

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

Relazione Tecnica Descrittiva

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 5 0 V I 2 0 7 V I 0 7 Z R H 0 0 1 C -

Scala:

F						
E						
D						
C	Ottobre 2011	Rif. Istruttoria prot. CDG-0141142-P del 19/10/11	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
B	Luglio 2011	Revisione a seguito di incontri con il Committente	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
A	Aprile 2011	EMISSIONE	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

3TI ITALIA S.p.A.
DIRETTORE TECNICO
Ing. Stefano Luca Possati
Ordine degli Ingegneri
Provincia di Roma n. 20809

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di progetto:



Il 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 II**

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

<i>Cod. elab.:</i> VI207 VI07 Z RH001_C	<i>Titolo:</i> Viadotto Busita II	<i>Data:</i> 01/10/11
<i>Nome file:</i> VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	<i>Pagina</i> 1 di 28

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	13
2.2.2	Asse Sinistro	14
2.2.3	Impalcato.....	14
2.2.4	Schema di vincolo	16
2.2.5	Sottostrutture.....	16
2.2.6	Modalità realizzative.....	19
2.3	Differenze fra Progetto Definitivo e Progetto Esecutivo	19
2.4	Motivazioni che hanno indotto le modifiche.....	20
2.4.1	Costi	20
2.4.2	Mantenimento funzionalità	20
2.4.3	Mantenimento durabilità	20
2.4.4	Mantenimento manutenibilità	21
2.4.5	Mantenimento sicurezza	21
3	Materiali	22
3.1	Materiali PD.....	22
3.2	Materiali Progetto Esecutivo.....	23
3.3	Motivazioni per giustificare la modifica tra PD e PE.....	24
4	Normativa di riferimento.....	25
4.1	Normativa di P.D.	25
4.2	Normativa di PE	25
4.3	Differenza tra il Pd ed il PE	26
5	Quadro geologico, geotecnico, geomeccanico.....	26

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 2 di 28

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica illustrativa e di calcolo è relativa al progetto esecutivo delle opere per la realizzazione del Viadotto Busita II 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.

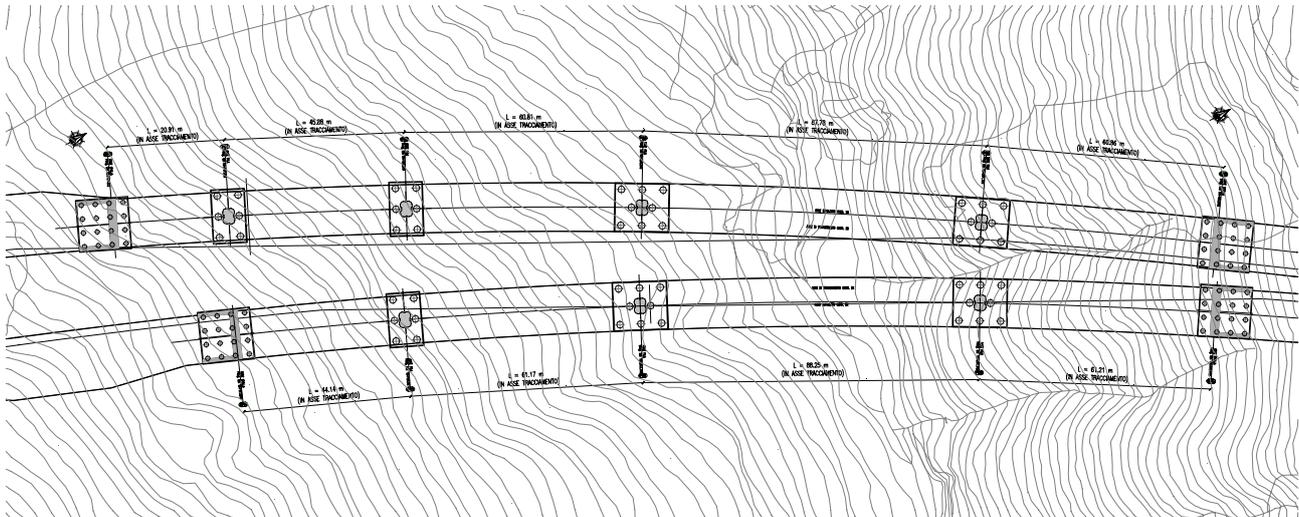
Tale opera è costituita da due viadotti che rappresentano le altrettante vie di corsa della costruenda infrastruttura. Il viadotto presenta due carreggiate separate, sulla via destra ha uno sviluppo complessivo pari a 254,77 mt mentre quello sulla via sinistra ha uno sviluppo complessivo pari a 276,24 mt; tale differenza nasce dalla disuguaglianza delle campate di riva lato Agrigento a causa della morfologia del terreno. La progressiva di inizio del viadotto sulla via dx è posta a pk. 18+147.9 e della via sx è posta alla prog. Km 18+117.4. Il viadotto, sia per la via sinistra che per la destra, si sviluppa in curva: la via destra è composta da n° 4 campate della lunghezza di 44.14 + 61.17 + 88.25 + 61.21 mt, mentre la via sinistra è composta analogamente da n° 5 campate della lunghezza di 20.91 + 45.88 + 60.81 + 87.78 + 60.86 mt. La soluzione adottata è composta da due trave in acciaio a doppio "T" e da una soletta gettata in opera mediante cassero scorrevole. La connessione trave metallica-soletta è realizzata mediante connettori a piolo tipo "Nelson".

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

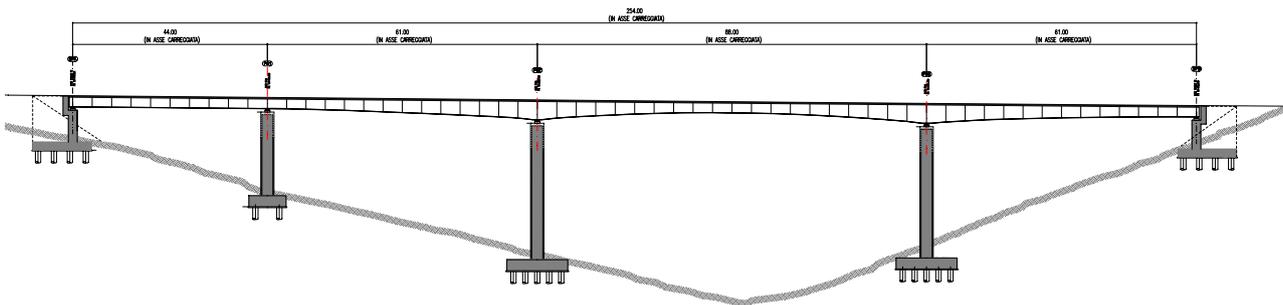
<i>Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita II</i>	<i>Data: 01/07/11</i>
<i>Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC</i>	Relazione Tecnica Descrittiva	<i>Pagina 3 di 28</i>

