medio barre	$\Phi$ (barre)	20	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	2.21E-04 -
baricentro della barra dal lembo sezione	x barra	70	mm	distanza max fessure	
altezza efficace	hc,eff	175	-	s r, max	5.83E+02 mm
classe cls	cls C	32	MPa	<b>ampiezza fessure:</b>	
tensione max barra	$\sigma_s$	76	MPa	<b>wk</b>	<b>0.13 mm</b>
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	kt	0.6	-	w_LIMITE	0.20 mm
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 liscie)	k1	0.8	-	Sez. verificata	
(0.5 per flessione; 1 trazione)	k2	0.5	-		
(fisso)	k3	3.4	-		
(fisso)	k4	0.425	-		

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	69 di 128

## 7 VERIFICHE DELLE FONDAZIONI

### 7.1 Sollecitazioni elementari intradosso fondazione

La tabella seguente riassume le sollecitazioni elementari agenti sul piano di posa delle fondazioni.

#### 7.1.1 Pila H=20.8m

PILA H=20.8 m	N [KN]	MI [KNm]	Mt [KNm]	FI [KN]	Ft [KN]
Peso Fondazione	9930	0	0	0	0
Inerzia Fondazione long	0	844	0	562	0
Inerzia Fondazione tra	0	0	-844	0	-562
Inerzia Fondazione vert	181	0	0	0	0
Peso pila + pulvino	4366	0	0	0	0
Sisma pila + impalcato long	0	22204	0	918	0
Sisma pila + impalcato tra	0	0	-38908	0	-1508
Sisma pila + impalcato vert	154	0	0	0	0
Azioni da impalcato	0	0	0	0	0
G1	4590	-926	0	0	0
G2	3390	-626	0	0	0
Vento impalcato	0	0	-17093	0	-752
Traffico schema 1	0	0	0	0	0
LM71 GR.1	4759	11573	-16588	500	-588
LM71 GR.3	4759	23673	-8104	1000	-294
SW/2 GR.1	5526	13358	-11839	578	-412
SW/2 GR.3	5526	27333	-5919	1155	-206
treno scarico GR. 2	375	0	-3285	0	-119
Res. parassite vincoli	0	10341	0	427	0
Traffico schema 2	0	0	0	0	0
LM71 GR.1	2116	14216	-4892	500	-176
LM71 GR.3	2116	26316	-2361	1000	-88
SW/2 GR.1	2454	16430	-4473	578	-156
SW/2 GR.3	2454	30405	-2236	1155	-78
treno scarico GR. 2	225	0	-1643	0	-59
Res. parassite vincoli	0	5881	0	243	0

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	70 di 128

7.1.2 **Pila H=15.1m**

PILA H=15.1 m	N [KN]	MI [KNm]	Mt [KNm]	FI [KN]	Ft [KN]
Peso Fondazione	5650	0	0	0	0
Inerzia Fondazione long	0	400	0	320	0
Inerzia Fondazione tra	0	0	-400	0	-320
Inerzia Fondazione vert	103	0	0	0	0
Peso pila + pulvino	2740	0	0	0	0
Sisma pila + impalcato long	0	28387	0	1577	0
Sisma pila + impalcato tra	0	0	-32841	0	-1676
Sisma pila + impalcato vert	183	0	0	0	0
Azioni da impalcato	0	0	0	0	0
G1	4904	0	0	0	0
G2	3568	0	0	0	0
Vento impalcato	0	0	-11463	0	-684
Traffico schema 1	0	0	0	0	0
LM71 GR.1	4896	9000	-11003	500	-502
LM71 GR.3	4896	18000	-5334	1000	-251
SW/2 GR.1	5640	10404	-10299	578	-456
SW/2 GR.3	5640	20808	-5149	1156	-228
treno scarico GR. 2	400	0	-2563	0	-120
Res. parassite vincoli	0	7921	0	440	0
Traffico schema 2	0	0	0	0	0
LM71 GR.1	2448	11693	-5692	500	-260
LM71 GR.3	2448	20693	-2762	1000	-130
SW/2 GR.1	2820	13506	-5319	578	-236
SW/2 GR.3	2820	23910	-2659	1156	-118
treno scarico GR. 2	200	0	-1282	0	-60
Res. parassite vincoli	0	4876	0	271	0

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	71 di 128

**7.1.3 Pila H=10.3m**

<b>PILA H=10.3 m</b>	<b>N [KN]</b>	<b>MI [KNm]</b>	<b>Mt [KNm]</b>	<b>FI [KN]</b>	<b>Ft [KN]</b>
Peso Fondazione	3887	0	0	0	0
Inerzia Fondazione long	0	253	0	220	0
Inerzia Fondazione tra	0	0	-253	0	-220
Inerzia Fondazione vert	71	0	0	0	0
Peso pila + pulvino	1967	0	0	0	0
Sisma pila + impalcato long	0	16101	0	1239	0
Sisma pila + impalcato tra	0	0	-18330	0	-1239
Sisma pila + impalcato vert	136	0	0	0	0
Azioni da impalcato	0	0	0	0	0
G1	3664	0	0	0	0
G2	2764	0	0	0	0
Vento impalcato	0	0	-5381	0	-464
Traffico schema 1	0	0	0	0	0
LM71 GR.1	4232	6500	-7325	500	-436
LM71 GR.3	4232	13000	-3517	1000	-218
SW/2 GR.1	4908	7514	-6343	578	-364
SW/2 GR.3	4908	15028	-3172	1156	-182
treno scarico GR. 2	300	0	-1877	0	-115
Res. parassite vincoli	0	4831	0	372	0
Traffico schema 2	0	0	0	0	0
LM71 GR.1	2116	8828	-3662	500	-218
LM71 GR.3	2116	15328	-1758	1000	-109
SW/2 GR.1	2454	10213	-3172	578	-182
SW/2 GR.3	2454	17727	-1586	1156	-91
treno scarico GR. 2	150	0	-938	0	-58
Res. parassite vincoli	0	2917	0	224	0

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	72 di 128

## 7.2 Combinazioni di carico

Ai fini delle verifiche condotte sull'opera sono state prese in considerazione le seguenti combinazioni di carico:

		Peso Fondazione	Inerzia Fondazione long	Inerzia Fondazione tra	Inerzia Fondazione vert	Peso pila + pulvino	Sisma pila + impalcato long	Sisma pila + impalcato tra	Sisma pila + impalcato vert	G1 impalcato	G2 impalcato	Vento impalcato
SLE rara	SLE1	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60
	SLE2	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60
	SLE3	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60
	SLE4	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60
	SLE5	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60
	SLE6	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60
	SLE7	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60
	SLE8	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60
	SLE9	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60
	SLE10	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.60
SLU A1	SLU1	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	1.50	0.90
	SLU2	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	1.50	0.90
	SLU3	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	1.50	0.90
	SLU4	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35	1.50	0.90
	SLU5	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90
	SLU6	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90
	SLU7	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90
	SLU8	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90
	SLU9	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90
	SLU10	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.90
SISMA	SLV1	1.00	1.00	0.30	0.30	1.00	1.00	0.30	0.30	0.00	0.20	0.00
	SLV2	1.00	1.00	0.30	-0.30	1.00	1.00	0.30	-0.30	0.00	0.20	0.00
	SLV3	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	0.00	0.20	0.00
	SLV4	1.00	0.30	1.00	-0.30	1.00	0.30	1.00	-0.30	0.00	0.20	0.00

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	73 di 128

		TRAFFICO SCHEMA 1							TRAFFICO SCHEMA 2					
		LM71 GR.1	LM71 GR.1	LM71 GR.3	SW/2 GR.1	SW/2 GR.3	treno scarico GR. 2	Res. parassite vincoli	LM71 GR.1	LM71 GR.3	SW/2 GR.1	SW/2 GR.3	treno scarico GR. 2	Res. parassite vincoli
SLE rara	SLE1	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE2	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE3	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE4	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLE6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	SLE7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	SLE8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
	SLE9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
	SLE10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
SLU A1	SLU1	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU2	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU3	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU4	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLU6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
	SLU7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.20
	SLU8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.20
	SLU9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	1.20
	SLU10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.20
SISMA	SLV1	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLV2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00
	SLV3	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SLV4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	74 di 128

### 7.3 Sollecitazioni combinate intradosso fondazione

#### 7.3.1 Pila H=20.8m

PILA H=20.8 m		N [KN]	MI [KNm]	Mt [KNm]	FI [KN]	Ft [KN]
SLE rara	SLE1	27035	20362	-26844	927	-1040
	SLE2	27035	32462	-18360	1427	-745
	SLE3	27802	22147	-22094	1005	-863
	SLE4	27802	36122	-16175	1582	-657
	SLE5	22651	8789	-13541	427	-570
	SLE6	24392	18545	-15148	743	-628
	SLE7	24392	30645	-12617	1243	-539
	SLE8	24730	20758	-14729	821	-607
	SLE9	24730	34734	-12492	1398	-529
	SLE10	22501	4329	-11898	243	-511
SLU A1	SLU1	37481	27001	-39437	1238	-1530
	SLU2	37481	44546	-27135	1963	-1103
	SLU3	38593	29589	-32550	1350	-1274
	SLU4	38593	49853	-23967	2188	-976
	SLU5	22819	10857	-20147	513	-849
	SLU6	25344	26118	-22477	1017	-933
	SLU7	25344	43663	-18808	1742	-805
	SLU8	25834	29327	-21870	1129	-903
	SLU9	25834	49592	-18627	1966	-790
	SLU10	22602	5505	-17766	292	-763
SISMICA	SLV1	23328	36571	-13546	2107	-680
	SLV2	22598	32639	-12398	1923	-639
	SLV3	23328	18018	-43069	971	-2188
	SLV4	22598	14086	-40730	787	-2106

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	75 di 128

7.3.2 **Pila H=15.1 m**

PILA H=15.1 m		N [KN]	MI [KNm]	Mt [KNm]	FI [KN]	Ft [KN]
SLE rara	SLE1	21758	16921	-17881	940	-912
	SLE2	21758	25921	-12212	1440	-661
	SLE3	22502	18325	-17176	1018	-866
	SLE4	22502	28729	-12027	1596	-638
	SLE5	17262	7921	-9441	440	-530
	SLE6	19310	16568	-12570	771	-670
	SLE7	19310	25568	-9640	1271	-540
	SLE8	19682	18382	-12196	849	-646
	SLE9	19682	28786	-9537	1427	-528
	SLE10	17062	4876	-8159	271	-470
SLU A1	SLU1	30398	22555	-26271	1253	-1344
	SLU2	30398	35605	-18051	1978	-980
	SLU3	31477	24591	-25250	1366	-1277
	SLU4	31477	39677	-17783	2204	-946
	SLU5	23879	9505	-14033	528	-790
	SLU6	20412	22805	-19380	1050	-1028
	SLU7	20412	35855	-14727	1775	-822
	SLU8	20951	25434	-16796	1163	-904
	SLU9	20951	40520	-13556	2001	-760
	SLU10	17152	5851	-12175	325	-703
SISMICA	SLV1	17927	40308	-11039	2537	-649
	SLV2	17266	37801	-10525	2368	-625
	SLV3	17927	18357	-35441	1109	-2096
	SLV4	17266	15850	-34379	940	-2048

