

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 MINORI CAVALCAVIA

Cavalcavia alla progressiva 19+380,07

Relazione tecnica descrittiva

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 3 3 C V 2 0 8 C V 0 8 Z R H 0 2 2 A

Scala:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|--|--|--|---------|------------|-----------|-------------|---------|------------|--|--|--|--|
| F | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | Aprile 2011 | EMISSIONE | | | | | | | | 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:



INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 2 |
| 2 | DESCRIZIONE DELL'OPERA | 2 |
| 2.1 | DESCRIZIONE DEL CAVALCAVIA NEL PROGETTO DEFINITIVO | 2 |
| 2.2 | DESCRIZIONE DEL CAVALCAVIA IN PROGETTO ESECUTIVO | 9 |
| 2.2.1 | Modalità realizzative | 14 |
| 2.3 | DIFFERENZE FRA PROGETTO DEFINITIVO E PROGETTO ESECUTIVO | 15 |
| 2.4 | MOTIVAZIONI CHE HANNO INDOTTO LE MODIFICHE | 15 |
| 2.4.1 | Costi..... | 15 |
| 2.4.2 | Tempi | 15 |
| 3 | Materiali..... | 15 |
| 3.1 | MATERIALI PD..... | 15 |
| 3.2 | MATERIALI PE | 16 |
| 3.3 | MOTIVAZIONI PER GIUSTIFICARE LA MODIFICA TRA PD E PE..... | 17 |
| 4 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 18 |
| 4.1 | NORMATIVA DI PD | 18 |
| 4.2 | NORMATIVA DI PE | 18 |
| 4.3 | DIFFERENZA TRA IL PD ED IL PE..... | 19 |
| 5 | QUADRO GEOLOGICO, GEOTECNICO, GEOMECCANICO | 19 |

| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.:CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 1 di 22 |

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica illustrativa si riferisce al Cavalcavia CV08 ubicato alla progressiva di progetto PK 19+380 e 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".

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

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

2.1 DESCRIZIONE DEL CAVALCAVIA NEL PROGETTO DEFINITIVO

Il cavalcavia è costituito da un impalcato continuo su 3 appoggi, con 2 campate di luce pari rispettivamente a 19.4 m e a 34.4 m.

La pila in corrispondenza dell'appoggio intermedio è alta circa 5.4 m ed è a fusto rettangolare con spessore e larghezza variabili rispettivamente fra 1.0 ed 1.8 m e 8.2 e 9.0 m.

Sull'impalcato è prevista una carreggiata a due corsie di larghezza totale pari a 7.0 m e due marciapiedi di 1.5 m di larghezza.

L'impalcato è costituito da n. 2 travi in acciaio, poste ad interasse di 6.0 m, di 1.8 m di altezza, con soletta collaborante in cls di 10,0 m di larghezza. Sono inoltre presenti irrigidimenti in direzione trasversale (traversi) in corrispondenza degli appoggi ed ogni 5 m circa, e controventi superiori anch'essi a passo 5 m.

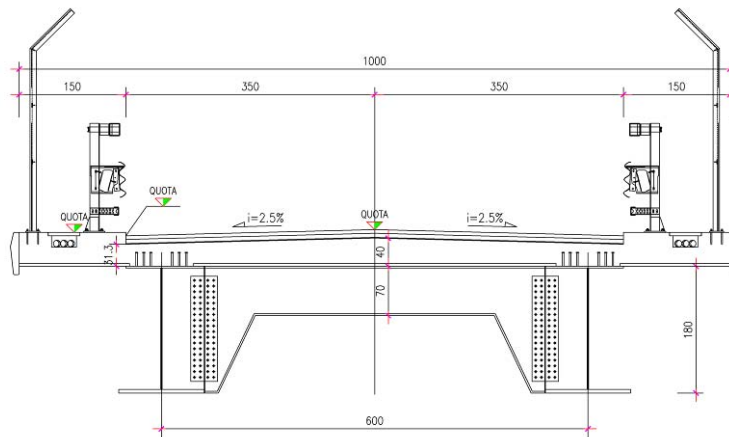


Figura 2.1 - Sezione trasversale impalcato.

| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 2 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

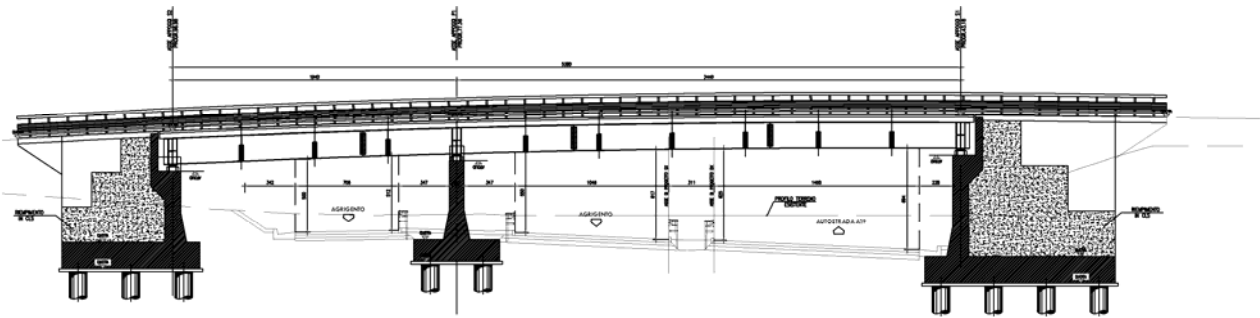


Figura 2.2 - Sezione longitudinale.



Figura 2.3 - Planimetria.

| | | |
|--|-----------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 3 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

Le spalle sono entrambi del tipo a muri andatori, la disposizione degli apparecchi di appoggio, trasmette le azioni orizzontali longitudinali (sisma longitudinale e frenatura) su una sola delle due spalle, denominata anche spalla fissa, mentre le azioni orizzontali trasversali (sisma trasversale, vento ed eventuale forza centrifuga), si trasmettono in egual misura alle due spalle.

La spalla 1, interamente in cemento armato ordinario, è costituita dal muro frontale di appoggio dell'impalcato e da due muri andatori di contenimento del rilevato; l'ingombro trasversale della spalla è pari a 10.00 m, mentre il suo sviluppo longitudinale è pari a 11.50 m. La massima altezza della spalla dal piano di posa della fondazione è pari a 9.65 m.