PROGETTO ESECUTIVO

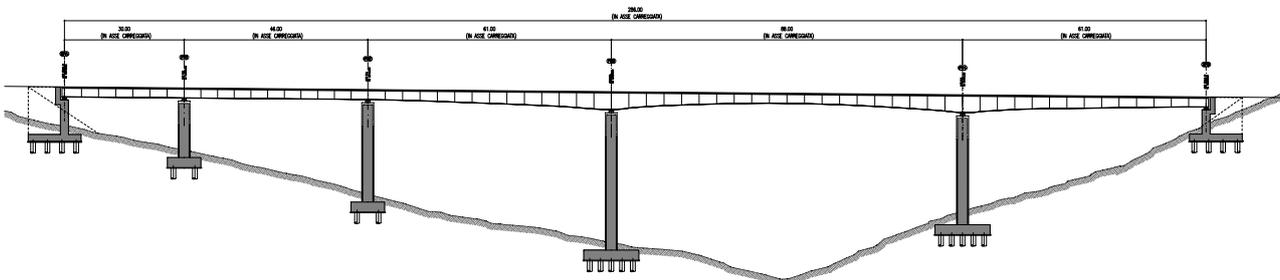
Planimetria Viadotto Busita II



Prospetto impalcato asse destro Progetto Esecutivo

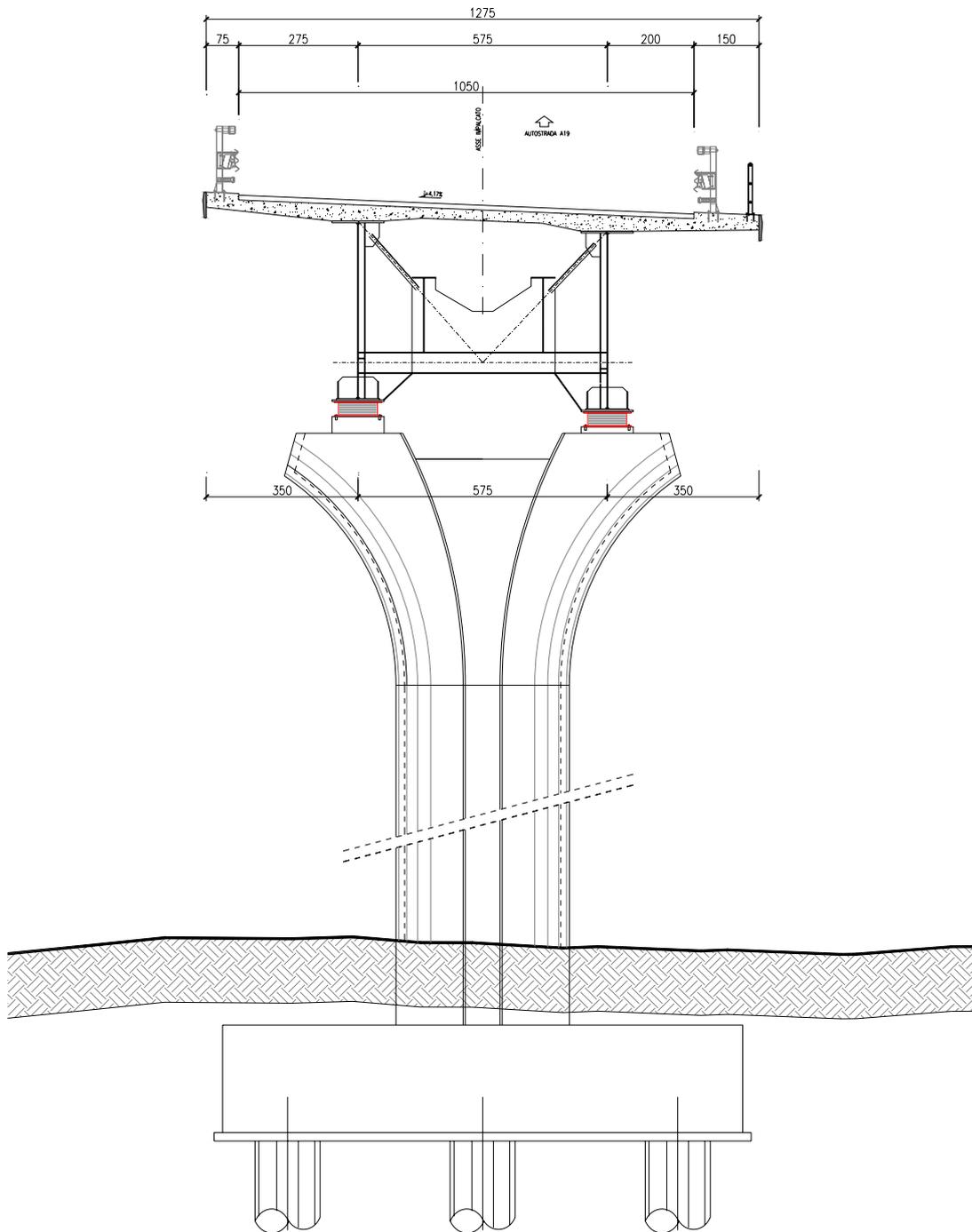


Prospetto impalcato asse sinistro Progetto Esecutivo



Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 4 di 28

Sezione trasversale Viadotto Busita II

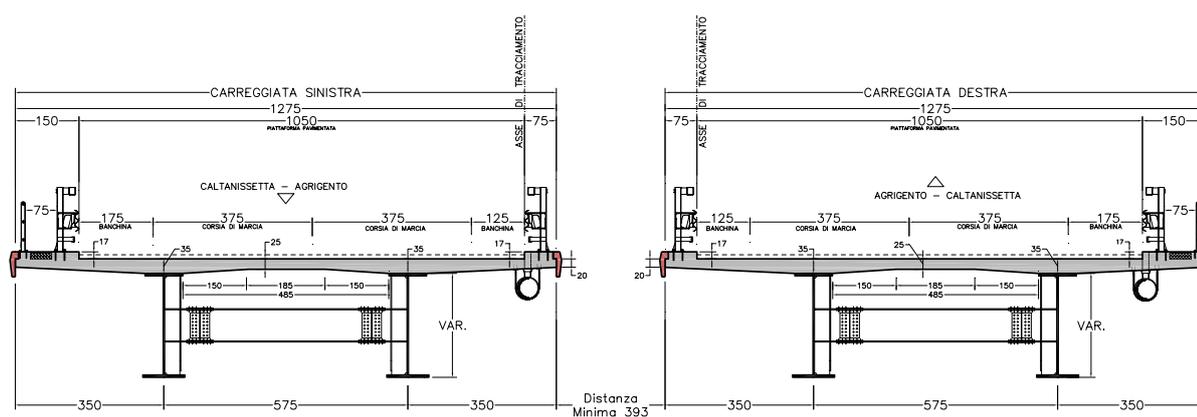


Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 5 di 28

2.1 Descrizione del Viadotto di Progetto Definitivo

Il viadotto presenta due carreggiate separate con una lunghezza di 251.24 mt per la via destra e 285 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.



