

# ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

## PA 12/09

### CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

### ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

### S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

### AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

### Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

## PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



## OPERE D'ARTE MAGGIORI VIADOTTI

### Viadotto Busita I

### Relazione Tecnica Descrittiva

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 4 9 V I 2 0 6 V I 0 6 Z R H 0 7 8 B

Scala: \_\_\_\_\_

F																				
E																				
D																				
C																				
B	Luglio 2011	Revisione a seguito di incontri con il committente												M. LITI	P. PAGLINI					
A	01/2011	EMISSIONE												M. LITI	P. PAGLINI					
REV.	DATA	DESCRIZIONE										REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO					

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



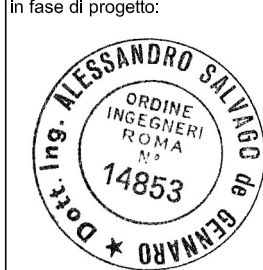
Il Consulente Specialista:



Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza in fase di progetto:



Direttore dei lavori:



**S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO  
ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19**

**PROGETTO ESECUTIVO**

OPERE D'ARTE MAGGIORI  
VIADOTTO BUSITA I

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

<i>Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita I</i>	<i>Data: 28/08/11</i>
<i>Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i</i>	<b>Relazione Tecnica Descrittiva</b>	<i>Pagina 1 di 29</i>

## Sommario

1	Premessa .....	3
2	Descrizione dell'opera.....	3
2.1	Descrizione del Viadotto di Progetto Definitivo.....	6
2.2	Descrizione del Viadotto di Progetto Esecutivo .....	12
2.2.1	Asse Destro .....	12
2.2.2	Asse Sinistro.....	13
2.2.3	Impalcato .....	13
2.2.4	Schema di vincolo.....	15
2.2.5	Sottostrutture .....	15
2.2.6	Modalità realizzative .....	19
2.3	Differenze fra Progetto Definitivo e Progetto Esecutivo.....	20
2.4	Motivazioni che hanno indotto le modifiche.....	21
2.4.1	Recepimento delle prescrizioni/raccomandazioni CIPE .....	21
2.4.2	Costi .....	22
2.4.3	Mantenimento funzionalità .....	22
2.4.4	Mantenimento durabilità.....	22
2.4.5	Mantenimento manutenibilità .....	22
2.4.6	Mantenimento sicurezza .....	23
3	Materiali .....	24
3.1	Materiali PD .....	24
3.2	Materiali Progetto Esecutivo .....	25
3.3	Motivazioni per giustificare la modifica tra PD e PE .....	26
4	Normativa di riferimento.....	27
4.1	Normativa di P.D.....	27
4.2	Normativa di PE.....	27
4.3	Differenza tra il Pd ed il PE .....	28
5	Quadro geologico, geotecnico, geomeccanico.....	28

<i>Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita I</i>	<i>Data: 28/03/11</i>
<i>Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i</i>	<b>Relazione Tecnica Descrittiva</b>	<i>Pagina 2 di 29</i>

## 1 PREMESSA

La presente relazione tecnica illustrativa e di calcolo è relativa al progetto esecutivo delle opere per la realizzazione del Viadotto Busita 1 da realizzarsi nell'ambito dei lavori di ammodernamento e adeguamento alla cat. B del D.M. 05.11.2001, dal km 44+000 alla svincolo con l'A19 dell'Itinerario Agrigento - Caltanissetta – A19 S.S. N°640 “di Porto Empedocle”.

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

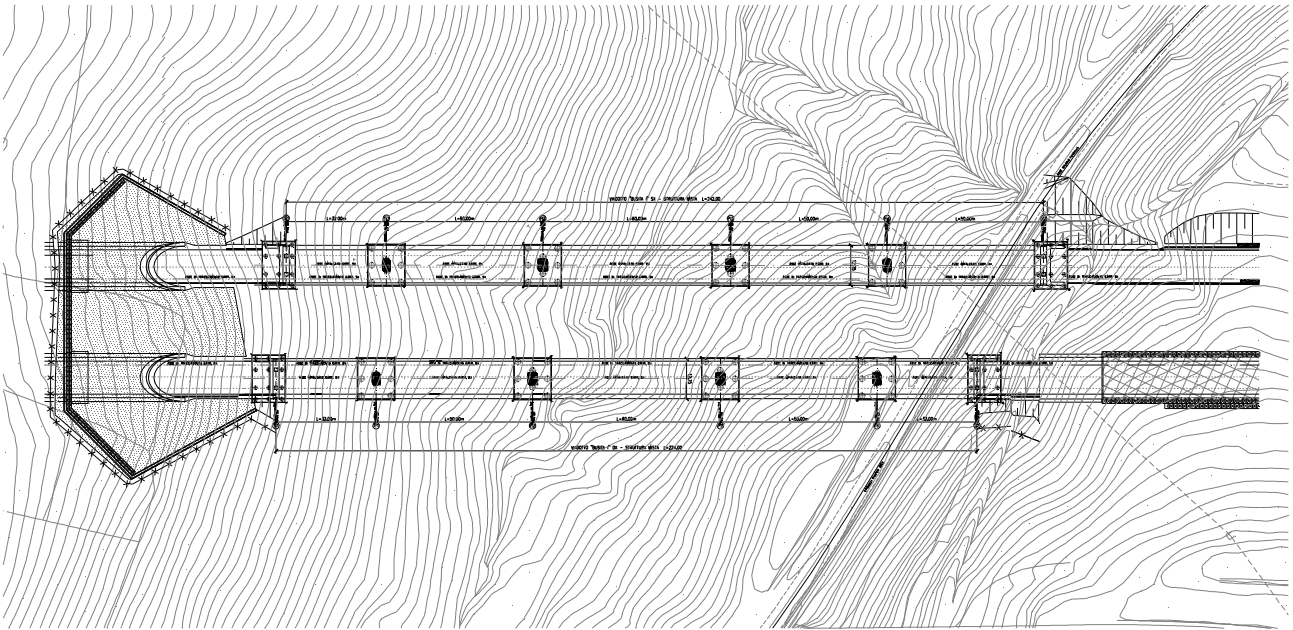
La presente relazione è redatta ai sensi dell'Allegato XXI - Sezione III: art 19- del D. lgs. 163/2006.

Tale opera è costituita da due viadotti che rappresentano le altrettante vie di corsa della costruenda infrastruttura. Il viadotto sulla via destra ha uno sviluppo complessivo pari a 224 mt mentre quello sulla via sinistra ha uno sviluppo complessivo pari a 242 mt; tale differenza nasce dalla disuguaglianza delle campate di riva lato A19 a causa dell'attraversamento della linea ferroviaria Caltanissetta-Xirbi. La progressiva di inizio del viadotto sulla via dx e della via sx è posta alla prog. Km 17+667. Il viadotto, sia per la via sinistra che per la destra, si sviluppa in rettilo: la via destra è composta da n° 6 campate della lunghezza di 32.00 m + 50.00 m + 60.00 m + 50.00 m + 32.00 m, mentre la via sinistra è composta analogamente da n° 6 campate della lunghezza di 32.00 m + 50.00 m + 60.00 m + 50.00 m + 50.00 m. La soluzione adottata è composta da due trave in acciaio a doppio “T” e da una soletta di collegamento in calcestruzzo armato gettata in opera.

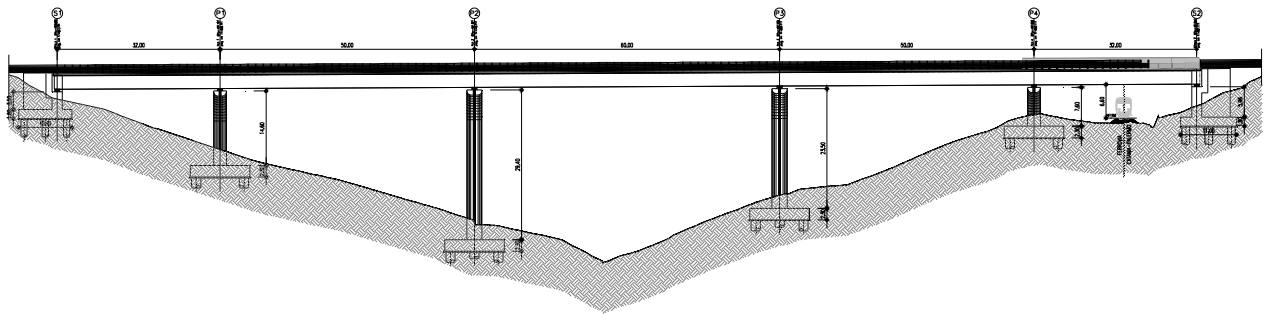
Di seguito si riportano la planimetria con l'ubicazione dell'opera, il prospetto destro e la sezione trasversale impiegata.

<i>Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita I</i>	<i>Data: 28/03/11</i>
<i>Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i</i>	<b>Relazione Tecnica Descrittiva</b>	<i>Pagina 3 di 29</i>

