



PROVINCIA DI CHIETI

PROGETTO DEFINITIVO

ADEGUAMENTO DELLE S.S. 81-84
TRATTO GUARDIAGRELE-EST
INNESTO S.S. 652 "VAL DI SANGRO"

LOTTO I

RESPONSABILE PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Fabrizio Besozzi
Iscritto Albo Ingegneri Provincia di Roma n° 15126

I PROGETTISTI:

Dott. Ing. Fabrizio Besozzi
Iscritto Albo Ingegneri Provincia di Roma n° 15126

Prof. Dott. Ing. Marco Petrangeli
Iscritto Albo Ingegneri Provincia di Roma n° 18744

Dott. Ing. Giovanni Zallocco
Iscritto Albo Ingegneri Provincia di Roma n° 5745

COORDINAMENTO ATTIVITA' IN LOCO:

Dott. Arch. Mariano Strizzi
Iscritto Albo Architetti Provincia di Chieti n° 97

PROGETTAZIONE:

A.T.I.

mandataria

SILEC S.p.A.

Divisione Progettazione e Studi

mandanti

SELPRO



EM./RE.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.
0	SETTEMBRE'03	EMISSIONE	M.PETRANGELI	C.ANDREOCCI	M.PETRANGELI

OPERE D'ARTE MAGGIORI

Relazione Generale Strutture

SCALA : -

CODICE IDENTIFICATIVO :

FASE/LOTTO

D 1

DOC.

R S

OPERA/DISCIPLINA

0 0 0 0

PROGR.

0 0 1

REV.

A

INDICE

1	PREMESSA	5
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
4	I VIADOTTI PRINCIPALI A STRUTTURA MISTA ACCIAIO – CLS	8
4.1	GLI IMPALCATI A STRUTTURA MISTA	
4.1.1	CARPENTERIA METALLICA	9
4.1.2	SOLETTA	10
4.1.3	SCHEMA STATICO E COMPORTAMENTO SISMICO	10
4.1.4	METODOLOGIE DI VARO	11
4.2	PILE E PULVINI	11
4.3	FONDAZIONI	12
4.4	DURABILITÀ E MANUTENZIONE	12
5	I VIADOTTI IN C.A.P.	13
5.1	IMPALCATO	13
5.2	PILE	14
5.3	FONDAZIONI	15
5.4	DURABILITÀ E MANUTENZIONE	15
6	OPERE DI SOSTEGNO	16
7	OPERE IN SOTTERRANEO	17

INDICE DELLE FOTO

<i>Foto 1 – I rilievi interessati dal San Bartolomeo I e II</i>	<i>8</i>
<i>Foto 2- Viadotto in c.a.p. in costruzione lungo la Torino-Milano simile a quelli di progetto</i>	<i>14</i>
<i>Foto 3 – Particolare pila di transizione tra impalcato a struttura mista e impalcato in c.a.p.</i>	<i>15</i>

1 PREMESSA

Gli scriventi sono stati incaricati della progettazione definitiva del I° Stralcio funzionale della transcollinare Piceno-Aprutina nel tratto tra Guardiagrele e Casoli.

Il lotto presenta un'elevata incidenza d'opere d'arte poiché attraversa un'area con orografia molto accidentata. Da un punto di vista strutturale, l'intervento può essere suddiviso in quattro tratte omogenee.

- Il primo tratto (dalla Progr. 0+000 alla 0+800) parte dall'allacciamento della statale attuale fino alla Galleria San Bartolomeo. In questo tratto il tracciato corre praticamente a piano campagna andandosi quindi ad infilare a fine valle sotto l'abitato di San Bartolomeo con l'omonima galleria. Lungo questo tratto si incontrano solo due viadotti minori di attraversamento di incisioni torrentizie.
- Il secondo tratto (dalla progr. 0+800 alla progr. 1+750) è quello interessato dalla Galleria San Bartolomeo
- Il terzo tratto (dalla progr. 1+750 alla progr. 4+300 circa) comprende i viadotti maggiori necessari ad oltrepassare le incisioni vallive ed i rilievi collinari mentre il tracciato scende verso la valle del Laio.
- L'ultimo tratto (dalla progr. 4+300 a fine lotto) corre parallela al fondo valle del Laio in sponda destra dello stesso. In questo tratto si incontrano opere di ritegno, alcune gallerie artificiali e viadotti bassi.