Sezione trasversale impalcato

La carreggiata destra è composta da n°4 campate, in sinistra è composta da n°5 campate. Nella tabella seguente sono riportate le luci di entrambe le carreggiate.

Tabella - Lunghezza delle campate.

campata	Campate_SX [m]	Campate_DX [m]
L1	30	44.19
L2	45	59.03
L3	60	88.67
L4	90	59.35
L5	60	

L'altezza massima da terra del viadotto è pari a circa 44,50 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;

Cod. elab.: VI07 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 6 di 28

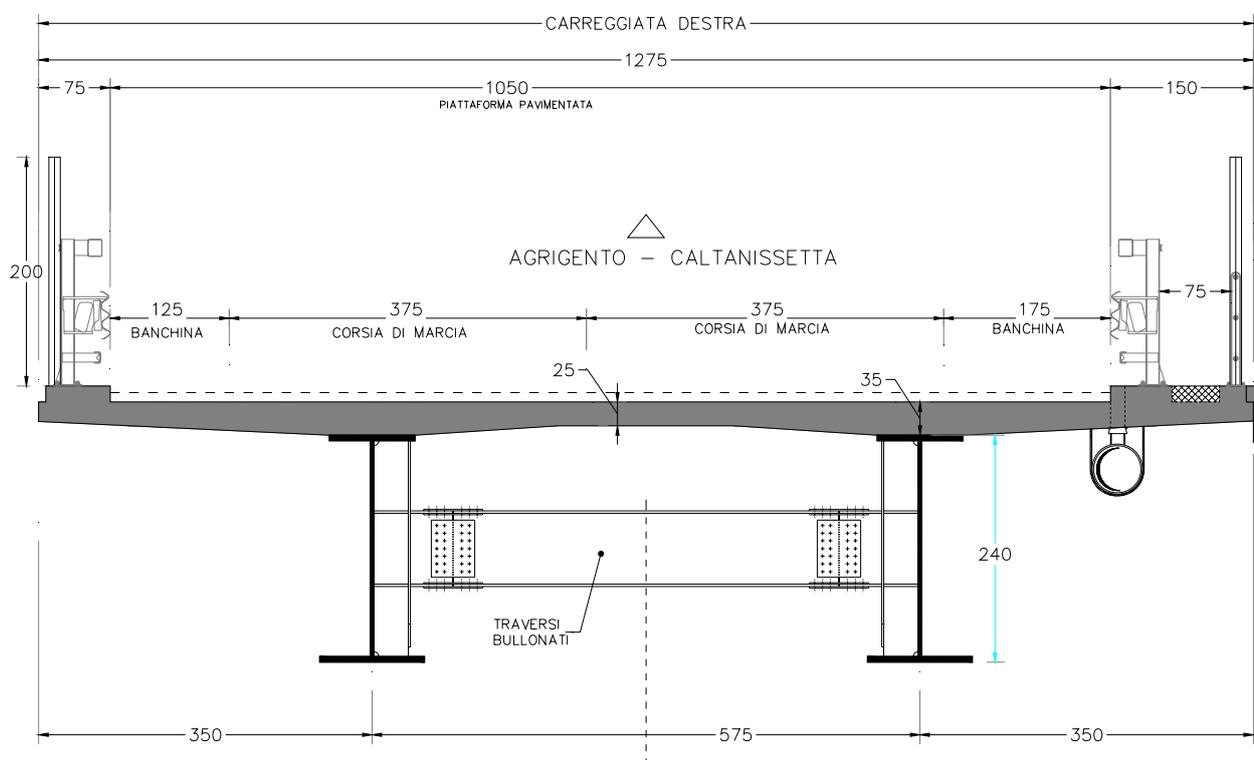
PROGETTO ESECUTIVO

- un cordolo da 1,50 m per l'alloggiamento della barriera di sicurezza, del parapetto e del marciapiede di servizio di 0,75 m;
- 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: 44,50 mt circa;
- Carreggiata SX: 5 campate di luce 30 + 45 + 60 + 90 + 60 mt per uno sviluppo complessivo di 285 mt;
- Carreggiata DX: 4 campate di luce 44 + 59 + 88 + 60 mt per uno sviluppo complessivo di 251.24 mt;
- Altezza delle travi:

Carreggiata SX: altezza costante e pari a 2,00 m in corrispondenza delle campate 1 e 2, ed altezza variabile da 2,00 m dalla pila P2, a 4,00 m sulla pila P3, a 2,50 m in corrispondenza della mezzeria della campata 4, a 4,00 m sulla pila P4, fino a 2,00 m sulla spalla SB.

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 7 di 28

Carreggiata DX: altezza costante e pari a 2,00 m in corrispondenza della campata 1, ed altezza variabile da 2,00 m dalla pila P1, a 4,00 m sulla pila P2, a 2,50 m in corrispondenza della mezzeria della campata 3, a 4,00 m sulla pila P3, fino a 2,00 m alla spalla SB.

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.

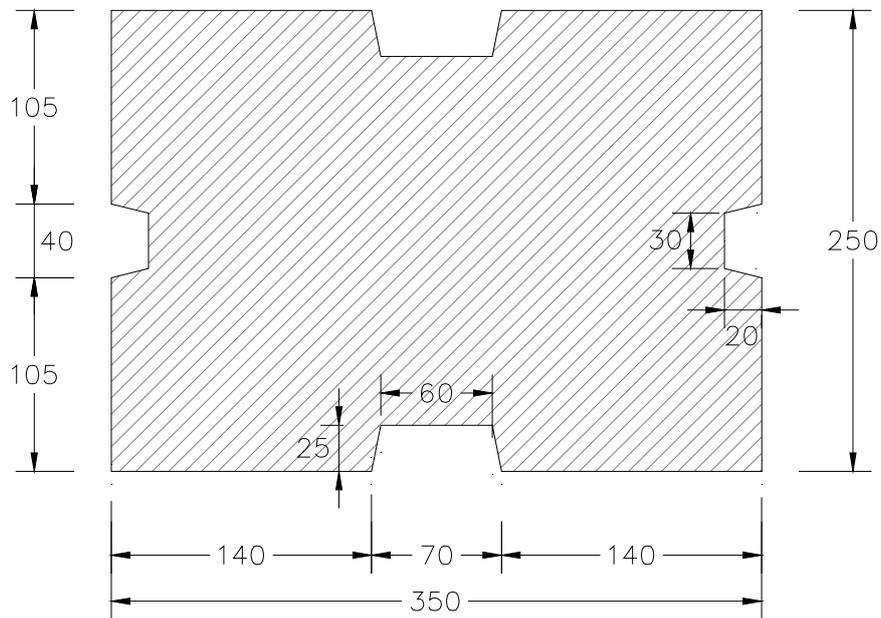
Sottostrutture

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 2.50/3.50 m × 3.50 m, 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.