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	76 di 128

7.3.3 *Pila H=10.3 m*

PILA H=15.1 m		N [KN]	MI [KNm]	Mt [KNm]	FI [KN]	Ft [KN]
SLE rara	SLE1	16515	11331	-10553	872	-714
	SLE2	16515	17831	-6745	1372	-496
	SLE3	17191	12345	-9572	950	-642
	SLE4	17191	19859	-6400	1528	-460
	SLE5	12583	4831	-5106	372	-393
	SLE6	14399	11744	-6891	724	-496
	SLE7	14399	18244	-4987	1224	-387
	SLE8	14737	13130	-6400	802	-460
	SLE9	14737	20644	-4814	1380	-369
	SLE10	12433	2917	-4167	224	-336
SLU A1	SLU1	23132	15222	-15464	1171	-1050
	SLU2	23132	24647	-9942	1896	-734
	SLU3	24113	16693	-14040	1284	-945
	SLU4	24113	27588	-9442	2122	-682
	SLU5	12718	5797	-7564	446	-584
	SLU6	15351	16300	-10153	994	-734
	SLU7	15351	25725	-7392	1719	-576
	SLU8	15841	18310	-9442	1107	-682
	SLU9	15841	29205	-7142	1945	-550
	SLU10	12500	3500	-6204	269	-501
SISMICA	SLV1	13191	23785	-6278	2030	-481
	SLV2	12644	22336	-5927	1883	-459
	SLV3	13191	11037	-20048	909	-1546
	SLV4	12644	9589	-19316	762	-1502

VI01 - Viadotto struttura mista

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	77 di 128

Relazione di calcolo pile e fondazioni

## 7.4 Verifiche strutturali del plinto

### 7.4.1 Plinto 12x12x3m (Pila H=20.8 m)

Nelle tabelle seguenti sono riportate le pressioni del terreno esercitate dal plinto di fondazione nelle combinazioni prese in esame (SLE\_rara, SLU e SLV), riportate separatamente per le due direzioni principali.

Si indicano i seguenti termini:

$$e_{long} = \frac{M_{long}}{N}$$

Se  $e_{long} < B_{long} / 6$

$$q_{max} = \frac{N}{B_{long} * B_{trasv} * \left(1 + \frac{6 * e_{long}}{B_{long}}\right)}$$

$$q_{min} = \frac{N}{B_{long} * B_{trasv} * \left(1 - \frac{6 * e_{long}}{B_{long}}\right)}$$

Se  $e_{long} \geq B_{long} / 6$

$$q_{min} = \frac{2 * N}{3 * u * B_{trasv}}$$

$$q_{min} = 0$$

$$u = \frac{B_{long}}{2} - e_{long}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

04

D13CL

VI0105001

B

78 di 128

		e_1on [m]	qmax [KPa]	qmin [Kpa]
SLE rara	SLE1	0.75	258	117
	SLE2	1.20	300	75
	SLE3	0.80	270	116
	SLE4	1.30	318	68
	SLE5	0.39	188	127
	SLE6	0.76	234	105
	SLE7	1.26	276	63
	SLE8	0.84	244	100
	SLE9	1.40	292	51
	SLE10	0.19	171	141
SLU A1	SLU1	0.72	354	167
	SLU2	1.19	415	106
	SLU3	0.77	371	165
	SLU4	1.29	441	95
	SLU5	0.33	252	181
	SLU6	1.03	267	85
	SLU7	1.72	328	24
	SLU8	1.14	281	78
	SLU9	1.92	352	7
	SLU10	0.24	176	138
SISMICA	SLV1	1.57	289	35
	SLV2	1.44	270	44
	SLV3	0.77	225	99
	SLV4	0.62	206	108

		e_tra [m]	qmax [KPa]	qmin [Kpa]
SLE rara	SLE1	0.99	258	95
	SLE2	0.68	300	124
	SLE3	0.79	270	116
	SLE4	0.58	318	137
	SLE5	0.60	188	110
	SLE6	0.62	234	117
	SLE7	0.52	276	126
	SLE8	0.60	244	121
	SLE9	0.51	292	128
	SLE10	0.53	171	115
SLU A1	SLU1	1.05	354	123
	SLU2	0.72	415	166
	SLU3	0.84	371	155
	SLU4	0.62	441	185
	SLU5	0.65	252	146
	SLU6	0.89	267	98
	SLU7	0.74	328	111
	SLU8	0.85	281	103
	SLU9	0.72	352	115
	SLU10	0.79	176	95
SISMICA	SLV1	0.58	289	115
	SLV2	0.55	270	114
	SLV3	1.85	225	12
	SLV4	1.80	206	16

Il plinto viene armato con una maglia inferiore costituita da un doppio strato barre  $\phi 26$  passo 10cm (longitudinale) e barre  $\phi 26$  passo 15cm (trasversale); mentre la maglia superiore è costituita da barre da barre  $\phi 20$  passo 20cm in entrambe le direzioni.

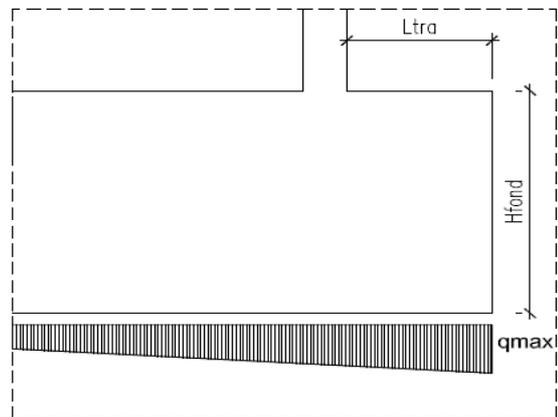
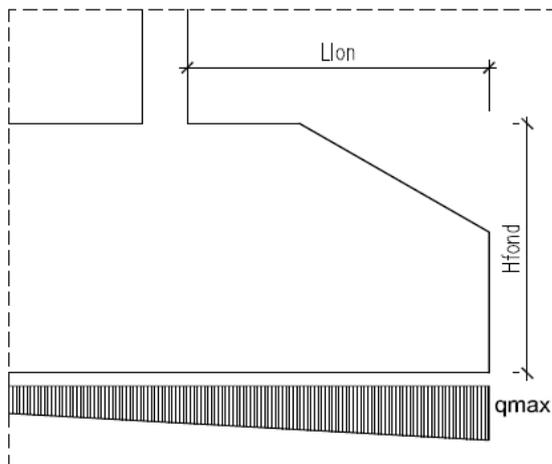
**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	80 di 128

Si procede alla verifica dell'armatura inferiore del plinto seguendo uno schema statico di mensola come mostrato nelle figure seguenti.

All'azione della pressione del terreno si sottrae quella legata al peso della fondazione, ignorando, a vantaggio di sicurezza, il contributo del peso del terreno di ricoprimento.



VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	81 di 128

- Direzione Longitudinale

Considerato che la lunghezza di carico è  $L_{long} = 4.4$  m, ricaviamo le massime sollecitazioni nella sezione d'incastro del plinto con il fusto pila.

		Med_ion [KNm/m]	VEd, ion [KN/m]
SLE rara	SLE1	1943	693
	SLE2	2449	810
	SLE3	2069	734
	SLE4	2654	869
	SLE5	1164	447
	SLE6	1689	595
	SLE7	2195	712
	SLE8	1805	626
	SLE9	2389	762
	SLE10	968	399
SLU A1	SLU1	2923	1077
	SLU2	3657	1246
	SLU3	3106	1136
	SLU4	3954	1332
	SLU5	1794	720
	SLU6	2070	697
	SLU7	2804	867
	SLU8	2237	743
	SLU9	3085	939
	SLU10	1024	414
SISMICA	SLV1	2372	737
	SLV2	2158	676
	SLV3	1596	557
	SLV4	1382	497

I valori massimi risultano:

max	Med [kNm/m]	Ved [KN]
SLE	2654	869
SLU-SLV	3954	1332

## Verifica a flessione SLU

Il momento resistente della sezione vale:

$$M_{rd} = 11629 \text{ kNm/m} > M_{ed}$$

La verifica è soddisfatta

Verifica C.A. S.L.U. - File: FondazioneH3002filefi32-15cm

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

Titolo: Fondazione\_long

N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	300	1	106.19	292
			2	15.71	8

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

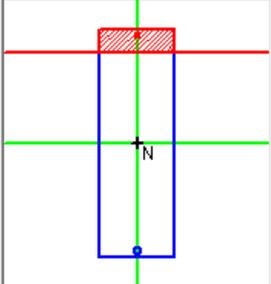
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C25/30

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14.17 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6  
τ<sub>c1</sub> 1.829

M<sub>xRd</sub> 11 629 kNm  
σ<sub>c</sub> -14.17 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 29.67 ‰  
d 292 cm  
x 30.81 x/d 0.1055  
δ 0.7



**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	83 di 128

### Verifica a taglio SLU

L'armatura a taglio del plinto è costituita da spille/cavallotti chiusi  $\phi$  16 passo 20x50cm .

*Resistenza dell'armatura :*

$$VR_{ds} = A_{sw} / s * f_{yd} * 0.9d \cotg \theta = 2 * 200 \text{ mm}^2 / 200\text{mm} * 391 \text{ MPa} * (0.9 * 2910 \text{ mm}) = 2059 \text{ kN/m}$$

con

$$\cotg \theta = 1$$

*Resistenza della biella compressa:*

$$VR_{dc} = 0.9 d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) = 0.9 * 2910\text{mm} * 1000\text{mm} * (0.5 * 14.2\text{MPa}) * 1 =$$

$$18551 \text{ kN/m}$$

con

$$\alpha_c = 1$$

$$\cotg \alpha = 1$$

$$\cotg \theta = 1$$

$$VR_d = \min (VR_{ds}; VR_{dc}) = 2052 \text{ kN} > V_{Ed}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	84 di 128

## Verifica a fessurazione SLE

Per le opere sotto binario deve risultare in combinazione di carico SLE rara che l'ampiezza massima delle fessure sia inferiore a (strutture a contatto con il terreno):

$$w_1 = 0.20 \text{ mm.}$$

Si procede al calcolo dell'apertura delle fessure prendendo in esame la combinazione SLE che fornisce la massima tensione di trazione sull'armatura:

$$\sigma_s = 140 \text{ MPa}$$

Commenti:	INPUT		
interasse barre	interasse	100	mm
diametro medio barre	$\Phi$ (barre)	26	mm
baricentro della barra dal lembo sezione	x barra	90	mm
altezza efficace	hc,eff	225	-
classe cls	cls C	25	MPa
tensione max barra	$\sigma_s$	140	MPa
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	kt	0.6	-
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 liscie)	k1	0.8	-
(0.5 per flessione; 1 trazione)	k2	0.5	-
(fisso)	k3	3.4	-
(fisso)	k4	0.425	-

OUTPUT	
diff. def. armature-cls	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ 4.08E-04 -
distanza max fessure	s r, max 4.49E+02 mm
<b>ampiezza fessure:</b>	<b>wk 0.18 mm</b>
w_LIMITE	0.20 mm
Sez. verificata	

- Direzione Trasversale

Considerato che la lunghezza di carico è  $L_{trasm} = 3.0m$ , ricaviamo le massime sollecitazioni nella sezione d'incastro del plinto con il fusto pila.