### Planimetria Viadotto Busita I

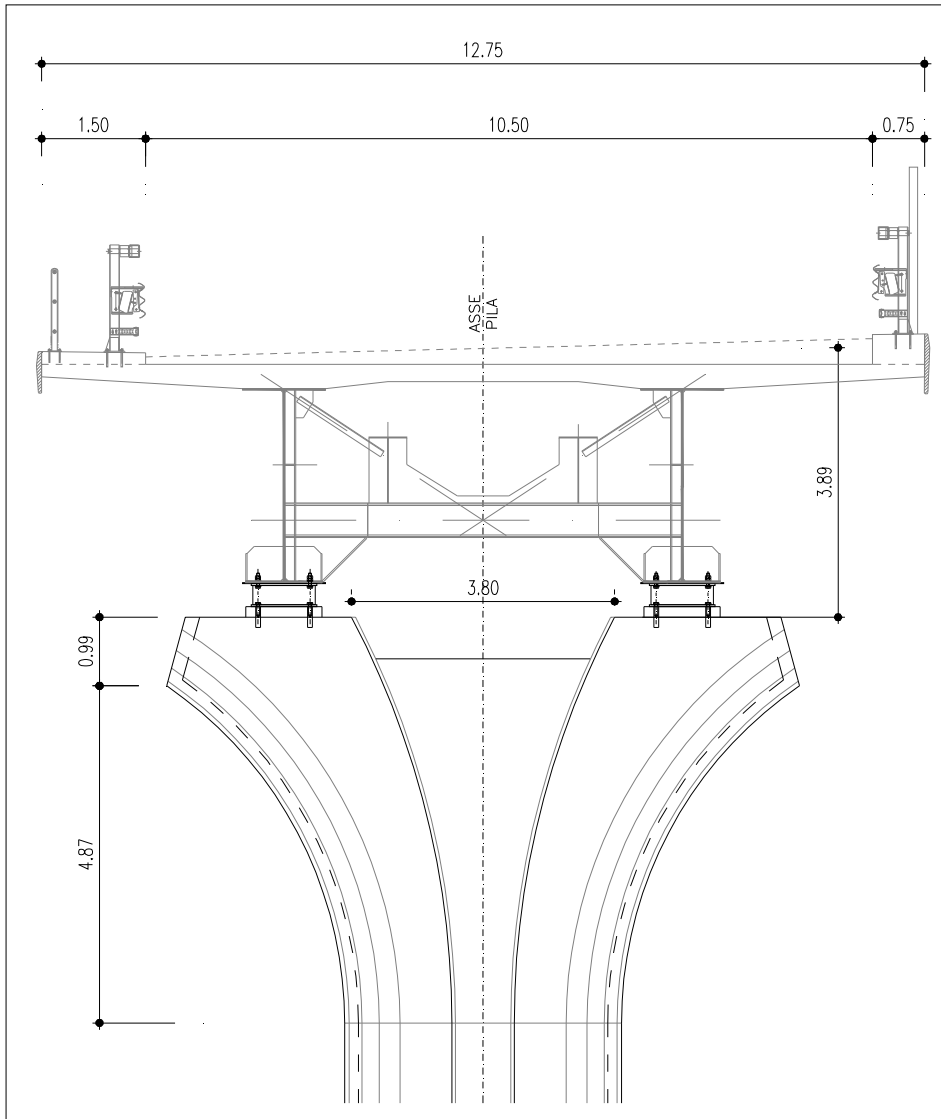


### Prospetto dx Viadotto Busita I



Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 4 di 29

**Sezione trasversale Viadotto Busita I**



Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 5 di 29

## 2.1 Descrizione del Viadotto di Progetto Definitivo

Il viadotto presenta due carreggiate separate con una lunghezza di 229 mt per la via destra e 247 mt per la via sinistra. Dal punto vista costruttivo la sezione dell'impalcato è costituita da due travi a doppio T, collegate da traversi ad anima piena posti circa a metà altezza delle travi.

Le caratteristiche geometriche della sezione corrente sono riportate in figura 1.1.

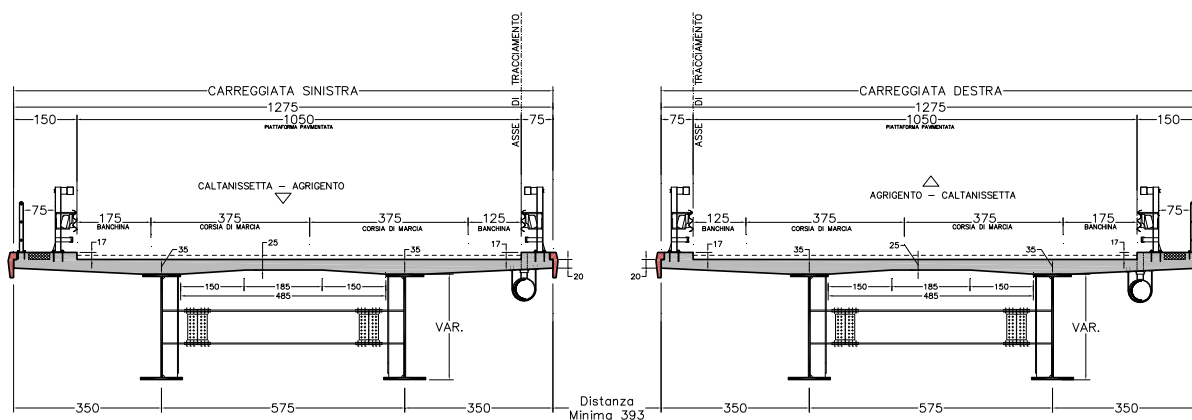


Figura 2.1 - Sezione trasversale impalcato

Le carreggiate in entrambe le direzioni sono composte da n°5 campate, nella tabella seguente sono riportate le luci di entrambe le carreggiate.

Tabella - Lunghezza delle campate.

campata	Campate DX [m]	Campate SX [m]
L1	32.00	32.00
L2	50.00	50.00
L3	65.00	65.00
L4	50.00	50.00
L5	32.00	50.00

L'altezza massima da terra del viadotto è pari a circa 30,00 mt.

### Impalcato

La sezione tipo dell'impalcato ha una larghezza complessiva di 12,75 m così suddivisa:

- due corsie di marcia da 3,75 m e due banchine da 1,75 m e 1,25 m che costituiscono la sede stradale per un totale viario di 10,50 mt;
- un cordolo da 1,50 m per l'alloggiamento della barriera di sicurezza, del parapetto e del marciapiede di servizio di 0,75 m;

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 6 di 29

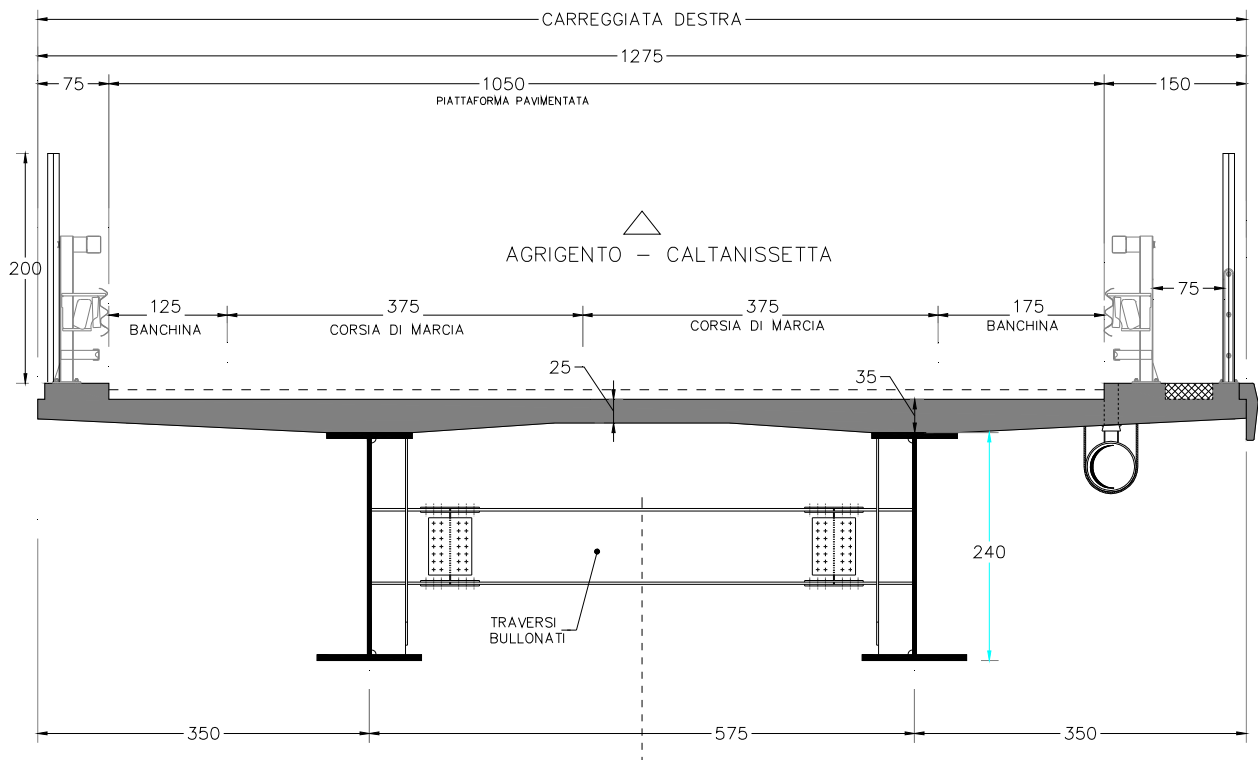
PROGETTO ESECUTIVO

- un cordolo da 0,75 m per l'alloggiamento della barriere di sicurezza.

Le travi metalliche, poste ad interasse di 5,75 m, sono collegate da traversi ad anima piena posti ad interasse di circa 6 m. Gli sbalzi laterali hanno lunghezza di 3,50 m.

La soletta ha spessore variabile da 35 cm in corrispondenza delle travi a 25 cm in mezzeria e 20 cm all'estremità degli sbalzi.

**Sezione trasversale Progetto Definitivo**



Di seguito si riportano le caratteristiche principali del viadotto:

- Altezza max da terra: 30,00 mt circa;
- Carreggiata SX: 5 campate di luce 32 + 50 + 65 + 50 + 50 mt per uno sviluppo complessivo di 247 mt;
- Carreggiata DX: 5 campate di luce 32 + 50 + 65 + 50 + 32 mt per uno sviluppo complessivo di 229 mt;
- Altezza delle travi:  
*Carreggiata SX:* altezza costante pari a 2,40 mt.  
*Carreggiata DX:* altezza costante pari a 2,40 mt

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 7 di 29



### **Schema di vincolo**

Lo schema statico adottato è quello di un bitrave continuo a più campate ad asse rettilineo con luci pari agli interassi delle pile misurati sull'asse stradale.

