

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto Funzionale Brescia-Verona
PROGETTO DEFINITIVO**

GALLERIE ARTIFICIALI

GALLERIA ARTIFICIALE CALCINATO

RELAZIONE GENERALE



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa

Tommaso Taranta

Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23408 - Sez. A Settori:

a) civile b) ambientale c) industriale c) dell'informazione
Tel 02.52020557 - Fax 02.52020309
C.F. e P.IVA 00825790157

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato

Data

Approvato

Data

COMMESSA

LOTTO

FASE

ENTE

TIPO DOC.

OPERA/DISCIPLINA

PROGR.

REV.

I N 0 5

0 0

D

E 2

R O

G A 0 3 0 0

0 0 1

0

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR

Autorizzato/Data

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	BONADIES	31.03.14	BONADIES	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 31.03.14

Doc. N.: 30873_04.doc



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30873-04

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2ROGA0300001

Rev.
0

Foglio
2 di 12

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
3.	ELABORATI DI RIFERIMENTO	6
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
5.	ASPETTI GEOTECNICI ED IDRAULICI	8
6.	TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E FASI ESECUTIVE	11



TUTTI GLI ELABORATI DI RIFERIMENTO CITATI ALL'INTERNO DEL DOCUMENTO SONO DA INTENDERSI CON CODICE COMMESSA "IN05" IN LUOGO DI "A202".

1. PREMESSA

Si illustrano nel seguito le caratteristiche tecniche della galleria artificiale Calcinato 1, della lunghezza complessiva pari a 1433.70 m, compresa tra i km 98+400.20 e 99+787.90.

La linea ferroviaria, nel tratto interessato dalla galleria, attraversa la sede dell'autostrada A4 Milano – Verona con angolo di incidenza alquanto ridotto.

L'andamento longitudinale della linea presenta un punto di minimo, nel tratto iniziale dell'intersezione, ove è previsto un impianto di allontanamento delle acque meteoriche.

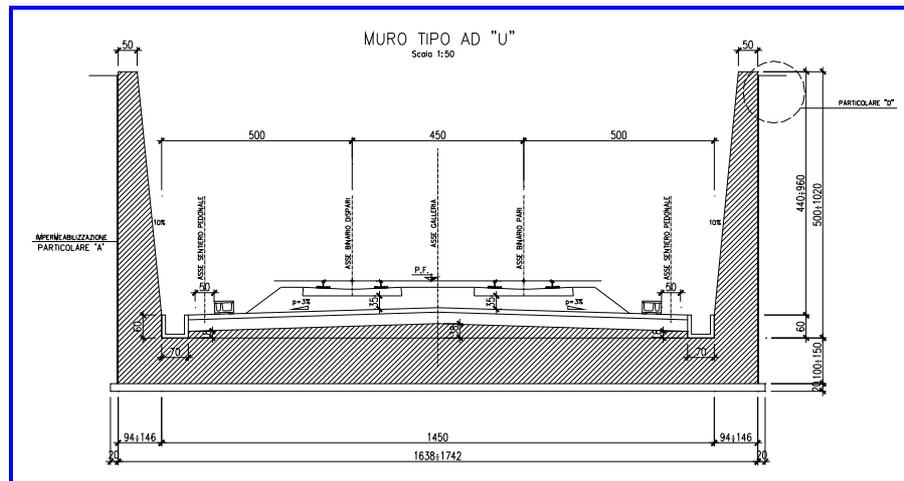
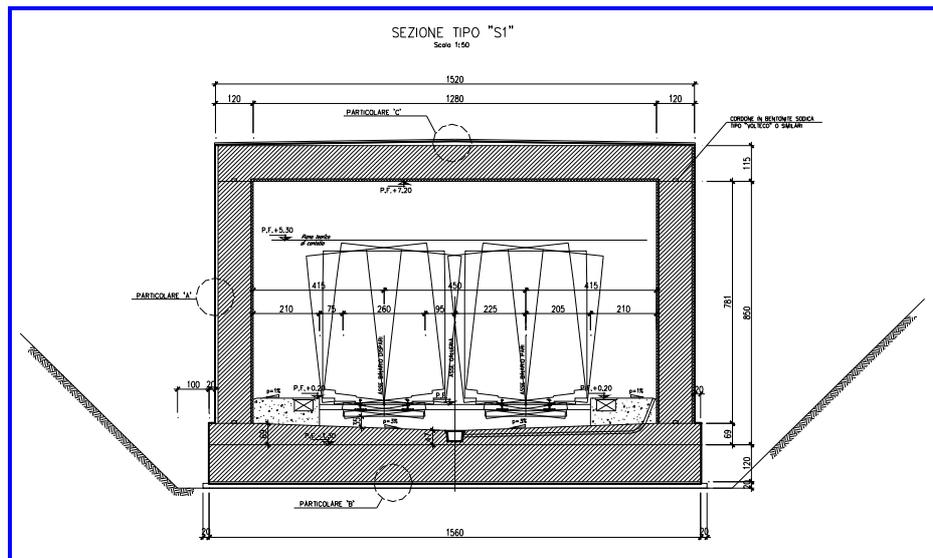
La tipologia costruttiva prevede la realizzazione di una sezione scatolare effettuata con scavo all'aperto e successivo ritombamento. Per l'attraversamento dell'autostrada è risultato necessario prevedere una deviazione provvisoria dell'infrastruttura stradale per consentire la realizzazione per fasi della galleria.