Il muro frontale ha spessore alla base pari a 1.50 m e rastrema per un'altezza di 2,00m fino allo spessore 1,10 m, in corrispondenza del piano di appoggio delle travi, lo spessore del muro frontale è di 2,05m, la sua altezza è pari a 6.95 m, mentre i muri di risvolto hanno spessore variabile da 1.40 m allo spiccato a 0.50 m in sommità.

La fondazione è costituita da un plinto quadrato di 13.00x13.00 m di spessore pari a 1.80 m con 16 pali di diametro 1200 mm.

| | | |
|---|--|-------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> CV208 CV08 Z RH 022_A | <i>Titolo:</i> Cavalcavia alla Pk 19+380 | <i>Data:</i> 01/04/2011 |
| <i>Nome file:</i> cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | <i>Pagina</i> 4 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

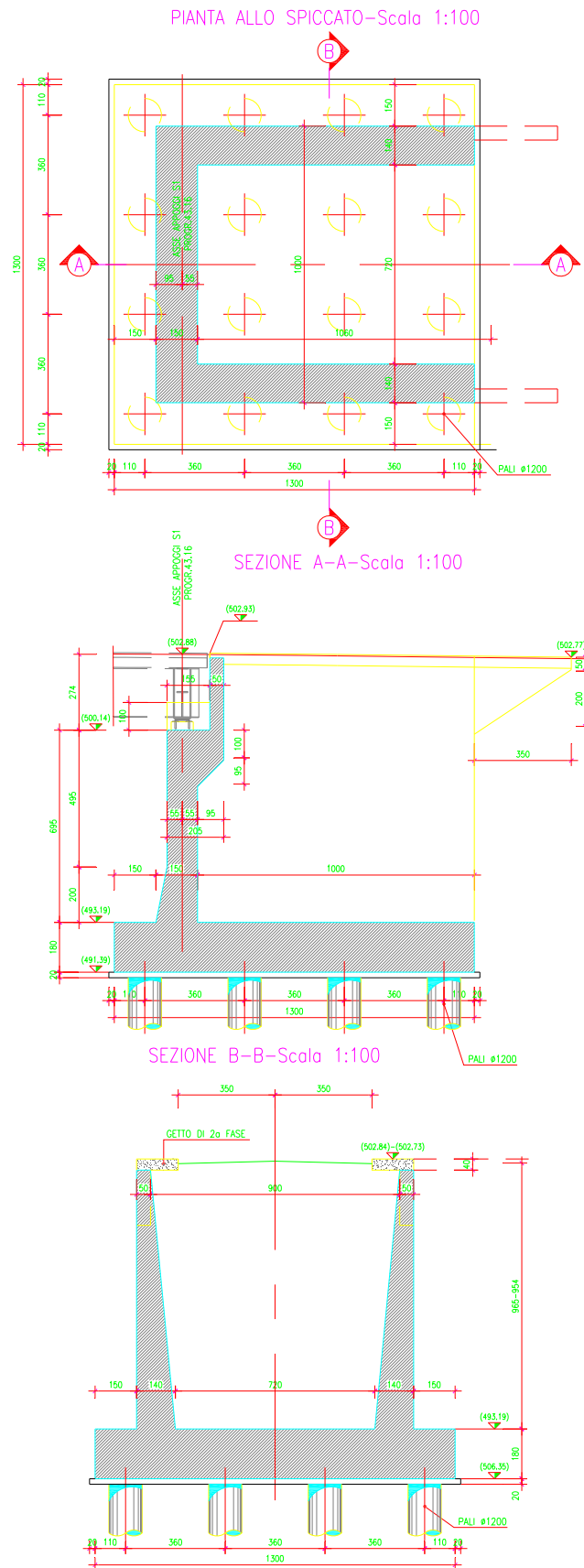


Figura 2.4 – Carpenteria della spalla 1.

| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 5 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

La spalla 2, interamente in cemento armato ordinario, è costituita dal muro frontale di appoggio dell'impalcato e da due muri andatori di contenimento del rilevato; l'ingombro trasversale della spalla è pari a 10.00 m, mentre il suo sviluppo longitudinale è pari a 8.50 m. La massima altezza della spalla dal piano di posa della fondazione è pari a 7.56 m.

Il muro frontale ha spessore alla base pari a 1.50 m e rastrema per un'altezza di 2,00m fino allo spessore 1,10 m, in corrispondenza del piano di appoggio delle travi, lo spessore del muro frontale è di 2,05m, la sua altezza è pari a 4.85 m, mentre i muri di risvolto hanno spessore variabile da 1.40 m allo spiccato a 0.50 m in sommità.

La fondazione è costituita da un plinto rettangolare di 9.40x13.00 m di spessore pari a 1.80 m con 12 pali di diametro 1200 mm.

| | | |
|---|--|-------------------------|
| <i>Cod. elab.:</i> CV208 CV08 Z RH 022_A | <i>Titolo:</i> Cavalcavia alla Pk 19+380 | <i>Data:</i> 01/04/2011 |
| <i>Nome file:</i> cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | <i>Pagina</i> 6 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