Ritegni sismici costituiti da 2 dispositivi di ritegno elastico a doppio effetto da 250 t ubicati sulla spalla SA, per ogni impalcato

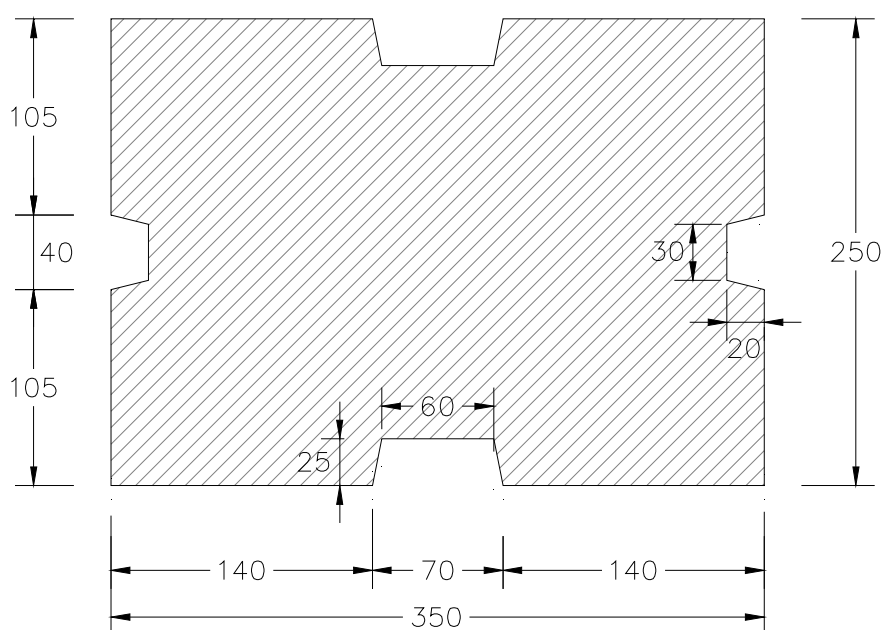
Sono previsti appoggi in acciaio-teflon, multidirezionali e unidirezionali, disposti in modo tale da trasmettere le sollecitazioni longitudinali alla spalla A in corrispondenza della quale sono posizionati i dispositivi di ritegno elastico, e da suddividere uniformemente sulle pile e sulle spalle le sollecitazioni trasversali.

### **Sottostrutture**

Le pile sono realizzate in c.a., presentano una sagoma cruciforme e sono costituite da un fusto a sezione piena costante, iscrivibile in un rettangolo di dimensioni 2.50 m × 3.50 m (P1/P4 carreggiata sinistra e destra), e da un pulvino a sezione variabile che si allarga seguendo una curva circolare fino a raggiungere una larghezza tale da poter accogliere le due travi dell'impalcato.

Le pile P2 e P3 delle carreggiate sinistra e destra, sono iscritte in un rettangolo di dimensioni 3.00 m × 3.50 m.

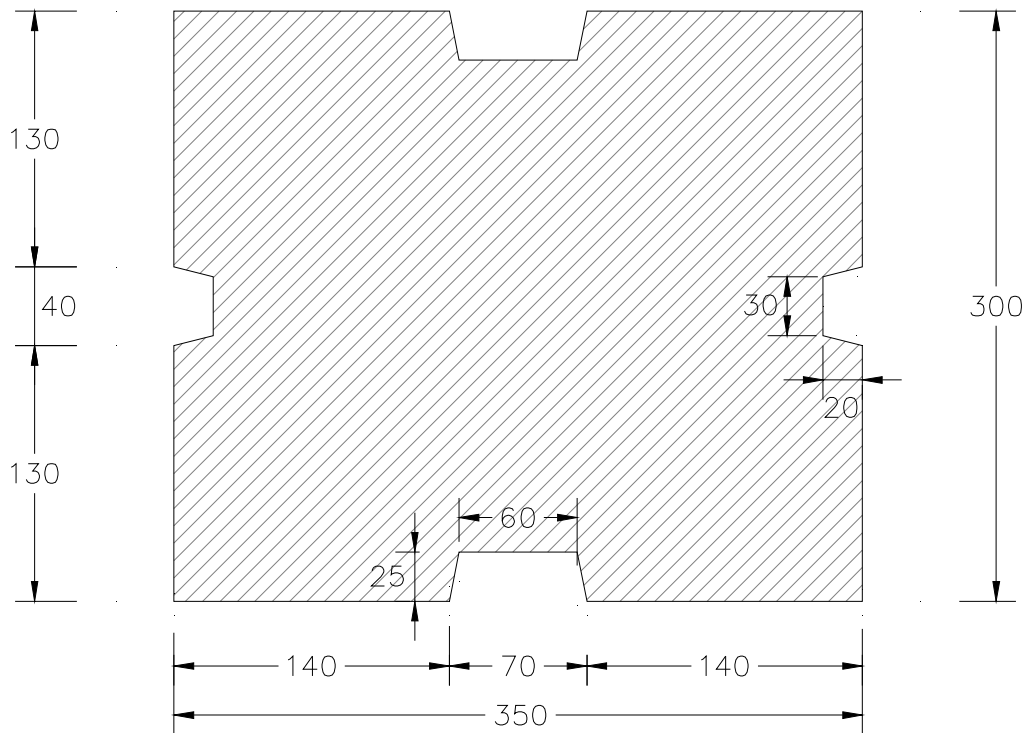
#### **Sezione fusto Progetto Definitivo**



**Fusto Pila P1 P4 carr. Dx e sx**

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 8 di 29

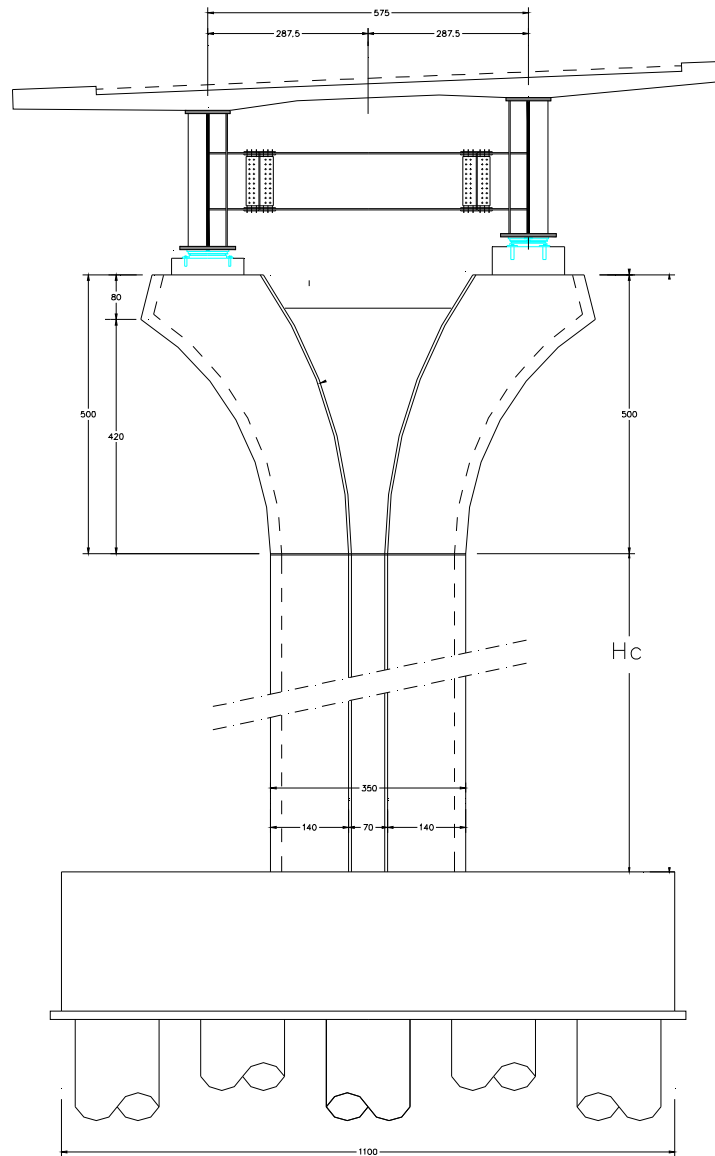
**Sezione fusto Progetto Definitivo**



**Figura 2.2: Fusto Pila (P2-P3 carreggiata SX)**

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 9 di 29

### Sezione trasversale Progetto Definitivo



### Fondazioni

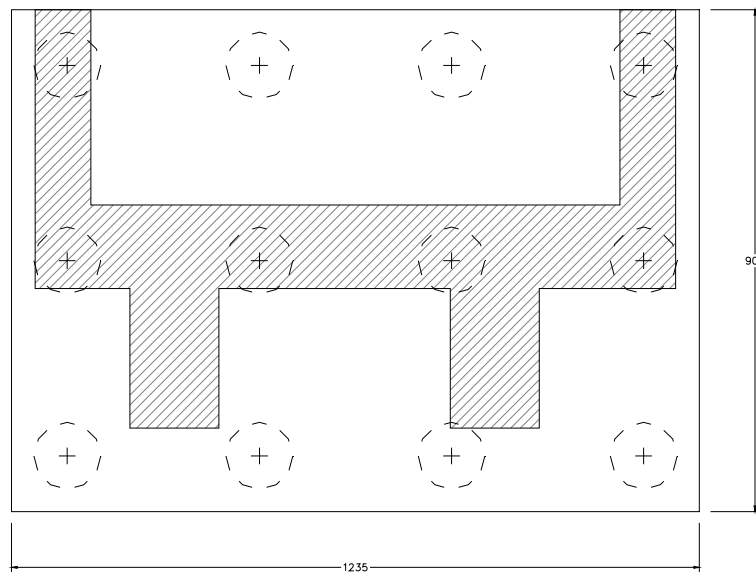
Le fondazioni delle spalle lato agrigento in entrambe le carreggiate sono composte da una zattera di dimensioni 9.00x12.35xh1.80 mt, abbinati a 12 pali trivellati di sottofondazione di diametro 1200; per le pile 1 e 4 la zattera di fondazione è 6,50x9,65x2,00 mt, abbinata a pali trivellati di sottofondazione Ø1500; per le pile 2 e 3 la zattera di fondazione è 9,65x11,00x2,50 mt, abbinata a pali trivellati di sottofondazione Ø1500.

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 10 di 29

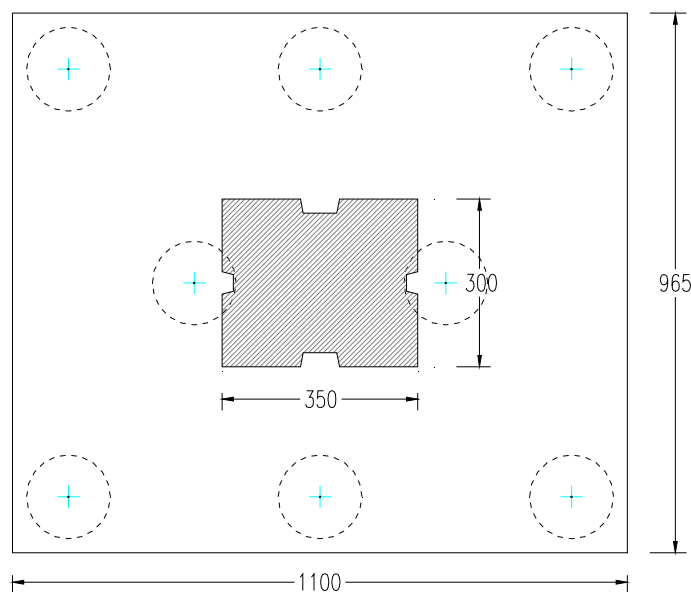
**Tabella opere di sottofondazione.**

Dx/Sx	diametro	n° Pali	Lunghezza mt
<b>Spalla A</b>	1200	12	16.00
<b>Pila 1</b>	1500	5	35.00
<b>Pila 2 dx</b>	1500	8	38.00
<b>Pila 2 sx</b>	1500	8	36.00
<b>Pila 3 dx</b>	1500	8	32.00
<b>Pila 3 sx</b>	1500	8	38.00
<b>Pila 4 dx</b>	1500	5	28.00
<b>Pila 4 sx</b>	1500	6	35.00
<b>Spalla B</b>	1200	8	32.00

**Pianta di fondazione spalla Progetto Definitivo**



**Pianta fondazione Pila Progetto Definitivo**



## 2.2 Descrizione del Viadotto di Progetto Esecutivo

Il viadotto a due carreggiate separate ha una lunghezza di 224 mt per l'asse destro, e 242 mt per l'asse sinistro.