Dimensioni fusto Progetto Definitivo

	mt	mt
Pila 1 dx	2.50	3.50
Pila 2 dx	3.50	3.50
Pila 3 dx	3.00	3.50
Pila 1 sx	2.50	3.50
Pila 2 sx	3.00	3.50
Pila 3 sx	3.50	3.50
Pila 4 sx	3.00	3.50

Sezione fusto Progetto Definitivo



Fusto Pila P1 P4 carr. Dx e sx

Sezione fusto Progetto Definitivo

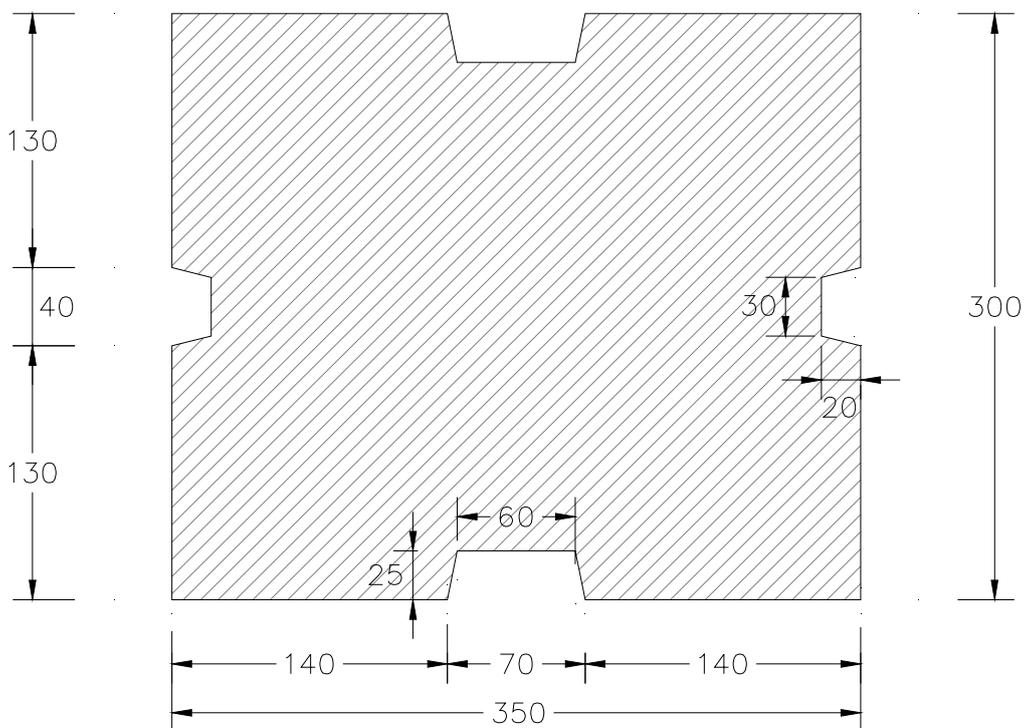
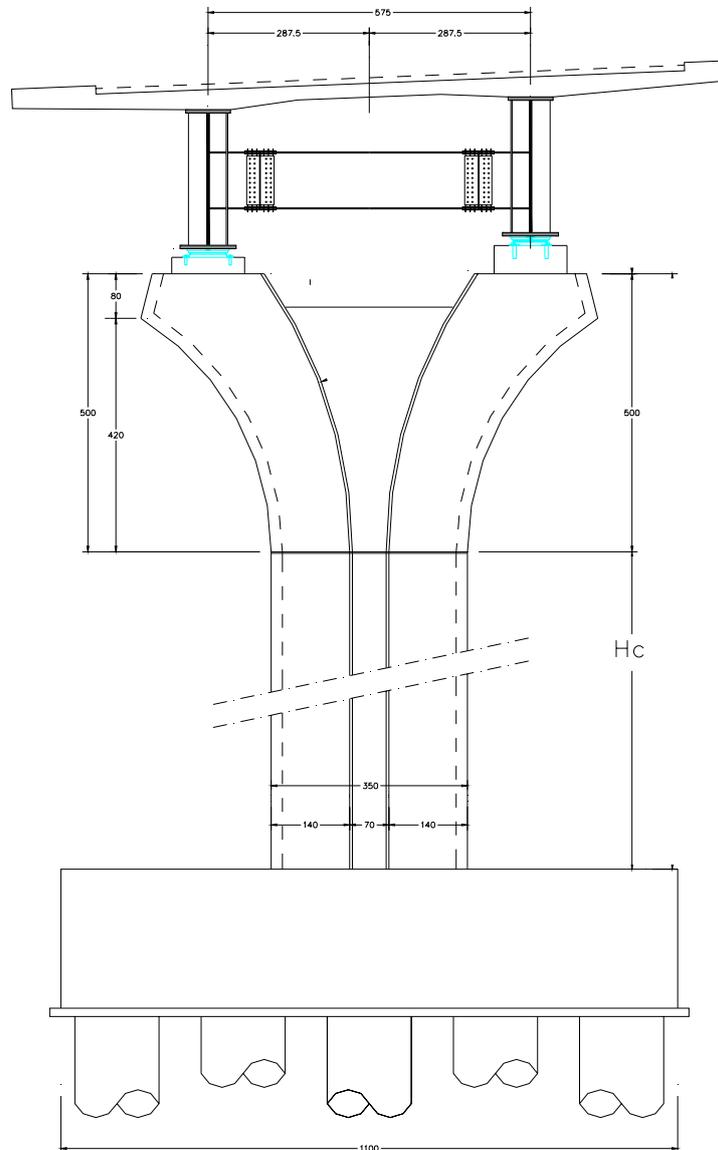


Figura 2.1: Fusto Pila (P2-P3 carreggiata SX)