La presente relazione vuole sintetizzare le tipologie strutturali adottate per i viadotti in fase di stesura del progetto definitivo, tipologie che in buona sostanza ricalcano quelle già adottate in fase di progettazione preliminare.

Tutte le scelte effettuate sono ovviamente state mirate ad ottenere semplicità costruttiva, robustezza e durabilità nonché economicità di costruzione ed esercizio delle opere d'arte stesse.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge 5-1-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge 2-2-1974 n° 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. 14-2-1992 riguardante le: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. ed in c.a.p. e per le strutture metalliche", per quanto riguarda il metodo delle tensioni ammissibili.
- D.M. del 9-1-1996 riguardante: "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. 16 gennaio 1996 Norme tecniche relative ai: "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- Circolare del 4-7-1996 contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M del 16-1-1996.
- Circolare del 15-10-1996 contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. del 9-1-1996.
- DM 4 Maggio 1990: "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.
- Circolare del 25-2-1991 contenente le "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali" di cui al D.M. del 4-5-1990
- CNR 10011/97 "Costruzioni in Acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
- CNR 10016/85 "Travi composte di acciaio e calcestruzzo: istruzioni per l'impiego nelle costruzioni".
- CNR 10030/87 "Anime irrigidite di travi a parete piena"
- CNR 10024/86 "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione della relazioni di calcolo".
- CNR 10018/99 "Apparecchi di appoggio per le costruzioni. Istruzioni per l'impiego".

Nella redazione dei progetti e nelle verifiche strutturali si è inoltre fatto riferimento alle seguenti normative ed istruzioni:

- EC2 – UNI-ENV-1992-1-1 – Progettazione Strutture in Cemento Armato
- EC3 – Progettazione Strutture in Acciaio
- EC4 – Progettazione Strutture Miste Acciaio-Calcestruzzo
- Règles B.P.E.L. 91 – règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint, suivant la méthode des états-limites

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le opere d'arte maggiori a struttura mista acciaio calcestruzzo si utilizzano i seguenti materiali:

- Acciaio tipo S355J2G3 – K2G3 EN 10025
Per elementi saldati
Acciaio tipo S355J0 EN 10025
- Bulloni A.R. per giunzioni ad attrito
 - viti: 10.9 EN 20898 parte I
 - dadi: 8G EN 20898 parte II
 - rosette acciaio C 50 EN 10083 (HRc32-40)
- Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo FeB 44K controllato in stabilimento
- Calcestruzzo per la soletta e dalle prefabbricate tipo Rck 40MPa.
- Calcestruzzo per pile e opere in elevazione Rck 35Mpa.
- Calcestruzzo per opere di fondazione Rck 30Mpa.

Per i viadotti minori in c.a.p. si utilizza invece:

- Calcestruzzo per travi prefabbricate tipo Rck 50MPa.
- Calcestruzzo per la soletta tipo Rck 35MPa.
- Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo FeB 44K controllato in stabilimento
- Calcestruzzo per pile, spalle e opere in elevazione Rck 35Mpa.
- Calcestruzzo per opere di fondazione Rck 30Mpa.

Per le altre opere minori in c.a. si ha infine:

- Calcestruzzo per opere in c.a. Rck 35Mpa.
- Calcestruzzo per opere di fondazione Rck 25Mpa.
- Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo FeB 44K controllato in stabilimento

4 I VIADOTTI PRINCIPALI A STRUTTURA MISTA ACCIAIO – CLS

Oltrepassata la galleria San Bartolomeo, il tracciato scende verso la valle del Laio oltrepassando una serie di dorsali collinari ben visibili nel fotomosaico successivo.

In questo tratto la livelletta corre ad un'altezza massima di 60 metri dal fondo delle incisioni degradando in maniera costante fino a 15 metri circa nel punto in cui il tracciato attraversa il torrente per portarsi in sponda destra.

In questo tratto si è reso necessario l'inserimento di tre viadotti importanti per luci e altezze pile.



I di 460 metri con pile alte fino ad una cinquantina di metri circa e luce massima di 80 metri, resasi necessaria per lo scavalco di un versante in precarie condizioni di stabilità.