L'Impalcato viene realizzato in acciaio-cls con schema statico di "trave continua" a 5 campate. La sezione trasversale dell'impalcato è formata da una coppia di travi a doppio "T" in composizione, disposte ad interasse trasversale di 5,75 mt.

### Lunghezza delle campate Progetto Esecutivo

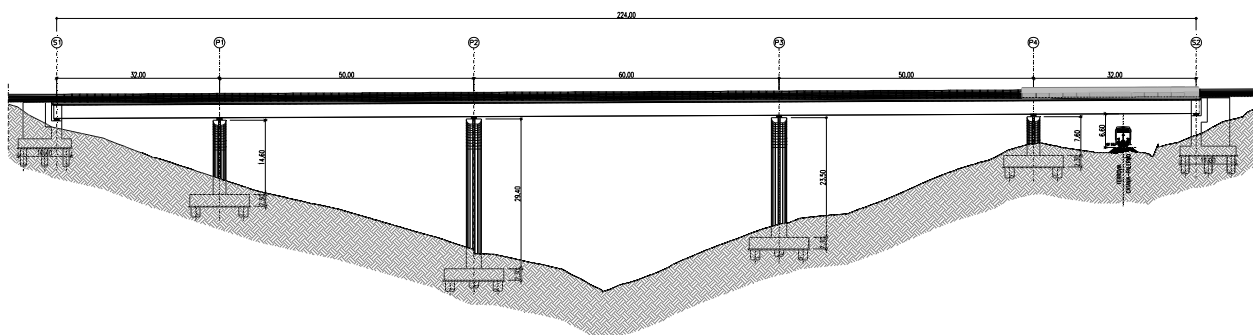
	Campate_DX	Campate_SX
campata	[m]	[m]
L1	32.00	32.00
L2	50.00	50.00
L3	60.00	60.00
L4	50.00	50.00
L5	32.00	50.00

### 2.2.1 Asse Destro

Il viadotto di lunghezza di 224 mt in asse destro ha campate di luce rispettivamente pari a 32.00+50.00+60.00+50.00+32.00; le travi a doppio "T" hanno un'altezza costante di 2,70 mt, gli appoggi posti al di sotto delle travi in corrispondenza delle spalle e delle pile sono del tipo ad "isolatore sismico elastomerico armato".

In corrispondenza dell'ultima campata in direzione A19, di luce 32,00 mt, si ha lo scavalco della linea ferroviaria.

### Prospetto impalcato asse destro Progetto Esecutivo



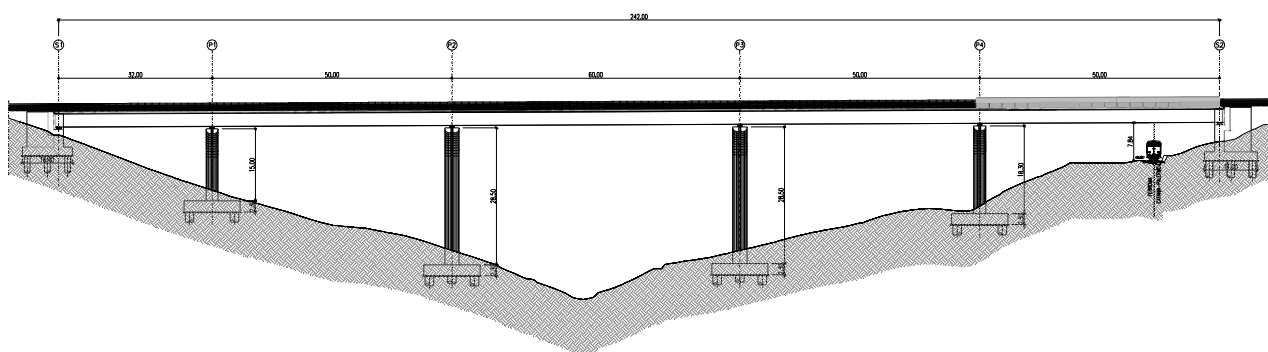
Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 12 di 29

## 2.2.2 Asse Sinistro

Il viadotto di lunghezza di 242 mt in asse sinistro ha campate di luce rispettivamente pari a 32.00+50.00+60.00+50.00+50.00; le travi a doppio "T" hanno un'altezza costante di 2,80 mt, gli appoggi posti al di sotto delle travi in corrispondenza delle spalle e delle pile sono del tipo ad "isolatore sismico elastomerico armato".

In corrispondenza dell'ultima campata in direzione A19, di luce 50,00 mt, si ha lo scavalco della linea ferroviaria.

### *Prospetto impalcato asse sinistro Progetto Esecutivo*



## 2.2.3 Impalcato

La sezione trasversale dell'impalcato è formata da una coppia di travi a "doppio T" in composizione saldata, disposte ad interasse trasversale pari a 5.75 m ed aventi altezza costante di 2,70 mt per l'asse destro e 2,80 mt per l'asse sinistro; lo sviluppo longitudinale è suddiviso in conci congelati mediante giunzioni saldate a completo ripristino.

Le travi sono collegate trasversalmente da traversi a "doppio T" tipo IPE 500, disposti ad interasse longitudinale pari a 4.00 m, verticalmente posti a metà delle travi longitudinali; fanno eccezione i traversi in asse agli appoggi intermedi ed alle spalle, verticalmente disposti più in basso e precisamente a 900 mm dall'intradosso, ed irrigiditi dalla presenza di due aste che formano un controvento a K.

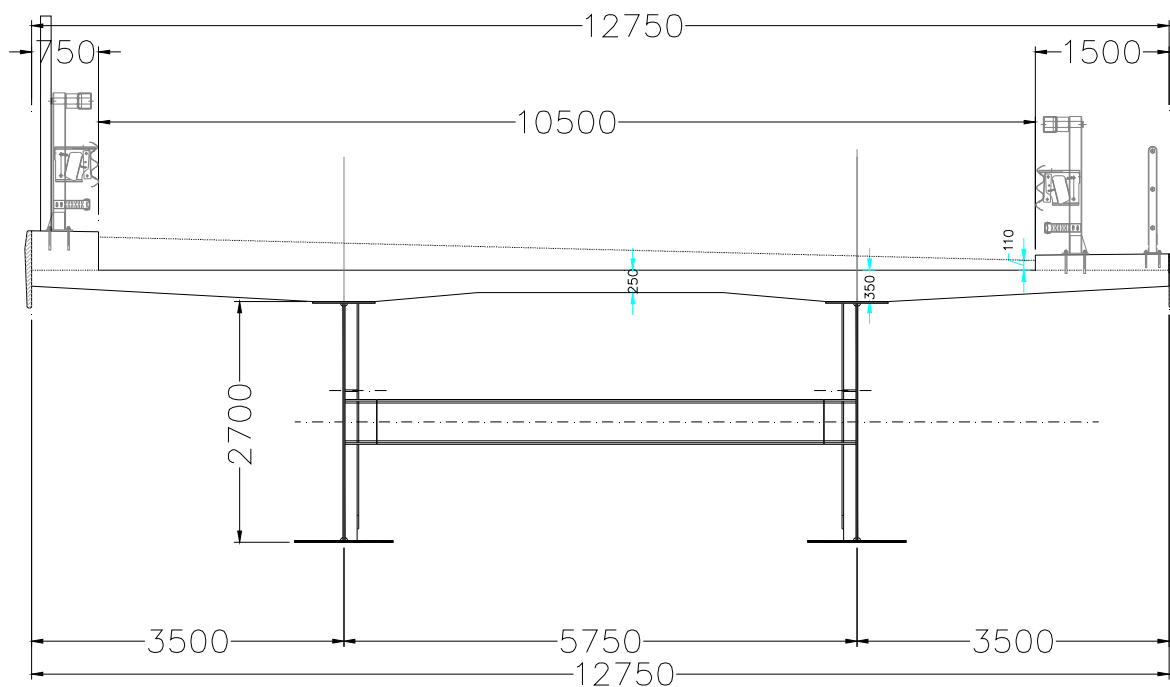
Le travi principali sono irrigidite mediante stiffeners verticali, che ospitano anche la giunzione con i traversi. E' previsto un rib longitudinale per tutto lo sviluppo della travata. La stabilizzazione della struttura durante le fasi antecedenti alla realizzazione e solidarizzazione della soletta in c.a. è assicurata da un sistema di controventi superiori a croce, realizzato mediante profili angolari

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 13 di 29

standar L80\*6mm che vengono rimossi dopo il varo dell'impalcato in acciaio effettuato a Spinta a partire da una spalla del viadotto.