		Med_tra [KNm/m]	VEd, tra [KN/m]
SLE rara	SLE1	887	489
	SLE2	1081	610
	SLE3	935	527
	SLE4	1164	662
	SLE5	537	309
	SLE6	758	432
	SLE7	960	546
	SLE8	806	460
	SLE9	1040	591
	SLE10	454	268
SLU A1	SLU1	1342	751
	SLU2	1623	927
	SLU3	1412	806
	SLU4	1744	1002
	SLU5	834	490
	SLU6	926	512
	SLU7	1218	676
	SLU8	995	552
	SLU9	1334	741
	SLU10	485	273
SISMICA	SLV1	1028	577
	SLV2	937	527
	SLV3	753	369
	SLV4	660	321

I valori massimi risultano:

max	Med [kNm/m]	Ved [KN]
SLE	1164	662
SLU-SLV	1744	1002

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

04

D13CL

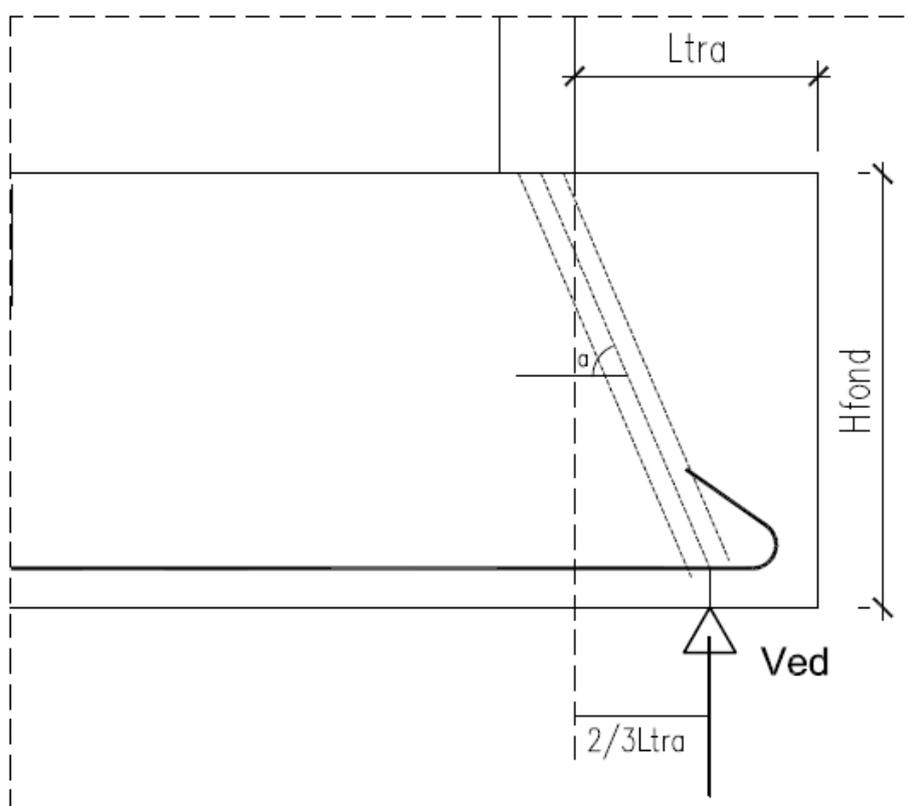
VI0105001

B

86 di 128

## Verifica a flessione SLU

Essendo la mensola tozza (luce / spessore =1), si procede alla verifica dell'armatura di flessione mediante un modello tirante puntone, schematizzando la forza sollecitante applicata a  $2/3$  della lunghezza della mensola del plinto.



$$\operatorname{tg} a = (Hfond - c) / (2/3 Ltra + sp/2) = 2.90\text{m} / (2/3 * 3.0 + 0.5/2) = 1.29$$

$$a = 52.3^\circ \text{ (angolo di inclinazione puntone compresso)}$$

- Verifica dell'armatura tesa

Il tiro sull'armatura vale :

$$Tslu = Ved,slu / \operatorname{tga} = 775 \text{ kN/m}$$

$$Tsle = Ved,sle / \operatorname{tga} = 512 \text{ kN/m}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	87 di 128

La tensione massima sull'armatura è (barre  $\phi$  26/20cm):

$$\sigma_{slu} = T_{slu} / A_{sl} = 219 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sle} = T_{sle} / A_{sl} = 145 \text{ MPa}$$

La tensione sulla barra allo SLU è minore di quella di calcolo dell'acciaio pertanto la verifica è soddisfatta; allo SLE si procede alla verifica a fessurazione:

Commenti:	INPUT			OUTPUT	
interasse barre	interasse	150	mm	diff. def. armature-cls	
diametro medio barre	$\Phi$ (barre)	26	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	4.22E-04 -
baricentro della barra dal lembo sezione	x barra	70	mm	distanza max fessure	
altezza efficace	hc,eff	175	-	s r, max	4.12E+02 mm
classe cls	cls C	25	MPa	<b>ampiezza fessure:</b>	
tensione max barra	$\sigma_s$	145	MPa	<b>wk</b>	<b>0.17 mm</b>
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	kt	0.6	-	w_LIMITE	0.20 mm
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 liscie)	k1	0.8	-	Sez. verificata	
(0.5 per flessione; 1 trazione)	k2	0.5	-		
(fisso)	k3	3.4	-		
(fisso)	k4	0.425	-		

- Verifica del puntone di calcestruzzo

Lo sforzo nella biella compressa vale:

$$P_{slu} = V_{ed,slu} / \sin \alpha = 1267 \text{ KN/m}$$

La resistenza della biella compressa vale

$$Prd = 0.4 b d f_{cd} = 0.4 * 1000\text{mm} * 2910\text{mm} * (14.1\text{MPa}) = 16411 \text{ KN /m} > P_{slu}$$

La verifica è soddisfatta.

### Verifica a taglio SLU

Si rimanda alla verifica effettuata per la direzione longitudinale essendo l'armatura la medesima e la sollecitazione inferiore.

VI01 - Viadotto struttura mista

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	88 di 128

Relazione di calcolo pile e fondazioni

#### 7.4.2 *Plinto 10x10x2.5m (Pila H=15.1 m)*

Nelle tabelle seguenti sono riportate le pressioni del terreno esercitate dal plinto di fondazione nelle combinazioni prese in esame (SLE\_rara, SLU e SLV), riportate separatamente per le due direzioni principali.

Si indicano i seguenti termini:

$$e_{long} = \frac{M_{long}}{N}$$

Se  $e_{long} < B_{long} / 6$

$$q_{max} = \frac{N}{B_{long} * B_{trasv} * \left(1 + \frac{6 * e_{long}}{B_{long}}\right)}$$

$$q_{min} = \frac{N}{B_{long} * B_{trasv} * \left(1 - \frac{6 * e_{long}}{B_{long}}\right)}$$

Se  $e_{long} \geq B_{long} / 6$

$$q_{min} = \frac{2 * N}{3 * u * B_{trasv}}$$

$$q_{min} = 0$$

$$u = \frac{B_{long}}{2} - e_{long}$$

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	89 di 128

		<b>e_1on</b> <b>[m]</b>	<b>qmax</b> <b>[KPa]</b>	<b>qmin</b> <b>[Kpa]</b>
SLE rara	SLE1	0.78	319	116
	SLE2	1.19	373	62
	SLE3	0.81	335	115
	SLE4	1.28	397	53
	SLE5	0.46	220	125
	SLE6	0.86	293	94
	SLE7	1.32	347	40
	SLE8	0.93	307	87
	SLE9	1.46	370	24
	SLE10	0.29	200	141
SLU A1	SLU1	0.74	439	169
	SLU2	1.17	518	90
	SLU3	0.78	462	167
	SLU4	1.26	553	77
	SLU5	0.40	296	182
	SLU6	1.12	341	67
	SLU7	1.76	420	0
	SLU8	1.21	362	57
	SLU9	1.93	456	0
	SLU10	0.34	207	136
SISMICA	SLV1	2.25	434	0
	SLV2	2.19	410	0
	SLV3	1.02	289	69
	SLV4	0.92	268	78

		e_tra [m]	qmax [KPa]	qmin [Kpa]
SLE rara	SLE1	0.82	319	110
	SLE2	0.56	373	144
	SLE3	0.76	335	122
	SLE4	0.53	397	153
	SLE5	0.55	220	116
	SLE6	0.65	293	118
	SLE7	0.50	347	135
	SLE8	0.62	307	124
	SLE9	0.48	370	140
	SLE10	0.48	200	122
SLU A1	SLU1	0.86	439	146
	SLU2	0.59	518	196
	SLU3	0.80	462	163
	SLU4	0.56	553	208
	SLU5	0.59	296	155
	SLU6	0.95	341	88
	SLU7	0.72	419	116
	SLU8	0.80	362	109
	SLU9	0.65	453	128
	SLU10	0.71	207	98
SISMICA	SLV1	0.62	421	113
	SLV2	0.61	399	110
	SLV3	1.98	395	0
	SLV4	1.99	383	0

Il plinto viene armato con una maglia inferiore costituita da barre  $\phi 32$  passo 15cm (longitudinale) e barre  $\phi 26$  passo 15cm (trasversale); mentre la maglia superiore è costituita da barre da barre  $\phi 20$  passo 20cm in entrambe le direzioni.

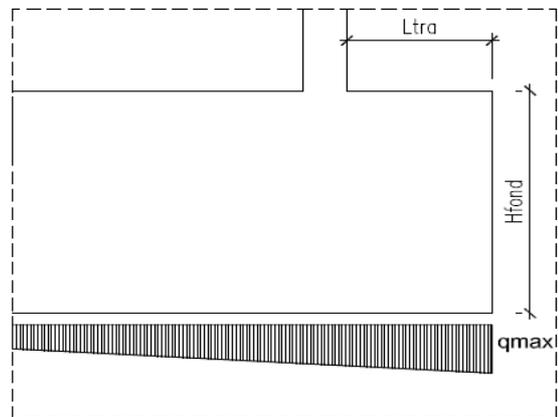
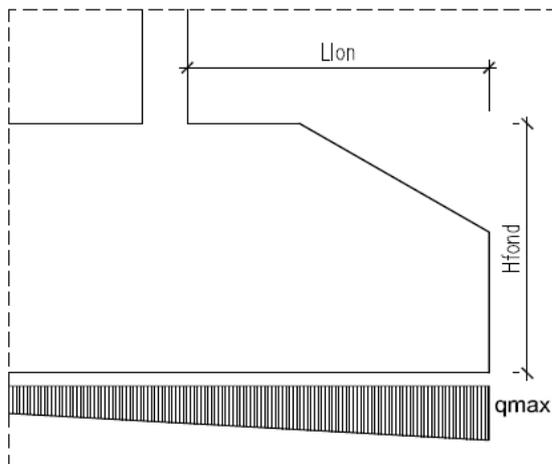
**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	91 di 128

Si procede alla verifica dell'armatura inferiore del plinto seguendo uno schema statico di mensola come mostrato nelle figure seguenti.