Il secondo, il San Bartolomeo, II va dalla progr. 2+370 alla progr. 3+030 con una lunghezza complessiva di 660 metri, pile alte fino ad una quarantina di metri circa e luce massima di 60 metri. Questo viadotto si divide in una parte iniziale alta con luci tra i 50 ed i 60 metri dove il tracciato attraversa alcune dorsali collinari similmente al San Bartolomeo I ed una seconda parte molto più bassa dove il tracciato corre in mezzacosta lungo un pendio le cui condizioni geotecniche hanno suggerito l'adozione di un viadotto per evitare problemi di instabilità. Questa seconda parte dell'opera è stata pertanto prevista con luci modeste ed impalcati prefabbricati in c.a.p. come meglio discusso nel seguito.

Il terzo viadotto, il Laio, va dalla progr. 3+515 alla progr. 4+145 ha una lunghezza complessiva di 630 metri con pile alte fino ad una trentina di metri circa e luce massima di 70 metri.

Questo viadotto prosegue inizialmente il mezzacosta in sponda sinistra del Bartolomeo II per poi attraversare il Laio portandosi in sponda destra. In questo tratto il torrente batte e incide i versanti collinari in sponda sinistra creando una orografia piuttosto accidentata amplificata dalla presenza di anse accentuate dello stesso. L'opera ha pertanto richiesto l'adozione di alcune luci elevate (due campate da 70 metri) altrimenti non giustificate dall'altezza pile proprio per minimizzare l'interferenza con l'alveo e le sue possibili divagazioni evitando al contempo di realizzare fondazioni in zone molto acclivi o potenzialmente instabili.

Oltrepassato il torrente e atterrati in sponda destra la livelletta scende ancora restando però per un certo tratto all'interno dell'alveo di piena del torrente. Per questo motivo è stato ritenuto opportuno di mantenere la stessa struttura delle campate principali adottando comunque luci generose (50 metri) onde minimizzare l'interferenza con il corso d'acqua e le sue possibili divagazioni.

4.1 Gli impalcati a struttura mista

Considerando la sismicità dell'area, le non buone caratteristiche geotecniche dei terreni e le luci in giuoco, si è senz'altro optato per impalcati a struttura mista. Su queste luci 50-100 metri, tali strutture sono economicamente competitive, di semplice e spedita realizzazione ma soprattutto leggere in confronto a strutture in c.a.p. con evidenti vantaggi dal punto di vista delle sottostrutture e delle fondazioni, specialmente in zona sismica.

4.1.1 Carpenteria metallica

Tra le diverse tipologie di strutture miste si è quindi condotto uno studio che ha permesso di individuare la soluzione con travi a doppio T quale la più competitiva rispetto a quella a cassone in quanto molto più economica e solo marginalmente meno performante.

Gli impalcati sono infatti con raggio planimetrico molto elevato, praticamente rettilinei. Questo fa sì che non vi siano momenti torcenti significativi dovuti al peso proprio. Le luci inoltre sono ragionevolmente contenute a meno di una da 80 metri sul San Bartolomeo I e due da 70 metri sul Laio. Su queste luci l'adozione di strutture a cassone non è giustificata, diventandolo solo oltre gli 80-100 metri.

L'ampiezza contenuta delle luci ha inoltre suggerito l'adozione di una sezione con semplici controventi flessionali, molto più economici e facili nel montaggio rispetto ai controventi reticolari utilizzati sia nel piano verticale che in quello orizzontale.

Per quanto riguarda il numero di travi, si è scelto di adottarne 3 per poter mantenere lo spessore della soletta entro i 30 cm. La soluzione bi-trave, forse giustificabile sulle luci maggiori non è vantaggiosa per le luci standard da 50-60 metri. Il bi-trave, strutturalmente più efficace in senso

longitudinale, avrebbe infatti richiesto una soletta molto più spessa eventualmente a sezione variabile dato che l'impalcato è largo 13.5 metri. Tipicamente infatti il bi-trave può essere utilizzato senza trave di spina fino a 10-11 metri. Oltre tale larghezza i momenti trasversali dovuti agli effetti locali richiedono un ispessimento della soletta che oltre ad essere oneroso in se appesantisce significativamente l'impalcato con ricadute quindi sull'incidenza della carpenteria metallica.