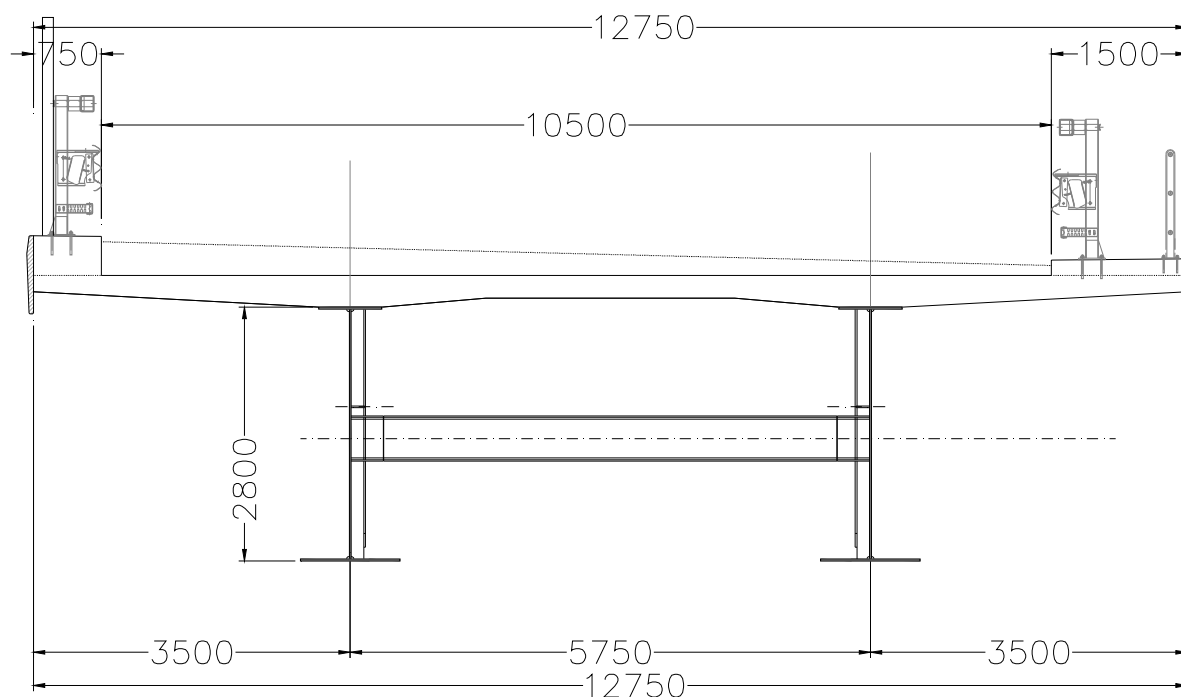
La soletta in calcestruzzo presenta larghezza complessiva pari a 12.75 m, e spessore variabile, pari a 350 mm in asse alle travi e 250 mm alle estremità. Il getto delle solette sarà effettuato mediante casseri autoportanti. La connessione soletta-travi è realizzata mediante pioli elettrosaldati tipo Nelson  $\phi$  22 mm.

**Sezione trasversale asse dx Progetto Esecutivo**



Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 14 di 29

### Sezione trasversale asse dx Progetto Esecutivo



Il piano viabile per ogni carreggiata è di 10.50 m di larghezza, con un marciapiede laterale pedonabile, di larghezza pari a 1.50 m sul lato esterno, e 0.75 m di cordolo lato interno per ammortamento del guardrail e reti di protezione, per una larghezza complessiva dell'impalcato di 12,75 mt.

#### 2.2.4 Schema di vincolo

Il viadotto è poggiato su isolatori sismici elastomerici armati questi funzionano come appoggi elastici lineari sia in fase sismica che per le azioni statiche agenti compreso effetti lenti quali variazioni termiche, fluage, ritiro.

La riduzione della risposta sismica orizzontale si ottiene incrementando il periodo fondamentale della costruzione per portarlo nel campo delle minori accelerazioni di risposta e limitando dunque la massima forza orizzontale trasmessa alle sottostrutture.

#### 2.2.5 Sottostrutture

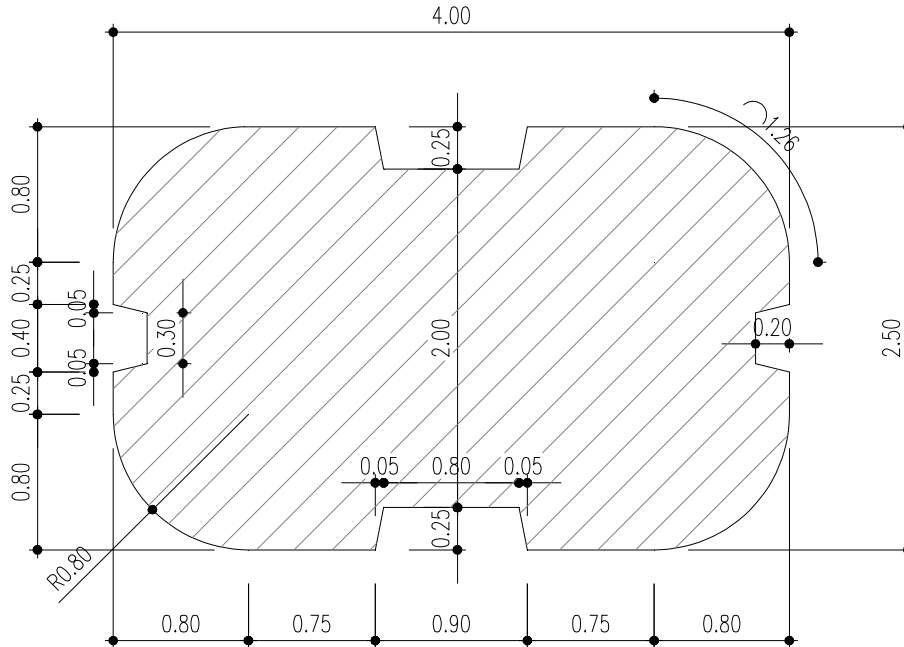
Le pile sono realizzate in c.a., presentano una sagoma cruciforme e sono costituite da un fusto a sezione piena costante, iscritta in un rettangolo di dimensioni 2.50 m × 4.00 m (per le pile 1 e 4) e di dimensioni 3.00x4.00 (per le pile 2 e 3), e da un pulvino a sezione variabile che si allarga

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 15 di 29

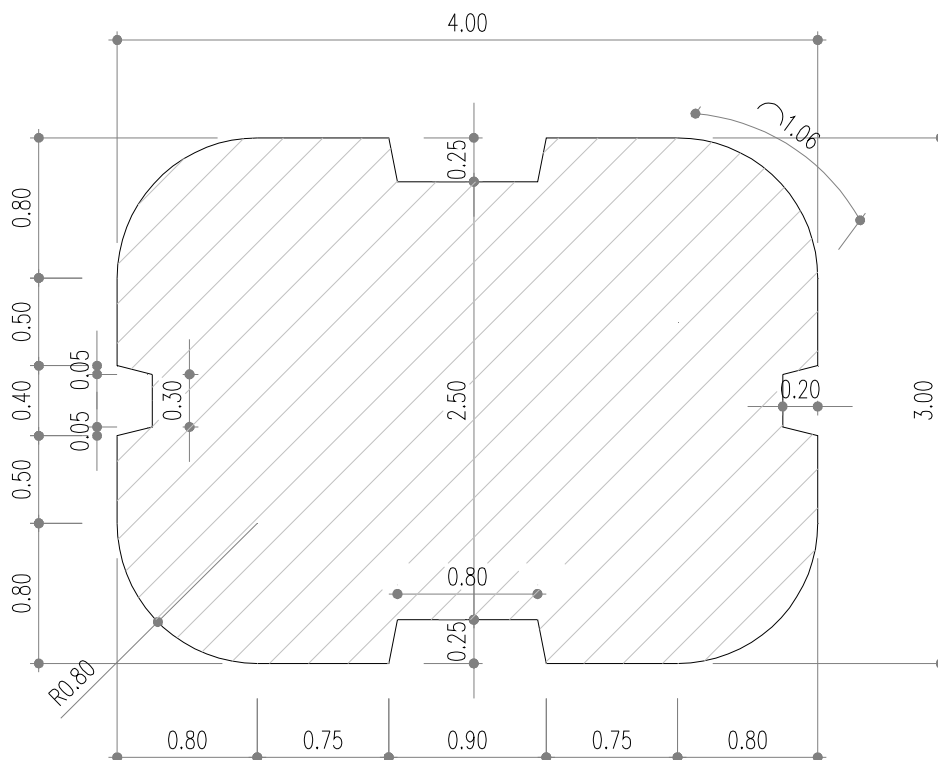


seguendo una curva circolare fino a raggiungere una larghezza tale da poter accogliere le due travi dell'impalcato.