All'azione della pressione del terreno si sottrae quella legata al peso della fondazione, ignorando, a vantaggio di sicurezza, il contributo del peso del terreno di ricoprimento.



- Direzione Longitudinale

Considerato che la lunghezza di carico è  $L_{long} = 3.4$  m, ricaviamo le massime sollecitazioni nella sezione d'incastro del plinto con il fusto pila.

		Med_ion [KNm/m]	VEd, ion [KN/m]
SLE rara	SLE1	1616	755
	SLE2	1999	876
	SLE3	1719	799
	SLE4	2162	939
	SLE5	973	481
	SLE6	1460	667
	SLE7	1843	788
	SLE8	1558	704
	SLE9	2001	844
	SLE10	832	433
SLU A1	SLU1	2355	1125
	SLU2	2910	1300
	SLU3	2504	1189
	SLU4	3146	1392
	SLU5	1423	727
	SLU6	1789	789
	SLU7	2911	466
	SLU8	1932	842
	SLU9	3245	478
	SLU10	879	449
SISMICA	SLV1	3183	352
	SLV2	2960	338
	SLV3	1456	644
	SLV4	1311	588

I valori massimi risultano:

max	Med [kNm/m]	Ved [KN]
SLE	2162	939
SLU-SLV	3183	1392

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	93 di 128

## Verifica a flessione SLU

Il momento resistente della sezione vale:

$M_{rd} = 4944 \text{ KNm/m} > M_{ed}$

La verifica è soddisfatta

Verifica C.A. S.L.U. - File: FondazioneH250f32-15cm

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

Titolo: **Fondazione\_long**

N° figure elementari:  Zoom N° strati barre:  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	250	1	53.63	242
			2	15.7	8

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione:  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro  $\theta^\circ$

Precompresso

**Materiali**

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$    
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$    
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$    
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    
 $\tau_{c1}$

$M_{xRd}$   kN m  
 $M_{yRd}$   kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
d  cm  
x  x/d   
 $\delta$

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	94 di 128

### Verifica a taglio SLU

L'armatura a taglio del plinto è costituita da spille/cavallotti chiusi  $\phi$  16 passo 20x50cm .

*Resistenza dell'armatura :*

$$VR_{ds} = A_{sw} / s * f_{yd} * 0.9d \cotg \theta = 2 * 200 \text{ mm}^2 / 200\text{mm} * 391 \text{ MPa} * (0.9 * 2420 \text{ mm}) = 1703 \text{ kN/m}$$

con

$$\cotg \theta = 1$$

*Resistenza della biella compressa:*

$$VR_{dc} = 0.9 d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) = 0.9 * 2420\text{mm} * 1000\text{mm} * (0.5 * 14.2\text{MPa}) * 1 =$$

$$15355 \text{ kN/m}$$

con

$$\alpha_c = 1$$

$$\cotg \alpha = 1$$

$$\cotg \theta = 1$$

$$VR_d = \min (VR_{ds}; VR_{dc}) = 1703 \text{ kN} > V_{Ed}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	95 di 128

## Verifica a fessurazione SLE

Per le opere sotto binario deve risultare in combinazione di carico SLE rara che l'ampiezza massima delle fessure sia inferiore a (strutture a contatto con il terreno):

$$w_1 = 0.20 \text{ mm.}$$

Si procede al calcolo dell'apertura delle fessure prendendo in esame la combinazione SLE che fornisce la massima tensione di trazione sull'armatura:

$$\sigma_s = 172 \text{ MPa}$$

Commenti:	INPUT			OUTPUT	
interasse barre	interasse	150	mm	diff. def. armature-cls	
diametro medio barre	$\Phi$ (barre)	32	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	5.42E-04 -
baricentro della barra dal lembo sezione	x barra	70	mm	distanza max fessure	
altezza efficace	hc,eff	175	-	s r, max	3.61E+02 mm
classe cls	cls C	25	MPa	<b>ampiezza fessure:</b>	
tensione max barra	$\sigma_s$	172	MPa	<b>wk</b>	<b>0.20 mm</b>
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	kt	0.6	-	w_LIMITE	0.20 mm
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 liscie)	k1	0.8	-	Sez. verificata	
(0.5 per flessione; 1 trazione)	k2	0.5	-		
(fisso)	k3	3.4	-		
(fisso)	k4	0.425	-		

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	96 di 128

- Direzione Trasversale

Considerato che la lunghezza di carico è  $L_{tra} = 2.0m$ , ricaviamo le massime sollecitazioni nella sezione d'incastro del plinto con il fusto pila.

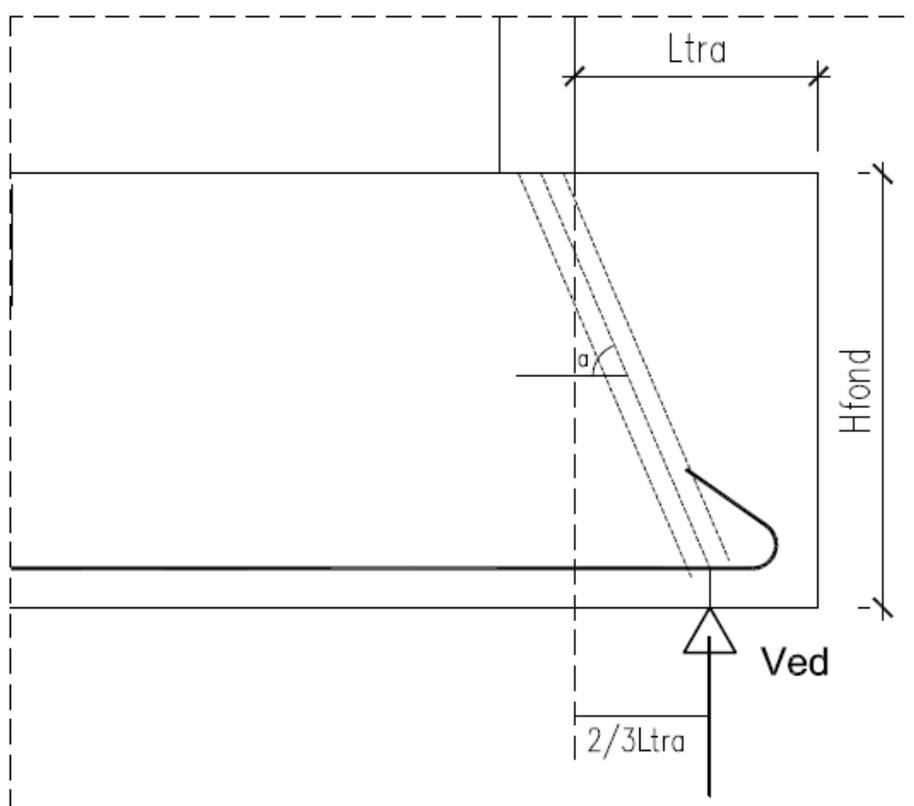
		Med_tra [KNm/m]	VEd, tra [KN/m]
SLE rara	SLE1	541	471
	SLE2	652	575
	SLE3	573	502
	SLE4	702	621
	SLE5	329	294
	SLE6	483	425
	SLE7	596	526
	SLE8	514	453
	SLE9	645	568
	SLE10	285	259
SLU A1	SLU1	793	695
	SLU2	953	846
	SLU3	840	740
	SLU4	1027	912
	SLU5	485	438
	SLU6	591	506
	SLU7	754	653
	SLU8	633	549
	SLU9	824	715
	SLU10	303	267
SISMICA	SLV1	758	656
	SLV2	713	616
	SLV3	736	377
	SLV4	704	358

I valori massimi risultano:

max	M ed [kNm/m]	V ed [KN]
SLE	702	621
SLU-SLV	1027	912

### Verifica a flessione SLU

Essendo la mensola molto tozza (luce / spessore <1), si procede alla verifica dell'armatura di flessione mediante un modello tirante puntone, schematizzando la forza sollecitante applicata a 2/3 della lunghezza della mensola del plinto.



$$\operatorname{tg} a = (Hfond - c) / (2/3 Ltra + sp/2) = 2.42\text{m} / (2/3 * 2.0 + 0.4/2) = 1.58$$

$$a = 57.6^\circ \text{ (angolo di inclinazione puntone compresso)}$$

- Verifica dell'armatura tesa

Il tiro sull'armatura vale :

$$Tslu = Ved,slu / \operatorname{tga} = 578 \text{ kN/m}$$

$$Tsle = Ved,sle / \operatorname{tga} = 394 \text{ kN/m}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	98 di 128

La tensione massima sull'armatura è (barre  $\phi$  26/15cm):

$$\sigma_{slu} = T_{slu} / A_{sl} = 163 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sle} = T_{sle} / A_{sl} = 111 \text{ MPa}$$

La tensione sulla barra allo SLU è minore di quella di calcolo dell'acciaio pertanto la verifica è soddisfatta; allo SLE si procede alla verifica a fessurazione:

Commenti:	INPUT			OUTPUT	
interasse barre	interasse	150	mm	diff. def. armature-cls	
diametro medio barre	$\Phi$ (barre)	26	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	3.23E-04 -
baricentro della barra dal lembo sezione	x barra	70	mm	distanza max fessure	
altezza efficace	hc,eff	175	-	s r, max	4.12E+02 mm
classe cls	cls C	25	MPa	<b>ampiezza fessure:</b>	
tensione max barra	$\sigma_s$	111	MPa	<b>wk</b>	<b>0.13 mm</b>
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	kt	0.6	-	w_LIMITE	0.20 mm
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 liscie)	k1	0.8	-	Sez. verificata	
(0.5 per flessione; 1 trazione)	k2	0.5	-		
(fisso)	k3	3.4	-		
(fisso)	k4	0.425	-		

- Verifica del puntone di calcestruzzo

Lo sforzo nella biella compressa vale:

$$P_{slu} = V_{ed,slu} / \sin \alpha = 1079 \text{ kN/m}$$

La resistenza della biella compressa vale

$$Prd = 0.4 b d f_{cd} = 0.4 * 1000\text{mm} * 2420\text{mm} * (14.1\text{MPa}) = 13649 \text{ kN/m} > P_{slu}$$

La verifica è soddisfatta.

### Verifica a taglio SLU

Si rimanda alla verifica effettuata per la direzione longitudinale essendo l'armatura la medesima e la sollecitazione inferiore.

VI01 - Viadotto struttura mista

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	99 di 128

Relazione di calcolo pile e fondazioni

### 7.4.3 Plinto 8.6x8.6x2.3m (Pila H=10.5m)

Nelle tabelle seguenti sono riportate le pressioni del terreno esercitate dal plinto di fondazione nelle combinazioni prese in esame (SLE\_rara, SLU e SLV), riportate separatamente per le due direzioni principali.