Nel complesso la galleria artificiale Calcinato 1 è composta da un primo tratto di lunghezza 502.30 m con sezione ad U tra le prg. 98+344.20 e 98+846.80, da un secondo tratto di lunghezza 772.10 m tra le prg. 98+846.80 e 99+618.90 con sezione scatolare ed un terzo tratto con sezione ad U della lunghezza di 169.00 m tra le prg. 99+618.90 e 99+787.90.

L'opera ricade in zona classificata come sismica di III categoria.

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Come anticipato in premessa la galleria risulta composta da tre tratti: un tratto centrale previsto realizzato mediante una struttura scatolare e due brevi tronchi di approccio con sezione ad U, secondo quanto illustrato nelle successive figure 1 e 2.



SEZIONE	Progr. in [m]	Progr. fin [m]	L (m)
Scatolare ad "U"	98+344.20	98+846.80	502.60
Scatolare "S1"	98+846.80	99+618.90	772.10
Scatolare ad "U"	99+618.90	99+787.90	169.00

L'interasse tra i binari pari e dispari è costante lungo l'intero sviluppo e risulta pari a 4.50 m.



Il tracciato della galleria interseca al km 99+130 il rilevato sud del cavalcavia n°227 sull'autostrada da A4. Per tale cavalcavia si prevede lo spostamento necessario anche per la realizzazione della deviazione autostradale.

Appena oltrepassata l'intersezione con il cavalcavia, la galleria sottopassa l'attuale sede autostradale tra il km 99+160 e 99+460. Durante la realizzazione di tale tratto di galleria il traffico autostradale viene incanalato sulla deviazione provvisoria e pertanto si potrà effettuare lo scavo a cielo aperto.

Proseguendo si osserva che la galleria, tra il km 99+400 e 99+600 interseca il tratto iniziale della deviazione autostradale. In tale zona, ove il tracciato originario dell'autostrada e la deviazione provvisoria risultano poco distanziate, gli scavi a cielo aperto risultano di esecuzione più complessa e richiedono pertanto l'impiego, a tratti, di paratie di contenimento. La galleria termina al km 99+787.9 in prossimità del rilevato nord del cavalcavia n° 228.

Nel complesso la realizzazione della galleria Calcinato 1 richiede una organizzazione rigida delle macrofasi di lavoro che possono così riassumersi:

1. Realizzazione primo tratto galleria Calcinato 1 (primi 900 m circa) e realizzazione del nuovo cavalcavia sulla A4 n°227;
2. Realizzazione della deviazione provvisoria dell'autostrada A4;
3. Realizzazione secondo tratto della galleria Calcinato 1 (tratto sottostante la sede dell'esistente autostrada);
4. Ripristino della viabilità autostradale sulla sede originaria
5. compleamento galleria Calcinato 1.

