

Committente:



# AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15  
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22  
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO  
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)  
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008 C.I.G. 307068161E

## PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.  
Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

**IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.**  
Il Direttore Tecnico: **Il Responsabile di Progetto**  
**Dott. Ing. Luca Bondanelli**

Il Geologo:

PROGETTAZIONE DI:



Il Progettista: **GIOVANNA CASSANI**  
**Ing. Giovanna Cassani**  
ORDINE INGEGNERI DI MILANO  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano n. 20997

A.T.I.:



Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

**Ing. Giovanni Maria Cepparotti**  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

Progettista Responsabile Intervento: **Dott. Ing. PIETRO MAZZOLI**  
Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.  
**IMPRESA PIZZAROTTI**  
**ING. PIETRO MAZZOLI**  
**ISCRITTO ORDINE**  
**INGEGNERI PARMA n. 821**  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Titolo Elaborato:

**Asse principale  
Galleria artificiale A1  
Generale  
Relazione descrittiva**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N Progr. Doc.	REV.
	RAAA	1	E	R	AP	GA	01	G	RE	001	B

Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE	Redatto	Controllato	Approvato
B	10/10/2014	Istruttoria RINA prot. 730 del 08/09/2014 ( I indica le parti modificate con l'ultima rev.)	GAZZOLA	CASSANI	MAZZOLI
A	27/06/2014	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	GAZZOLA	CASSANI	MAZZOLI

## SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	6
3.1	Galleria artificiale - Sezione con diaframmi in c.a. e impalcato prefabbricato .....	6
3.2	Galleria artificiale - Sezione scatolare con impalcato prefabbricato .....	7
3.3	Muri di sostegno.....	8
3.4	Strutture metalliche .....	8
3.5	Trefoli per travi prefabbricate .....	8
4	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA DEI TERRENI .....	9
4.1	Profilo geologico .....	9
4.2	Parametri geotecnici di progetto .....	11
5	DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	12
5.1	Galleria artificiale .....	12
5.1.1	Tratto pk km 0-192.467 ÷ 0-76.593 (conci 1 – 10) .....	14
5.1.2	Tratto pk km 0-76.593 ÷ 0+41.923 (conci D1 – D10).....	17
5.1.3	Tratto pk km 0+41.923 ÷ 0+202.873 (conci 11 – 23).....	20
5.2	Strutture di imbocco .....	23
5.2.1	Tratto pk km 0-235.074 ÷ 0-192.467 (conci A1, A2, B1, B2).....	23
6	ELEMENTI VARIATI RISPETTO AL PROGETTO DEFINITIVO.....	30
7	METODI COSTRUTTIVI.....	40
7.1	Tipologia 1: galleria artificiale fra diaframmi .....	41
7.2	Tipologia 2: galleria artificiale con struttura scatolare.....	42
8	PARTICOLARI COSTRUTTIVI.....	44
8.1	Impermeabilizzazione .....	44
8.2	Giunto "Water Stop" .....	48
8.3	Appoggio travi prefabbricate .....	49

## 1 INTRODUZIONE

Nell'ambito dei lavori per la realizzazione del Raccordo Autostradale "Autostrada della Cisa A15 – Autostrada del Brennero A22", 1° Lotto da Fontevivo (PR) all'autostazione "Trecasali – Terre Verdiane" è prevista la costruzione di un manufatto scatolare necessario per l'attraversamento sotterraneo dell'Autostrada A1. L'opera è costituita da una galleria artificiale realizzata con due metodologie costruttive principali. Il tratto di attraversamento sotterraneo dell'Autostrada A1 è realizzato per fasi successive al fine di ridurre i periodi di deviazione provvisoria del traffico superficiale, impiegando diaframmi profondi in calcestruzzo con sviluppo di 13.5 m, a partire dal piano di sbancamento, e spessore 1 m. Nei tratti rimanenti di galleria artificiale, la metodologia costruttiva prevede uno scavo a cielo aperto con getti in opera di fondazioni ed elevazioni e l'utilizzo di elementi prefabbricati per la realizzazione dell'impalcato.

L'opera ha uno sviluppo complessivo di circa 438 m, fra gli imbocchi Nord (lato Verona) e Sud (lato La Spezia). L'imbocco Nord è situato alla progressiva di progetto km 0+202.87 sull'asse di tracciamento nord e al km 0+202.24 sull'asse di tracciamento sud. L'imbocco Sud è situato alla progressiva km 0-235.07 sull'asse di tracciamento nord e al km 0-236.31 sull'asse di tracciamento sud. All'imbocco Sud sono presenti muri di sostegno in c.a. con sviluppo totale di 155.78 m.

Con riferimento all'asse di tracciamento nord, a partire dall'imbocco lato La Spezia, la galleria artificiale presenta un tratto definito "finestrato" con sviluppo 42.61 m. Il tratto "finestrato" è costituito da una struttura scatolare in c.a. parzialmente aperta per la presenza di pilastri metallici sulla carreggiata sud: tale struttura di imbocco realizza un'adeguata mitigazione ambientale del manufatto e sottolinea il punto di inizio dell'autostrada di progetto. Il tratto successivo della galleria ha sezione scatolare e sviluppo di 115.87 m (zona sud). Il tratto centrale dell'opera realizza l'attraversamento dell'Autostrada A1, è costruito tramite la realizzazione di diaframmi in c.a. ed ha sviluppo pari a 118.52 m. Nel tratto finale dell'opera (zona nord), la galleria ha sezione scatolare con sviluppo di 160.95 m.

A livello progettuale è stato scelto di estendere la galleria artificiale, anche al di fuori del tratto di attraversamento dell'Autostrada A1, per proteggere la sede stradale dalle acque meteoriche e dal livello massimo di escursione della falda, influenzata anche dalla vicinanza del Torrente Recchio e del Fiume Taro. Nelle zone più depresse della sede stradale infatti non risulta possibile smaltire le acque meteoriche per gravità.

Nei tratti di galleria non interessati da attraversamenti autostradali superficiali o da rampe di svincolo dell'autostrada, la sistemazione superficiale definitiva è realizzata tramite il riporto di terreno di copertura fino a un massimo di 2 m: tale intervento consente l'impianto di specie arbustive, la modellazione morfologica del sito e la mitigazione naturalistica dell'intervento.

Nella presente relazione si procederà alla descrizione delle tipologie strutturali e delle modalità costruttive considerate nella redazione del Progetto Esecutivo.

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il Progetto Esecutivo è stato eseguito in ottemperanza alle normative riportate nel seguito.

- D.M. LL. PP. 9 gennaio 1996 - "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 - Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 - "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica".
- Eurocodice 7 febbraio 2005 (UNI EN 1997-1) - "Progettazione geotecnica".
- Eurocodice 2 novembre 2005 (UNI EN 1992-1-1) - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo-Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici".
- UNI 9502 - "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso".
- UNI EN 206-1:2006 - "Calcestruzzo – Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità".
- UNI EN 20898-2 - "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso".
- UNI EN 898-1 - "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio. Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine".
- UNI EN 10083-2 - "Acciai da bonifica - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura per acciai non legati".
- UNI EN 1992-1-2 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Progettazione strutturale contro l'incendio".
- Legge 5 novembre 1971 n° 1086 – "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- D.M. LL. PP. 14 febbraio 1992 – "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. LL. PP. 11 marzo 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. 03/12/1987 – "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- Circ. Min. LL. PP. 16/03/1989 – "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- Circ. Min. LL. PP. 24/09/1988 n° 30483 – "Istruzioni relative alle "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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- O.P.C.M. n° 3316 del 02/10/2003 – "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 – recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica".
- Decreto 21/10/2003 – "Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4 dell' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 – recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica".
- Nota esplicativa Dip. Protezione Civile Uff. SSN 4 giugno 2003 – Nota esplicativa all'Ordinanza del

Presidente del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 – recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”.

- O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 – “Criteri generali da utilizzare per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento delle medesime zone”.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le opere sono state progettate utilizzando i materiali riportati nel seguito.

#### 3.1 Galleria artificiale - Sezione con diaframmi in c.a. e impalcato prefabbricato

##### ***Diaframmi***

Classe di Resistenza: C25/30

Classe di esposizione: XC2

Contenuto in cloruri: 0.4%

Diametro massimo degli aggregati: 32 mm

Classe di consistenza: S4

Copriferro: 60 mm

##### ***Cordoli e soletta di completamento***

Classe di Resistenza: C35/45

Classe di esposizione: XC4+XD3+XF4

Contenuto in cloruri: 0.2%

Diametro massimo degli aggregati: 25 mm

Classe di consistenza: S4/S5

Copriferro: 50 mm

##### ***Solettone di fondo***

Classe di Resistenza: C32/40

Classe di esposizione: XC4+XD1+XF2

Contenuto in cloruri: 0.4%

Diametro massimo degli aggregati: 32 mm

Classe di consistenza: S4

Copriferro: 50 mm

##### ***Travi prefabbricate in CAP***

Classe di Resistenza: C45/55

Classe di esposizione: XC4+XD3+XF4

Contenuto in cloruri: 0.2%

Diametro massimo degli aggregati: 20 mm

Classe di consistenza: S4/S5

Copriferro: 55 mm

##### ***Fodere e profili redirettivi***

Classe di Resistenza: C32/40

Classe di esposizione: XC4+XD1+XF2  
Contenuto in cloruri: 0.4%  
Diametro massimo degli aggregati: 25 mm  
Classe di consistenza: S4  
Copriferro: 50 mm

### **3.2 Galleria artificiale - Sezione scatolare con impalcato prefabbricato**

#### ***Cordoli e soletta di completamento***

Classe di Resistenza: C35/45  
Classe di esposizione: XC4+XD3+XF4  
Contenuto in cloruri: 0.2%  
Diametro massimo degli aggregati: 25 mm  
Classe di consistenza: S4/S5  
Copriferro: 50 mm

#### ***Solettone di fondo***

Classe di Resistenza: C32/40  
Classe di esposizione: XC4+XD1+XF2  
Contenuto in cloruri: 0.4%  
Diametro massimo degli aggregati: 32 mm  
Classe di consistenza: S4  
Copriferro: 50 mm