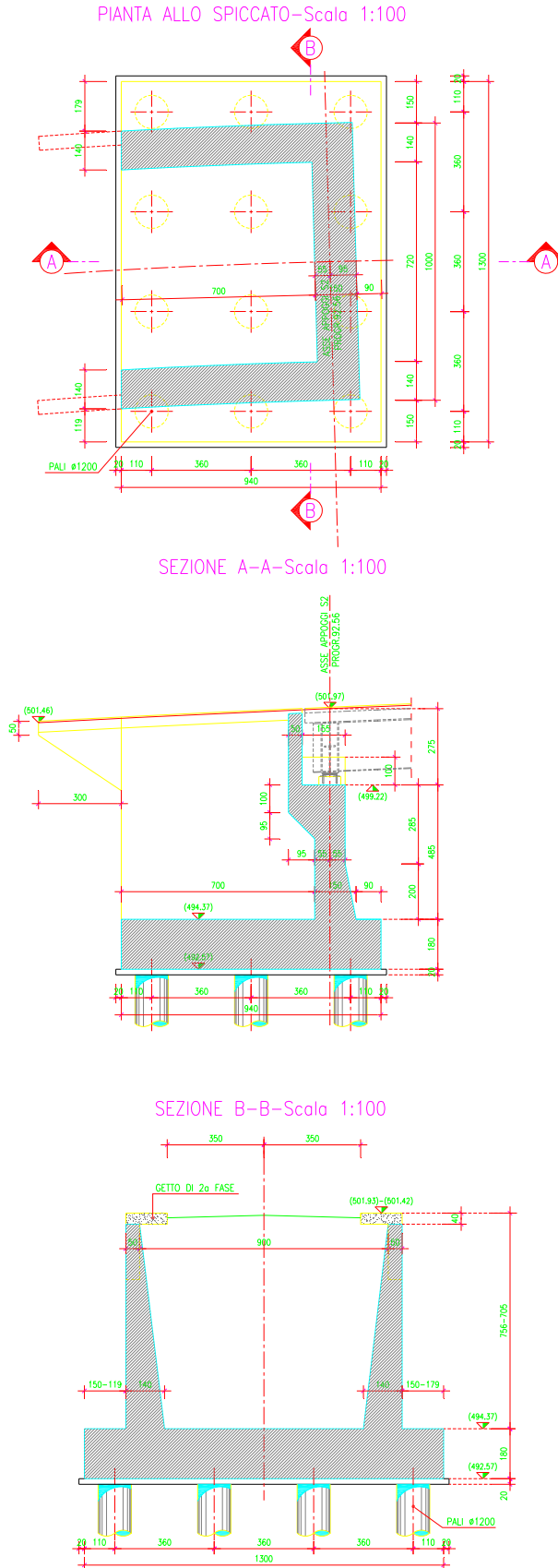


Figura 2.5 - Carpenteria della spalla 2.

| | | |
|--|-----------------------------------|------------------|
| Cod. elab.:CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 7 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

La pila del cavalcavia, di altezza pari a 5.40 m, è caratterizzata da un fusto a sezione pseudo-rettangolare allungata con larghezza massima alla base di 9.40 m e spessore 1.80 m. La pila è fondata su 6 pali Ø1200 mm di lunghezza L=21.0 m collegati da una zattera rettangolare con dimensioni in pianta 9.40 × 5.80 m e spessore 1,5 m.

Nelle figure seguenti sono mostrati il prospetto frontale e la vista in pianta della pila del cavalcavia.

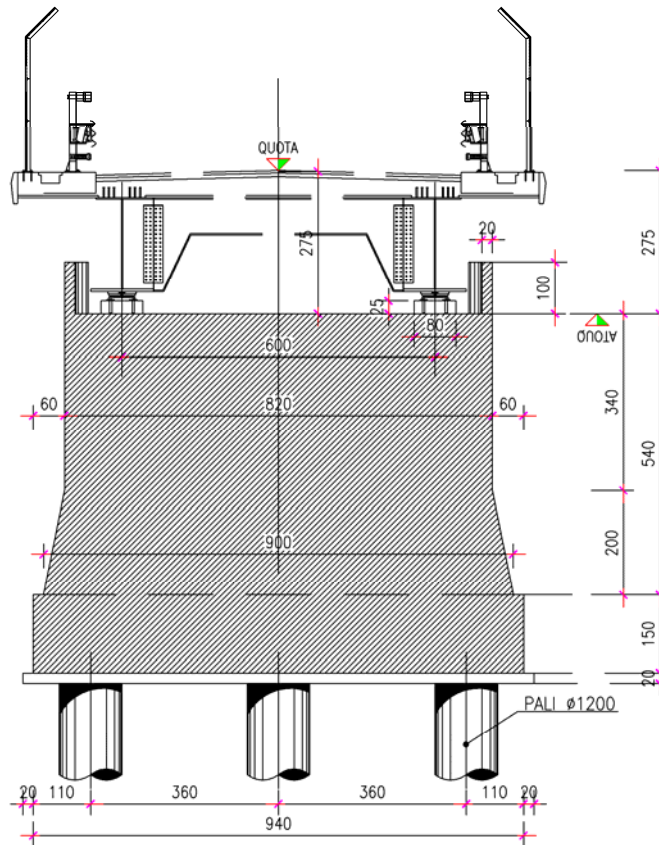


Figura 2.6 - Prospetto frontale della pila.

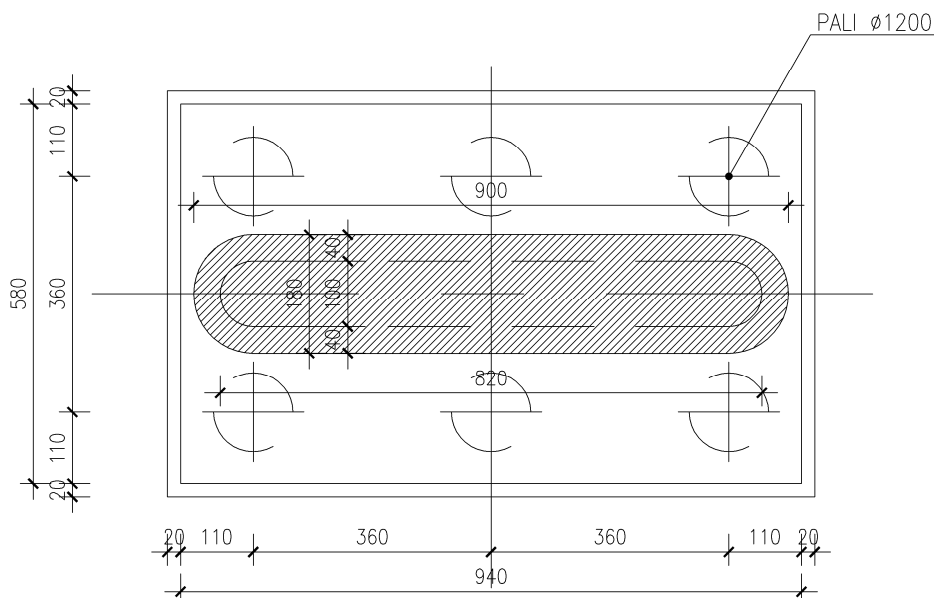


Figura 2.7 - Sezione trasversale del fusto pila.

| | | |
|--|-----------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 8 di 22 |

2.2 DESCRIZIONE DEL CAVALCAVIA IN PROGETTO ESECUTIVO

L'impalcato dell'opera in oggetto è continuo su 2 campate di luci 32,5 + 20,2 m (per lunghezza totale di 52,70 m) è costituito da due travi metalliche a doppio T posizionate ad interasse pari a 5,00 m, collegate da traversi in acciaio ad anima piena diposti a metà altezza delle travi con passo di circa 5 m.
 Le caratteristiche geometriche della sezione corrente sono indicate in nella seguente figura.