Sezione trasversale Progetto Definitivo



Fondazioni

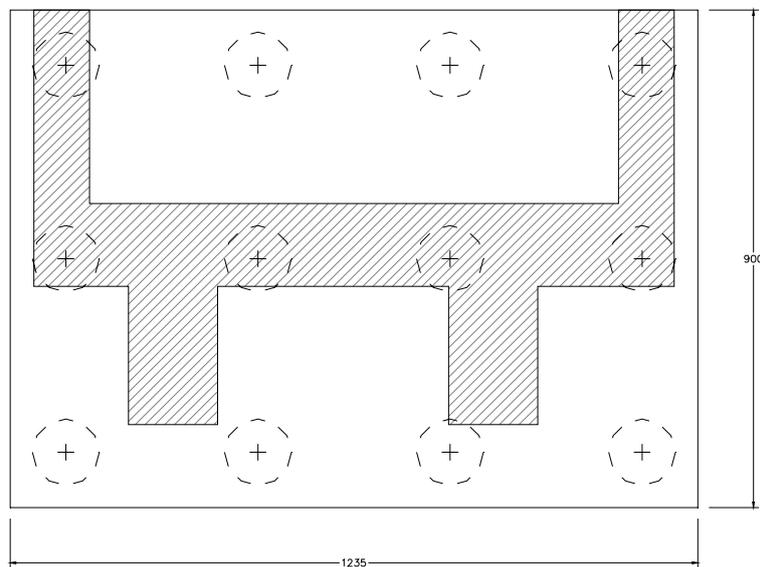
Le fondazioni delle spalle lato agrigento di entrambe le carreggiate sono composte da una zattera di dimensioni 7.00x12.35x1.60 mt; in carreggiata destra pila1 6.50x11.00, pila2 11.00x15.50, pila3 11.00x11.00; in carreggiata sinistra pila1 6.50x9.65, pila2 9.65x11.00, pila3 11.00x15.50, pila4 11.00x11.00; la fondazione della spalla lato A19 in entrambe le careggiate è 9.00x12.35. Le fondazioni delle pile sono abbinate a pali trivellati di sottofondazione Ø1500.

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 10 di 28

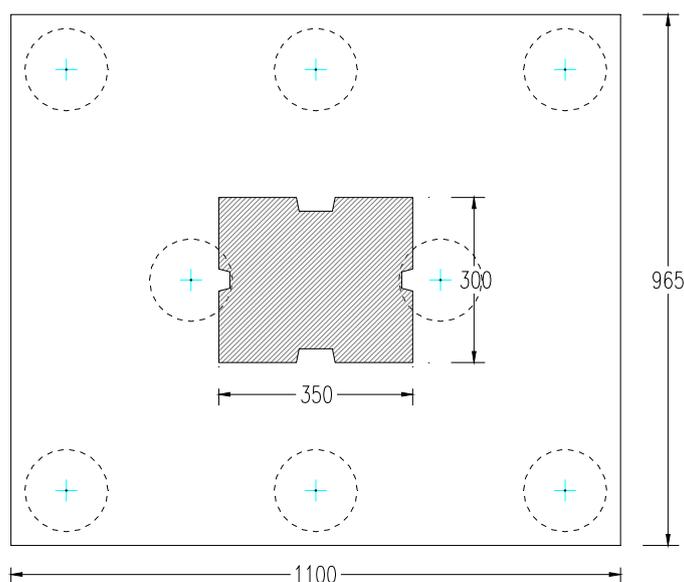
Tabella opere di sottofondazione.

Dx/Sx	diametro	n° Pali	Lunghezza mt
Spalla A	1200	8	38.00
Pila 1 dx	1500	6	32.00
Pila 2 dx	1500	12	33.00
Pila 3 dx	1500	9	38.00
Pila 1 sx	1500	5	34.00
Pila 2 sx	1500	8	30.00
Pila 3 sx	1500	12	35.00
Pila 4 sx	1500	9	36.00
Spalla B	1200	12	24.00

Pianta di fondazione spalla Progetto Definitivo



Pianta fondazione Pila Progetto Definitivo



2.2 Descrizione del Viadotto di Progetto Esecutivo

Il viadotto è a due carreggiate separate (carreggiata SX e carreggiata DX).

Il viadotto posto sulla carreggiata SX ha una lunghezza complessiva di 276.24 m e si sviluppa tra la progressiva di progetto pk 18+117.41 e la pk 18+402.65.

Quello posto sulla carreggiata DX ha uno sviluppo – misurato in asse impalcato – di 254.77 m e si sviluppa tra la progressiva di progetto pk 18+147.88 e la pk 18+402.65.

La carreggiata SX è composta da n. 5 campate. La carreggiata DX è composta da n. 4 campate. Nella tabella seguente sono riportate le luci – misurate in asse impalcato – delle campate di entrambe le carreggiate.

Lunghezza delle campate Progetto Esecutivo

	Campate_SX	Campate_DX
campata	[m]	[m]
L1	20.91	44.19
L2	45.88	61.17
L3	60.81	88.25
L4	87.78	61.21
L5	60.86	

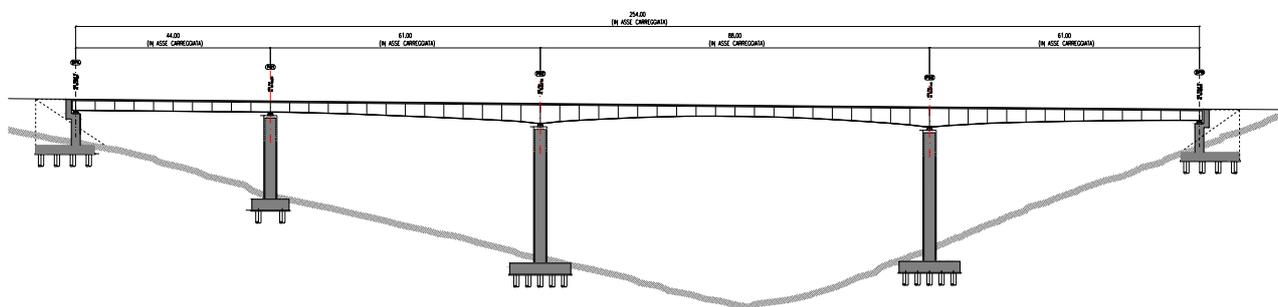
L'Impalcato viene realizzato in acciaio-clc con schema statico di "trave continua". La sezione trasversale dell'impalcato è formata da una coppia di travi a doppio "T" in composizione, disposte ad interasse trasversale di 5,75 mt.

2.2.1 Asse Destro

Il viadotto di lunghezza di 254.77 mt in asse destro ha campate di luce rispettivamente pari a 44.14 + 61.17 + 88.25 + 61.21 mt; le travi a doppio "T" hanno un'altezza variabile da 2,20 mt a 4,20 in corrispondenza delle pile centrali, gli appoggi posti al di sotto delle travi in corrispondenza delle spalle e delle pile sono del tipo ad "isolatore sismico elastomerico armato".