#### ***Elevazioni***

Classe di Resistenza: C32/40  
Classe di esposizione: XC4+XD1+XF2  
Contenuto in cloruri: 0.4%  
Diametro massimo degli aggregati: 32 mm  
Classe di consistenza: S4  
Copriferro: 50 mm

#### ***Travi prefabbricate in CAP***

Classe di Resistenza: C45/55  
Classe di esposizione: XC4+XD3+XF4  
Contenuto in cloruri: 0.2%  
Diametro massimo degli aggregati: 20 mm  
Classe di consistenza: S4/S5  
Copriferro: 55 mm

### ***Fodere e profili redirettivi***

Classe di Resistenza: C32/40

Classe di esposizione: XC4+XD1+XF2

Contenuto in cloruri: 0.4%

Diametro massimo degli aggregati: 25 mm

Classe di consistenza: S4

Copriferro: 50 mm

### **3.3 Muri di sostegno**

#### ***Elevazioni***

Classe di Resistenza: C32/40

Classe di esposizione: XC4+XD1+XF2

Contenuto in cloruri: 0.4%

Diametro massimo degli aggregati: 32 mm

Classe di consistenza: S4

Copriferro: 50 mm

#### ***Fondazioni***

Classe di Resistenza: C32/40

Classe di esposizione: XC4+XD1+XF2

Contenuto in cloruri: 0.4%

Diametro massimo degli aggregati: 32 mm

Classe di consistenza: S4

Copriferro: 50 mm

### **3.4 Strutture metalliche**

Acciaio: S355J2

Bulloni: Classe 8.8

Dadi: Classe 6S

Rosette e piastrine: acciaio C50

### **3.5 Trefoli per travi prefabbricate**

Trefoli con diametro 0.6"

Tensione caratteristica di rottura:

$f_{ptk} = 1860$  MPa

Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale:

$f_{p(1)k} = 1670$  MPa

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA DEI TERRENI

Il raccordo fra l'Autocamionale della Cisa, l'Autostrada A1 e la Tibre è ubicato in sponda sinistra idrografica del Fiume Taro. In quest'area si incontrano categorie litologiche differenti sia per genesi che per l'orientamento variabile del tracciato rispetto alle direttrici strutturali della zona.

L'area dell'innesto sull'A1 rappresenta la zona distale della Conoide del Taro ed è caratterizzata da depositi ghiaioso-sabbiosi, che diventano più fini verso nord, da Viarolo (PR) fino al Fiume Po prevalgono i depositi a composizione prevalentemente limosa e argillosa.

Risulta difficile riconoscere in superficie le piatte conoidi alluvionali dei corsi d'acqua appenninici, le quali si saldano dolcemente le une nelle altre a formare la "bassa pianura alluvionale".

Le litologie nell'intorno dell'innesto fra la A15-A1-TIBRE sono disposte simmetricamente rispetto all'asse del Taro che corre, in questa porzione di territorio, in direzione S-N con andamento quasi rettilineo. Simmetricamente, rispetto all'alveo, si rilevano litologie dapprima prevalentemente ghiaiose e successivamente limose ed argillose.

Laddove il territorio è contraddistinto da litologie ghiaiose dominanti, vi sono numerosi segni di attività di cava sia in atto che pregresse. In tale contesto si imposta la parte iniziale del raccordo autostradale in progetto, che sottopassa l'A1 mediante una galleria artificiale che raggiunge la profondità massima di circa 8 metri dal p.c.. In questo tratto i terreni superficiali interessati dall'opera sono prevalentemente limoso sabbiosi e ricoprono i depositi ghiaiosi direttamente connessi con gli apporti recenti del Taro.

Poco più a nord il tracciato prosegue su viadotto. L'area d'imposta di quest'opera, in sponda sinistra, è omogeneamente rappresentata da terreni prevalentemente ghiaiosi. In sponda destra, all'altezza di Viarolo, si rilevano, a partire dal piede lato campagna dell'argine maestro, terreni a composizione prevalentemente limoso-argillosa.

Da Viarolo passando ad est di Ronco Campo Canneto e successivamente a Trecasali fino alla sponda destra del Fiume Po, all'altezza del centro abitato di Coltaro, le litologie interessate dal tracciato dal raccordo sono caratterizzate da alternanze di terreni prevalentemente argillosi e limosi interdigitati, che sfumano lateralmente gli uni negli altri.

Nell'area golenale, a partire dall'argine maestro destro del Po, le litologie sono a carattere prevalentemente sabbioso, direttamente connesse con l'attività del Fiume, fatto salvo un piccolo lembo di materiale argilloso affiorante a lato fiume dell'argine maestro sinistro.

### 4.1 Profilo geologico

La definizione della stratigrafia di dettaglio dei terreni di fondazione del raccordo autostradale è stata espressa nei profili geologici in asse al tracciato dell'asse principale, dei rami di interconnessione e delle opere accessorie.

La definizione delle caratteristiche litostratigrafiche è stata basata sull'interpretazione e correlazione dei risultati di tutte le indagini effettuate, pregresse (Progetto Definitivo e precedenti) ed integrative (Progetto Esecutivo) ricadenti lungo il tracciato in studio sia quelle relative ai tracciati precedentemente analizzati.

In relazione alle diverse tipologie delle indagini eseguite ed alla necessità di effettuare una descrizione adatta alle diverse litologie interessate dal tracciato, sono state individuate le seguenti classi litologiche:

Terreni di natura antropica:

- Suolo agrario
- Argini e rilevati in terra
- Riempimenti e/o cumuli di cava
- Rilevati stradali

Terreni alluvionali postglaciali (Olocene)

- Ghiaia prevalente in matrice sabbioso e/o limosa, talora con sabbia
- Sabbia prevalente limosa, talora con ghiaia

- Limo prevalente argilloso talora debolmente sabbioso
- Argilla prevalente, limosa o debolmente limosa, talora con inclusi torbosi
- Torbe

Nel tratto del raccordo autostradale in Provincia di Parma le litologie profonde che si incontrano fino a 50 metri da p.c. sono legate agli apporti recenti del Taro.

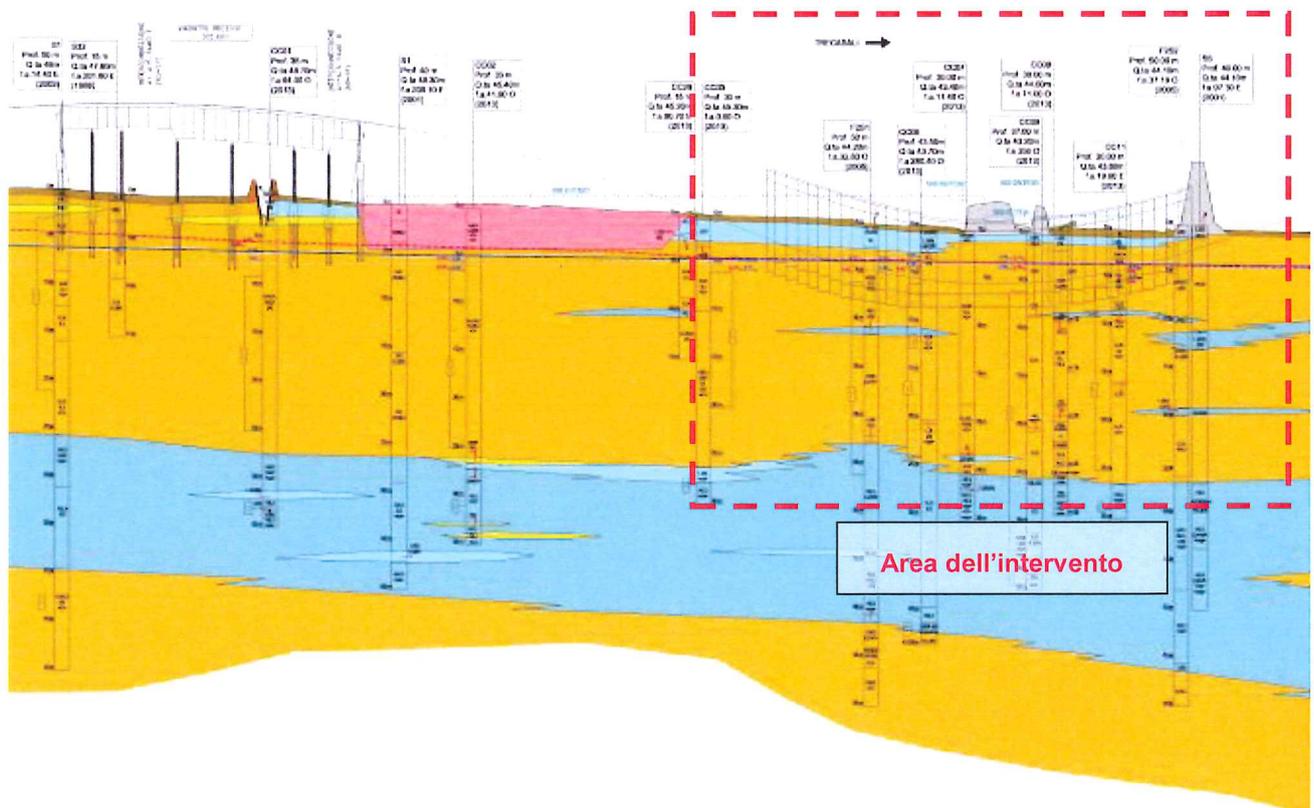
Nel tratto iniziale in sponda sinistra del Fiume Taro (si vedano gli stralci del profilo Geologico del Progetto Esecutivo, riportato nel seguito), al di sotto del suolo agrario e di eventuali livelli limosi spessi massimo 2.00m, si ha una netta prevalenza di depositi ghiaiosi 20-25 metri, al di sotto del quale si rinviene un livello prevalentemente argilloso di spessore variabile tra 13 e 20m, che separa il livello ghiaioso superficiale dal livello ghiaioso profondo, connesso ai palo alvei del Fiume Taro.