Le fasi su esposte sono illustrate nella tavola specifica mentre nelle tavole A202-00-D-E2-P7-GA03200-002-1 e A202-00-D-E2-P7-GA0300-003-1 sono riportate le fasi di dettaglio della deviazione autostradale e nella tavola specifica le fasi di dettaglio relative alla realizzazione della nuova viabilità corrispondente al cavalcavia n° 227.

In sintesi, la galleria in esame, non presenta particolari difficoltà esecutive in relazione anche alle buone caratteristiche meccaniche dei materiali da scavare ed all'assenza di falda alle quote di lavoro. L'aspetto più complesso per la realizzazione dell'opera è certamente quello collegato alle fasi esecutive che come detto risultano alquanto articolate per la presenza dell'autostrada da deviare e delle interconnessioni. Tali interferenze, unitamente alla presenza di edifici, ha reso necessario prevedere in numerose zone l'impiego di paratie di pali per il contenimento degli scavi.



3. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati di riferimento sono i seguenti:

GA03 04	CALCINATO I-Planimetria	A20200DE2P7GA03000010
GA03 04	CALCINATO I-Profilo longitudinale	A20200DE2F7GA03000010
GA03 04	CALCINATO I-Tipologico armatura scatolare doppio binario	A20200DE2BZGA03000010
GA03 04	CALCINATO I_Paratie provvisorie	A20200DE2PZGA03040040
GA03 04	CALCINATO I-Sezioni trasversali (TAV1/3)	A20200DE2W9GA03000010
GA03 04	CALCINATO I-Sezioni trasversali (TAV2/3)	A20200DE2W9GA03000020
GA03 04	CALCINATO I-Sezioni trasversali (TAV3/3)	A20200DE2W9GA03000030
GA03 04	CALCINATO I-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV1/8)	A20200DE2P9GA03000010
GA03 04	CALCINATO I-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV2/8)	A20200DE2P9GA03000020
GA03 04	CALCINATO I-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV3/8)	A20200DE2P9GA03000030
GA03 04	CALCINATO I-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV4/8)	A20200DE2P9GA03000040
GA03 04	CALCINATO I-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV5/8)	A20200DE2P9GA03000050
GA03 04	CALCINATO I-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV6/8)	A20200DE2P9GA03000060
GA03 04	CALCINATO I-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV7/8)	A20200DE2P9GA03000070
GA03 04	CALCINATO I-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV8/8)	A20200DE2P9GA03000080
GA03 04	CALCINATO I-Sezioni tipo - Carpenteria e particolari	A20200DE2BZGA03000020
GA03 04	CALCINATO I-Opere provvisionali: prospetti (TAV1/3)	A20200DE2PZGA03040010
GA03 04	CALCINATO I-Opere provvisionali: prospetti (TAV2/3)	A20200DE2PZGA03040020
GA03 04	CALCINATO I-Opere provvisionali: prospetti (TAV3/3)	A20200DE2PZGA03040030
GA03 04	CALCINATO I-Opere provvisionali: sezioni e particolari	A20200DE2BZGA03040010
GA03 04	CALCINATO I-Pianta scavi (TAV1/2)	A20200DE2P7GA03020010
GA03 04	CALCINATO I-Pianta scavi (TAV2/2)	A20200DE2P7GA03020020
GA03 04	CALCINATO I-limpianto di sollevamento acque meteoriche:carp	A20200DE2BAGA03000010
GA03 04	CALCINATO I-Fasi costruttive (TAV1/3)	A20200DE2P5GA03000010
GA03 04	CALCINATO I-Fasi costruttive (TAV2/3)	A20200DE2P7GA03000020
GA03 04	CALCINATO I-Fasi costruttive (TAV3/3)	A20200DE2P7GA03000030
GA03 04	CALCINATO I-Relazione di calcolo galleria	A20200DE2CLGA03000010
GA03 04	CALCINATO I-Relazione di calcolo opere provvisionali	A20200DE2CLGA03000020
GA03 04	CALCINATO I-Relazione idraulica	A20200DE2RIGA03000010
GA03 04	CALCINATO I-Relazione sul monitoraggio	A20200DE2CLGA03000030