<i>Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita II</i>	<i>Data: 01/07/11</i>
<i>Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC</i>	Relazione Tecnica Descrittiva	<i>Pagina 13 di 28</i>

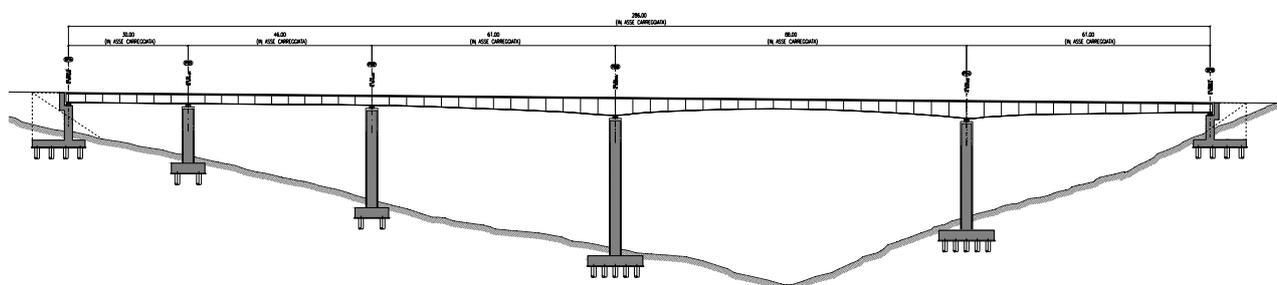
Prospetto impalcato asse destro Progetto Esecutivo



2.2.2 Asse Sinistro

Il viadotto di lunghezza di 276.24 mt in asse sinistro ha campate di luce rispettivamente pari a 20.91 + 45.88 + 60.81 + 87.78 + 60.86 mt; le travi a doppio "T" hanno un'altezza variabile da 2,20 mt a 4,20 in corrispondenza delle pile centrali, gli appoggi posti al di sotto delle travi in corrispondenza delle spalle e delle pile sono del tipo ad "isolatore sismico elastomerico armato".

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 variabile da 2,20 m, nelle prime campate e nella parte centrale delle altre campate, fino a 4,20 m in corrispondenza delle pile centrali; lo sviluppo longitudinale è suddiviso in conchi 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

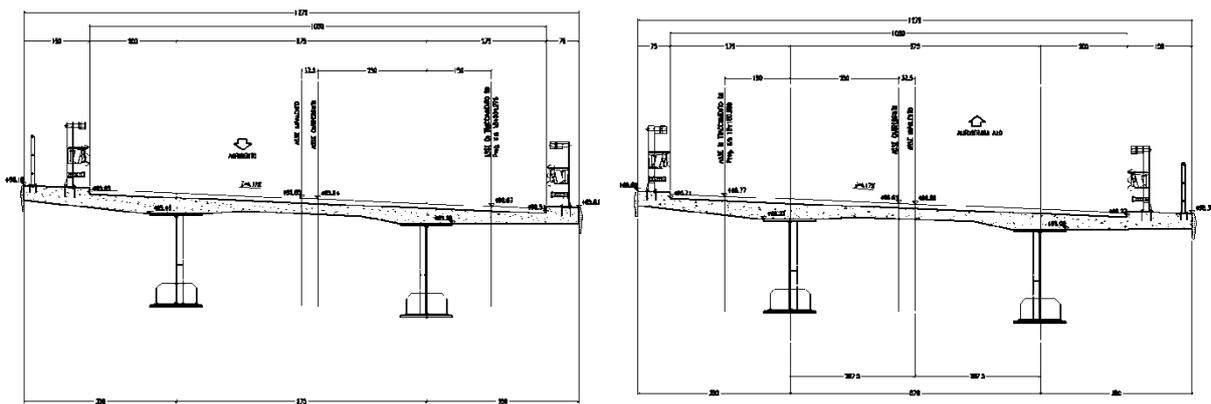
Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 14 di 28

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 standar L80*6mm che vengono rimossi dopo il varo dell'impalcato in acciaio.

La soletta in calcestruzzo presenta larghezza complessiva pari a 12.75 m e spessore variabile da 37 cm a 27 cm, e verrà completamente gettata in opera mediante l'impiego di cassero mobile. La connessione soletta-travi è realizzata mediante pioli elettrosaldati tipo Nelson ϕ 22 mm.

Sezione trasversale Progetto Esecutivo



L'impalcato della carreggiata ha una larghezza complessiva di 12,75 m così suddivisa:

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

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 15 di 28

2.2.4 Schema di vincolo

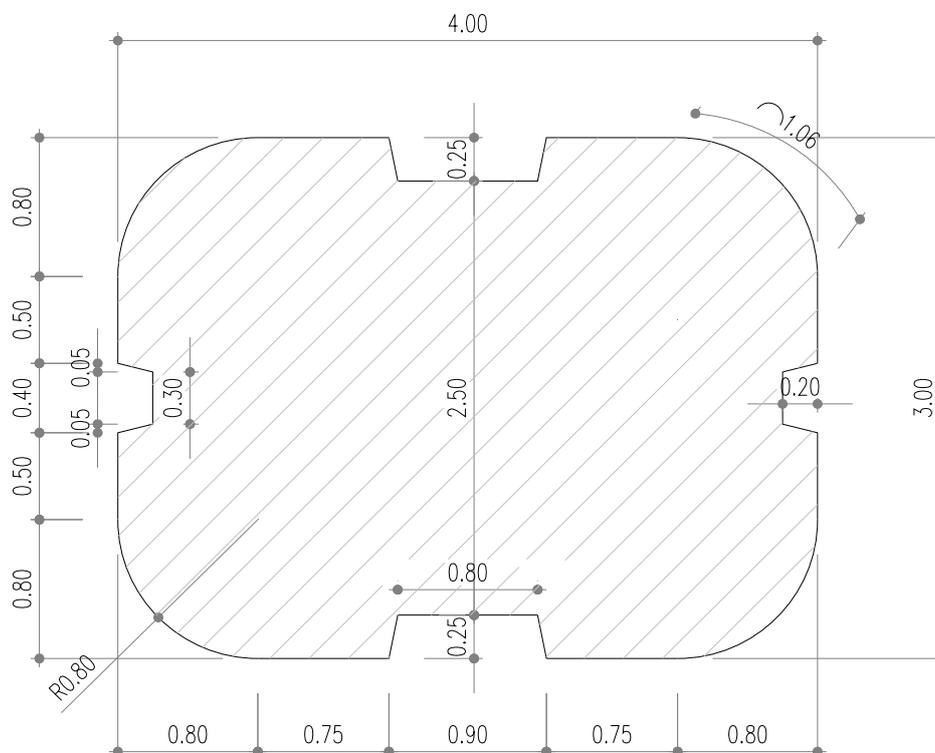
Il viadotto è poggiato su isolatori sismici elastomerici armati questi funzionano come appoggi elastici lineari sia in fase sismica che per le azioni statiche agenti compreso effetti lenti quali variazioni termiche, fluage, ritiro.