**LEGENDA GEOLITOGICA  
TERRENO DI NATURA ANTROPICA**

	Suolo agrario
	Argini e/o rilevati in terra
	Riepimenti e/o cumuli di cava
	Rilevati stradali

**TERRENI ALLUVIONALI  
POSTGLACIALI (OLOCENE)**

	Ghiala prevalente, in matrice sabbioso e/o limosa, talora con sabbia
	Sabbia prevalente, limosa talora con ghiala
	Limo prevalente, argilloso - debolmente sabbioso
	Argilla prevalente, limosa o debolmente limosa, talora con inclusi torbosi
	Torbe



**Figura 1 – Profilo geologico in corrispondenza della galleria artificiale**

## 4.2 Parametri geotecnici di progetto

In accordo alle indagini eseguite, il sito di costruzione presenta terreni con caratteristiche prevalentemente granulari, con uno strato superficiale limoso-sabbioso fino a 2.70 m circa dal p.c. e strati più profondi ghiaiosi.

Ai fini del calcolo delle strutture sono state considerate le seguenti caratteristiche dei terreni.

### Strato 1 – Limoso-sabbioso

Angolo di attrito	$\varphi$	=	29°
Coesione drenata	c	=	3 kN/m <sup>2</sup>
Coesione non drenata	$c_u$	=	50 - 60 kN/m <sup>2</sup>
Peso specifico	$\gamma$	=	19.5 kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico – immerso	$\gamma'$	=	9.5 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	=	14.5°

### Strato 2 – Ghiaie

Angolo di attrito	$\varphi$	=	40°
Coesione drenata	c	=	0 kN/m <sup>2</sup>
Coesione non drenata	$c_u$	=	50 - 60 kN/m <sup>2</sup>
Peso specifico	$\gamma$	=	21.5 kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico – immerso	$\gamma'$	=	11.5 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	=	20°

Il calcolo delle spinte litostatiche per le strutture scatolari è stato eseguito considerando un angolo di attrito di 30° e un peso specifico del materiale di 20 kN/m<sup>3</sup>. Tale assunzione considera caratteristiche medie del terreno adiacente alla galleria, tenendo in considerazione anche l'inevitabile rimaneggiamento del materiale dovuto alle operazioni di rinterro ad opera completata.

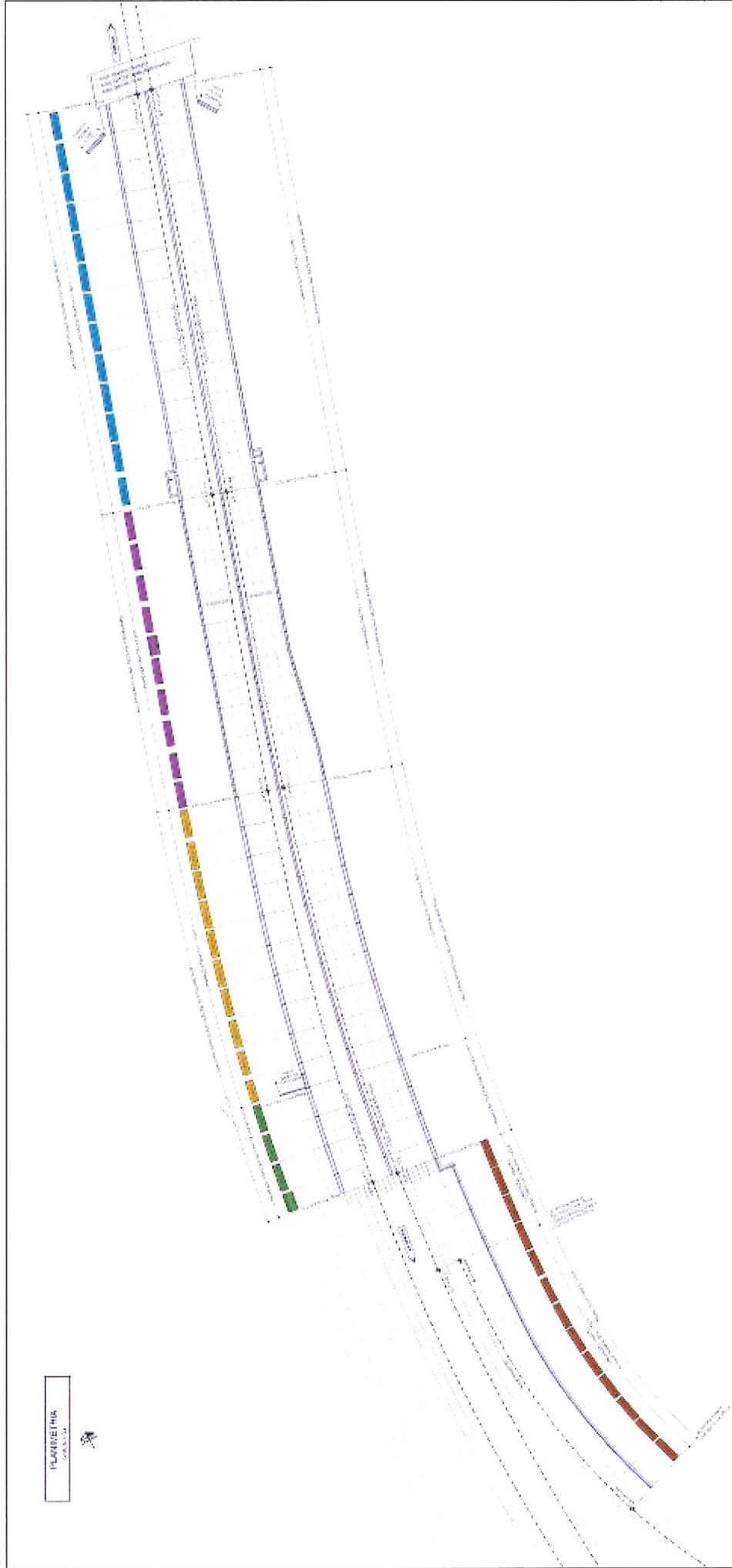
## 5 DESCRIZIONE DELLE OPERE

### 5.1 Galleria artificiale

La galleria artificiale consente l'attraversamento in sotterraneo dell'Autostrada A1 e dei suoi rami di svincolo. Essa è costituita da due carreggiate indipendenti, separate da un setto centrale in c.a., gettato in opera per i tratti realizzati con scavo a cielo aperto e costituito dai diaframmi nel tratto centrale.

L'opera ha uno sviluppo complessivo di circa 438 m, fra gli imbocchi Nord (lato Verona) e Sud (lato La Spezia). L'imbocco Nord è situato alla progressiva di progetto km 0+202.87 sull'asse di tracciamento nord e al km 0+202.24 sull'asse di tracciamento sud. L'imbocco Sud è situato alla progressiva km 0-236.31 sull'asse di tracciamento nord e al km 0-235.07 sull'asse di tracciamento sud. All'imbocco Sud sono presenti muri di sostegno in c.a. con sviluppo totale di 155.78 m.

La planimetria generale dell'intervento e la scansione dei conci sono riportate in Figura 2.



**Figura 2 – Planimetria generale dell'intervento**

La galleria artificiale è nel complesso costituita da conci modulari di lunghezza 12 m nei tratti realizzati con scavo a cielo aperto e da conci di lunghezza 12.5 m nei tratti costruiti fra diaframmi. Le geometrie di riferimento dei diversi tratti che costituiscono la galleria artificiale sono reperibili nelle tavole del Progetto Esecutivo e sono state riassunte nel seguito.

### 5.1.1 Tratto pk km 0-192.467 ÷ 0-76.593 (conci 1 – 10)

Luce netta canna nord:           ≈ 17.0 m  
Luce netta canna sud:           ≈ 18.5 m ÷ 15.5 m  
Spessore platea di fondazione: 150 cm  
Spessore piedritti laterali:     150 cm  
Spessore piedritto centrale:   100 cm

Impalcato costituito da travi in c.a.p. tipo FORAP (h = 100 cm) con soletta di completamento di spessore 25 cm.