Per quanto riguarda la carpenteria metallica si è quindi disegnato un impalcato a tre travi interassate a 4.5 metri. Dove possibile si sono adottati spessori generosi delle anime in modo da ridurre e dove possibile eliminare gli irrigidenti longitudinali.

La soluzione a tre travi permette inoltre di utilizzare spessori commerciali per le flangie (massimo 50 mm) praticamente ovunque a meno di zone contenute sulle pile dove è previsto l'impiazzamento. Questo permette di avere conci lunghi (fino a 18 metri) imbullonati in opera realizzati senza saldature intermedie a meno degli impiazzamenti di cui sopra.

4.1.2 Soletta

Sulla base di quanto discusso al paragrafo precedente risulta giustificata la soluzione di getto della soletta su predalles tralicciate aventi la funzione di cassaforme a perdere. Questa soluzione non è in effetti la migliore dal punto di vista della robustezza e durabilità strutturale ma incontra grande favore in quanto molto pratica ed economica. L'ipotesi di adottare questa soluzione non esclude per altro la possibilità che in fasi successive si propenda per una soluzione integralmente gettata in opera su cassero mobile. Tale soluzione potrebbe essere giustificata dalla lunghezza complessiva degli impalcati da realizzare che ripagherebbe il costo di impianto dell'attrezzatura.

L'adozione dei traversi a semplice controvento flessionale facilita del resto questa operazione in quanto lascia libero tutto un corridoio tra le due travi dove alloggiare il cassero mobile il quale può camminare sui controventi stessi.

4.1.3 Schema statico e comportamento sismico

Lo schema statico dei viadotti è quello di trave continua su più appoggi.

In senso longitudinale le pile fisse sono due per ciascun viadotto. Questo è reso possibile dalla relativa flessibilità delle pile stesse che non introducono significative coazioni nell'impalcato a seguito di variazioni termiche.

Per contro, con due pile fisse in senso longitudinale, si ottiene una resistenza alle azioni orizzontali dovute al sisma migliore e adeguatamente ridondante.

In senso trasversale l'impalcato è invece vincolato a ciascuna pila mediante appoggi unidirezionali longitudinali.

4.1.4 Metodologie di varo

Per quanto riguarda il varo, in questa fase non possono escludersi né soluzioni dal basso, essendo in gran parte l'altezza contenuta entro i 40 metri, né soluzioni a spinta che la curvatura modesta e pressoché costante del tracciato permette comunque di realizzare senza eccessive difficoltà tecniche.

La scelta di uno dei due metodi dipenderà dalla fasizzazione dei lavori e dall'accessibilità a piè d'opera dei viadotti stessi. L'orografia non è comunque tale da compromettere l'accesso degli impalcati metallici lungo il tracciato. L'assemblaggio mediante bullonatura permette di movimentare conci di lunghezza relativamente contenuta (inferiore ai 18 metri) e peso altrettanto modesto (inferiore alle 20 ton).

4.2 **Pile e pulvini**

Per le pile è stata adottata una sezione ellittica cava. Tale sezione è strutturalmente ottimale su queste altezze tenendo conto della sismicità dell'area. Lo spessore delle pareti è stato dimensionato in maniera tale (40 cm minimo) da permettere adeguato copriferro e quindi durabilità del manufatto. Per le pile più alte è stato inserito allo spiccatto un tratto ottagonale a sezione maggiorata avente però lo stesso cassero interno.

Per i pulvini si è optato per una soluzione in carpenteria metallica facilmente variabile dal basso con autogrù. Questo onde evitare i pulvini in c.a. che sono molto pesanti ed onerosi da realizzare in quanto richiedono delle lavorazioni specifiche in quota che si vanno a sommare come costi e come tempistiche a quelli della realizzazione delle pile.

Lo stesso pulvino realizzato in c.a. avrebbe comportato un aggravio di peso di oltre 50 tonnellate con gli ovvi svantaggi da un punto di vista del comportamento sismico.