**Sezione pila 1 e 4 P.E.**



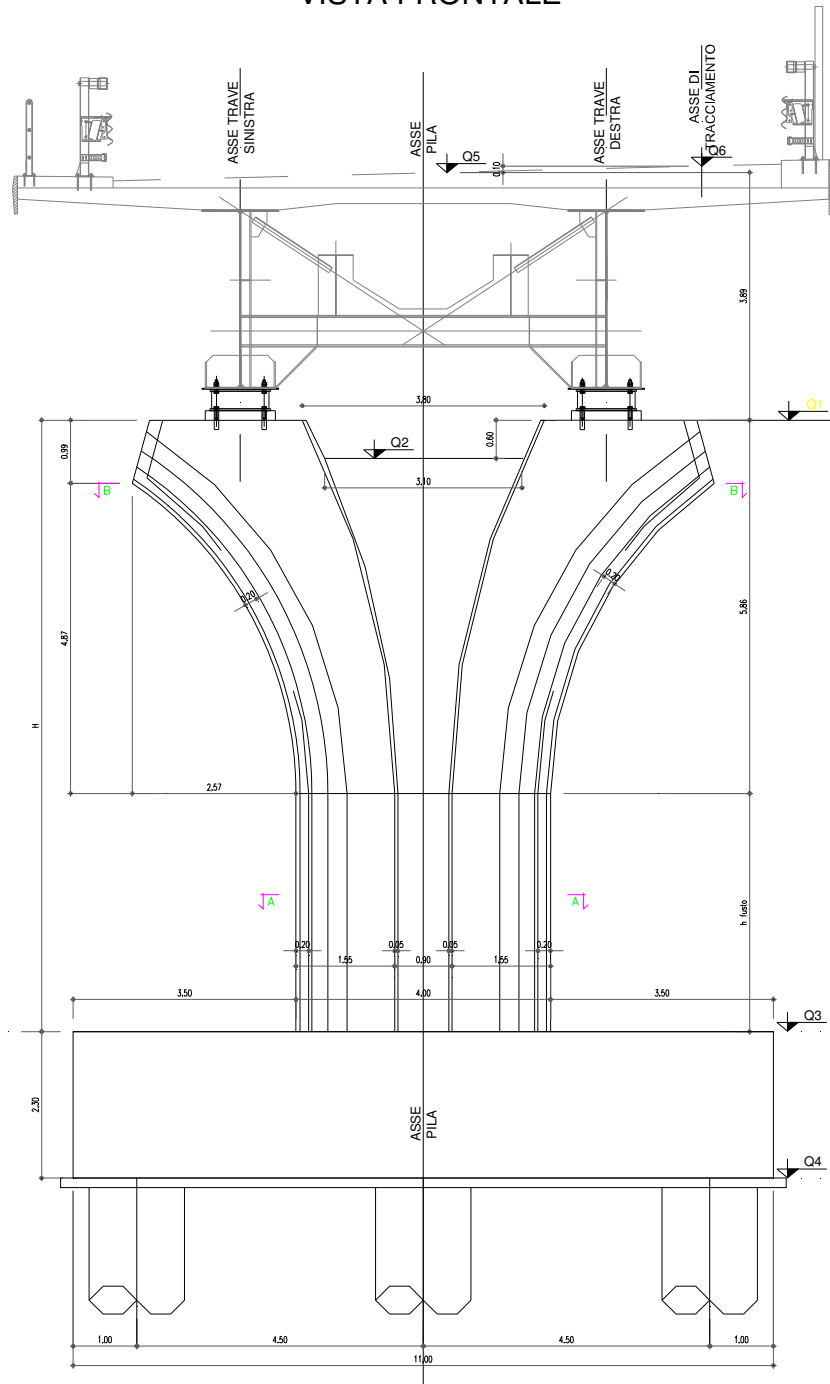
**Sezione pila 2 e 3 P.E.**



Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 16 di 29

**Prospetto pila P.E.**

**VISTA FRONTALE**



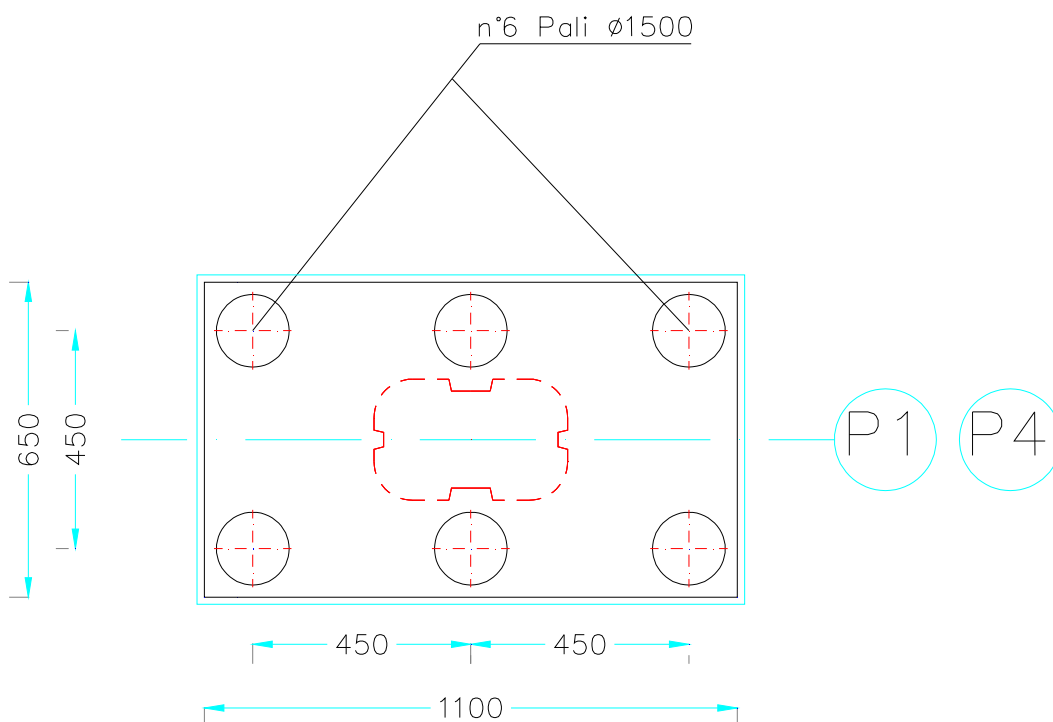
## **Fondazioni**

Le fondazioni delle pile 1 e 4 di dimensioni 6.50x11.00 e delle pile 2 e 3 di dimensioni 9.80x11.00 sono abbinate a pali trivellati di sottofondazione di diametro 1500 mm. Nelle spalle sia destra che sinistra, le fondazioni di dimensioni 9,20x13,10 mt, sono abbinate a pali trivellati di sottofondazione Ø1200 nella spalla A e pali Ø1500 nella spalla B.

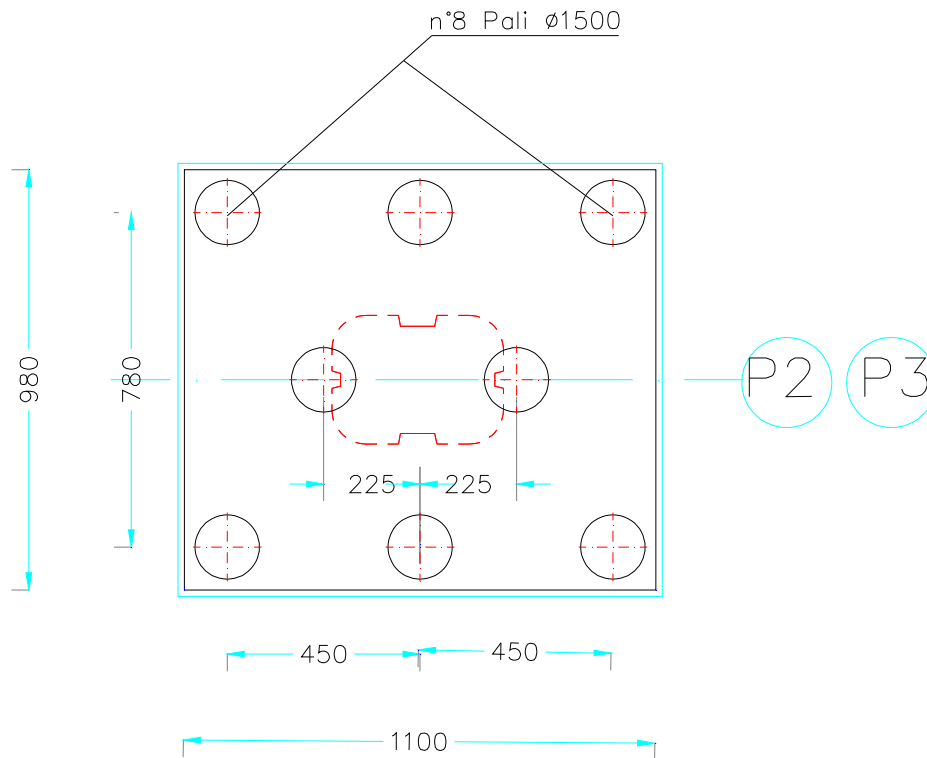
**Tabella opere di sottofondazione.**

	diametro	n° Pali	Lunghezza mt DX	Lunghezza mt SX
<b>Spalla A</b>	1200	12	28.00	28.00
<b>Pila 1</b>	1500	6	35.00	35.00
<b>Pila 2</b>	1500	8	38.00	28.00
<b>Pila 3</b>	1500	8	32.00	28.00
<b>Pila 4</b>	1500	6	28.00	35.00
<b>Spalla B</b>	1500	12	28.00	28.00

**Pianta di fondazione pila 1 e 4 P.E.**



### Pianta di fondazione pila 2 e 3 P.E.



#### 2.2.6 Modalità realizzative

L'opera oggetto della presente relazione è composta dalle varie parti strutturali sopra descritte, sottofondazioni, fondazioni, strutture in elevazione comprensive di pulvino appoggi, impalcato e opere di finitura.

L'esecuzione dell'impalcato al fine di limitare l'interferenza con il corso d'acqua sottostante e della linea ferroviaria verrà realizzato con metodologia di varo a spinta.

L'impalcato in acciaio cls, viene realizzato secondo le seguenti fasi realizzative:

Fase 1: Esecuzione delle sottofondazioni e fondazioni spalle e pile;

Fase 2: Realizzazione delle strutture in elevazione spalle pile

Fase 3: Realizzazione Pulvino e Baggioli

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 19 di 29

Fase 4: Realizzazione della pista di varo

Fase 5: Montaggio travi in acciaio e traversi

Fase 6: Varo a spinta, dal lato di una spalla, dell'impalcato in acciaio e sistemazione su appoggi definitivi.

Fase 7: Si procede alla rimozione degli angolari metallici superiori in avanzamento con il getto della soletta comprensivo dei cordoli, che avverrà anch'esso per fasi, su cassero mobile, procedendo come di seguito:

- dall'appoggio di una spalla fino a 4.80 m dall'asse della prima pila;
- da 7.20 m della pila 1 verso la pila 2 fino a 6.00 m. dalla pila 2;
- dall'appoggio della spalla opposta fino a 4.80 m della pila seconda;
- da 7.20 m della pila 3 verso la pila 2 fino a 6.00 m dalla pila 2;
- campata centrale fino a 6.00 m dalla pila 2 e dalla pila 3
- chiusura della soletta in corrispondenza della prima pila (L=12.00 m)
- chiusura della soletta in corrispondenza della pila 2 (L=12.00 m);
- chiusura della soletta in corrispondenza della pila 4 (L=12.00 m);
- chiusura della soletta in corrispondenza della pila 3 (L=12.00 m);

Fase 8: Realizzazione delle opere di finitura dell'impalcato

### 2.3 Differenze fra Progetto Definitivo e Progetto Esecutivo

Tracciato Planimetrico: non vi sono significative differenze nell'ubicazione tra PD e PE.

Tracciato Altimetrico: non vi sono sostanziali differenze da un punto di vista altimetrico tra quanto previsto in Progetto Definitivo e quanto sviluppato in Progetto Esecutivo.

Impalcato: sia nel P.D. che nel P.E. viene sviluppata la struttura a travi in acciaio a doppia "T".

Campitura Viadotto: In Progetto Definitivo si hanno n° 5 campate, di cui, la campata centrale, lunghezza pari a 65.00 m. In Progetto Esecutivo la campata centrale ha una lunghezza pari a 60.00 m.

Altezza Travi: nel Progetto Definitivo si hanno travi ad altezza costante pari a 2,40 mt, anche in Progetto Esecutivo l'altezza delle travi è costante e pari a 2.70 m per la via destra e 2.80 per la via sinistra.