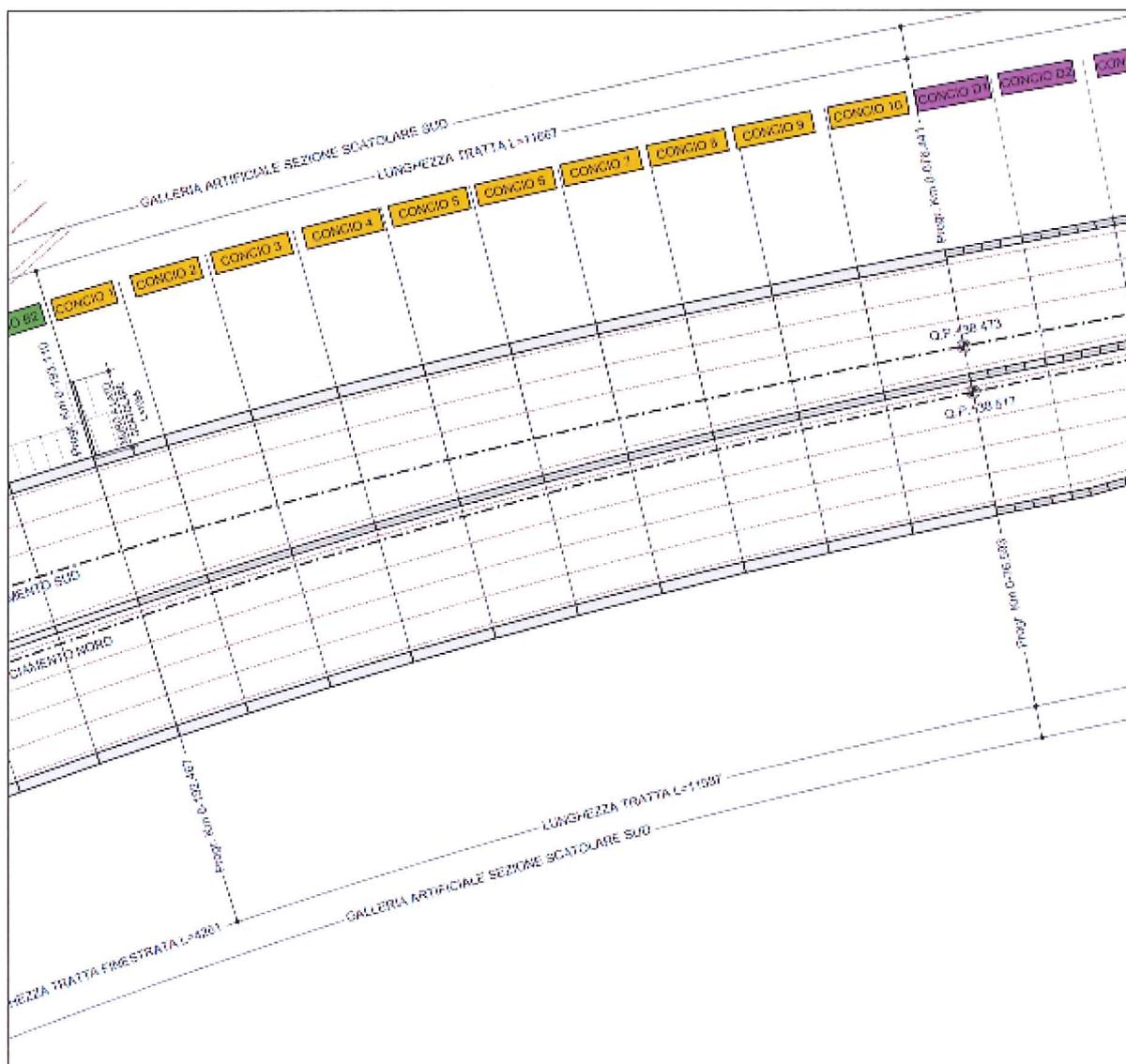
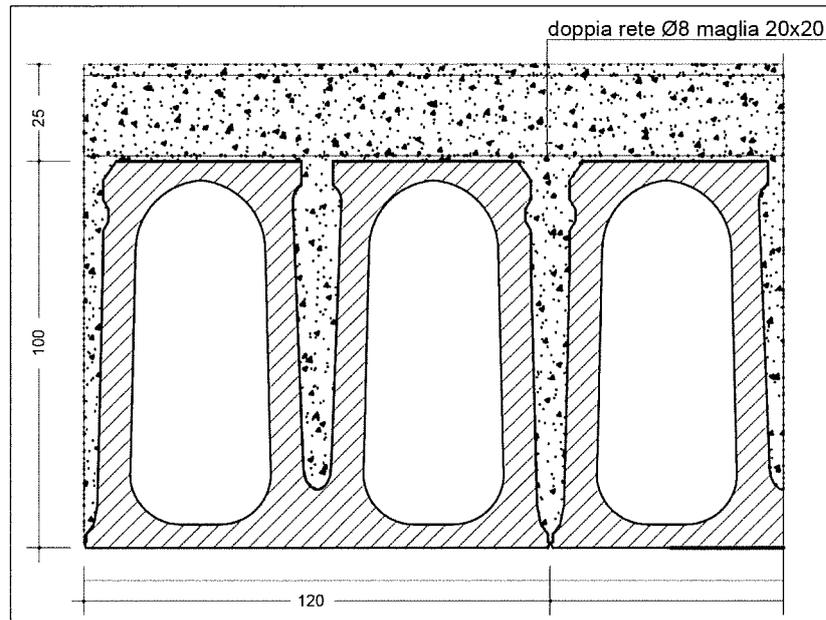
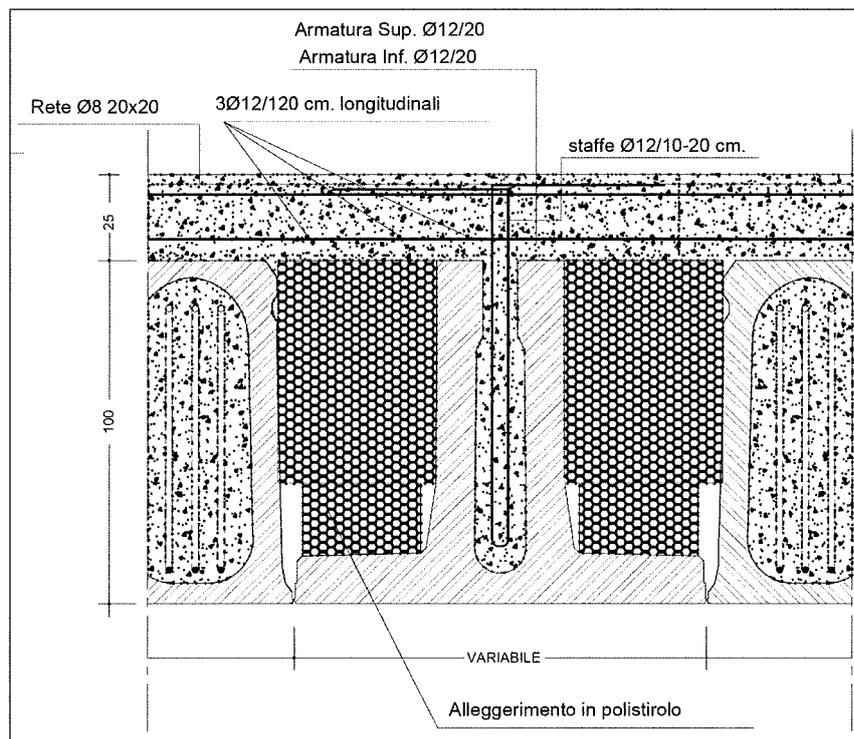


Figura 3 – Planimetria generale dell'intervento – Tratto pk km 0-192.467 ÷ 0-76.593 (conci 1 – 10)





**Figura 7 – Sezione tipologica impalcato prefabbricato con elementi FORAP e soletta di completamento**



**Figura 8 – Sezione tipologica con elementi di completamento per impalcato prefabbricato**

### 5.1.2 Tratto pk km 0-76.593 ÷ 0+41.923 (conci D1 – D10)

Luce netta canna nord: ≈ 17.5 m ÷ 13.8 m

Luce netta canna sud: ≈ 16.0 m ÷ 15.3 m

Spessore platea di fondazione: 130 cm

Spessore diaframmi: 100 cm

Spessore fodere interne: 40 cm

Impalcato costituito da travi in c.a.p. di altezza 80 cm e soletta di completamento di spessore 30 cm.