Onde non penalizzare l'aspetto estetico delle opere è stato comunque prevista l'adozione di carter in materiali plastici che coprono e proteggono tali pulvini i quali vengono pertanto realizzati con una carpenteria semplice ed economica, ottimizzata esclusivamente da un punto di vista strutturale (in pratica si tratta di travi relativamente tozze con sezione a doppio T e anima irrigidita in corrispondenza dei carichi verticali).

4.3 Fondazioni

Le fondazioni sono tutte di tipo profondo su pali del 1200 e del 1500. Numero dei pali e conformazione dei plinti dipendono dalle luci delle rispettive campate. Si passa da plinti a 6 pali per le luci più piccole a plinti a 8, 9 e 12 pali per quelle maggiori.

Il contenimento dei pesi di pile, pulvini ed impalcato, così come le sezioni molto flessibili delle pile stesse portano ovviamente i loro benefici in termini fondazionali dove si ottengono strutture relativamente contenute nonostante si sia utilizzato un approccio di gerarchia delle resistenze.

Questo obiettivo è stato specificatamente ricercato al fine da contenere scavi e sbancamenti su terreni in mezzacosta dalle caratteristiche geotecniche non eccellenti.

Peraltro, nonostante queste ottimizzazioni, si sono dovute prevedere opere di sostegno per la realizzazione delle fondazioni come meglio discusso nella relazione geotecnica.

4.4 Durabilità e manutenzione

Adeguata durabilità dell'opera è assicurata dai seguenti accorgimenti progettuali e costruttivi:

- Verniciatura di tutta la carpenteria metallica
- Ispezione di tutta la carpenteria metallica evitando recessi e concavità dove possono depositano sporco e acqua
- Accessibilità all'intradosso degli impalcati mediante passerelle di servizio e passi d'uomo sulle pile
- Verniciatura degli estradossi delle solette
- Impermeabilizzazione delle solette
- Limitazione della fessurazione in soletta
- Corretta e dettagliata allontanamento delle acque di piattaforme evitando percolamenti sulle sottostrutture, appoggi e giunti
- Protezione delle superfici faccia vista di tutte le pile
- Predisposizione di sistemi di sollevamento dell'impalcato e sostituzione degli appoggi

5 I VIADOTTI IN C.A.P.

Per i viadotti più bassi, quelli ricadenti nel primo e ultimo tratto del lotto e per la parte bassa del San Bartolomeo 2, si è voluto studiare una soluzione più economica rispetto agli impalcati a struttura mista che comunque presentasse qualità estetiche e funzionalità strutturale confrontabile.

La soluzione è stata individuata negli impalcati in c.a.p. realizzati con travi a cassoncino e soletta continua. Questi impalcati, nel caso di soletta continua, perdono il principale svantaggio delle soluzioni isostatiche con giunti ad ogni campata.

Tali giunti sono infatti molto fastidiosi per gli utenti ma soprattutto rappresentano l'onere manutentivo maggiore, non solo in quanto essi stessi delicati ma anche perché diventano inevitabilmente punto di percolazione delle acque di piattaforma su sottostanti appoggi e pile.

Solidarizzando gruppi di campate, anche fino a 150 metri, si ottengono impalcati robusti e durevoli che, a meno del doppio appoggio su ciascuna pila, sono sotto tutti gli altri punti di vista assolutamente comparabili alle travi continue.

5.1 Impalcato

Come anticipato, l'impalcato è quindi realizzato con travi a vasca a fili pretesi in c.a.p.

La necessità di una certa flessibilità di luci è stata risolta variando il numero di travi anziché la loro carpenteria. Per luci da 30 metri si impiegano 4 travi, per luci da 25 m 3 travi. Questo è vantaggioso sia da un punto di vista costruttivo sia dal punto di vista architettonico.

Le travi sono alte 1.6 metri con soli traversi in testata. La precompressione a fili pretesi è realizzata con trefoli 0.6" rettilinei alcuni dei quali sterilizzati in testata.

Essendo una soluzione adottata per impalcati bassi in zone accessibili, il varo è previsto con autogru dal basso.

La soletta gettata in opera utilizza piccole predalles a perdere. Quelle laterali sono tralicciate in modo da sostenere gli sbalzi senza bisogno di puntelli.