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle opere oggetto della presente relazione sono da impiegare i materiali di seguito elencati:

parti in cls:

- calcestruzzo di classe 35 MPa
 - modulo elastico $E_c = 33722 \text{ MPa}$
 - tensione normale ammissibile $\sigma_c = 11.00 \text{ MPa}$
 - tensione tangenziale $\tau_{co} = 0.67 \text{ MPa}$
 - tensione tangenziale $\tau_{c1} = 1.97 \text{ MPa}$
- acciaio per armature Feb 44 K
 - modulo elastico $F_f = 210000 \text{ MPa}$
 - tensione ammissibile $\sigma_f = 255.0 \text{ MPa}$



5. ASPETTI GEOTECNICI ED IDRAULICI

L'area in esame è pianeggiante (circa 135 m s.l.m.) e ricade nel comune di Calcinato.

Per la caratterizzazione geotecnica del sito sono disponibili numerosi sondaggi che si sono spinti fino ad una profondità massima di 50 m dal p.c.. Nel corso dei sondaggi sono state effettuate prove penetrometriche SPT e prelevati campioni rimaneggiati sui quali sono state eseguite analisi granulometriche in laboratorio. In alcuni fori di sondaggio sono presenti piezometri tipo Casagrande per il monitoraggio del livello piezometrico.

Tutte le indagini di interesse progettuale sono documentate ed elaborate nell'apposita Relazione Geotecnica, alla quale si rimanda per i dettagli. Nel seguito si richiamano in sintesi i principali risultati di interesse progettuale.

Le stratigrafie dei sondaggi e dei pozzetti mostrano una netta prevalenza di materiali a grana grossa (sabbie e ghiaie più o meno limose); questo viene confermato dai risultati delle analisi granulometriche che hanno rilevato una percentuale di fine (limo + argilla) sempre inferiore al 30%.

Le caratteristiche geotecniche dei depositi sabbioso-ghiaiosi sono state determinate essenzialmente in base alle prove SPT effettuate nei sondaggi: si sono misurati valori di NSPT compresi tra 40 e 90 colpi/0.3 m, con numerose prove a rifiuto.

Tali terreni sono risultati da mediamente densi a densi, quindi con caratteristiche geotecniche buone.

Si hanno angoli di resistenza intorno ai 35° - 38° , con moduli di taglio, G_0 , a piccole-piccolissime deformazioni compreso tra 100 MPa e 500 MPa, crescente nell'ambito della profondità di indagine (dal p.c. a 50 m di profondità). Occorre sottolineare che, nell'ottica di una analisi lineare, i parametri deformativi da introdurre nel modello sono da intendersi dei moduli secanti, ovvero riferiti ad un determinato livello deformativo del terreno in esercizio. Quindi si dovranno considerare valori operativi del modulo opportunamente ridotti (nel caso in esame $G = G_0 / 5 \div 10$).

Il livello della falda è stato rilevato a profondità maggiori di 22 m dal p.c.; pertanto la stessa non interferisce con le operazioni di scavo.

Per i dettagli si rimanda alla Relazione Geotecnica di riferimento. Nel seguito si riportano i principali parametri geotecnici di progetto.

unità G/S

$\gamma = 19 \div 20$ kN/m³

peso di volume;

$c' = 0$ kPa

coesione efficace;



$\varphi' = 35^\circ\text{--}40^\circ$ angolo di resistenza al taglio;

NSPT = 40÷90 colpi / 0.3 m nell'ambito delle profondità di progetto (primi 50 m dal p.c.).

$G_0 = 250000 \cdot (p'/100)0.6$ kPa modulo tangenziale riferito ad un livello di piccole deformazioni [$p' = (\sigma'v + 2 \cdot \sigma_h) / 3$].