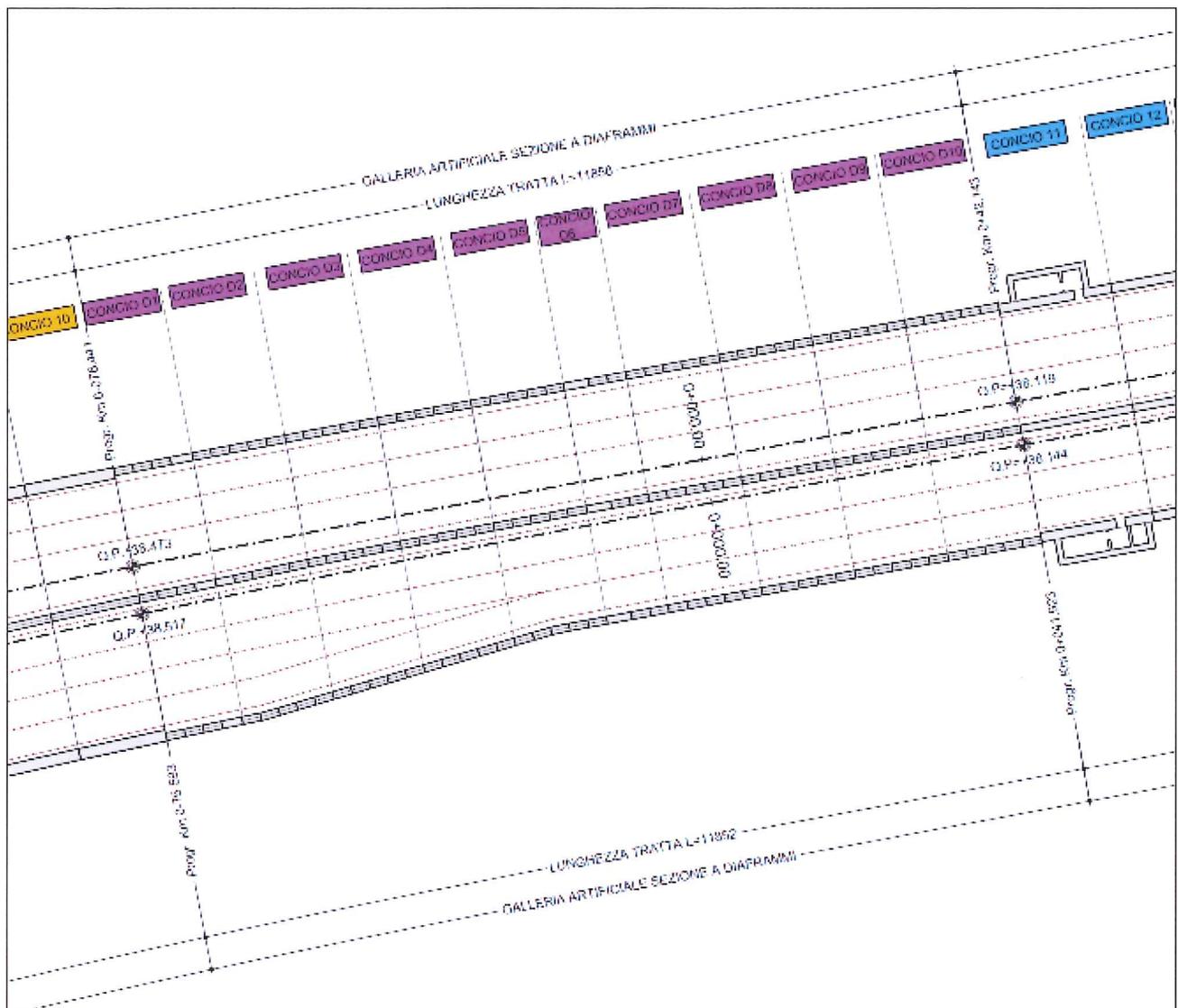
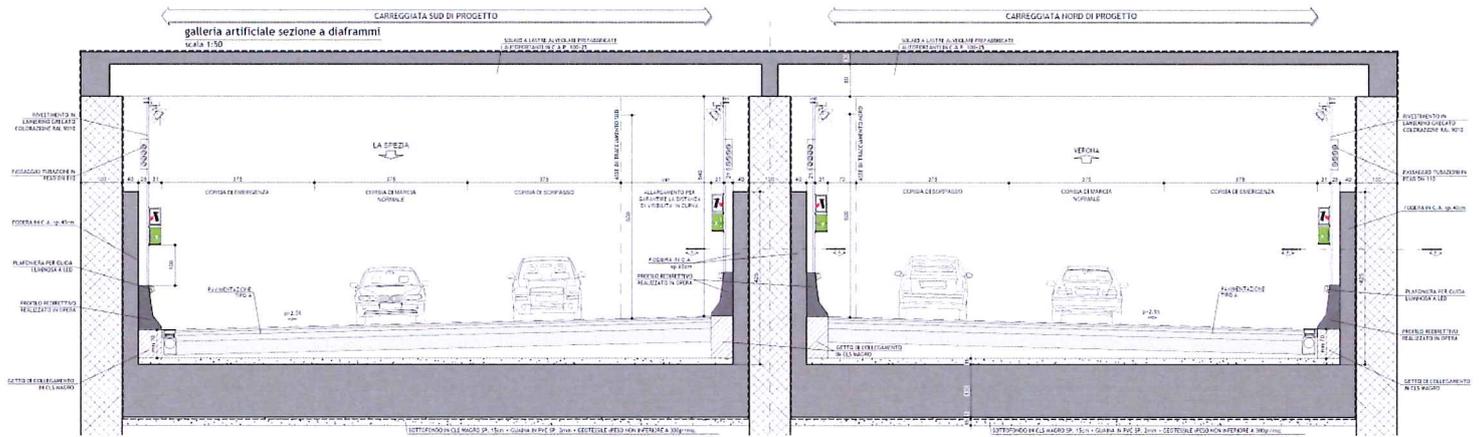
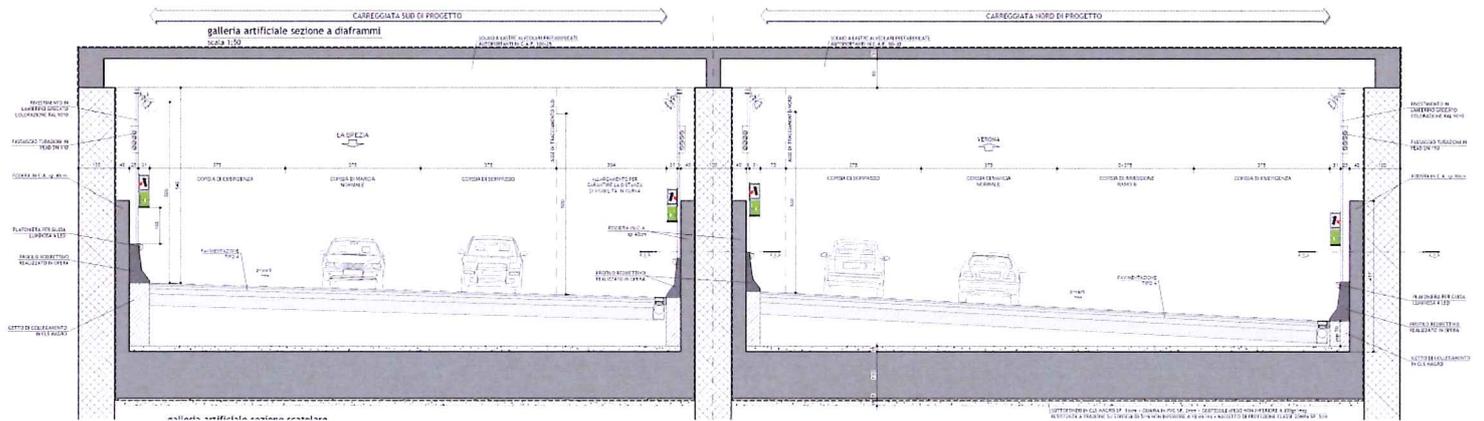


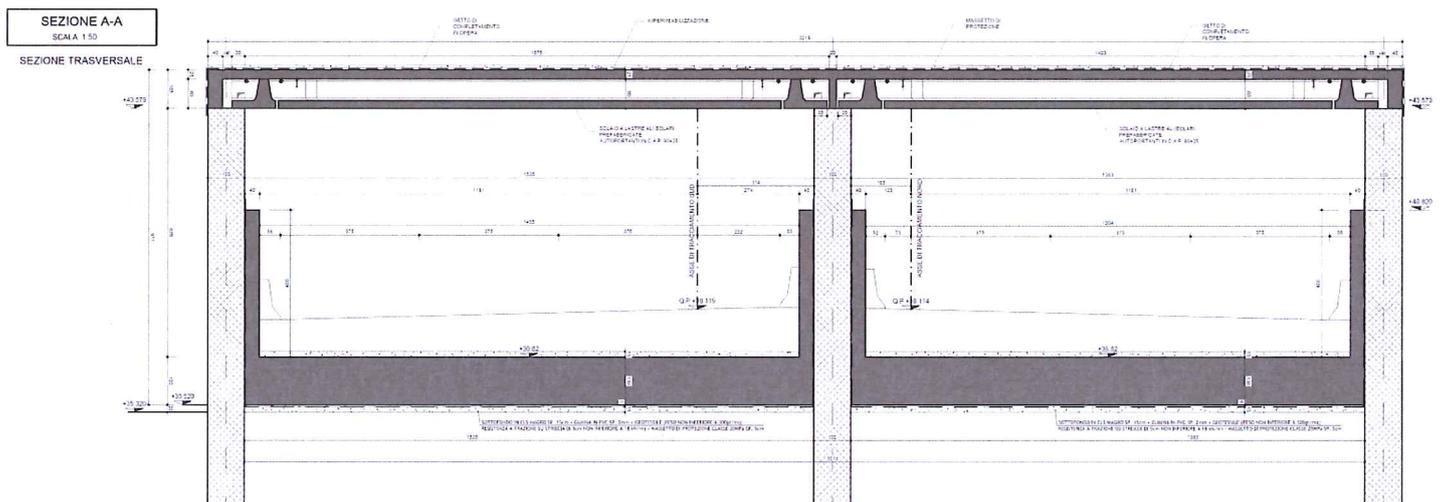
Figura 9 – Planimetria generale dell'intervento – Tratto pk km 0-76.593 ÷ 0+41.923 (conci D1 – D10)



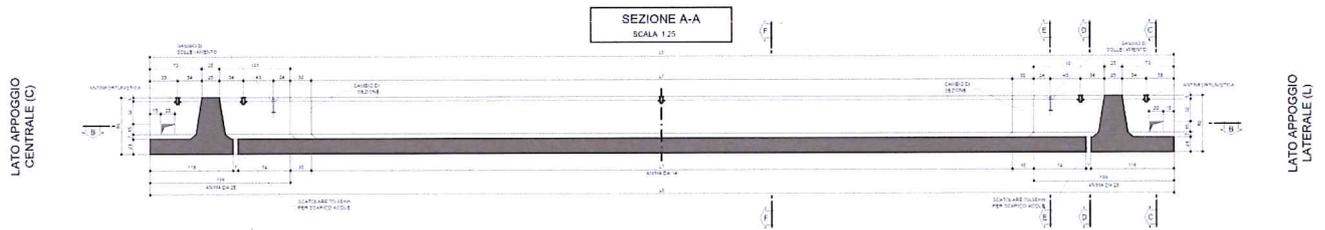
**Figura 10 - Sezione tipologica fra diaframmi (Conci D1 - D13) - Tratto in rettilifilo**



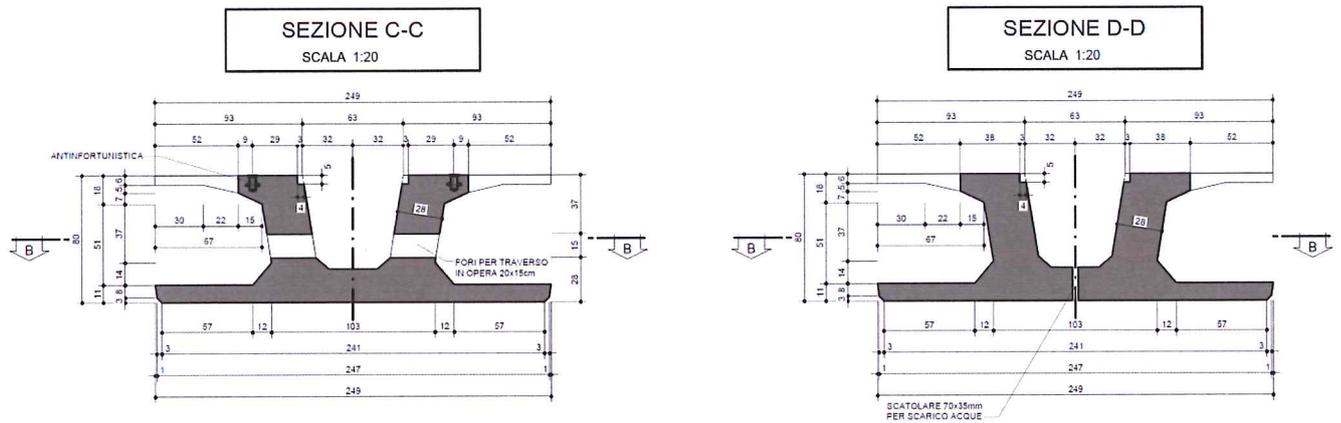
**Figura 11 - Sezione tipologica fra diaframmi (Conci D1 - D13) - Tratto in curva**