Si indicano i seguenti termini:

$$e_{long} = \frac{M_{long}}{N}$$

Se  $e_{long} < B_{long} / 6$

$$q_{max} = \frac{N}{B_{long} * B_{trasv} * \left(1 + \frac{6 * e_{long}}{B_{long}}\right)}$$

$$q_{min} = \frac{N}{B_{long} * B_{trasv} * \left(1 - \frac{6 * e_{long}}{B_{long}}\right)}$$

Se  $e_{long} \geq B_{long} / 6$

$$q_{min} = \frac{2 * N}{3 * u * B_{trasv}}$$

$$q_{min} = 0$$

$$u = \frac{B_{long}}{2} - e_{long}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	100 di 128

		e_1on [m]	qmax [KPa]	qmin [Kpa]
SLE rara	SLE1	0.69	330	116
	SLE2	1.08	391	55
	SLE3	0.72	349	116
	SLE4	1.16	420	45
	SLE5	0.38	216	125
	SLE6	0.82	305	84
	SLE7	1.27	367	23
	SLE8	0.89	323	75
	SLE9	1.40	394	5
	SLE10	0.23	196	141
SLU A1	SLU1	0.66	456	169
	SLU2	1.07	545	80
	SLU3	0.69	483	169
	SLU4	1.14	586	66
	SLU5	0.33	290	181
	SLU6	1.06	361	54
	SLU7	1.68	453	0
	SLU8	1.16	387	41
	SLU9	1.84	500	0
	SLU10	0.28	202	136
SISMICA	SLV1	1.80	410	0
	SLV2	1.77	387	0
	SLV3	0.84	282	74
	SLV4	0.76	261	81

		e_tra [m]	qmax [KPa]	qmin [Kpa]
SLE rara	SLE1	0.64	330	124
	SLE2	0.41	391	160
	SLE3	0.56	349	142
	SLE4	0.37	420	172
	SLE5	0.41	216	122
	SLE6	0.48	305	130
	SLE7	0.35	367	148
	SLE8	0.43	323	139
	SLE9	0.33	394	154
	SLE10	0.34	196	129
SLU A1	SLU1	0.67	456	167
	SLU2	0.43	545	219
	SLU3	0.58	483	194
	SLU4	0.39	586	237
	SLU5	0.43	290	164
	SLU6	0.66	361	112
	SLU7	0.48	450	138
	SLU8	0.60	387	125
	SLU9	0.45	490	147
	SLU10	0.50	202	110
SISMICA	SLV1	0.48	403	119
	SLV2	0.47	382	115
	SLV3	1.52	368	0
	SLV4	1.53	354	0

Il plinto viene armato con una maglia inferiore costituita da barre  $\phi 32$  passo 15cm (longitudinale) e barre  $\phi 26$  passo 20cm (trasversale); mentre la maglia superiore è costituita da barre  $\phi 20$  passo 20cm in entrambe le direzioni.

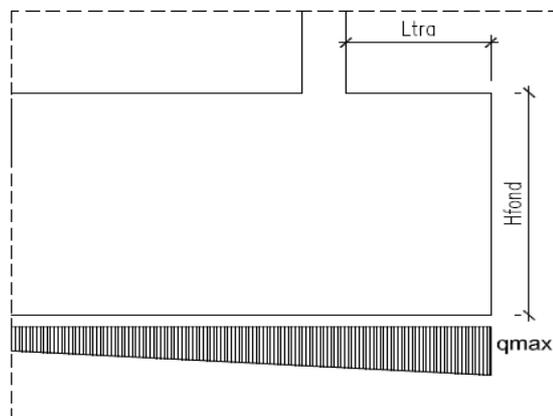
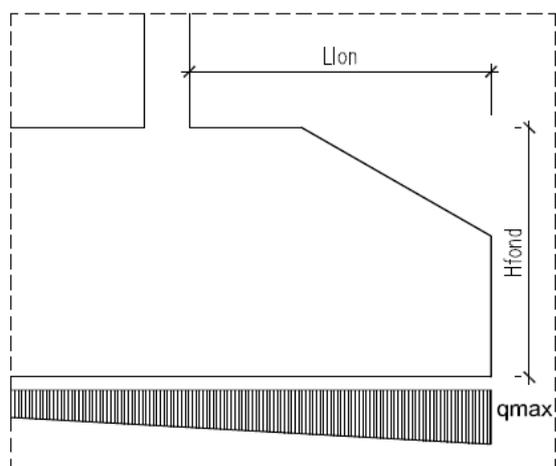
**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	102 di 128

Si procede alla verifica dell'armatura inferiore del plinto seguendo uno schema statico di mensola come mostrato nelle figure seguenti.

All'azione della pressione del terreno si sottrae quella legata al peso della fondazione, ignorando, a vantaggio di sicurezza, il contributo del peso del terreno di ricoprimento.



VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	103 di 128

- Direzione Longitudinale

Considerato che la lunghezza di carico è  $L_{long} = 2.7$  m, ricaviamo le massime sollecitazioni nella sezione d'incastro del plinto con il fusto pila.

		Med_ion [KNm/m]	VEd, ion [KN/m]
SLE rara	SLE1	1075	646
	SLE2	1346	759
	SLE3	1151	688
	SLE4	1463	819
	SLE5	611	389
	SLE6	988	576
	SLE7	1259	689
	SLE8	1063	612
	SLE9	1375	743
	SLE10	524	350
SLU A1	SLU1	1563	955
	SLU2	1955	1120
	SLU3	1673	1017
	SLU4	2126	1207
	SLU5	891	582
	SLU6	1225	690
	SLU7	2010	439
	SLU8	1332	743
	SLU9	2280	453
	SLU10	552	362
SISMICA	SLV1	1821	353
	SLV2	1702	333
	SLV3	899	519
	SLV4	812	474

I valori massimi risultano:

max	M ed [kNm/m]	V ed [KN]
SLE	1463	819
SLU-SLV	2126	1207

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	104 di 128

## Verifica a flessione SLU

Il momento resistente della sezione vale:

$M_{rd} = 4525 \text{ KNm/m} > M_{ed}$

La verifica è soddisfatta

Verifica C.A. S.L.U. - File: FondazioneH230\_fi32-15cm

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

Titolo : Fondazione\_long

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	230	1	53.63	222
			2	15.7	8

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 1450 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 0

Precompresso

Materiali

B450C C25/30

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14.17 ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6  
τ<sub>cl</sub> 1.829

M<sub>xRd</sub> 4'525 kN m  
M<sub>yRd</sub> 0 kN m  
σ<sub>c</sub> -14.17 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 51.64 ‰  
d 222 cm  
x 14.09 x/d 0.06347  
δ 0.7

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	105 di 128

### Verifica a taglio SLU

L'armatura a taglio del plinto è costituita da spille/cavallotti chiusi  $\phi$  16 passo 20x50cm .

*Resistenza dell'armatura :*

$$VR_{ds} = A_{sw} / s * f_{yd} * 0.9d \cotg \theta = 2 * 200 \text{ mm}^2 / 200\text{mm} * 391 \text{ MPa} * (0.9 * 2220 \text{ mm}) = 1562 \text{ kN/m}$$

con

$$\cotg \theta = 1$$

*Resistenza della biella compressa:*

$$VR_{dc} = 0.9 d * b_w * \alpha_c * f_{cd} * (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \theta) = 0.9 * 2220\text{mm} * 1000\text{mm} * (0.5 * 14.2\text{MPa}) * 1 =$$

$$14186 \text{ kN/m}$$

con

$$\alpha_c = 1$$

$$\cotg \alpha = 1$$

$$\cotg \theta = 1$$

$$VR_d = \min (VR_{ds}; VR_{dc}) = 1562 \text{ kN/m} > V_{Ed}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	106 di 128

## Verifica a fessurazione SLE

Per le opere sotto binario deve risultare in combinazione di carico SLE rara che l'ampiezza massima delle fessure sia inferiore a (strutture a contatto con il terreno):

$$w_1 = 0.20 \text{ mm.}$$

Si procede al calcolo dell'apertura delle fessure prendendo in esame la combinazione SLE che fornisce la massima tensione di trazione sull'armatura:

$$\sigma_s = 133 \text{ MPa}$$

Commenti:	INPUT			OUTPUT	
interasse barre	interasse	150	mm	diff. def. armature-cls	
diametro medio barre	$\Phi$ (barre)	32	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	3.87E-04 -
baricentro della barra dal lembo sezione	x barra	90	mm	distanza max fessure	
altezza efficace	hc,eff	225	-	s r, max	4.80E+02 mm
classe cls	cls C	25	MPa	<b>ampiezza fessure:</b>	
tensione max barra	$\sigma_s$	133	MPa	<b>wk</b>	<b>0.19 mm</b>
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	kt	0.6	-	w_LIMITE	0.20 mm
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 liscie)	k1	0.8	-		
(0.5 per flessione; 1 trazione)	k2	0.5	-		
(fisso)	k3	3.4	-		
(fisso)	k4	0.425	-		
				Sez. verificata	

- Direzione Trasversale

Considerato che la lunghezza di carico è  $L_{tra} = 1.30$  m, ricaviamo le massime sollecitazioni nella sezione d'incastro del plinto con il fusto pila.

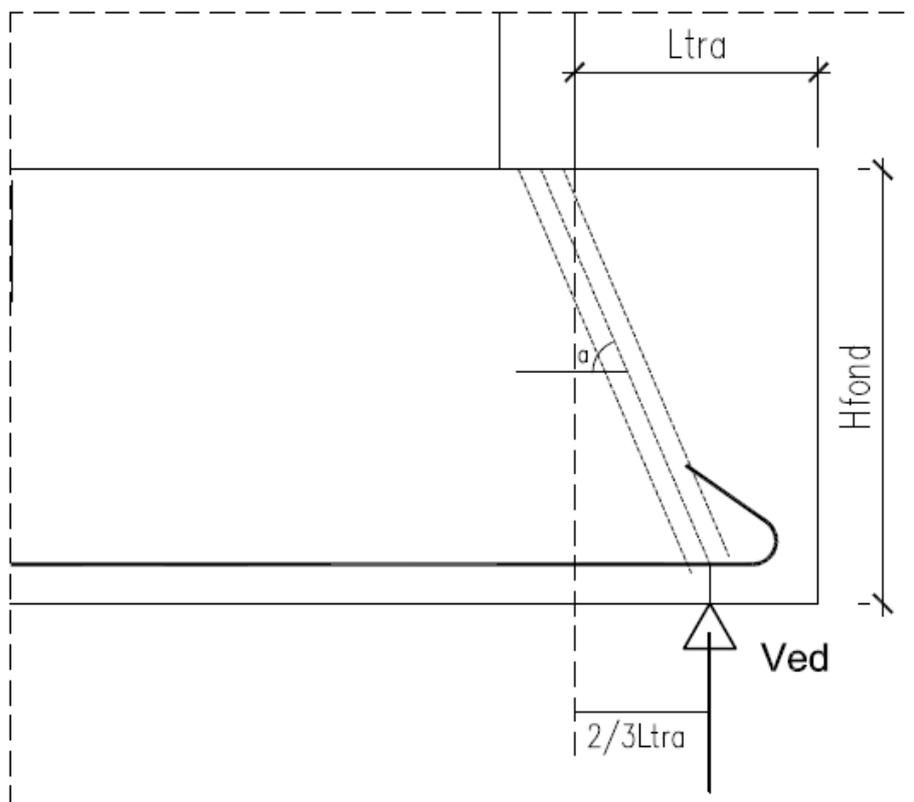
		Med_tra [KNm/m]	VEd, tra [KN/m]
SLE rara	SLE1	239	334
	SLE2	292	411
	SLE3	255	358
	SLE4	317	447
	SLE5	138	196
	SLE6	217	305
	SLE7	271	381
	SLE8	232	327
	SLE9	295	414
	SLE10	120	173
SLU A1	SLU1	349	490
	SLU2	426	602
	SLU3	372	525
	SLU4	462	653
	SLU5	202	290
	SLU6	267	370
	SLU7	345	480
	SLU8	289	402
	SLU9	380	528
	SLU10	126	179
SISMICA	SLV1	304	421
	SLV2	285	395
	SLV3	311	292
	SLV4	297	277