Nelle analisi per il dimensionamento, i parametri geotecnici operativi sono stati scelti in conformità con gli indirizzi della Relazione Geotecnica sopra richiamati. Ci si è orientati su valori sufficientemente cautelativi al fine di massimizzare le sollecitazioni sulle strutture. In particolare per le pareti sono state esaminate sia le condizioni di spinta attiva che le condizioni di spinta a riposo.

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici si osserva che la galleria artificiale presenta un punto di minimo di quota interno alla galleria stessa (prg. 99+110.00). Inoltre subito a monte e subito a valle della galleria medesima, rispettivamente per una lunghezza di 712 e 244 m, la linea ferroviaria corre tra muri e pertanto si rende necessario prevedere l'allontanamento delle acque meteoriche ad essi pertinenti. Le acque delle canalette giungono a gravità nel punto di minimo in galleria per convogliarsi in un manufatto di raccolta, dal quale, a mezzo di un impianto di sollevamento e la relativa condotta di mandata, vengono allontanate dalla galleria.

La superficie colante (piattaforma ferroviaria) complessivamente è circa pari a 14340 mq. Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma prevede nei tratti esterni alla galleria due canalette laterali di dimensioni 70 x 60 cm. In galleria è prevista un'unica canaletta rettangolare che ha prevalentemente funzione di recapitare le acque meteoriche al manufatto di raccolta.

La portata totale che impegna l'impianto è pari a 443 l/s.

Lo schema idraulico di allontanamento delle acque meteoriche che pervengono nel punto depresso della galleria, prevede un manufatto di raccolta nel quale sono alloggiato due pompe di uguali caratteristiche (più una di riserva attiva) con condotte di mandate distinte. Ciascuna condotta di mandata è stata proporzionata assumendo una portata pari 221,5 l/s imponendo una velocità media di portata compresa tra 1 e 1,5 m/s. Le tubazioni di mandata (2 + 1) saranno in acciaio con un diametro di 450 mm per ognuna delle quali pertanto $V=1,39$ m/s.

La potenza complessiva dell'impianto, tenendo conto anche della pompa di riserva attiva, è pari quindi a 159,3 kW.

Il volume della vasca, cioè quello compreso tra il livello più alto di avviamento e quello più basso di arresto, è stato determinato in maniera tale da garantire un soddisfacente lavoro delle pompe nelle condizioni del regime di afflusso.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30873-04

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2ROGA0300001

Rev.
0

Foglio
10 di 12

Il minimo valore del volume del manufatto di raccolta è stato pertanto determinato assumendo un numero di avviamenti all'ora dell'impianto (due pompe in contemporanea) pari 3 e con riferimento alla portata complessiva dell'impianto (443 l/s). La vasca è stata pertanto prevista di pianta rettangolare (15x5), con una altezza utile pari a 2.05, avendo previsto il livello di stacco delle pompe ad una distanza dal fondo pari a 0.65 m.



6. TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E FASI ESECUTIVE

La galleria Calcinato 1 si sviluppa, ad eccezione delle due trincee di approccio con sezione ad U, costantemente con la sezione tipo S1 raffigurata nel paragrafo 2. La galleria è prevista pertanto realizzata effettuando uno scavo a cielo aperto. E' risultato necessario contenere l'area dello scavo in alcune zone ove la galleria si sviluppa in adiacenza all'autostrada o ad isolate unità abitative. Generalmente si prevede uno scavo (con scarpa 3/2), fino a raggiungere la base di appoggio della galleria. Vista l'assenza di falda alle quote di lavoro, sul fondo dello scavo viene realizzato uno strato di calcestruzzo magro dello spessore di 10 cm senza impermeabilizzare la fondazione.

L'impermeabilizzazione dei piedritti sarà costituita da una guaina in PVC di spessore 2 mm, armata con doppio strato di TNT (400 g/mq). Si prosegue effettuando la fondazione e successivamente vengono disposte le doppie lastre per la realizzazione delle pareti. Ciascuna parete, infatti, è prevista essere realizzata mediante due lastre tralicciate contrapposte e collegate tra loro, all'interno delle quali viene inserita l'armatura principale.