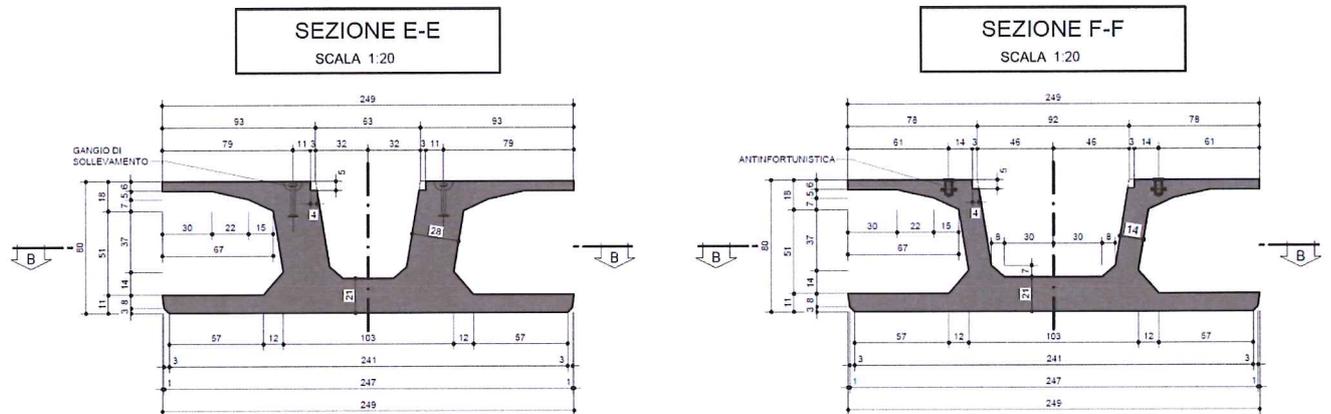
**Figura 12 - Sezione fra diaframmi: carpenteria tipologica**



**Figura 13 - Tipologico carpenteria trave prefabbricata per la sezione fra diaframmi**



**Figura 14 - Sezioni C-C e D-D tipologiche trave prefabbricata fra diaframmi**



**Figura 15 - Sezioni E-E e F-F tipologiche trave prefabbricata fra diaframmi**

### 5.1.3 Tratto pk km 0+41.923 ÷ 0+202.873 (conci 11 – 23)

Luce netta canna nord: ≈ 13.4 m

Luce netta canna sud: ≈ 15.0 m

Spessore platea di fondazione: 150 cm

Spessore piedritti laterali: 120 cm

Spessore piedritto centrale: 100 cm

Impalcato costituito da travi in c.a.p. tipo FORAP (h = 100 cm) con soletta di completamento di spessore 25 cm.

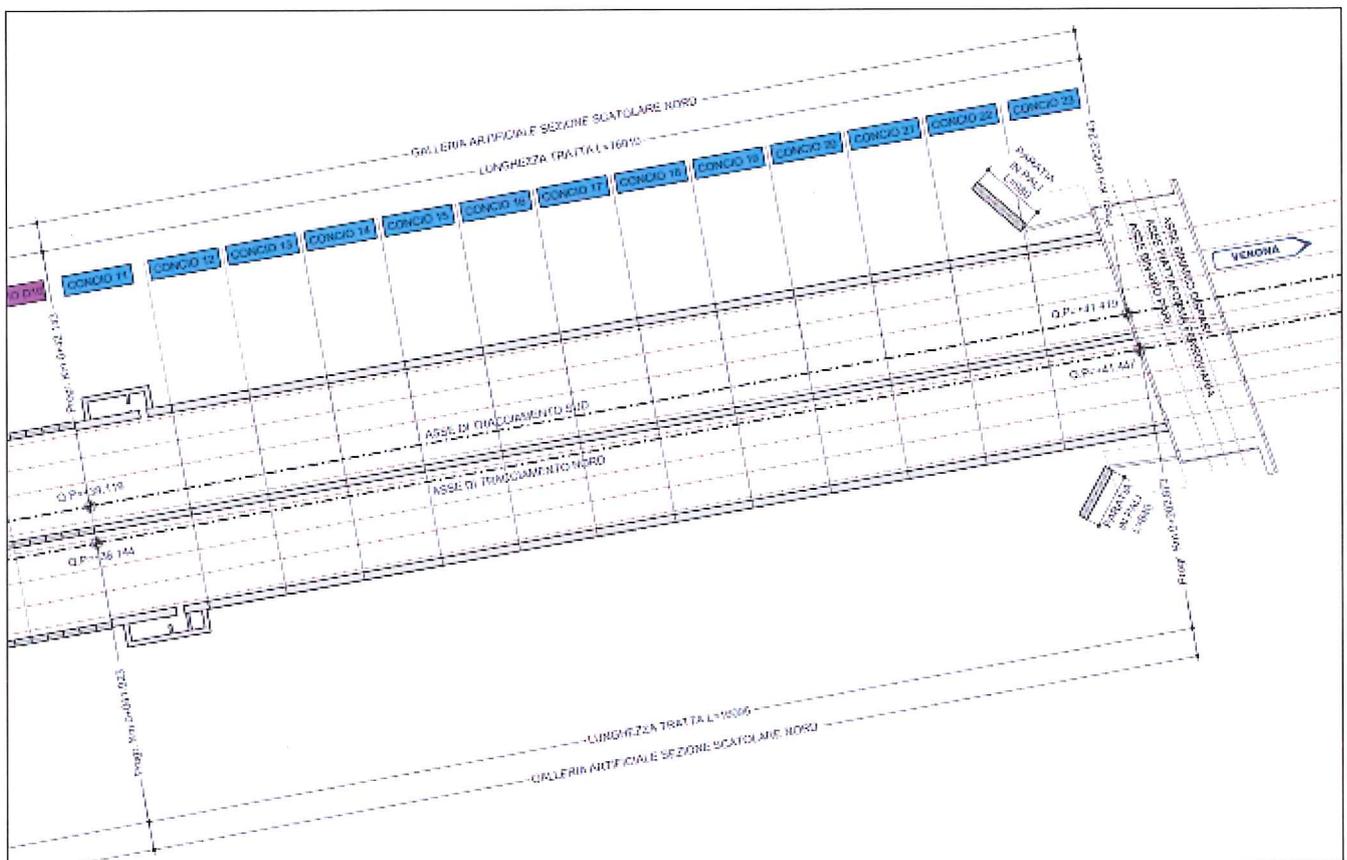


Figura 16 - Planimetria generale dell'intervento - Tratto pk km 0+41.923 ÷ 0+202.873 (conci 11 - 23)

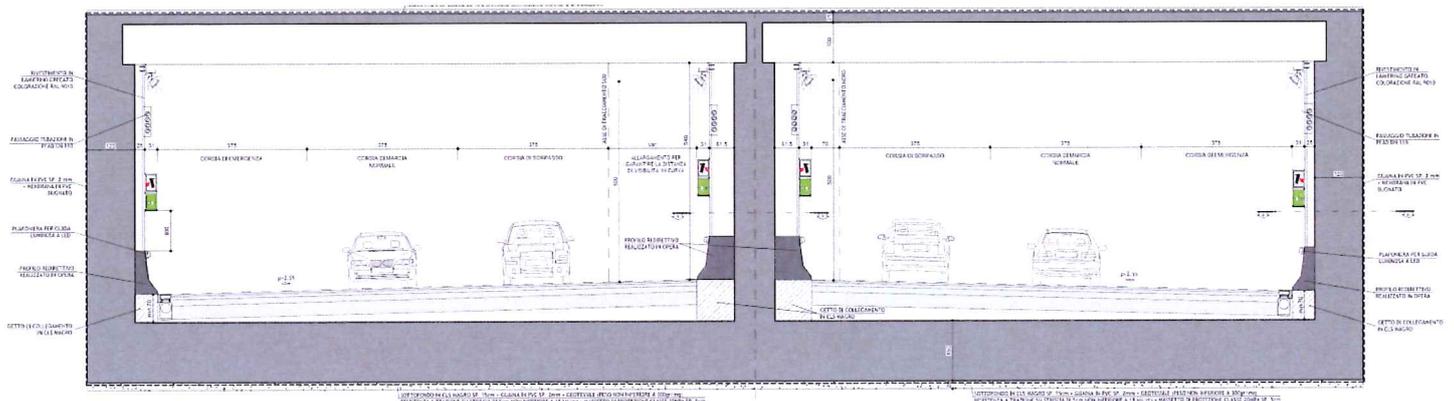
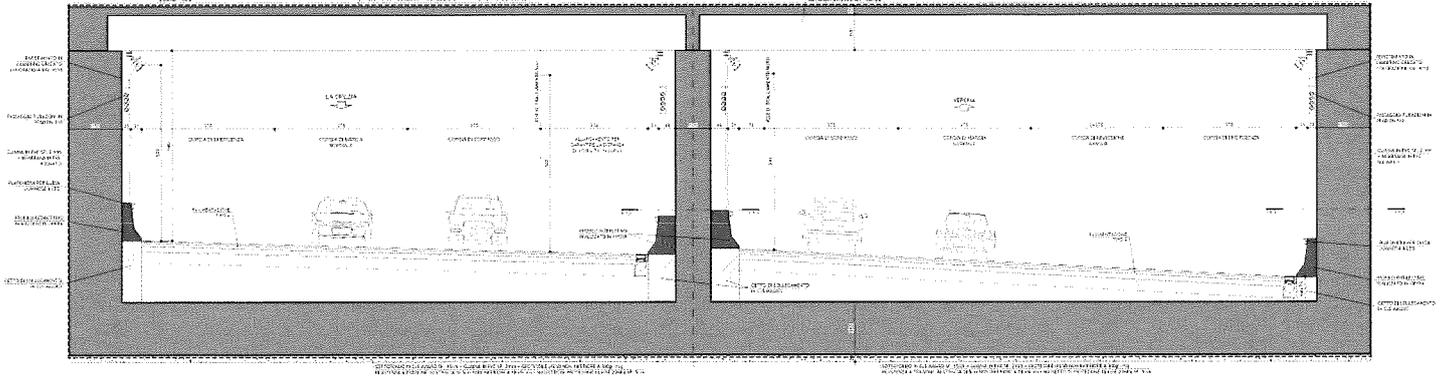
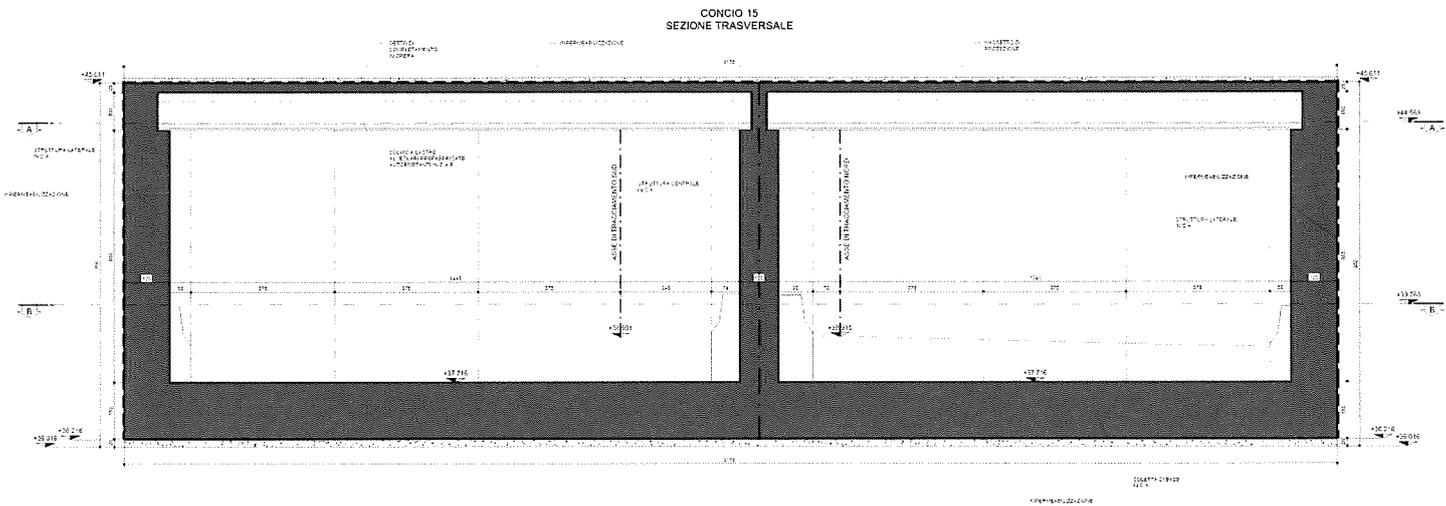