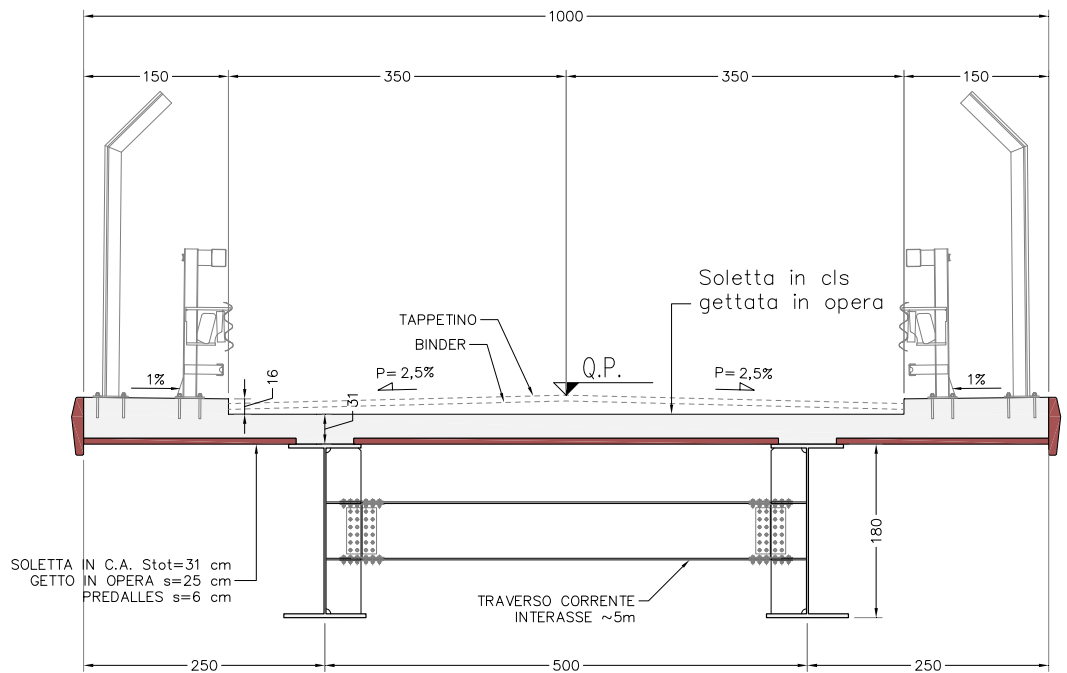


Figura 2.8 - Sezione trasversale.

L'impalcato ha una larghezza complessiva di 10,00 m così suddivisa:

- due corsie di marcia da 3,50 m che costituiscono la sede stradale;
- due cordoli da 1,50 m per l'alloggiamento delle barriere di sicurezza, e delle reti di protezione;

Le travi metalliche hanno altezza costante di 1,80 m.

La soletta in cemento armato, che presenta uno spessore totale di 31 cm, verrà gettata su "predalles" autoportanti aventi spessore di 6 cm.

La solidarizzazione della soletta alle travi sarà garantita tramite connettori a piolo tipo Nelson.

La pila, di altezza totale pari a 7,2 m è costituita da un fusto in cemento armato con sezione di forma allungata (a "setto") inscritta in un rettangolo con dimensioni in pianta di 6,40 m x 1,00 m. La fondazione della pila è rappresentata da una zattera avente dimensioni di 5,60 m x 9,40 m con uno spessore di 1,50 m, collegata ad 8 pali Ø 120.

Le spalle sono composte da pareti di altezza pari a 9,00 m (spalla 1) e 5,60 m (spalla 2) sormontate in entrambi i casi da un paraghiaia con spessore di 60 cm ed altezza pari a circa 2,70 m. La fondazione delle spalle è costituita da 12 pali Ø 120 collegati ad una zattera con spessore pari a 1,50 m e dimensioni in pianta di 9,40 m x 13,00 m.

| | | |
|--|-----------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 9 di 22 |

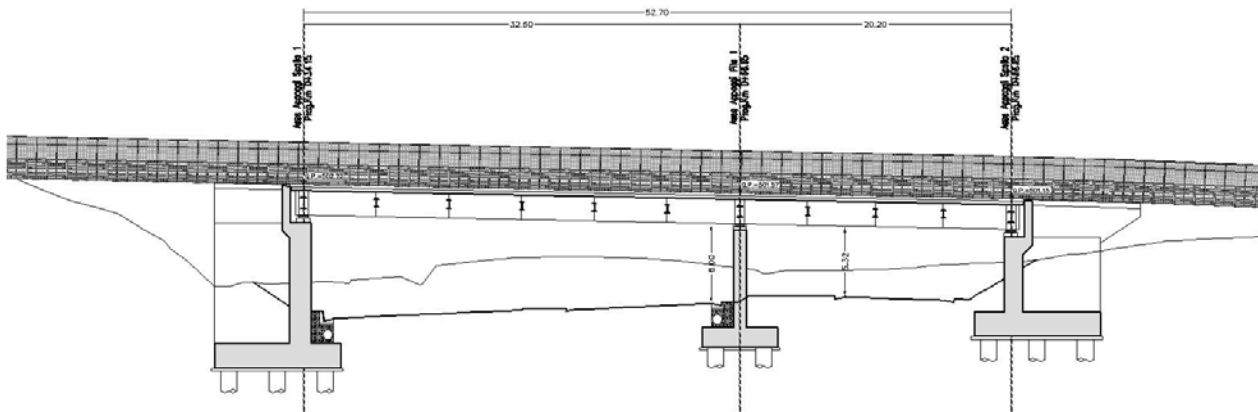


Figura 2.9 - Sezione longitudinale.

L'impalcato è vincolato alle due spalle ed alla pila mediante isolatori elastomerici di opportuna rigidità.

La pila del cavalcavia denominato "CV 08", di altezza pari a 7,20 m, è caratterizzata da un fusto a sezione pseudo-rettangolare allungata con dimensioni variabili da 6,40 × 1,00 m alla base a 8,00 × 1,00 m in sommità. La pila è fondata su 6 pali Ø1200 mm di lunghezza L=22.0 m collegati da una zattera rettangolare con dimensioni in pianta 9,20 × 5,60 m e spessore 1,5 m.