Sottostrutture: nel Progetto Definitivo le pile hanno fusto a sezione rettangolare con riseghe centrali di dimensioni lungo gli assi principali pari a 2.5x3.5 m per le pile 1-4 e 3x3.5 m per le pile

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 20 di 29

2-3, con sovrastante pulvino a calice, nel Progetto esecutivo le pile hanno fusto con dimensioni 2.50x4.00 mt per le pile 1-4 e 3.00x4.00 mt. Per la pile 2-3.

Sottofondazioni: non vi sono significative differenze nell'ubicazione tra PD e PE.

## 2.4 Motivazioni che hanno indotto le modifiche

### 2.4.1 Recepimento delle prescrizioni/raccomandazioni CIPE

Sulla G.U. del 21/01/2010 sono state pubblicate le prescrizioni e le raccomandazioni prodotte da C.I.P.E. in approvazione del Progetto Definitivo.

La prescrizione n° 18 della delibera C.I.P.E. di cui sopra recita:

*“lungo l'alveo dei fiumi/torrenti non dovrà essere realizzata alcun tipo di opera anche provvisoria,....”*.

Il C.G. incaricato della Progettazione Esecutiva in accordo a quanto previsto all'art. 10 del CSA ha chiesto, d'intesa con il Soggetto Aggiudicatore, indicazioni al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare sull'interpretazione e applicazione del provvedimento di compatibilità ambientale sopra citato.

Il verbale prodotto dal MATTM chiarisce come debba essere interpretata dal Progettista la suddetta prescrizione n° 18: *“...le pile possono essere realizzate nella posizione in cui sono state previste nel progetto definitivo approvato da CIPE, ad esclusione di quelle che interferiscono con l'alveo di magra che devono essere allontanate dall'alveo stesso, ed adottando comunque una conformazione geometrica delle restanti campate del viadotto analoga a quella delle suddette campate modificate.*

*La Commissione ritiene indispensabile evitare la presenza di pile e cantierizzazioni nel letto di magra...Di conseguenza la Commissione ribadisce la necessità di adottare tecnologie realizzative e tecniche costruttive tali da evitare la presenza all'interno del letto dei corsi d'acqua di opere anche provvisorie (piste di cantiere, installazioni per gru, guadi, ecc.).*

*Relativamente agli attraversamenti di collegamento delle due sponde dei corsi d'acqua, qualora indispensabili, dovranno essere del tipo a ponte rimovibile.”*

Inoltre, al fine di evitare che opere anche provvisorie (piste di cantiere, installazioni per gru, guadi, ecc) interferissero con l'alveo di magra del torrente e limitare l'interferenza con la Linea Ferroviaria, è stata scelta la metodologia di varo a spinta per l'intero impalcato del Progetto Esecutivo.

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 21 di 29

#### 2.4.2 Costi

Al fine di ottemperare alle prescrizioni del CIPE, in funzione della salvaguardia dei fiumi/torrenti, si è optato per una struttura in acciaio-clc e una modalità di varo a spinta, che a fronte di un innalzamento dei costi garantiscono la salvaguardia dell'alveo.

#### 2.4.3 Mantenimento funzionalità

La soluzione adottata permette la riduzione degli interventi manutentivi, aumentando la funzionalità dell'opera.

#### 2.4.4 Mantenimento durabilità

La forte importanza che riveste la durabilità dell'opera in funzione dell'ambiente nel quale è inserita, ha comportato una notevole attenzione alle tipologie dei materiali da utilizzarsi per le strutture da realizzare. Si consideri, infatti, che il manufatto deve garantire adeguati livelli di sicurezza anche dopo l'inevitabile degrado dei materiali, dovuto al tempo ed all'azione degli agenti atmosferici.

Tutti questi elementi ambientali costituiscono dei fattori importantissimi dai quali non è possibile esulare quando si stabilisce la tipologia dei materiali che saranno impiegati per la realizzazione dell'opera, pensando questo nell'ottica di garantire alla stessa una vita media compatibile con l'investimento che si sta realizzando.

Per quanto sopra al fine di aumentare la durabilità dell'opera, si sono adottati i seguenti accorgimenti e dettagli:

- Utilizzo di una guaina di impermeabilizzazione sulla soletta dell'impalcato in materiale guaina bituminosa spessore 2 mm
- Utilizzo di una appropriata classe di calcestruzzo e copriferro (in accordo con le indicazioni UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006) in base alle analisi chimiche effettuate sulle acque e sulle terre.
- Inoltre al fine di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale sono stati incrementati i valori di copri ferro sulle solette dell'impalcato

#### 2.4.5 Mantenimento manutenibilità

La maggior durabilità nel tempo è assicurata dall'utilizzo, per i calcestruzzi, di classi di esposizione con una maggior resistenza agli agenti aggressivi.

<i>Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita I</i>	<i>Data: 28/03/11</i>
<i>Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i</i>	<b>Relazione Tecnica Descrittiva</b>	<i>Pagina 22 di 29</i>

#### **2.4.6 Mantenimento sicurezza**

Il livello di sicurezza raggiunto con la soluzione prevista con la soluzione di Progetto Esecutivo è almeno pari a quella sviluppata dalla soluzione di Progetto Definitivo

<i>Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita I</i>	<i>Data: 28/03/11</i>
<i>Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i</i>	<b>Relazione Tecnica Descrittiva</b>	<i>Pagina 23 di 29</i>



### 3 MATERIALI

Come già menzionato nelle note precedenti, ha rivestito una notevole importanza la scelta alle tipologie dei materiali da utilizzare. Infatti l'opera deve garantire adeguati livelli di sicurezza e durabilità anche dopo le azioni degli agenti atmosferici e l'inevitabile azione del tempo, e soprattutto in relazione dei carichi viaggianti che transiteranno sulla struttura viaria.

#### 3.1 Materiali PD

##### Acciaio per C.A

<b>Acciaio B450C</b>				
$f_{y,nom}$	=	450	MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	540	MPa	tensione nominale di rottura
$f_{yk}$	≥	$f_{y,nom}$		tensione caratteristica di snervamento
$f_{t,nom}$	≥	$f_{t,nom}$		tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k$	≥	1.15		
$(f_t/f_y)_k$	<	1.35		

##### Acciaio per carpenteria metallica

- **Carpenteria metallica:** si adottano elementi conformi alla EN10025. Si prevede l'utilizzo di acciaio classe S355.
- **Connettori trave-soletta:** la connessione trave soletta è concepita a pieno ripristino. Si impiegano pioli "Nelson" costituiti da acciaio tipo ST 37-3K con resistenza  $f_{yk} = 355\text{MPa}$  e  $f_u = 510\text{MPa}$
- **Giunzioni bullonate:** si impiegano bulloni ad Alta Resistenza per giunzioni ad attrito conformi alle specifiche contenute nel p.to 11.3.4.6.2 del D.M. 14.01.2008. In particolare:
  - VITI cl. 10.9
  - DADI classe 10
  - RONDELLE C 50
- **Giunzioni saldate:** procedimenti di saldatura omologati e qualificati secondo D.M. 14.01.2008. Tutte le giunzioni per l'unione dei conci delle TRAVI PRINCIPALI saranno eseguite con saldature testa a testa a completa penetrazione di 1<sup>a</sup> classe.

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	<b>Relazione Tecnica Descrittiva</b>	Pagina 24 di 29

## **Calcestruzzo**

Le caratteristiche dei calcestruzzi sono state definite, in relazione alle classi di esposizione ambientale, sulla base delle indicazioni contenute nella UNI EN 206-1 e nella UNI 11104

**Tabella classi di resistenza ed esposizione**

	<b>Classe di resistenza</b>	<b>Classe di esposizione</b>
Pali	C25/30	XC2
Zattere di fondazione (Pile e Spalle)	C25/30	XC2
Pile, Elevazione, Spalle, Pulvini	C28/35	XF2
Soletta impalcato	C32/40	XF4
Cordoli e marciapiedi	C32/40	XF4

## **3.2 Materiali Progetto Esecutivo**

### **Acciaio per C.A**

<b>Acciaio B450C</b>				
$f_{y,nom}$	=	450	MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	540	MPa	tensione nominale di rottura
$f_{yk}$	$\geq$	$f_{y,nom}$		tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk}$	$\geq$	$f_{t,nom}$		tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k$	$\geq$	1.13		
$(f_t/f_y)_k$	$<$	1.35		

### **Acciaio per carpenteria metallica**

- Travi e Traversi: si adottano elementi conformi alla EN10025-5. In particolare:
  - Per sp. fino a 40mm S355J2W+N
  - Per sp. da 40 a 80mm S355K2W+N
  - Per sp. maggiori di 80mm S355NLW+N
- Controventi: si adottano elementi conformi alla EN10025-5. In particolare:
  - S355J0W+N
- Connettori trave-soletta: Si impiegano pioli "Nelson" Ø22 costituiti da acciaio tipo S235J2+C450 secondo EN ISO
- Giunzioni bullonate: si impiegano bulloni ad Alta Resistenza per giunzioni ad attrito conformi alle specifiche contenute nel p.to 11.3.4.6.2 del D.M. 14.01.2008. In particolare:
  - VITI cl. 10.9
  - DADI classe 10
  - RONDELLE C 50
- Giunzioni saldate: procedimenti di saldatura omologati e qualificati secondo D.M. 14.01.2008. Tutte le giunzioni per l' unione dei conci delle TRAVI PRINCIPALI saranno eseguite con saldature testa a testa a completa penetrazione di 1<sup>a</sup> classe.

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	<b>Relazione Tecnica Descrittiva</b>	Pagina 25 di 29

## **Calcestruzzo**

Le caratteristiche dei calcestruzzi sono state definite, in relazione alle classi di esposizione ambientale, sulla base delle indicazioni contenute nella UNI EN 206-1 e nella UNI 11104

**Tabella classi di resistenza ed esposizione**

	<b>Classe di resistenza</b>	<b>Classe di esposizione</b>
Pali	C25/30	XC2
Zattere di fondazione (Pile e Spalle)	C30/37	XA1
Pile, Elevazione, Spalle, Pulvini	C28/35	XF2
Soletta impalcato	C32/40	XC4
Cordoli e marciapiedi	C32/40	XF2

### **3.3 Motivazioni per giustificare la modifica tra PD e PE**

Al fine di ottemperare alle Prescrizioni del CIPE, in particolare la n°11 (per e la salvaguardia della morfologia naturale dei corsi d'acqua) e la n°18 (che vieta le realizzazione di qualsiasi tipo di opera lungo l'alveo dei fiumi/torrenti), è stato necessario modificare lo spartito e la lunghezza delle campate con conseguente variazione della tipologia della struttura portante da impalcato in cemento armato precompresso ad un impalcato a travi in acciaio corten a doppio "T".