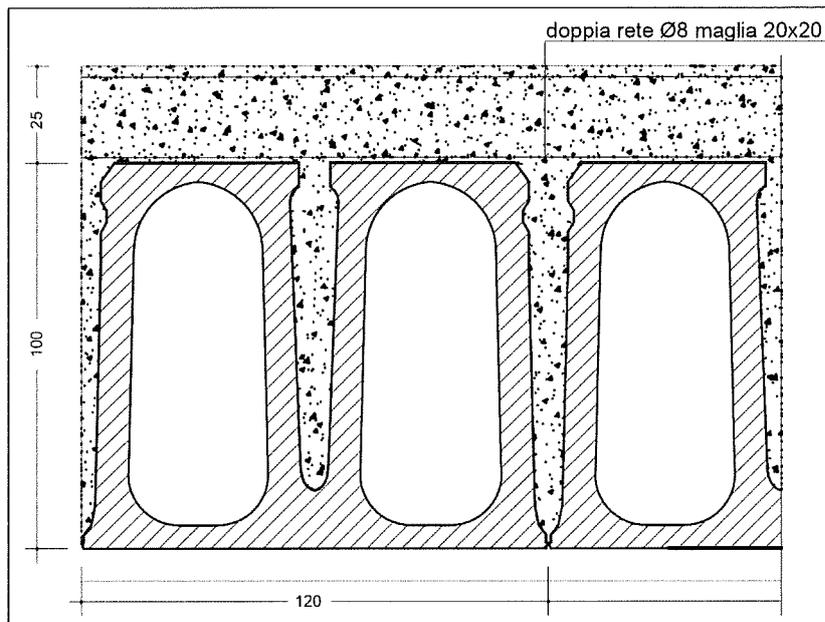
Figura 17 - Sezione tipologica scatolare (Conci 11 - 23) - Tratto in rettilineo



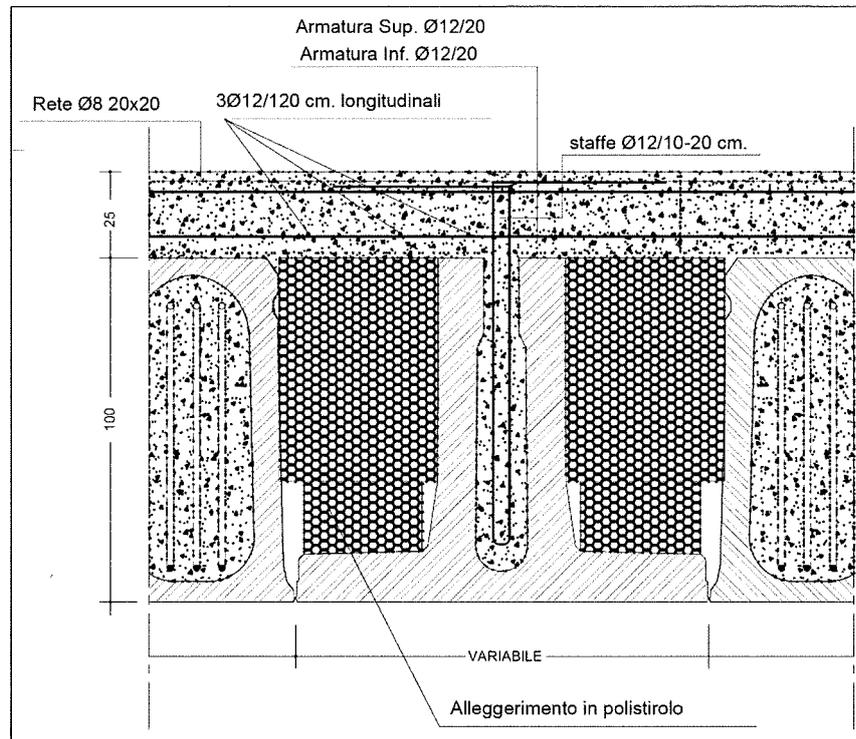
**Figura 18 - Sezione tipologica scatolare (Conci 11 - 23) - Tratto in curva**



**Figura 19 - Sezione trasversale Concio 15 - Carpenteria**



**Figura 20 - Sezione tipologica impalcato prefabbricato con elementi FORAP e soletta di completamento**



**Figura 21 – Sezione tipologica con elementi di completamento per impalcato prefabbricato**

## 5.2 Strutture di imbocco

Le strutture di imbocco sono costituite da uno scatolare in c.a., parzialmente aperto in corrispondenza del ciglio destro della carreggiata sud, e da muri di sostegno di altezza variabile.

I muri di sostegno in c.a. si sviluppano per circa 155.78 m con conci modulari di lunghezza 12 m (conci M1 – M13). La galleria scatolare “finestrata” è posizionata fra le progressive, sull’asse di tracciamento nord, km 0-235.07 e km 0-192.47. Essa è costituita da conci modulari di lunghezza 12 m (conci A1, A2, B1, B2).

### 5.2.1 Tratto pk km 0-235.074 ÷ 0-192.467 (conci A1, A2, B1, B2)

Luce netta canna nord:  $\approx 17.5 \text{ m} \div 17.0 \text{ m}$

Luce netta canna sud:  $\approx 19.2 \text{ m} \div 18.5 \text{ m}$

Spessore platea di fondazione: 150 cm

Spessore piedritti laterali: 150 cm

Spessore piedritto centrale: 100 cm

Impalcato costituito da travi in c.a.p. tipo FORAP (h = 100 cm) con soletta di completamento di spessore 25 cm.