Nelle figure seguenti sono mostrati il prospetto frontale e la vista in pianta della pila del cavalcavia.

| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 10 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

PROSPETTO FRONTALE CON IMPALCATO

SCALA 1:50

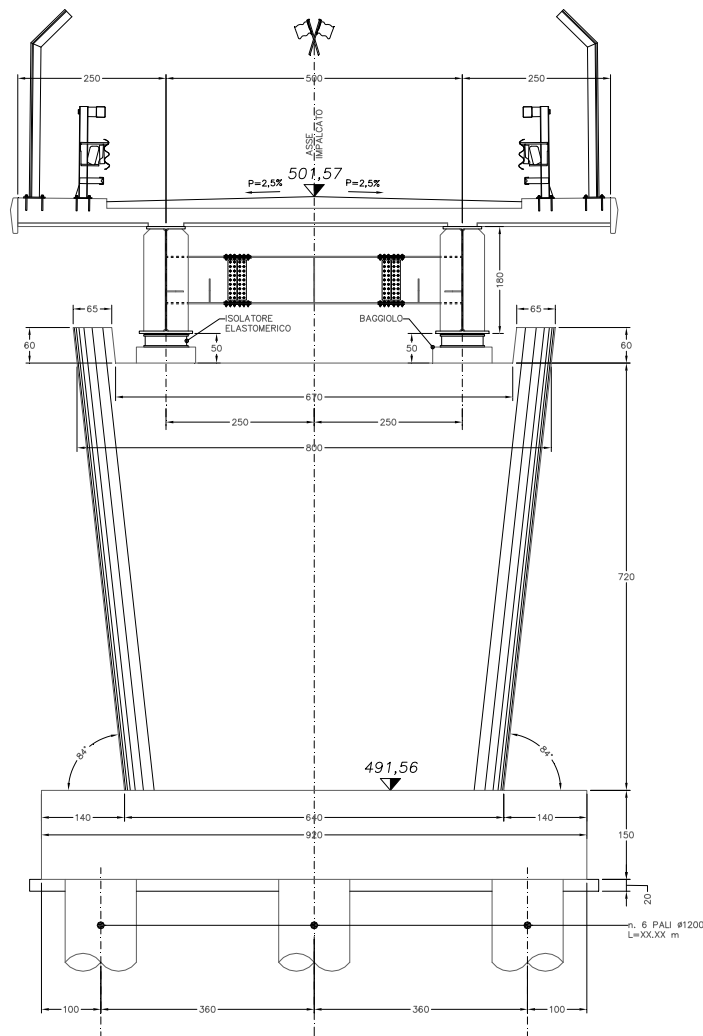


Figura 2.10 - Prospetto frontale della Pila.

| | | |
|--|-----------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 11 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

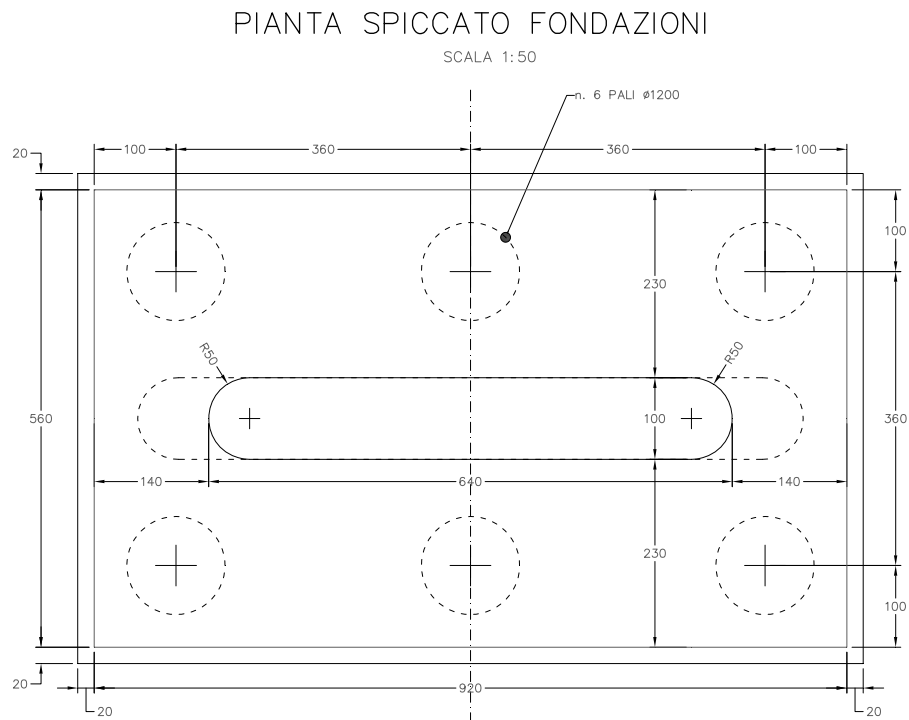


Figura 2.11 - Pianta spiccatto fondazioni della Pila.