Foto 2- Viadotto in c.a.p. in costruzione lungo la Torino-Milano simile a quelli di progetto

5.2 Pile

Proprio la necessità di prevedere il doppio appoggio su ciascuna pila e l'adeguato spazio tra le testate delle travi per ispezione e manutenzione, sposta di fatto l'attenzione di queste strutture dall'impalcato alle sottostrutture. Un disegno aggraziato e funzionale delle stesse diventa estremamente qualificante ai fini del risultato complessivo dell'opera.

Nel caso in esame, sono state adottate pile a Y con pulvino basso a saponetta di sezione semicircolare. Tali strutture sono attualmente in fase di realizzazione lungo la Torino-Milano come mostrato nelle foto sottostanti. Piattaforma e altezza delle pile delle strutture fotografate è molto simile a quella di progetto e quindi le foto possono considerarsi particolarmente rappresentative del progetto proposto.



Foto 3 – Particolare pila di transizione tra impalcato a struttura mista e impalcato in c.a.p.

5.3 Fondazioni

Le fondazioni delle pile sono previste su 6 pali di grande diametro ($\text{Ø}1200$ mm), con dimensioni del plinto 6.7×11.2 m.

Per le spalle si sono adottate soluzioni scatolari con fondazioni su pali di diametro 1200 mm. Generalmente, essendo il fisso baricentrico rispetto alla catena cinematica, le spalle sono sempre mobili e quindi di dimensioni il più possibile contenute compatibilmente con l'altezza del rilevato. Anche in questo caso, poiché tali appoggi sono, nella maggior parte dei casi, ubicati a mezza costa, su pendii argillosi, sono state previste opere provvisorie di sostegno degli scavi (v. capitolo relativo alle opere di sostegno).

5.4 Durabilità e manutenzione

Adeguate durabilità dell'opera è assicurata dai seguenti accorgimenti progettuali e costruttivi:

- Verniciatura degli intradossi impalcati
- Impermeabilizzazione delle solette
- Corretta e dettagliata allontanamento delle acque di piattaforme evitando percolamenti sulle sottostrutture, appoggi e giunti

- Protezione delle superfici faccia vista di tutte le pile
- Predisposizione di sistemi di sollevamento dell'impalcato e sostituzione degli appoggi
- Facilità di accesso ed ispezione di testate appoggi e giunti grazie alla dimensione abbondante dei pulvini

6 OPERE DI SOSTEGNO

Il tracciato di progetto si sviluppa, per lunghi tratti con un percorso a mezza costa. Considerato che nella gran parte dei casi si tratta di pendii in terreni argillosi, le cui condizioni di equilibrio possono essere condizionate in maniera determinante anche da modesti movimenti di terra, è stato deciso di contenere gli scavi con adeguate opere di sostegno in modo da prevenire la comparsa di fenomeni di instabilità.

La tipologia delle opere di sostegno è stata differenziata in relazione alle diverse altezze dei tagli, alle caratteristiche di provvisionalità dell'opera e alle condizioni geotecniche e geomorfologiche dei diversi siti.

Per tagli di modesta altezza o in zone di modesta acclività, dove non si individuano problemi di stabilità dei pendii, le opere di sostegno sono costituite da normali muri in c.a..

Per i tagli a mezza costa, in condizioni geotecniche particolari, per le quali si prevedono criticità per la realizzazione di scavi, anche di carattere provvisorio (come quelli necessari per la formazione dei muri a mensola), sono state previste paratie di pali di grande diametro.

Per paratie con carattere di provvisionalità, come nelle trincee di imbocco della galleria San Bartolomeo (da rinterrare dopo la realizzazione della galleria artificiale), sono stati previsti pali Ø800 mm, che saranno tirantati nei tratti di maggiore altezza a sbalzo. La tirantatura è stata introdotta solo con carattere di provvisionalità avendo adottato il criterio di non affidare il sostegno degli scavi a lungo termine a interventi di tirantatura in terreni argillosi, i quali per fenomeni di "creep" possono dar luogo, a lungo termine, al progressivo rilascio dei tiranti stessi.

Nei tratti in cui le paratie assumono carattere definitivo, sono stati adottati pali di maggiore diametro (1200 mm) limitando l'altezza in modo da non fare ricorso a tirantature.