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

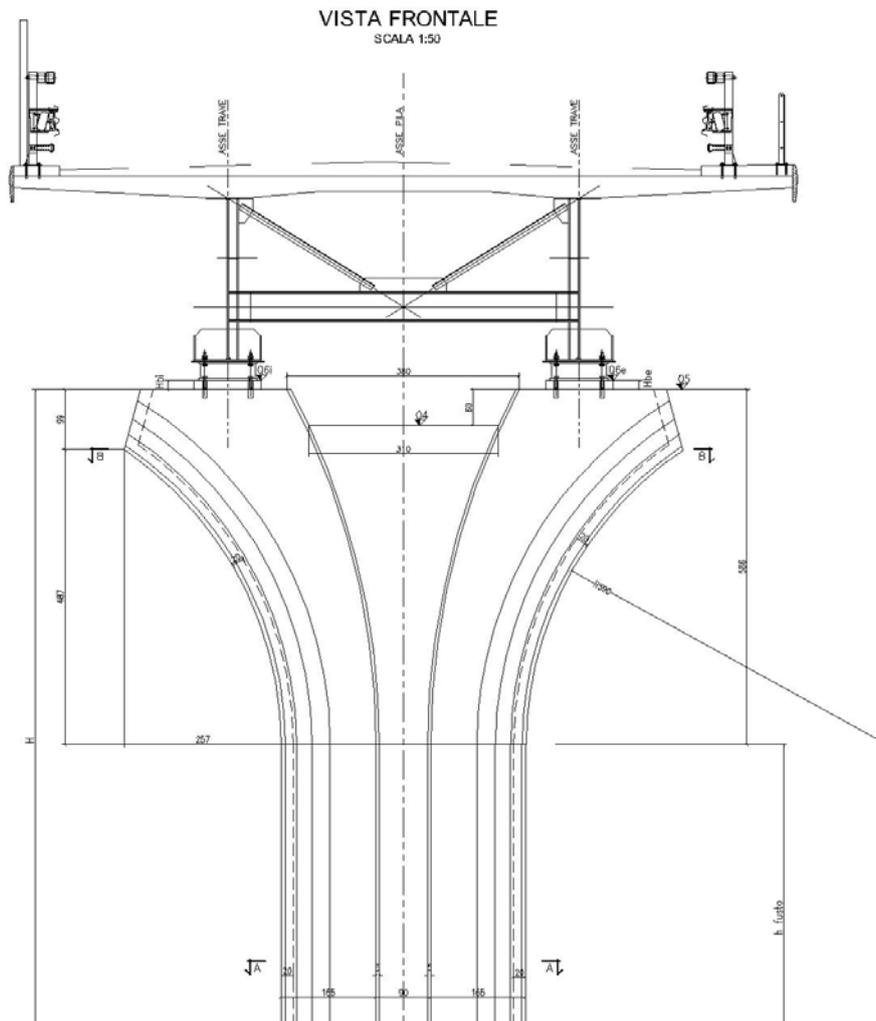
Le pile sono realizzate in c.a., presentano una sagoma cruciforme e sono costituite da un fusto a sezione piena costante, iscritta in un rettangolo di dimensioni 3.00x4.00, e da un pulvino a sezione variabile che si allarga seguendo una curva circolare fino a raggiungere una larghezza tale da poter accogliere le due travi dell'impalcato.

Sezione pila Progetto Esecutivo



Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 16 di 28

Prospetto elevazione pila P.E.



Fondazioni

Le pile sono fondate su pali trivellati di grande diametro, D=1500, collegati in testa da un plinto di altezza pari a 2.50 m e dimensioni in pianta variabile in funzione del numero di pali presenti. Le spalle sono invece fondate su pali trivellati di diametro D=1200 collegati in testa da una zattera di fondazione di altezza 1.80 m.

Nelle seguenti tabelle sono riepilogate per entrambe le carreggiate le caratteristiche geometriche salienti delle fondazioni di ciascuna pila e spalla.

Tabella 1 - Caratteristiche geometriche fondazioni carreggiata SX.

elemento	dimensione longitudinale plinto [m]	dimensione trasversale plinto [m]	altezza plinto [m]	diametro pali [mm]	n. pali	lunghezza pali [m]
Spalla A	13.2	13.2	1.8	1200	16	30.00
Pila 1	6.5	9.65	2.5	1500	5	34.00
Pila 2	9.65	11.0	2.5	1500	8	30.00
Pila 3	11.0	15.5	2.5	1500	12	35.00
Pila 4	11.0	11.0	2.5	1500	9	36.00
Spalla B	13.2	13.2	1.8	1200	16	25.00

Tabella 2 - Caratteristiche geometriche fondazioni carreggiata DX.

elemento	dimensione longitudinale plinto [m]	dimensione trasversale plinto [m]	altezza plinto [m]	diametro pali [mm]	n. pali	lunghezza pali [m]
Spalla A	13.2	13.2	1.8	1200	16	25.00
Pila 1	6.5	11.0	2.5	1500	6	32.00
Pila 2	11.0	15.5	2.5	1500	12	33.00
Pila 3	11.0	11.0	2.5	1500	9	38.00
Spalla B	13.2	13.2	1.8	1200	16	25.00

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'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

Fase 4: Montaggio travi in acciaio e traversi

Fase 5: L'impalcato viene varato dal basso per mezzo di auto-gru di adeguata portata.

Fase 6: Si procede alla rimozione degli angolari metallici superiori; alla posa delle gabbie di armatura e al successivo getto della soletta.

Fase 7: Getto dei cordoli e realizzazione delle finiture dell'impalcato (impermeabilizzazione, pavimentazione, barriere e parapetti, etc.).

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: Nel PD i traversi in asse appoggio sono ad anima piena; nel PE i diaframmi trasversali in asse appoggio e correnti sono composti dai due montanti verticali, dalla trave di collegamento (traverso) con sezione doppio T e da due elementi diagonali costituiti da profili angolari sono composti.