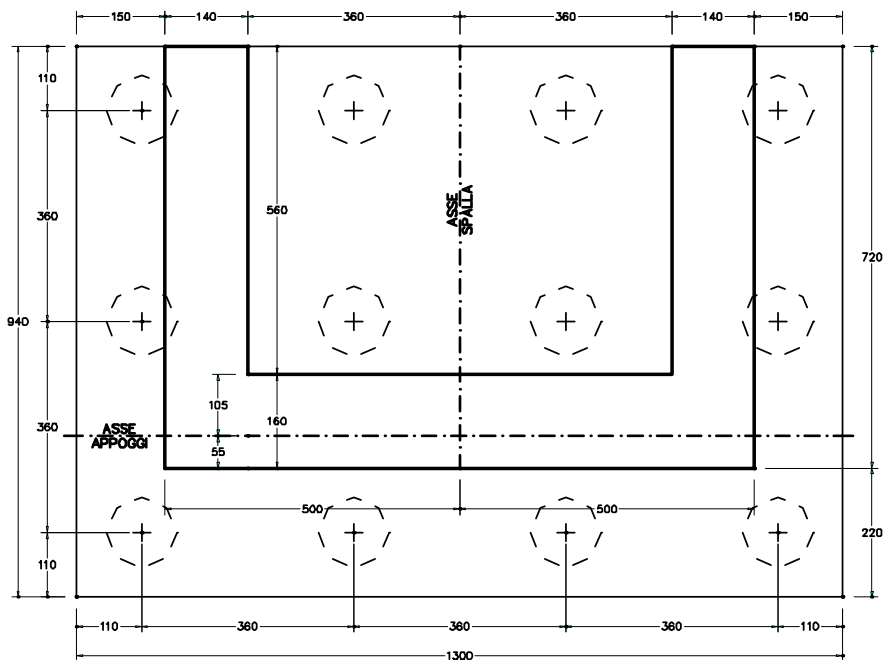
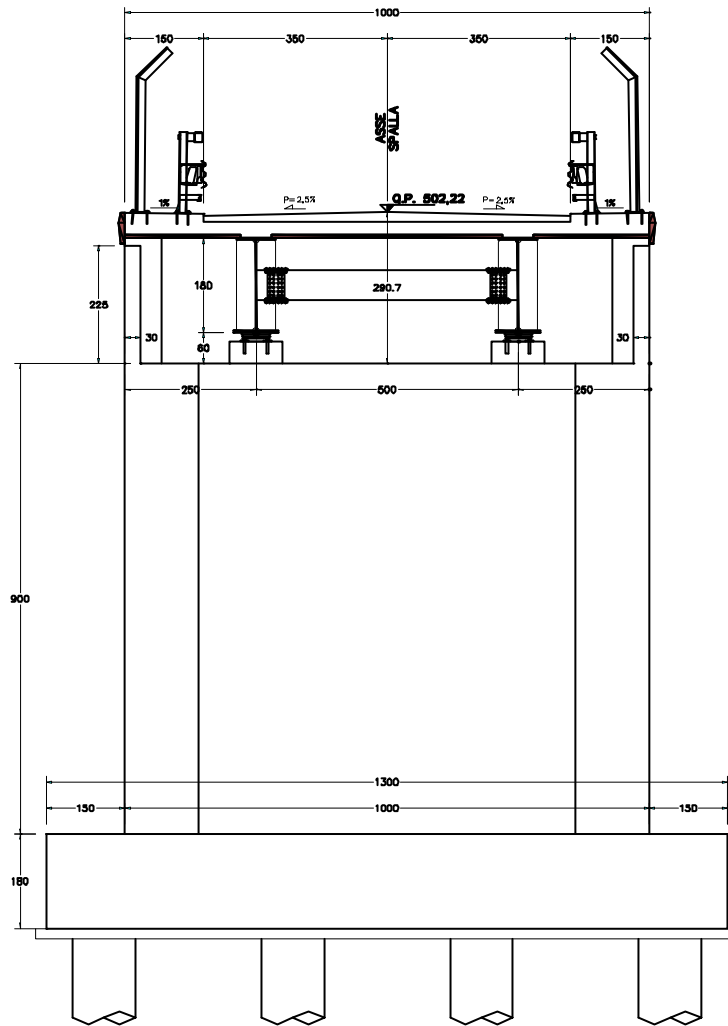
Le spalle sono in c.a. gettato in opera e sono costituite da un muro frontale per l'appoggio dell'impalcato, da muri di risvolto disposti ortogonalmente al muro frontale per il contenimento del rilevato di approccio al cavalcavia e da una zattera di fondazione fondata su pali.

I pali di entrambe le spalle sono del tipo trivellato di grande diametro $\varnothing 1200$ mm. La spalla A è fondata su n. 16 pali di lunghezza $L=26.0$ m; la spalla B è fondata su n. 12 pali di lunghezza $L=26.0$ m.

Nella figura seguente sono riportati rispettivamente il prospetto frontale, la pianta delle fondazioni e la sezione longitudinale di una delle due spalle (spalla A).

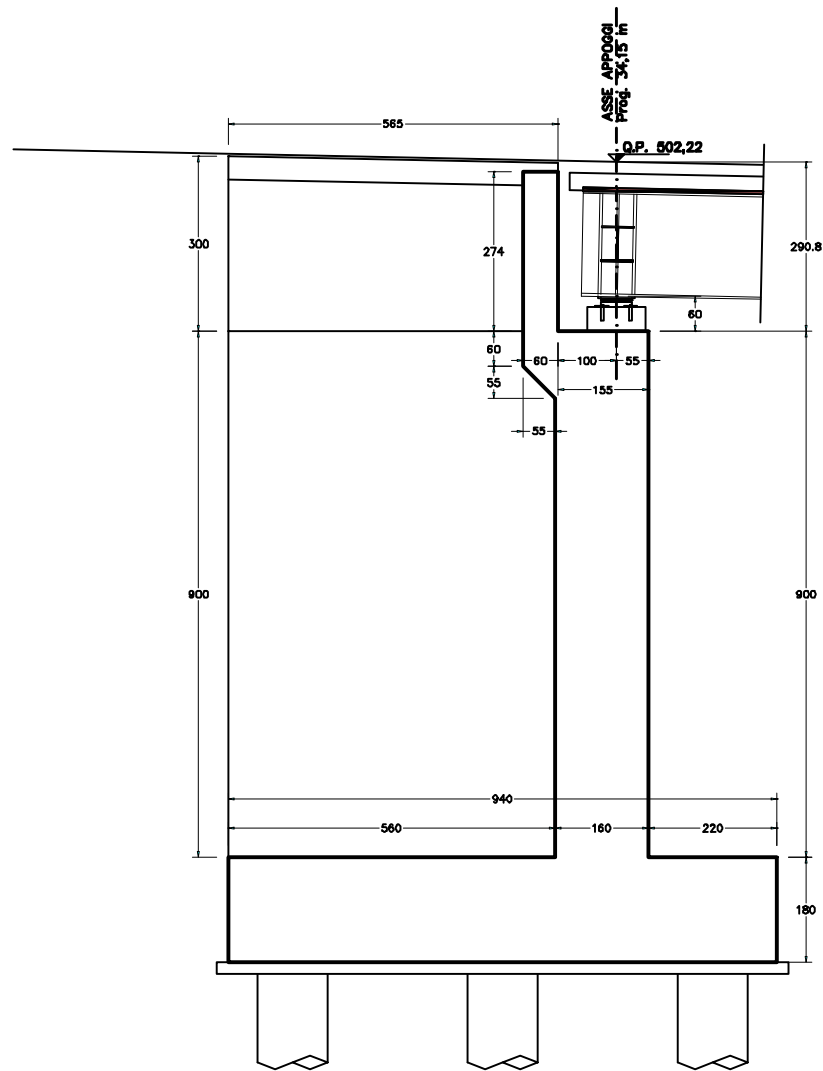
| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 12 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO



| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 13 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO



2.2.1 Modalità realizzative

Le fasi realizzative del cavalcavia si articoleranno come di seguito descritto:

- Fase 1: realizzazione degli scavi di fondazione e realizzazione dei pali trivellati delle spalle.
- Fase 2: realizzazione delle zattere di fondazione e dell'elevazione delle spalle.
- Fase 3: assiemaggio a piè d'opera della carpenteria metallica dell'impalcato e successivo varo dal basso della stessa mediante l'ausilio di autogrù.
- Fase 4: una volta varata la carpenteria metallica si realizzeranno, nell'ordine, le connessioni a piolo, la posa delle dalles prefabbricate, la posa dell'armatura della soletta ed il getto della stessa.
- Fase 5: Realizzazione delle finiture dell'impalcato (impermeabilizzazione, pavimentazione, installazione barriere e parapetti).

| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 14 di 22 |

2.3 DIFFERENZE FRA PROGETTO DEFINITIVO E PROGETTO ESECUTIVO

Tracciato Plano-altimetrico: non vi sono significative differenze nel tracciato plano-altimetrico del cavalcavia tra PD e PE.