Considerata la presenza lungo tutto il tracciato di complessi geolitologici associati alle formazioni della serie gessoso-solfifera che, generalmente, inducono uno stato qualitativo delle acque in cui si riscontra un arricchimento di elementi associabili ad acque seleniose, al fine di determinare con certezza le classi di esposizione dei calcestruzzi per le opere d'arte progettuali, in occasione delle campagne di indagine integrative lungo tutto il tracciato, in corrispondenza di opere d'arte (viadotti, gallerie naturali e artificiali), le cui parti saranno soggette a interazione con le acque di circolazione sotterranea, è stata effettuata, all'interno di n° 8 fori di sondaggio profondi 20 m, l'installazione di altrettanti piezometri a tubo aperto atti al riscontro di falde idriche sotterranee ed al prelievo di campioni di acqua sotterranee.

I campioni, prelevati nel mese di novembre 2010 dai piezometri in cui era presente acqua, sono stati sottoposti alla caratterizzazione qualitativa tramite determinazioni analitiche atte alla definizione dell'aggressività chimica dei terreni e delle acque sulle opere in calcestruzzo. I relativi certificati sono riportati nell'elaborato di progetto "Rapporti di prova determinazioni chimiche sulle acque e terre". Ne deriva un generale innalzamento della classe di esposizione di tutti i manufatti in cls posti nelle vicinanze dei sondaggi effettuati.

Considerata la situazione geologica, la distribuzione dei complessi idrogeologici e l'importanza che hanno sulla alimentazione delle risorse idriche sotterranee gli afflussi idrici

<i>Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita I</i>	<i>Data: 28/03/11</i>
<i>Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i</i>	<b>Relazione Tecnica Descrittiva</b>	<i>Pagina 26 di 29</i>

superficiali notoriamente ricchi di elementi quali i solfati, il risultato è praticamente estensibile a tutte le zone in cui si riscontra la presenza di acque sotterranee e, soprattutto nelle zone circondate da rilievi gessoso-solfiferi e che drenano acque da questi derivanti, anche in deflussi superficiali e sub superficiali.

La modifica delle classi di esposizione, inevitabilmente ha comportato una modifica anche sulle classi di resistenza

**Tabella confronto classi di resistenza ed esposizione**

<b>Parti strutturali</b>	<b>Classi di resistenza PE</b>	<b>Classe di esposizione PE</b>	<b>Classi di resistenza PD</b>	<b>Classe di esposizione PD</b>
Pali	C25/30	XA1	C25/30	XC2
Zattere di fondazione	C30/37	XA2	C25/30	XC2
Elevazione Pile e Spalle	C28/35	XF2	C28/35	XF2
Soletta impalcato	C32/40	XF4	C28/35	XF4
Cordoli e marciapiedi	C32/40	XF4	C28/35	XF4

## **4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### **4.1 Normativa di P.D.**

- D.M. 14/01/2008 “ Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.”
- UNI ENV 1991-2-5 “Azioni sulle strutture- Azioni termiche.”

### **4.2 Normativa di PE**

La progettazione degli elementi strutturali è stata condotta in conformità al quadro legislativo attualmente vigente in merito al dimensionamento delle strutture e per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio nazionale. Le norme di riferimento adottate sono riportate nel seguito:

[1] Legge nr. 1086 del 05/11/1971

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

[2] Legge nr. 64 del 02/02/1974

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

[3] D.M. LL.PP. del 11/03/1988

<i>Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita I</i>	<i>Data: 28/03/11</i>
<i>Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i</i>	<b>Relazione Tecnica Descrittiva</b>	<i>Pagina 27 di 29</i>

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

[4] O.P.C. e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica e s.m.i.

[5] UNI EN 206-1/2006 "Calcestruzzo – Parte 1: Specializzazione, prestazione, produzione e conformità".

[6] UNI EN 1992-1-1:2005 "Eurocodice 2, Progettazione delle strutture di calcestruzzo".

[7] D.M. 14 Gennaio 2008 – Norme Tecniche per le costruzioni 2008.

[8] Circolare 617 del 02/02/2009 – Istruzione per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

#### 4.3 Differenza tra il Pd ed il PE

Le differenze che nascono tra il progetto definitivo e quello esecutivo sono dovute ad una più affinata applicazione delle norme DM 2008. Infatti nella progettazione geotecnica il D.M. 2008 introduce un nuovo approccio. Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione  $Ed \leq Rd$ , dove  $Ed$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e dove  $Rd$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi a coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni ( $A1$  e  $A2$ ), per i parametri geotecnici dei terreni ( $M1$  e  $M2$ ) e per le resistenze ( $R1$ ,  $R2$  e  $R3$ ). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti ed alternativi.

### 5 QUADRO GEOLOGICO, GEOTECNICO, GEOMECCANICO

La campagna svolta in Progetto Esecutivo ha previsto, in corrispondenza dell'opera, un sondaggio a carotaggio continuo denominato SI30, eseguito fino alla profondità di 50 m da p.c., e posizionato circa a metà tra la Pila 2 e la Pila 3. Durante l'esecuzione sono stati prelevati n° 8 campioni indisturbati e posizionati strumetti per valutazioni sulla stabilità dei versanti.

Le campagne di indagine svolte in Progetto Esecutivo (Fase 1 e Fase 2) sono state condotte in modo tale da approfondire il quadro delle conoscenze già disponibili ed acquisire ulteriori elementi necessari ai fini progettuali e coerenti con il quadro normativo di riferimento (N.T.C. 2008).

A partire dalla modellazione e dalle stratigrafie adottate nel PD che, in linea di massima, sono state confermate, il calcolo dei valori caratteristici dei parametri geotecnici è stato effettuato mediando i valori ottenuti dalle campagne d'indagini eseguite sia nell'ambito del progetto definitivo (fase 1 e fase 2 2006), sia nell'ambito del PE (sondaggi integrative fase 1 e fase 2 2010).

<i>Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita I</i>	<i>Data: 28/03/11</i>
<i>Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i</i>	<b>Relazione Tecnica Descrittiva</b>	<i>Pagina 28 di 29</i>

PROGETTO ESECUTIVO

I valori dei parametri geotecnici ottenuti dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni indisturbati sono andate ad integrare quanto restituito dalla parametrizzazione adottata nel PD. La mole di dati così ottenuta ha apportato alcune variazioni sui parametri adottati nel PE, illustrati nella tabella di confronto di seguito.

3-A - Modello Geotecnico 1 – VD Busita I: da prog. 17+640 a prog. 17+940					
		PE	PD		
Profondità (m)	Litotipo	Parametri Geotecnici	Parametri Geotecnici	Variazione PD/PE	%
0.00 ÷ 7.00	Brecce Argillose sommitali alterate – TRBa1 :	$\gamma = 2.16 \text{ T/mc}$	$\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$	$\gamma = 0.16 \text{ T/mc}$	8,42%
	limo argilloso e argilla limosa plastica ed alterata	$\text{Cu} = 0.60 \text{ Kg/cmq}$	$\text{Cu} = 0.50 \text{ Kg/cmq}$	$\text{Cu} = 0.1 \text{ Kg/cmq}$	20,00%
		$c' = 0.23 \text{ Kg/cmq}$	$c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}$	$c' = -0.08 \text{ Kg/cmq}$	-53,33%
		$\phi' = 24.4^\circ$	$\phi' = 19^\circ$	$\phi' = -5.4^\circ$	28,42%
7.00 ÷ 15.00	Brecce Argillose intermedie – TRBa 2a:	$\gamma = 2.17 \text{ T/mc}$	$\gamma = 1.90 \text{ T/mc}$	$\gamma = 0.27 \text{ T/mc}$	14,21%
	argilla limosa a tratti scagliose	$\text{Cu} = 3.96 \text{ Kg/cmq}$	$\text{Cu} = 1.35 \text{ Kg/cmq}$	$\text{Cu} = 2.61 \text{ Kg/cmq}$	193,33%
		$c' = 0.40 \text{ Kg/cmq}$	$c' = 0.30 \text{ Kg/cmq}$	$c' = -0.01 \text{ Kg/cmq}$	-3,33%
		$\phi' = 27.0^\circ$	$\phi' = 23.0^\circ$	$\phi' = 4^\circ$	17,39%
15.00 ÷ in prof.	Brecce Argillose profonde – TRBa 2b: argilla e argilla limosa consistente brecciate scagliose consistenti	$\gamma = 2.2 \text{ T/mc}$	$\gamma = 2.0 \text{ T/mc}$	$\gamma = 0.2 \text{ T/mc}$	1,00%
		$\text{Cu} = 1.58 \text{ Kg/cmq}$	$\text{Cu} = 1.8 \text{ Kg/cmq}$	$\text{Cu} = -0.22 \text{ Kg/cmq}$	-12,22%
		$c' = 0.55 \text{ Kg/cmq}$	$c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}$	$c' = 0.15 \text{ Kg/cmq}$	37,50%
		$\phi' = 21.3^\circ$	$\phi' = 24^\circ$	$\phi' = -2.7^\circ$	-11,25%
Variazioni negative di valori dal PD al PE tra lo 0% e il -20% Variazioni negative di valori dal PD al PE tra il -20% e il -50% Variazioni negative di valori dal PD al PE oltre il -50%					

Si è, pertanto, proceduto con la suddivisione per tratti dell'intero tracciato stradale, rispecchiando quanto già effettuato in PD e adottando le modifiche derivanti dall'aggiornamento della modellizzazione geologica effettuata nel PE. Si sono infatti considerati alla base dei calcoli i sondaggi ricadenti all'interno di tali tratti, raggruppando i campioni indisturbati per unità litotecniche omogenee.

Unitamente ai valori medi delle singole unità geotecniche, sono stati indicati i valori minimi e massimi.

Per l'adozione dei parametri caratteristici ci si è orientati con quanto riportato nelle "Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NTC 2008, "Nell'adozione dei valori caratteristici sono giustificati valori medi quando, nello stato limite considerato, è coinvolto un elevato volume di terreno (in fondazioni superficiali o in una frana il volume interessato dalla superficie di rottura è grande), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti...sono giustificati i riferimenti a valori minimi dei parametri geotecnici nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno con concentrazioni delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità..."

Cod. elab.: VI206 VI06 Z RH078_B	Titolo: Viadotto Busita I	Data: 28/03/11
Nome file: vi06-z-rh078_a relazione busita i	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 29 di 29