Campitura viadotto: nel PD nella carreggiata_SX sono presenti n. 5 campate per uno sviluppo complessivo di 285 m, invece la carreggiata_DX è composta da n. 4 campate per uno sviluppo complessivo di 251.24 m. Nel PE la carreggiata_SX è composta da n. 5 campate per uno sviluppo complessivo di 276 m mentre la carreggiata_DX è composta da n. 4 campate per uno sviluppo complessivo di 254 m.

Altezza travi principali: nel PD l'altezza delle travi è variabile da un minimo di 2.00 m ad un massimo di 4.00 m. Nel PE è variabile da un minimo di 2.20 m ad un massimo di 4.20 m.

Schema di vincolo: nel PD il viadotto è vincolato con due ritegni elastici longitudinali a doppio effetto posti su ciascuna spalla abbinati ad appoggi unidirezionali longitudinali; su ciascuna delle pile sono presenti un appoggio unidirezionale longitudinale ed un appoggio multidirezionale. Nel

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 19 di 28

PE il viadotto è isolato sismicamente attraverso la predisposizione in corrispondenza di pile e spalle di appoggi elastomerici.

Opere provvisionali: sono assenti sia nel PD che nel PE.

2.4 Motivazioni che hanno indotto le modifiche

2.4.1 Costi

Al fine di rispettare la normativa vigente, e gli euro codici applicati, con un maggior approfondimento delle verifiche, che a fronte di un innalzamento dei costi, garantiscono una migliore analisi della struttura.

2.4.2 Mantenimento funzionalità

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

2.4.3 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

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 20 di 28

2.4.4 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.

2.4.5 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.: VI207 VI07 Z RH001_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita II</i>	<i>Data: 01/07/11</i>
<i>Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC</i>	Relazione Tecnica Descrittiva	<i>Pagina 21 di 28</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

Acciaio B450C				
$f_{y,nom}$	=	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^a classe.

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 22 di 28

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

	Classe di resistenza	Classe di esposizione
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

Acciaio B450C				
$f_{y,nom}$	=	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
$(f_t/f_y)_k$	≥	1.13		
$(f_t/f_y)_k$	<	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

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 23 di 28

TRAVI PRINCIPALI saranno eseguite con saldature testa a testa a completa penetrazione di 1^a classe.

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

	Classe di resistenza	Classe di esposizione
Pali	C25/30	XC2
Zattere di fondazione (Pile e Spalle)	C28/35	XA1
Pile, Elevazione, Spalle, Pulvini	C28/35	XF2
Baggioli	C35/45	XF2
Soletta impalcato	C28/35	XC4
Cordoli e marciapiedi	C32/40	XF2

3.3 Motivazioni per giustificare la modifica tra PD e PE

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 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

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 24 di 28

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

Parti strutturali	Classi di resistenza PE	Classe di esposizione PE	Classi di resistenza PD	Classe di esposizione PD
Pali	C25/30	XC2	C25/30	XC2
Zattere di fondazione	C28/35	XA1	C25/30	XC2
Elevazione Pile e Spalle	C28/35	XF2	C28/35	XF2
Soletta	C32/40	XC4	C28/35	XF4
Cordoli e marciapiedi	C32/40	XF2	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

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.

<i>Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B</i>	<i>Titolo: Viadotto Busita II</i>	<i>Data: 01/07/11</i>
<i>Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC</i>	Relazione Tecnica Descrittiva	<i>Pagina 25 di 28</i>

- [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 Definitivo ha previsto in corrispondenza dell'opera in esame le seguenti indagini:

[1]. n°2 sondaggi a carotaggio continuo denominati **S34** e **S35**, spinti entrambi sino alla profondità di 50m dal p.c..

[2]. n°1 prova penetrometrica (**P16**)

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). Pertanto, in corrispondenza dell'opera, sono stati eseguiti:

[1]. **1** sondaggio a carotaggio continuo denominato **SI31**, spinto sino alla profondità di 40m dal piano campagna. Il sondaggio è stato attrezzato con inclinometro.

[2]. n°2 prove penetrometriche (**PD38** e **PD39**).

[3]. n°1 stesa sismica a rifrazione **SS6**.

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 26 di 28

PROGETTO ESECUTIVO

Il lavoro di caratterizzazione geotecnica dei terreni è stato eseguito mediando i valori delle risultanze ottenuti dalle campagne d'indagine 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).

Si riporta nella tabella che segue il confronto tra i parametri fisico-meccanici adottati in sede di PD e quelli di PE.

VI07 - VIADOTTO BUSITA II- QUADRO GEOTECNICO													
		Progetto definitivo P.D.						Progetto esecutivo P.E.					
		denominz.	spessore (m)	peso specifico, γ (kN/m ³)	coesione non drenata, c_u (kPa)	coesione drenata, c' (kPa)	angolo d'attrito, ϕ' (°)	denominz.	spessore (m)	peso specifico, γ (kN/m ³)	coesione non drenata, c_u (kPa)	coesione drenata, c' (kPa)	angolo d'attrito, ϕ' (°)
UNITA' GEOTECNICHE E PARAMETRI FISICO-MECCANICI	UNITA' 1:	LA limo-argilloso	0.00+4.00	19	80	12	17	TRBA1 brecce argillose alterate	0.00+6.00	19.1	70	12	15
	UNITA' 2:	AMT1 argilla marnosa tortoniana superiore	4.00+15.00	19	130	20	22	TRBA2a brecce argillose intermedie	6.00+15.00	20.4	198	36	19.75
	UNITA' 3:	AMT2 argilla marnosa tortoniana profonda	15.00+ in prof.	20	180	30	23	TRBA2b brecce argillose profonde	15.00+ in prof.	19.6	158	26	21.73
	UNITA' 4:												

Le fondazioni del viadotto in esame interagiscono con i livelli sommitali alterati delle argille marnose tortoniane oltre che con quelle di migliori caratteristiche.

Sia in sede di PD che di PE in corrispondenza dell'opera non è stata rinvenuta falda.

Coerentemente con quanto già effettuato in PD, il tracciato stradale è stato suddiviso per tratti geotecnicamente omogenei, adottando le modifiche derivanti dall'aggiornamento della modellazione geologica/geotecnica 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 litologiche omogenee.

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

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

Cod. elab.: VI207 VI07 Z RH001_B	Titolo: Viadotto Busita II	Data: 01/07/11
Nome file: VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	Pagina 27 di 28

PROGETTO ESECUTIVO

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...”

<i>Cod. elab.:</i> VI207 VI07 Z RH001_B	<i>Titolo:</i> Viadotto Busita II	<i>Data:</i> 01/07/11
<i>Nome file:</i> VI07-Z-RH001_C.00_RELAZIONE_TECNICA.DOC	Relazione Tecnica Descrittiva	<i>Pagina</i> 28 di 28