Impalcato: non si hanno sostanziali differenze tra PD e PE. In entrambi i progetti l'impalcato è a struttura mista acciaio-calcestruzzo con soletta gettata in opera su predalles prefabbricate autoportanti.

Una lieve differenza tra i due progetti riguarda le lunghezze delle due campate di cui si compone l'impalcato: nel PD le due campate hanno lunghezza pari a 19.40 m e 34.40 m, per uno sviluppo complessivo di 53.80 m; nel PE le due campate hanno una lunghezza di 20.20 m e 32.50 m, per una lunghezza complessiva di 52.70 m.

Schema di vincolo: nel PD il viadotto è vincolato con apparecchi di appoggio in acciaio-teflon. Nel PE il viadotto è isolato sismicamente attraverso la predisposizione di appoggi elastomerici.

Fondazioni: le differenze nella geometria delle palificate delle spalle e della pila sono riepilogate nella tabella seguente.

| Elemento | Progetto Definitivo | | | Progetto Esecutivo | | |
|----------|---------------------|-------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|
| | Diametro pali (mm) | Numero pali | Lunghezza pali (m) | Diametro pali (mm) | Numero pali | Lunghezza pali (m) |
| Spalla 1 | 1200 | 16 | 27.5 | 1200 | 12 | 26.0 |
| Spalla 2 | 1200 | 12 | 24.5 | 1200 | 12 | 26.0 |
| Pila | 1200 | 6 | 21 | 1200 | 6 | 22.0 |

Dall'esame dei dati in tabella, risulta nel PE una minore lunghezza dei pali di circa 104 m.

2.4 MOTIVAZIONI CHE HANNO INDOTTO LE MODIFICHE

In questa sezione della presente relazione si riportano le principali motivazioni che hanno portato all'introduzione di varianti rispetto al progetto definitivo.

2.4.1 Costi

La predisposizione di apparecchi di appoggio elastomerici in luogo di quelli in acciaio-teflon previsti nel PD ha consentito un abbattimento delle azioni sismiche sulle sottostrutture e, conseguentemente, una riduzione della lunghezza dei pali di fondazione.

2.4.2 Tempi

L'isolamento sismico del cavalcavia, ottenuto con l'inserimento di appoggi elastomerici, ha consentito la riduzione della lunghezza dei pali di fondazione delle spalle e, pertanto, una riduzione dei tempi di esecuzione degli stessi.

3 MATERIALI

3.1 MATERIALI PD

Acciaio per C.A

Acciaio B450C

| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 15 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

| Acciaio B450C | | | | |
|---------------|--------|-------------|-----|--|
| $f_{y,nom}$ | = | 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 |
| $f_{t,nom}$ | \geq | $f_{t,nom}$ | | tensione caratteristica di rottura |
| $(f_t/f_y)_k$ | \geq | 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 S275 J0-W.
- **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.

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

| | Classe di resistenza | Classe di esposizione |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Pali | C25/30 | XC2 |
| Zattere di fondazione Spalle e Pila | C25/30 | XC2 |
| Elevazione Spalle e Pila | C25/30 | XF2 |
| Soletta impalcato | C25/30 | XF4 |

3.2 MATERIALI PE

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} | \geq | $f_{y,nom}$ | | tensione caratteristica di snervamento |
| $f_{t,nom}$ | \geq | $f_{t,nom}$ | | tensione caratteristica di rottura |

| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 16 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

| | | | | |
|---------------|--------|------|--|--|
| $(f_t/f_y)_k$ | \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:
 - S355 J0-W:

- Controventi: si adottano elementi conformi alla EN10025-5. In particolare:
 - S355 J0-W
- Connettori trave-soletta: Si impiegano pioli "Nelson" Ø22 costituiti da acciaio tipo S235J2

- 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.

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

| | Classe di resistenza | Classe di esposizione |
|--|-----------------------------|------------------------------|
| Pali | C32/40 | XA2 |
| Zattere di fondazione Sottostrutture (spalle e pila) | C32/40 | XA2 |
| Elevazione Sottostrutture (spalle e pila) | C25/30 | XF2 |
| Soletta impalcato | C32/40 | XC4 |
| Cordoli e marciapiedi | C32/40 | XF4 |

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 all'eventuale 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

| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 17 di 22 |

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 circondate da rilievi gessoso-solfiferi e che drenano acque da questi derivanti, anche in deflussi superficiali e sub superficiali.

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

4.1 NORMATIVA DI PD

La progettazione degli elementi strutturali è stata condotta in conformità al quadro legislativo attualmente vigente in merito al dimensionamento delle strutture. Il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 Gennaio 2008 (pubblicato sul S.O. n.30 della G.U. 4 febbraio 2008 n. 29) "Nuove norme tecniche per le costruzioni" stabilisce l'obbligo di applicare le norme tecniche emanate con il D.M. che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire prestabiliti livelli di sicurezza nei riguardi della pubblica incolumità.

Si riportano nel seguito le leggi ed i regolamenti cui si è fatto riferimento nella progettazione delle opere trattate in questa relazione:

- D.M. 14/01/2008 " Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni."
- CNR 10016/2000 "Strutture composte di acciaio e calcestruzzo istruzioni per l'impiego nelle 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:

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 – "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" – pubblicato sul S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n.29
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- EUROCODICE 1 – UNI-ENV 1991-3 "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture";
- EUROCODICE 2 – UNI-ENV 1992 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo";
- EUROCODICE 7 – UNI-ENV 1997 "Progettazione geotecnica";
- EUROCODICE 8 – UNI-ENV 1997 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture";
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale;
- UNI EN 1993-1-1: Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1993-2: Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio;
- UNI EN 1993-1-5: Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra;
- UNI EN 1993-1-8: Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti;
- UNI EN 1993-1-9: Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica;
- UNI EN 1994-1-1: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti;
- UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti;
- UNI EN 1090 - 2: Execution of steel structures and aluminium structures - part 2: technical requirements for steel structures.

| | | |
|---|--|-------------------------|
| <i>Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A</i> | <i>Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380</i> | <i>Data: 01/04/2011</i> |
| <i>Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica</i> | Relazione Tecnica descrittiva | <i>Pagina 18 di 22</i> |

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 $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e dove R_d 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

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.