Per le opere di sostegno degli scavi di fondazione dei plinti dei viadotti, come detto ubicati a mezza costa, sono state adottate paratie di micropali Ø220 mm. L'adozione di micropali permetterà una maggiore agibilità dei mezzi di perforazione che dovranno operare in spazi ristretti e in condizioni di acclività anche accentuate.

La geometria delle paratie è stata studiata per ogni singolo appoggio in modo da contenere al minimo le altezze di scavo e ottimizzare al contempo il comportamento della struttura. Le paratie sono previste a sbalzo, senza tiranti, fino ad altezze massime di circa 3-3.5 m, mentre per altezze maggiori avranno uno o due ordini di tirantature.

7 OPERE IN SOTTERRANEO

Nel tracciato di progetto è prevista una galleria da scavare a foro cieco (Galleria San Bartolomeo). La galleria ha una lunghezza di 955 m, tra la progr. 0+780 e la progr. 1+735.

Nei due imbocchi sono previsti tratti di galleria artificiale di lunghezza differente in relazione alle diverse condizioni morfologiche dei siti: 90 m nell'imbocco nord (0+780÷0+870) e 15 m nell'imbocco sud (1+720÷1+735). La lunghezza della galleria naturale risulta pertanto di 850 m.

Le coperture in calotta si manterranno inferiori a 20 m per tratti di circa 120 m e 80 m a partire rispettivamente dall'imbocco in naturale Nord e Sud per poi aumentare fino ad un massimo di circa 50 m nel tratto centrale della galleria.

La sezione stradale in galleria è a doppio senso di marcia (3.75+3.75 m). Per garantire elevati standard di sicurezza è stato deciso di introdurre due corsie di emergenza di larghezza 2.7 m. Ne risulta una larghezza totale della piattaforma stradale di 12.9 m. Si tratta quindi di una sezione impegnativa tenuto conto delle caratteristiche geotecniche dei terreni entro i quali sarà scavata la galleria; è stata quindi studiata una tipologia di sezione che ottimizza i volumi di scavo e il comportamento tenso-deformativo dei terreni.

La sezione media di scavo è di circa 180 m² ed ha forma policentrica. L'arco rovescio sarà realizzato con profondità massima, di circa 2.0 m sotto la quota del piano di lavoro (base di appoggio delle centine).

Lo scavo sarà realizzato con metodi tradizionali (scavo, centine, spritz-beton seguito dal rivestimento definitivo), ma saranno necessari particolari accorgimenti per garantire la stabilità del cavo. Tenuto conto della sezione di scavo e delle caratteristiche geotecniche dei terreni è stata prevista la seguente metodologia di avanzamento:

- Consolidamento del fronte di scavo con elementi in vetroresina;
- Scavo a piena sezione con mezzo meccanico;
- Messa in opera del prerivestimento costituito da profilati in acciaio e spritz-beton fibrorinforzato ad incorporare le centine;
- Interventi complementari locali (drenaggi, guaina di impermeabilizzazione, infilaggi in calotta);
- Scavo e getto dell'arco rovescio e delle murette;
- Getto del rivestimento definitivo di calotta.

In terreni spingenti come quelli in esame, per consentire la stabilizzazione della cavità si prevede, in prossimità del fronte di scavo, la chiusura del rivestimento di prima fase mediante il getto delle murette e dell'arco rovescio. Tale operazione evita che possano svilupparsi eccessive deformazioni in campo plastico con conseguente decadimento delle caratteristiche meccaniche del terreno.

La chiusura della sezione con l'arco rovescio permette inoltre una migliore redistribuzione delle sollecitazioni sul rivestimento provvisorio, evitando l'insorgere di problemi strutturali come ad esempio: formazione di cerniere plastiche in corrispondenza delle reni, instabilità per carico di punta dei piedritti, eccessivi abbassamenti del piede centina, riduzione degli spessori necessari al getto del rivestimento definitivo etc..

La posa in opera del rivestimento definitivo assume la funzione di incremento del coefficiente di sicurezza allo scavo e di assorbimento di eventuali incrementi di tensione a lungo termine indotti da fenomeni viscosi del terreno.

La definizione di dettaglio degli interventi e il dimensionamento degli stessi sono esposti nella specifica Relazione geotecnica e di calcolo sulla galleria San Bartolomeo.