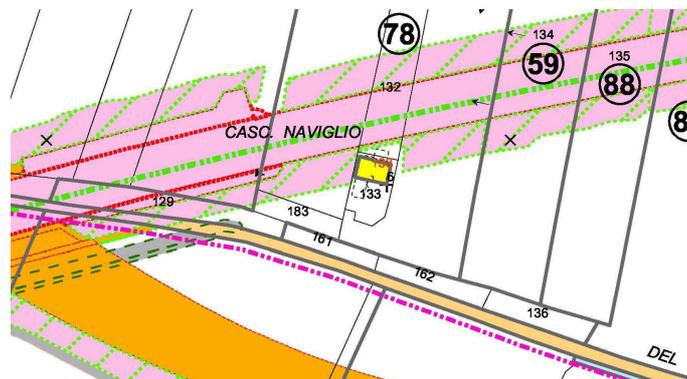
Dopo la realizzazione della soletta di copertura si effettuerà, all'estradosso, un massetto per le pendenze (1.5%) secondo un profilo a schiena d'asino. L'impermeabilizzazione della soletta sarà costituita da guaina bituminosa di spessore 4 mm, armata con uno strato di TNT (400 g/m²) disposto al di sopra della membrana.

Una volta realizzata la struttura scatolare viene effettuato il ritombamento ricostituendo, in via generale, il profilo preesistente del terreno.

Nella relazione di calcolo (elaborato A202-00-D-E2-CI-GA0300-0010) si riporta una descrizione più dettagliata della struttura e si riportano le principali verifiche statiche.

Rispetto alla precedente revisione del PD del 2006, nell'attuale revisione del PD sono state apportate alcune modifiche:

- 1) Con riferimento alla paratia provvisoria tra il km 98+421 e 98+471.08, prevista nella precedente revisione del PD2006 a salvaguardia di un fabbricato posto in prossimità dell'intervento, si rileva che il documento di progetto relativo agli espropri individua il fabbricato come da demolire (colorazione gialla). La paratia provvisoria non si rende quindi necessaria. Nella presente revisione del Progetto Definitivo sono stati previsti quindi scavi al cielo aperto.



In colore giallo il fabbricato di cui è prevista la demolizione

- 2) La paratia provvisoria posta tra le pk 99+220 e pk 99+320.17 prevista a salvaguardia nella precedente revisione del PD2006 di un fabbricato posizionato in prossimità della A4, è stata mantenuta e ottimizzata nella lunghezza tenendo conto del cono effettivo di scavo e delle occupazioni temporanee possibili.
- 3) L'area della galleria interferente con il cavalcavia esistente alla pk 99+120 circa, è stata ristudiata al fine di ottimizzare le paratie coinvolgendo anche le fasi esecutive. La soluzione prevede la realizzazione della galleria fino al limitare del rilevato esistente della zona cavalcavia attuale, zona nella quale è stata inserita una paratia trasversale a presidio degli scavi. Nel senso longitudinale, nel tratto interferente con il nuovo cavalcavia, si è prevista la realizzazione di due paratie contrapposte che durante gli scavi saranno provviste di puntoni in sommità e a livello intermedio. Le paratie non interferiscono mai con le fondazioni del cavalcavia in quanto non si hanno i tiranti previsti nel PD interferenti con i pali di fondazione della spalla b del nuovo Cavalcavia, *come accadeva nella precedente revisione del PD 2006*. Tale soluzione garantisce la perfetta fruibilità della viabilità presente sul cavalcavia attuale in quanto gli scavi in prima fase sono stati spostati oltre il piede del rilevato esistente. Inoltre si ha la possibilità di realizzare in contemporanea il nuovo cavalcavia e la galleria artificiale.
- 4) I casseri prefabbricati (bilastre per i piedritti e predalle per la copertura) sono stati sostituiti da casseri tradizionali
- 5) Nell'ambito della ottimizzazione delle strutture sono state ottimizzate le armature metalliche della galleria e dei muri ad U