I valori massimi risultano:

max	M ed [kNm/m]	V ed [KN]
SLE	317	447
SLU-SLV	462	653

### Verifica a flessione SLU

Essendo la mensola molto tozza (luce / spessore <1), si procede alla verifica dell'armatura di flessione mediante un modello tirante puntone, schematizzando la forza sollecitante applicata a 2/3 della lunghezza della mensola del plinto.



$$\operatorname{tg} a = (Hfond - c) / (2/3 Ltra + sp/2) = 2.22\text{m} / (2/3 * 1.3 + 0.4/2) = 2.08$$

$$a = 64.3^\circ \text{ (angolo di inclinazione puntone compresso)}$$

- Verifica dell'armatura tesa

Il tiro sull'armatura vale :

$$Tslu = Ved,slu / \operatorname{tga} = 314 \text{ KN/m}$$

$$Tsle = Ved,sle / \operatorname{tga} = 215 \text{ KN/m}$$

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	109 di 128

La tensione massima sull'armatura è (barre  $\phi$  26 /20cm):

$$\sigma_{slu} = T_{slu} / A_{sl} = 118 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sle} = T_{sle} / A_{sl} = 81 \text{ MPa}$$

La tensione sulla barra allo SLU è minore di quella di calcolo dell'acciaio pertanto la verifica è soddisfatta; allo SLE si procede alla verifica a fessurazione :

Commenti:	INPUT			OUTPUT	
interasse barre	interasse	200	mm	diff. def. armature-cls	
diametro medio barre	$\Phi$ (barre)	26	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	2.36E-04 -
baricentro della barra dal lembo sezione	x barra	70	mm	distanza max fessure	
altezza efficace	hc,eff	175	-	s r, max	4.85E+02 mm
classe cls	cls C	25	MPa	<b>ampiezza fessure:</b>	
tensione max barra	$\sigma_s$	81	MPa	<b>wk</b>	<b>0.11 mm</b>
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	kt	0.6	-	w_LIMITE	0.20 mm
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 lisce)	k1	0.8	-	Sez. verificata	
(0.5 per flessione; 1 trazione)	k2	0.5	-		
(fisso)	k3	3.4	-		
(fisso)	k4	0.425	-		

- Verifica del puntone di calcestruzzo

Lo sforzo nella biella compressa vale:

$$P_{slu} = V_{ed,slu} / \tan \alpha = 725 \text{ KN/m}$$

La resistenza della biella compressa vale

$$Prd = 0.4 b d f_{cd} = 0.4 * 1000\text{mm} * 2220\text{mm} * (14.1\text{MPa}) = 12521 \text{ KN/m} > P_{slu}$$

La verifica è soddisfatta.

### Verifica a taglio SLU

Si rimanda alla verifica effettuata per la direzione longitudinale essendo l'armatura la medesima e la sollecitazione inferiore.

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	110 di 128

## 7.5 Verifiche geotecniche

Le verifiche sono state condotte secondo l'approccio 2 (A1-M1-R3), a cui corrispondono i seguenti fattori di sicurezza sulle resistenze e sulle caratteristiche dei terreni di fondazione

(R3)	Capacità portante	Scorrimento
$\gamma_r$	2.3	1.1

Parametri geotecnici (M1)	
c (MPa)	0
$\phi$ (°)	51

### 7.5.1 Plinto 12x12x3 m (Pila H=20.8 m)

La tabella seguente riassume le sollecitazioni combinate all'intradosso della fondazione e le dimensioni "efficaci" della fondazione.

	N [kN]	MI [kNm]	Mt [kNm]	FI [kN]	Ft [kN]	B' [m]	L' [m]
SLU1	37481	27001	-39437	1238	-1530	10,56	9,90
SLU2	37481	44546	-27135	1963	-1103	9,62	10,55
SLU3	38593	29589	-32550	1350	-1274	10,47	10,31
SLU4	38593	49853	-23967	2188	-976	9,42	10,76
SLU5	22819	10857	-20147	513	-849	11,05	10,23
SLU6	25344	26118	-22477	1017	-933	9,94	10,23
SLU7	25344	43663	-18808	1742	-805	8,55	10,52
SLU8	25834	29327	-21870	1129	-903	9,73	10,31
SLU9	25834	49592	-18627	1966	-790	8,16	10,56
SLU10	22602	5505	-17766	292	-763	11,51	10,43
SLV1	23328	36571	-13546	2107	-680	8,86	10,84
SLV2	22598	32639	-12398	1923	-639	9,11	10,90
SLV3	23328	18018	-43069	971	-2188	10,46	8,31
SLV4	22598	14086	-40730	787	-2106	10,75	8,40

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	111 di 128

### 7.5.2 *Verifica nei confronti della capacità portante*

La verifica a capacità portante è definita dalla relazione:

$$q_{Rd} = q_{lim}/\gamma_r \geq q_{es}$$

Il valore del carico limite del terreno di fondazione è stato determinato con la formula di Terzaghi, opportunamente modificata tramite fattori correttivi:

$$q_{lim} = c N_c s_c i_c d_c b_c g_c z_c + q N_q s_q i_q d_q b_q g_q z_q + N_\gamma \gamma (B'/2) s_\gamma i_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma$$

$c'$  = coesione efficace;

$\gamma$  = peso per unità di volume del terreno di fondazione;

$B'$  = larghezza fondazione equivalente con carico centrato;

$N_c N_q N_\gamma$  = Fattori di capacità portante;

$s_c s_q s_\gamma$  = fattori di forma;

$i_c i_q i_\gamma$  = fattori di inclinazione del carico;

$d_c d_q d_\gamma$  = fattori di profondità del piano d'appoggio;

$b_c b_q b_\gamma$  = fattori di inclinazione base della fondazione;

$g_c g_q g_\gamma$  = fattori di inclinazione del piano di campagna;

$z_c z_q z_\gamma$  = fattori in fase sismica (Paolucci-Pecker 1977).

La pressione massima agente è stata determinata come segue:

$$q_{Ed} = N_{Ed}/B'L'$$

$N_{Ed}$  = carico verticale di calcolo

$B', L'$  = dimensioni della fondazione equivalente con carico centrato.

La tabella seguente esplicita i parametri impiegati per il calcolo della capacità portante della fondazione.

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	112 di 128

	q [kPa]	Nq [kPa]	s q	i q	d q	b q	g q	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	N γ [kPa]	s γ	i γ	d γ	b γ	g γ
SLU1	30.00	386	1.75	0.92	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.75	0.87	1.00	1.00	1.00
SLU2	30.00	386	1.73	0.91	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.73	0.86	1.00	1.00	1.00
SLU3	30.00	386	1.79	0.93	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.79	0.88	1.00	1.00	1.00
SLU4	30.00	386	1.70	0.91	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.70	0.85	1.00	1.00	1.00
SLU5	30.00	386	1.75	0.95	1.03	1.00	1.00	20.00	956	1.75	0.92	1.00	1.00	1.00
SLU6	30.00	386	1.78	0.92	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.78	0.87	1.00	1.00	1.00
SLU7	30.00	386	1.65	0.89	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.65	0.82	1.00	1.00	1.00
SLU8	30.00	386	1.75	0.92	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.75	0.87	1.00	1.00	1.00
SLU9	30.00	386	1.62	0.88	1.05	1.00	1.00	20.00	956	1.62	0.80	1.00	1.00	1.00
SLU10	30.00	386	1.72	0.95	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.72	0.91	1.00	1.00	1.00
SLV1	30.00	386	1.65	0.86	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.65	0.78	1.00	1.00	1.00
SLV2	30.00	386	1.67	0.87	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.67	0.79	1.00	1.00	1.00
SLV3	30.00	386	1.63	0.85	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.63	0.77	1.00	1.00	1.00
SLV4	30.00	386	1.62	0.86	1.04	1.00	1.00	20.00	956	1.62	0.77	1.00	1.00	1.00

A vantaggio di sicurezza si trascura il contributo del terreno di ricoprimento, l'affondamento della fondazione è dunque pari al suo spessore.

La falda è stata posta a livello del piano campagna.

La tabella riassume i risultati delle verifiche:

	Capacità portante		
	qrd [kPa]	qed [kPa]	FS=qrd/qed [-]
SLU1	39817	359	>100
SLU2	37779	369	>100
SLU3	42476	358	>100
SLU4	36322	381	>100
SLU5	41584	256	>100
SLU6	40389	249	>100
SLU7	31679	282	>100
SLU8	39075	258	>100
SLU9	29491	300	>100
SLU10	42560	188	>100
SLV1	31050	243	>100
SLV2	32416	227	>100
SLV3	28932	269	>100
SLV4	29210	250	>100

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	113 di 128

### 7.5.3 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento è definita dalla relazione:

$$S_{Rd} = S_d / \gamma_r \geq S E_d$$

L'azione resistente è stata calcolata tramite la relazione:

$$S_d = N_{Ed} \tan(\varphi') + c' B' L'$$

$N_{Ed}$  = carico verticale di calcolo agente sulla fondazione

$c'$  = coesione efficace;

$\varphi'$  = angolo d'attrito efficace del terreno;

$B', L'$  = dimensioni della fondazione equivalente con carico centrato

$S_{Ed}$  = Forza di scorrimento di calcolo agente sulla fondazione;

I risultati delle verifiche sono riportati nella tabella seguente:

	Scorrimento		
	Srd [kN]	Sed [kN]	FS=Srd/Sed [-]
SLU1	42078	1968	21,4
SLU2	42078	2252	18,7
SLU3	43326	1856	23,3
SLU4	43326	2395	18,1
SLU5	25618	992	25,8
SLU6	28452	1380	20,6
SLU7	28452	1919	14,8
SLU8	29002	1446	20,1
SLU9	29002	2119	13,7
SLU10	25374	817	31,1
SLV1	26189	2214	11,8
SLV2	25370	2026	12,5
SLV3	26189	2394	10,9
SLV4	25370	2248	11,3

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	114 di 128

#### 7.5.4 *Plinto 10x10x2.5m (Pila H=15.1 m)*

La tabella seguente riassume le sollecitazioni combinate all'intradosso della fondazione e le dimensioni "efficaci" della fondazione.