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..."*

La campagna svolta in Progetto Definitivo ha previsto del tratto con caratteristiche omogenee in cui ricade l'opera le seguenti indagini:

Tabella 5.1 - Sondaggi campagna geognostica PD.

| Sondaggio 2006 | Tipologia | Prof. (m) | Progr. Km | Campioni | | |
|----------------|---------------------|-----------|-----------|----------|-------|----------------|
| | | | | N° | Sigla | Profondità (m) |
| S36 | Carotaggio continuo | 25,00 | 18+640 | 1 | S36C1 | 7,80-8,30 |
| | | | | 2 | S36C2 | 18,80-19,30 |
| S54 | Carotaggio continuo | 25,00 | 18+840 | 1 | S54C1 | 8,30-8,80 |
| | | | | 2 | S54C2 | 16,10-16,60 |
| | | | | 3 | S54C3 | 20,00-20,50 |
| S55 | Carotaggio continuo | 25,00 | 19+045 | 1 | S55C1 | 3,50-4,00 |
| | | | | 2 | S55C2 | 10,00-10,50 |
| S37 | Carotaggio continuo | 30,00 | 19+160 | 1 | S37C1 | 9,00-9,50 |
| | | | | 2 | S37C2 | 18,00-18,50 |
| | | | | 3 | S37C3 | 28,00-28,50 |

Tabella 5.2 – Penetrometriche dinamiche campagna geognostica PD.

| Penetrometriche dinamiche 2006 | Dimensione | Prog. Km |
|--------------------------------|---------------|----------|
| P17 – Fase 2 | Prof.= 9,80 m | 18+755 |
| P18 – Fase 2 | Prof.= 9,80 m | 19+295 |
| P05 – Fase 1 | - | 19+440 |

| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 19 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

La campagna di indagine svolta in Progetto Esecutivo è stata condotta 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 del tratto in esame sono stati eseguiti le indagini di seguito riportate:

Tabella 5.3 - Sondaggi campagna geognostica PE (fase 1).

| Sondaggio 2010 | Tipologia | Prof. (m) | Progr. Km | Campioni | | |
|----------------|-------------------------------|-----------|-----------|----------|-------|----------------|
| | | | | N° | Sigla | Profondità (m) |
| S17 | Carotaggio continuo Down-Hole | 30,00 | 18+545 | 1 | C1 | 5,50-6,00 |
| | | | | 2 | C2 | 11,25-11,75 |
| | | | | 3 | C3 | 18,00-18,40 |
| | | | | 4 | C4 | 25,00-25,50 |
| | | | | 5 | C5 | 30,40-30,70 |
| | | | | 6 | C6 | 40,00-40,30 |

Tabella 5.4 - Sondaggi campagna geognostica PE (fase 2).

| Sondaggio 2010 Fase 2 | Tipologia | Prof. (m) | Progr. Km | Campioni | | |
|-----------------------|---------------------|-----------|-----------|----------|-------|----------------|
| | | | | N° | Sigla | Profondità (m) |
| SI33 | Carotaggio continuo | 30,00 | 19+280 | 1 | S34C1 | 07,60 - 07,90 |
| | | | | 2 | S34C2 | 12,00 - 12,50 |
| | | | | 3 | S34C4 | 27,40 - 27,90 |
| | | | | | | |

Tabella 5.5 – Penetrometriche dinamiche campagna geognostica PD.

| Penetrometriche dinamiche 2010 | Dimensione | Prog. Km |
|--------------------------------|---------------|------------------------|
| PD40 | Prof.= 6,00 m | 18+885 |
| PD41 | Prof.= 5,60 m | 19+990 |
| PD42 | Prof.= 6,80 m | 19+120 |
| PD43 | Prof.= 3,40 m | Sv. Caltanissetta Nord |
| PD44 | Prof.= 7,20 m | Sv. Caltanissetta Nord |
| PD45 | Prof.= 3,80 m | Sv. Caltanissetta Nord |

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

| | | |
|--|--------------------------------------|------------------|
| Cod. elab.: CV208 CV08 Z RH 022_A | Titolo: Cavalcavia alla Pk 19+380 | Data: 01/04/2011 |
| Nome file: cv08-z-rh022_a.00_relazione_tecnica | Relazione Tecnica descrittiva | Pagina 20 di 22 |

PROGETTO ESECUTIVO

Tabella 5.6 - Raffronto modelli geotecnici PD e PE.

| | Progetto definitivo P.D. | | | | | | Progetto esecutivo P.E. | | | | | |
|-----------|--|-----------------|---|---|----------------------------------|-------------------------------------|--|-----------------|---|---|----------------------------------|-------------------------------------|
| | denominz. | spessore (m) | peso specifico, γ (kN/m ³) | coesione non drenata, cu (kPa) | coesione drenata, c' (kPa) | angolo d'attrito, ϕ' (°) | denominz. | spessore (m) | peso specifico, γ (kN/m ³) | coesione non drenata, cu (kPa) | coesione drenata, c' (kPa) | angolo d'attrito, ϕ' (°) |
| UNITA' 1: | LA limo- argilloso | 0.00+4.00 | 18.5 | 65 | 20 | 15 | TRV1 argille marnose alterate | 0.00+6.00 | 19.1 | 130 | 21 | 14.9 |
| UNITA' 2: | AMT1 argilla marnosa tortoniana superiore | 4.00+15.00 | 19.5 | 130 | 25 | 18.5 | TRV2a argille marnose intermedie | 6.00+15.00 | 20.1 | 176 | 22 | 18.22 |
| UNITA' 3: | AMT2 argilla marnosa tortoniana profonda | 15.00+ in prof. | 20 | 180 | 25 | 21 | TRV2b argille marnose profonde | 15.00+ in prof. | 20.4 | 191 | 28 | 21.28 |
| UNITA' 4: | | | | | | | | | | | | |