	<b>N</b> [kN]	<b>MI</b> [kNm]	<b>Mt</b> [kNm]	<b>FI</b> [kN]	<b>Ft</b> [kN]	<b>B'</b> [m]	<b>L'</b> [m]
SLU1	30398	22555	-27892	1253	-1414	30398	22555
SLU2	30398	35605	-18861	1978	-1015	30398	35605
SLU3	31477	24591	-22784	1366	-1170	31477	24591
SLU4	31477	39677	-16550	2204	-893	31477	39677
SLU5	17442	9505	-14033	528	-790	17442	9505
SLU6	20412	22805	-19380	1050	-1028	20412	22805
SLU7	20412	35855	-14727	1775	-822	20412	35855
SLU8	20951	25434	-16796	1163	-904	20951	25434
SLU9	20951	40520	-13556	2001	-760	20951	40520
SLU10	17152	5851	-12175	325	-703	17152	5851
SLV1	17927	40308	-11151	2537	-654	17927	40308
SLV2	17266	37801	-10581	2368	-627	17266	37801
SLV3	17927	18357	-35665	1109	-2106	17927	18357
SLV4	17266	15850	-34491	940	-2052	17266	15850

#### 7.5.5 *Verifica nei confronti della capacità portante*

La verifica a capacità portante è definita dalla relazione:

$$q_{Rd} = q_{lim}/\gamma_r \geq q_{es}$$

Il valore del carico limite del terreno di fondazione è stato determinato con la formula di Terzaghi, opportunamente modificata tramite fattori correttivi:

$$q_{lim} = c' N_c s_c i_c d_c b_c g_c z_c + q N_q s_q i_q d_q b_q g_q z_q + N_\gamma \gamma (B'/2) s_\gamma i_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma$$

$c'$  = coesione efficace;

$\gamma$  = peso per unità di volume del terreno di fondazione;

$B'$  = larghezza fondazione equivalente con carico centrato;

$N_c N_q N_\gamma$  = Fattori di capacità portante;

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	115 di 128

$s_c s_q s_\gamma$  = fattori di forma;

$i_c i_q i_\gamma$  = fattori di inclinazione del carico;

$d_c d_q d_\gamma$  = fattori di profondità del piano d'appoggio;

$b_c b_q b_\gamma$  = fattori di inclinazione base della fondazione;

$g_c g_q g_\gamma$  = fattori di inclinazione del piano di campagna;

$z_c z_q z_\gamma$  = fattori in fase sismica (Paolucci-Pecker 1977).

La pressione massima agente è stata determinata come segue:

$$q_{Ed} = N_{Ed} / B'L'$$

$N_{Ed}$  = carico verticale di calcolo

$B', L'$  = dimensioni della fondazione equivalente con carico centrato.

La tabella seguente esplicita i parametri impiegati per il calcolo della capacità portante della fondazione.

	q [kPa]	Nq [kPa]	s <sub>q</sub>	i <sub>q</sub>	d <sub>q</sub>	b <sub>q</sub>	g <sub>q</sub>	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	N <sub>γ</sub> [kPa]	s <sub>γ</sub>	i <sub>γ</sub>	d <sub>γ</sub>	b <sub>γ</sub>	g <sub>γ</sub>
SLU1	50,00	386	1,76	0,91	1,04	1,00	1,00	0,00	956	1,76	0,85	1,00	1,00	1,00
SLU2	50,00	386	1,70	0,89	1,04	1,00	1,00	0,00	956	1,70	0,83	1,00	1,00	1,00
SLU3	50,00	386	1,79	0,92	1,04	1,00	1,00	0,00	956	1,79	0,86	1,00	1,00	1,00
SLU4	50,00	386	1,67	0,89	1,04	1,00	1,00	0,00	956	1,67	0,82	1,00	1,00	1,00
SLU5	50,00	386	1,75	0,92	1,04	1,00	1,00	0,00	956	1,75	0,87	1,00	1,00	1,00
SLU6	50,00	386	1,76	0,89	1,04	1,00	1,00	0,00	956	1,76	0,83	1,00	1,00	1,00
SLU7	50,00	386	1,60	0,86	1,05	1,00	1,00	0,00	956	1,60	0,77	1,00	1,00	1,00
SLU8	50,00	386	1,72	0,90	1,04	1,00	1,00	0,00	956	1,72	0,83	1,00	1,00	1,00
SLU9	50,00	386	1,56	0,84	1,05	1,00	1,00	0,00	956	1,56	0,76	1,00	1,00	1,00
SLU10	50,00	386	1,73	0,93	1,04	1,00	1,00	0,00	956	1,73	0,89	1,00	1,00	1,00
SLV1	50,00	386	1,50	0,78	1,06	1,00	1,00	0,00	956	1,50	0,66	1,00	1,00	1,00
SLV2	50,00	386	1,51	0,78	1,05	1,00	1,00	0,00	956	1,51	0,67	1,00	1,00	1,00
SLV3	50,00	386	1,60	0,81	1,05	1,00	1,00	0,00	956	1,60	0,70	1,00	1,00	1,00
SLV4	50,00	386	1,59	0,82	1,05	1,00	1,00	0,00	956	1,59	0,71	1,00	1,00	1,00

A vantaggio di sicurezza si trascura il contributo del terreno di ricoprimento, l'affondamento della fondazione è dunque pari al suo spessore.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	116 di 128

La falda è stata considerata a livello del piano di fondazione.

La tabella riassume i risultati delle verifiche:

	Capacità portante		
	qrd [kPa]	qed [kPa]	FS=qrd/qed [-]
SLU1	39454	437	>100
SLU2	35496	453	>100
SLU3	41263	436	>100
SLU4	34131	470	>100
SLU5	40554	233	>100
SLU6	37376	324	>100
SLU7	28804	368	>100
SLU8	35978	330	>100
SLU9	26715	392	>100
SLU10	41638	215	>100
SLV1	21711	372	>100
SLV2	22338	350	>100
SLV3	25618	374	>100
SLV4	25461	352	>100

### 7.5.6 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento è definita dalla relazione:

$$S_{Rd} = S_d / \gamma_r \geq S_{Ed}$$

L'azione resistente è stata calcolata tramite la relazione:

$$S_d = N_{Ed} \tan(\varphi') + c' B' L'$$

$N_{Ed}$  = carico verticale di calcolo agente sulla fondazione

$c'$  = coesione efficace;

$\varphi'$  = angolo d'attrito efficace del terreno;

$B', L'$  = dimensioni della fondazione equivalente con carico centrato

$S_{Ed}$  = Forza di scorrimento di calcolo agente sulla fondazione;

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	117 di 128

I risultati delle verifiche sono riportati nella tabella seguente:

	Scorrimento		
	Srd [kN]	Sed [kN]	FS=Srd/Sed [-]
SLU1	34126	1889	18,1
SLU2	34126	2223	15,3
SLU3	35337	1798	19,6
SLU4	35337	2378	14,9
SLU5	19581	950	20,6
SLU6	22915	1469	15,6
SLU7	22915	1956	11,7
SLU8	23520	1473	16,0
SLU9	23520	2141	11,0
SLU10	19256	774	24,9
SLV1	20126	2620	7,7
SLV2	19383	2450	7,9
SLV3	20126	2380	8,5
SLV4	19383	2257	8,6

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	118 di 128

### 7.5.7 *Plinto 8.6x8.6x2.3m (Pila H=10.3 m)*

La tabella seguente riassume le sollecitazioni combinate all'intradosso della fondazione e le dimensioni "efficaci" della fondazione.

	<b>N</b> [kN]	<b>MI</b> [kNm]	<b>Mt</b> [kNm]	<b>FI</b> [kN]	<b>Ft</b> [kN]	<b>B'</b> [m]	<b>L'</b> [m]
SLU1	23132	15222	-15464	1171	-1050	23132	15222
SLU2	23132	24647	-9942	1896	-734	23132	24647
SLU3	24113	16693	-14040	1284	-945	24113	16693
SLU4	24113	27588	-9442	2122	-682	24113	27588
SLU5	12718	5797	-7564	446	-584	12718	5797
SLU6	15351	16300	-10153	994	-734	15351	16300
SLU7	15351	25725	-7392	1719	-576	15351	25725
SLU8	15841	18310	-9442	1107	-682	15841	18310
SLU9	15841	29205	-7142	1945	-550	15841	29205
SLU10	12500	3500	-6204	269	-501	12500	3500
SLV1	13191	23785	-6278	2030	-481	13191	23785
SLV2	12644	22336	-5927	1883	-459	12644	22336
SLV3	13191	11037	-20048	909	-1546	13191	11037
SLV4	12644	9589	-19316	762	-1502	12644	9589

### 7.5.8 *Verifica nei confronti della capacità portante*

La verifica a capacità portante è definita dalla relazione:

$$q_{Rd} = q_{lim}/\gamma_r \geq q_{es}$$

Il valore del carico limite del terreno di fondazione è stato determinato con la formula di Terzaghi, opportunamente modificata tramite fattori correttivi:

$$q_{lim} = c' N_c s_c i_c d_c b_c g_c z_c + q N_q s_q i_q d_q b_q g_q z_q + N_\gamma \gamma (B'/2) s_\gamma i_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma$$

$c'$  = coesione efficace;

$\gamma$  = peso per unità di volume del terreno di fondazione;

$B'$  = larghezza fondazione equivalente con carico centrato;

$N_c N_q N_\gamma$  = Fattori di capacità portante;

$s_c s_q s_\gamma$  = fattori di forma;

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	119 di 128

$i_c$   $i_q$   $i_\gamma$  = fattori di inclinazione del carico;

$d_c$   $d_q$   $d_\gamma$  = fattori di profondità del piano d'appoggio;

$b_c$   $b_q$   $b_\gamma$  = fattori di inclinazione base della fondazione;

$g_c$   $g_q$   $g_\gamma$  = fattori di inclinazione del piano di campagna;

$z_c$   $z_q$   $z_\gamma$  = fattori in fase sismica (Paolucci-Pecker 1977).

La pressione massima agente è stata determinata come segue:

$$q_{Ed} = N_{Ed} / B'L'$$

$N_{Ed}$  = carico verticale di calcolo

$B'$ ,  $L'$  = dimensioni della fondazione equivalente con carico centrato.

La tabella seguente esplicita i parametri impiegati per il calcolo della capacità portante della fondazione.

	q [kPa]	Nq [kPa]	s q	i q	d q	b q	g q	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	N γ [kPa]	s γ	i γ	d γ	b γ	g γ
SLU1	46,00	386	1,80	0,90	1,04	1,00	1,00	20,00	956	1,80	0,84	1,00	1,00	1,00
SLU2	46,00	386	1,67	0,87	1,04	1,00	1,00	20,00	956	1,67	0,79	1,00	1,00	1,00
SLU3	46,00	386	1,77	0,90	1,04	1,00	1,00	20,00	956	1,77	0,84	1,00	1,00	1,00
SLU4	46,00	386	1,64	0,86	1,04	1,00	1,00	20,00	956	1,64	0,78	1,00	1,00	1,00
SLU5	46,00	386	1,78	0,94	1,04	1,00	1,00	20,00	956	1,78	0,90	1,00	1,00	1,00
SLU6	46,00	386	1,71	0,88	1,04	1,00	1,00	20,00	956	1,71	0,81	1,00	1,00	1,00
SLU7	46,00	386	1,55	0,82	1,05	1,00	1,00	20,00	956	1,55	0,72	1,00	1,00	1,00
SLU8	46,00	386	1,68	0,88	1,04	1,00	1,00	20,00	956	1,68	0,81	1,00	1,00	1,00
SLU9	46,00	386	1,51	0,80	1,06	1,00	1,00	20,00	956	1,51	0,70	1,00	1,00	1,00
SLU10	46,00	386	1,75	0,93	1,04	1,00	1,00	20,00	956	1,75	0,89	1,00	1,00	1,00
SLV1	46,00	386	1,52	0,76	1,06	1,00	1,00	20,00	956	1,52	0,64	1,00	1,00	1,00
SLV2	46,00	386	1,53	0,77	1,06	1,00	1,00	20,00	956	1,53	0,65	1,00	1,00	1,00
SLV3	46,00	386	1,64	0,81	1,05	1,00	1,00	20,00	956	1,64	0,70	1,00	1,00	1,00
SLV4	46,00	386	1,62	0,81	1,05	1,00	1,00	20,00	956	1,62	0,70	1,00	1,00	1,00

A vantaggio di sicurezza si trascura il contributo del terreno di ricoprimento, l'affondamento della fondazione è dunque pari al suo spessore.

La falda è stata considerata a livello del piano di fondazione.

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	120 di 128

La tabella riassume i risultati delle verifiche:

	Capacità portante		
	qrd [kPa]	qed [kPa]	FS=qrd/qed [-]
SLU1	35671	437	>100
SLU2	29403	462	>100
SLU3	35248	449	>100
SLU4	28260	489	>100
SLU5	36433	223	>100
SLU6	30774	326	>100
SLU7	22547	383	>100
SLU8	29535	340	>100
SLU9	20716	419	>100
SLU10	37798	204	>100
SLV1	19520	345	>100
SLV2	20001	326	>100
SLV3	23927	343	>100
SLV4	23844	322	>100

### 7.5.9 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento è definita dalla relazione:

$$S_{Rd} = S_d / \gamma_r \geq S_{Ed}$$

L'azione resistente è stata calcolata tramite la relazione:

$$S_d = N_{Ed} \tan(\varphi') + c' B' L'$$

$N_{Ed}$  = carico verticale di calcolo agente sulla fondazione

$c'$  = coesione efficace;

$\varphi'$  = angolo d'attrito efficace del terreno;

$B', L'$  = dimensioni della fondazione equivalente con carico centrato

$S_{Ed}$  = Forza di scorrimento di calcolo agente sulla fondazione;

I risultati delle verifiche sono riportati nella tabella seguente:

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	121 di 128

	Scorrimento		
	Srd [kN]	Sed [kN]	FS=Srd/Sed [-]
SLU1	25969	1573	16,5
SLU2	25969	2033	12,8
SLU3	27070	1595	17,0
SLU4	27070	2229	12,1
SLU5	14277	735	19,4
SLU6	17233	1236	13,9
SLU7	17233	1813	9,5
SLU8	17783	1300	13,7
SLU9	17783	2022	8,8
SLU10	14033	569	24,7
SLV1	14808	2087	7,1
SLV2	14194	1938	7,3
SLV3	14808	1793	8,3
SLV4	14194	1684	8,4

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	122 di 128

## 7.6 Verifica a ribaltamento

Considerato che si è in presenza di fondazione diretta si procede alla verifica del sistema pila-fondazione nei confronti del ribaltamento.

Sono stati prese in esame le seguenti combinazioni dei carichi (statica e sismica):

		Peso Fondazione	Inerzia Fondazione long	Inerzia Fondazione tra	Inerzia Fondazione vert	Peso pila + pulvino	Sisma pila + impalcato long	Sisma pila + impalcato tra	Sisma pila + impalcato vert	G1 impalcato	G2 impalcato	Vento impalcato
EQU_statica	EQU1	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.60
	EQU2	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.60
	EQU3	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.60
	EQU4	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.60
	EQU5	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.60
	EQU6	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.60
	EQU7	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.60
	EQU8	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.60
	EQU9	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.60
	EQU10	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.60
EQU_sismica	EQU11	1.00	1.00	0.30	-0.30	1.00	1.00	0.30	-0.30	1.00	1.00	0.00
	EQU12	1.00	1.00	0.30	-0.30	1.00	1.00	0.30	-0.30	1.00	1.00	0.00
	EQU13	1.00	0.30	1.00	-0.30	1.00	0.30	1.00	-0.30	1.00	1.00	0.00
	EQU14	1.00	0.30	1.00	-0.30	1.00	0.30	1.00	-0.30	1.00	1.00	0.00

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	123 di 128

		TRAFFICO SCHEMA 1						TRAFFICO SCHEMA 2						
		LM71 GR.1	LM71 GR.3	SW/2 GR.1	SW/2 GR.3	treno scarico GR. 2	Res. parassite vincoli	LM71 GR.1	LM71 GR.3	SW/2 GR.1	SW/2 GR.3	treno scarico GR. 2	Res. parassite vincoli	
EQU_statica	EQU1	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EQU2	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EQU3	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EQU4	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EQU5	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EQU6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10
	EQU7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10
	EQU8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	1.10
	EQU9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.10
	EQU10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	1.10
EQU_sismica	EQU11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	EQU12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	1.00
	EQU13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
	EQU14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	1.00

Le tabelle seguenti riepilogano le verifiche a ribaltamento condotte, riportando momento stabilizzante e momento ribaltante calcolati rispetto alle estremità delle fondazioni separatamente per le due direzioni principali.

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	124 di 128

7.6.1 **Plinto 12x12x3m (Pila H=20.8 m)**

	DIREZIONE LONGITUDINALE		
	Mstab [KNm]	Mdest [KNm]	FS= Mstab/ Mdest [-]
EQU1	323384	-26759	12.08
EQU2	323384	-44304	7.30
EQU3	336729	-29347	11.47
EQU4	336729	-49611	6.79
EQU5	247102	-9978	24.76
EQU6	277395	-25685	10.80
EQU7	277395	-43230	6.42
EQU8	283277	-28895	9.80
EQU9	283277	-49159	5.76
EQU10	244492	-5072	48.21
EQU11	271180	-32639	8.31
EQU12	266642	-27376	9.74
EQU13	271180	-14086	19.25
EQU14	266642	-11243	23.72
		<b>MIN</b>	<b>5.76</b>

VI01 - Viadotto struttura mista

Relazione di calcolo pile e fondazioni

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

RR0H

04

D13CL

VI0105001

B

125 di 128

DIREZIONE TRASVERSALE			
	Mstab [KNm]	Mdest [KNm]	FS= Mstab/ Mdest [-]
EQU1	323384	-34309	9.43
EQU2	323384	-22007	14.69
EQU3	336729	-27422	12.28
EQU4	336729	-18839	17.87
EQU5	247102	-15019	16.45
EQU6	277395	-17349	15.99
EQU7	277395	-13680	20.28
EQU8	283277	-16742	16.92
EQU9	283277	-13499	20.99
EQU10	244492	-12638	19.35
EQU11	271180	-12398	21.87
EQU12	266642	-12254	21.76
EQU13	271180	-40730	6.66
EQU14	266642	-40080	6.65
		<b>MIN</b>	<b>6.65</b>

7.6.2 *Plinto 10x10x2.5m (Pila H=15.1 m)*

DIREZIONE LONGITUDINALE			
	Mstab [KNm]	Mdest [KNm]	FS= Mstab/ Mdest [-]
EQU1	222751	-21763	10.24
EQU2	222751	-34813	6.40
EQU3	233539	-23799	9.81
EQU4	233539	-38885	6.01
EQU5	157559	-8713	18.08
EQU6	187255	-22318	8.39
EQU7	187255	-35368	5.29
EQU8	192649	-24947	7.72
EQU9	192649	-40033	4.81
EQU10	154659	-5363	28.84
EQU11	172659	-37801	4.57
EQU12	168163	-33662	5.00
EQU13	172659	-15850	10.89
EQU14	168163	-13512	12.45
		<b>MIN</b>	<b>4.57</b>

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	126 di 128

DIREZIONE TRASVERSALE			
	Mstab [KNm]	Mdest [KNm]	FS= Mstab/ Mdest [-]
EQU1	222751	-22832	9.76
EQU2	222751	-14612	15.24
EQU3	233539	-21811	10.71
EQU4	233539	-14344	16.28
EQU5	157559	-10594	14.87
EQU6	187255	-15131	12.38
EQU7	187255	-10883	17.21
EQU8	192649	-14590	13.20
EQU9	192649	-10734	17.95
EQU10	154659	-8736	17.70
EQU11	172659	-10525	16.41
EQU12	168163	-10229	16.44
EQU13	172659	-34379	5.02
EQU14	168163	-33497	5.02
		<b>MIN</b>	<b>5.02</b>

7.6.3 *Plinto 8.6x8.6x2.3m (Pila H=10.3 m)*

	DIREZIONE LONGITUDINALE		
	Mstab [KNm]	Mdest [KNm]	FS= Mstab/ Mdest [-]
EQU1	147840	-14739	10.03
EQU2	147840	-24164	6.12
EQU3	156269	-16209	9.64
EQU4	156269	-27105	5.77
EQU5	98808	-5314	18.59
EQU6	121453	-16009	7.59
EQU7	121453	-25434	4.78
EQU8	125668	-18018	6.97
EQU9	125668	-28913	4.35
EQU10	96937	-3209	30.21
EQU11	108737	-22336	4.87
EQU12	105355	-19271	5.47
EQU13	108737	-9589	11.34
EQU14	105355	-7823	13.47
		<b>MIN</b>	<b>4.35</b>

	DIREZIONE TRASVERSALE		
	Mstab [KNm]	Mdest [KNm]	FS= Mstab/ Mdest [-]
EQU1	147840	-13849	10.67
EQU2	147840	-8328	17.75
EQU3	156269	-12426	12.58
EQU4	156269	-7827	19.96
EQU5	98808	-5950	16.61
EQU6	121453	-8539	14.22
EQU7	121453	-5778	21.02
EQU8	125668	-7827	16.05
EQU9	125668	-5528	22.73
EQU10	96937	-4589	21.12
EQU11	108737	-5927	18.35
EQU12	105355	-5763	18.28
EQU13	108737	-19316	5.63
EQU14	105355	-18771	5.61
		<b>MIN</b>	<b>5.61</b>

**VI01 - Viadotto struttura mista**

**Relazione di calcolo pile e fondazioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR0H	04	D13CL	VI0105001	B	128 di 128

## **8 INCIDENZA ARMATURE**

- Elevazione pila: 150 Kg/m<sup>3</sup>
- Plinto di fondazione: 100 Kg/m<sup>3</sup>