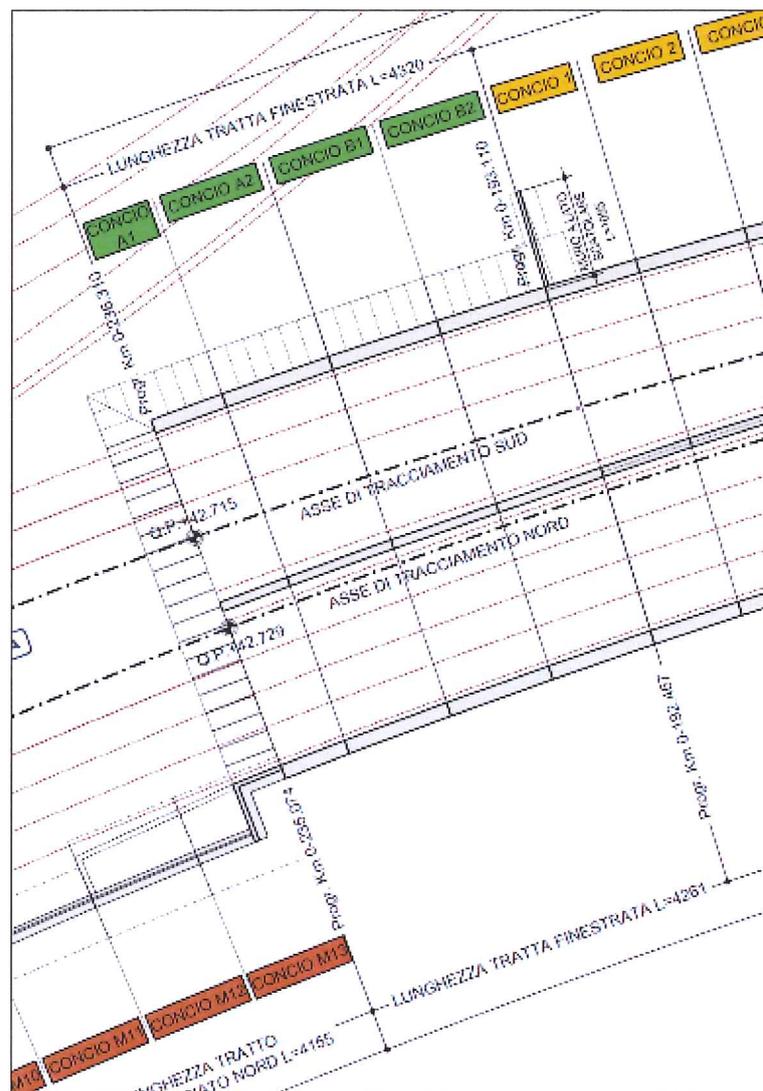
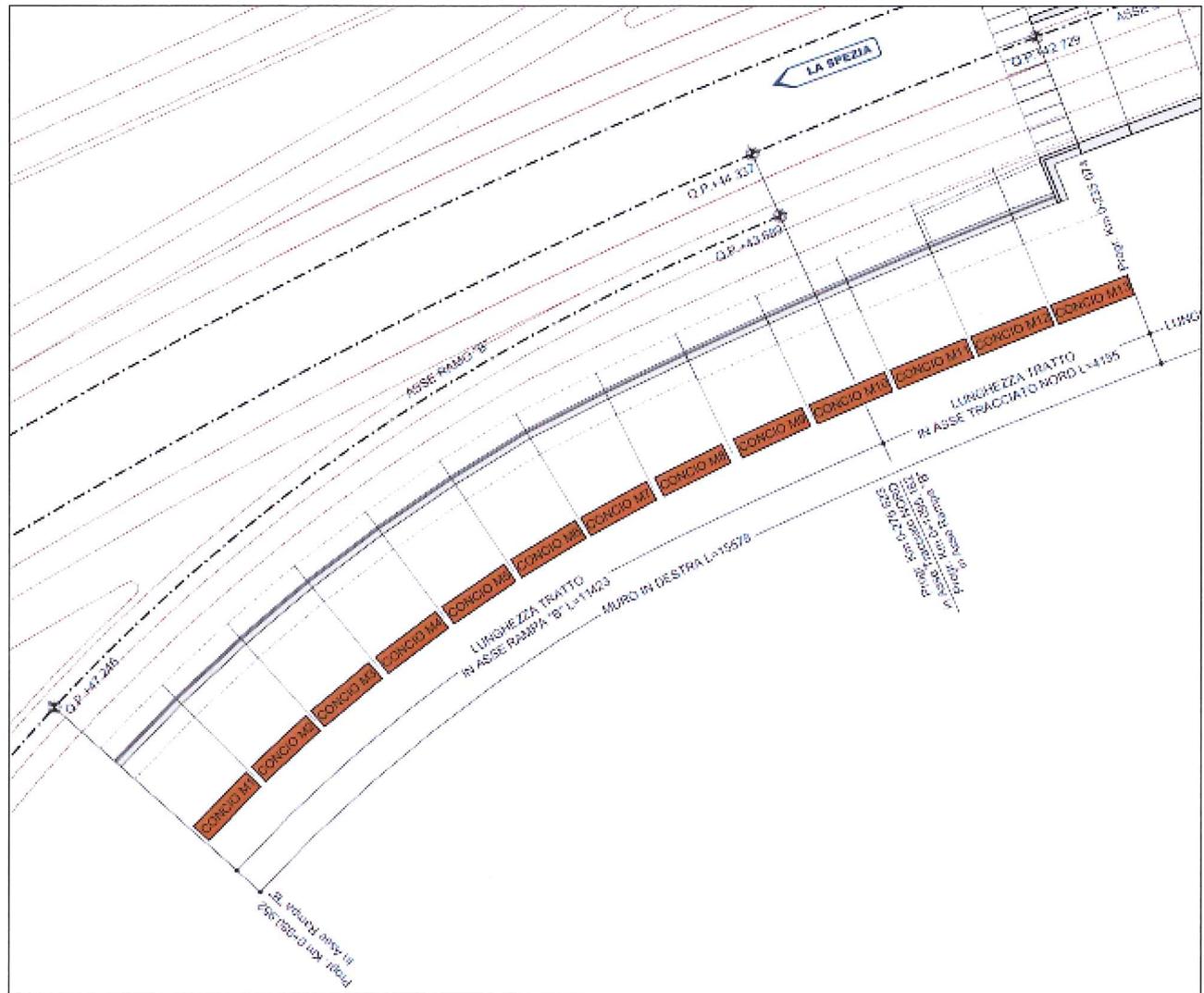
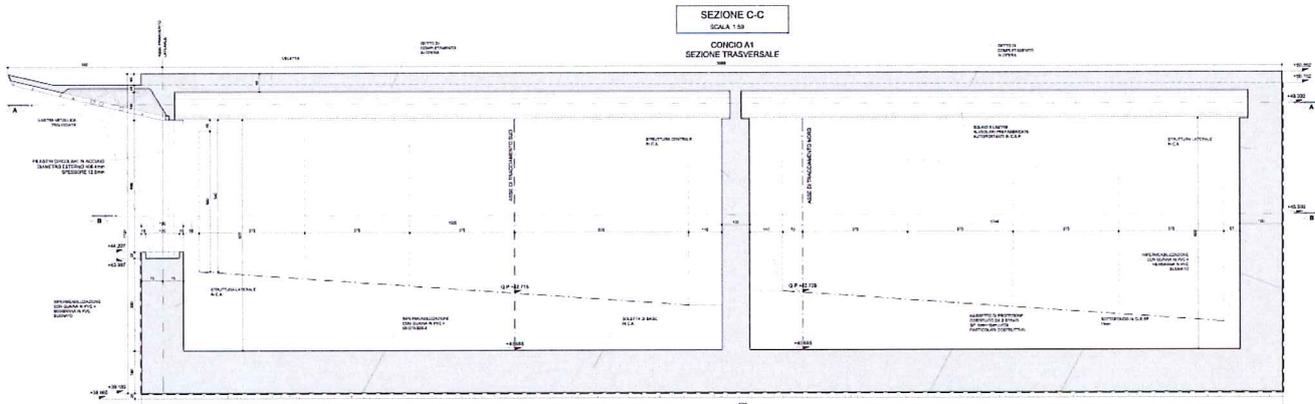


Figura 22 – Planimetria generale dell'intervento – Tratto pk km 0-235.074 ÷ 0-192.467 (conci A1, A2, B1, B2)

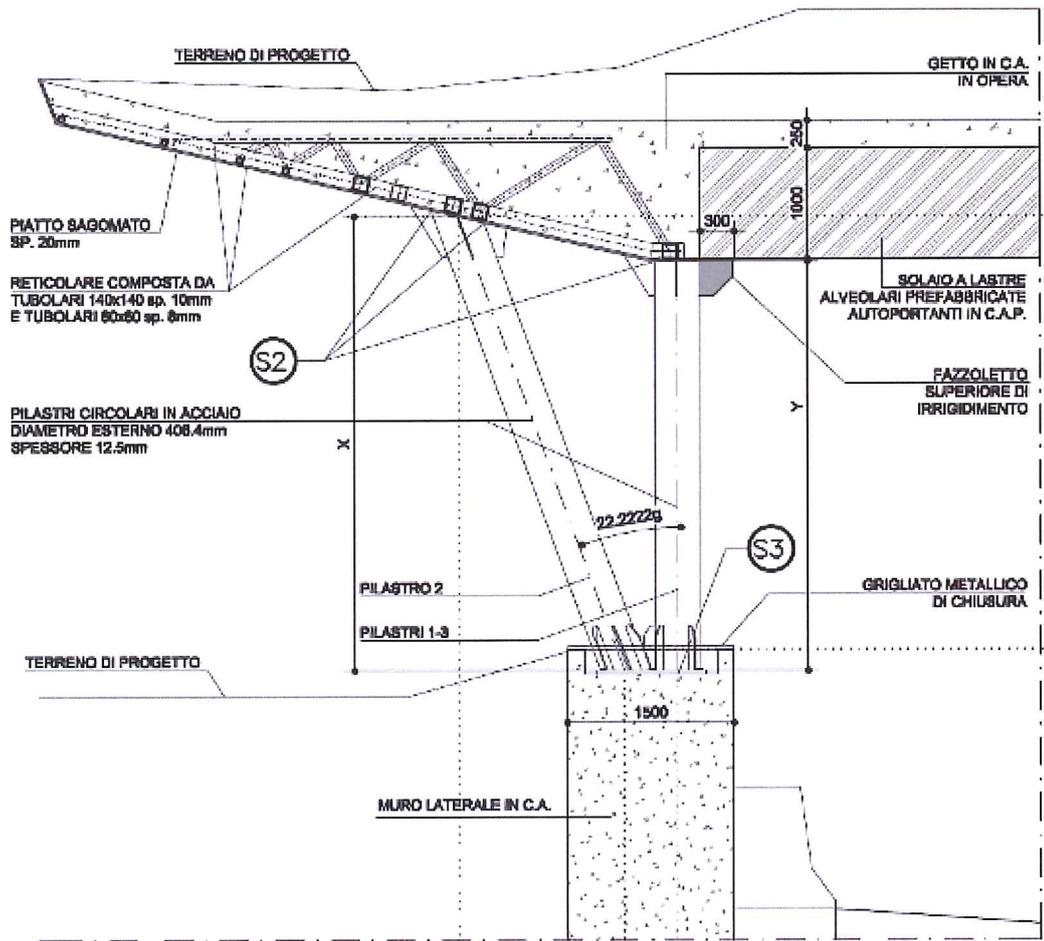


**Figura 23 – Planimetria generale dell'intervento – Muri di sostegno (conci M1 – M13)**

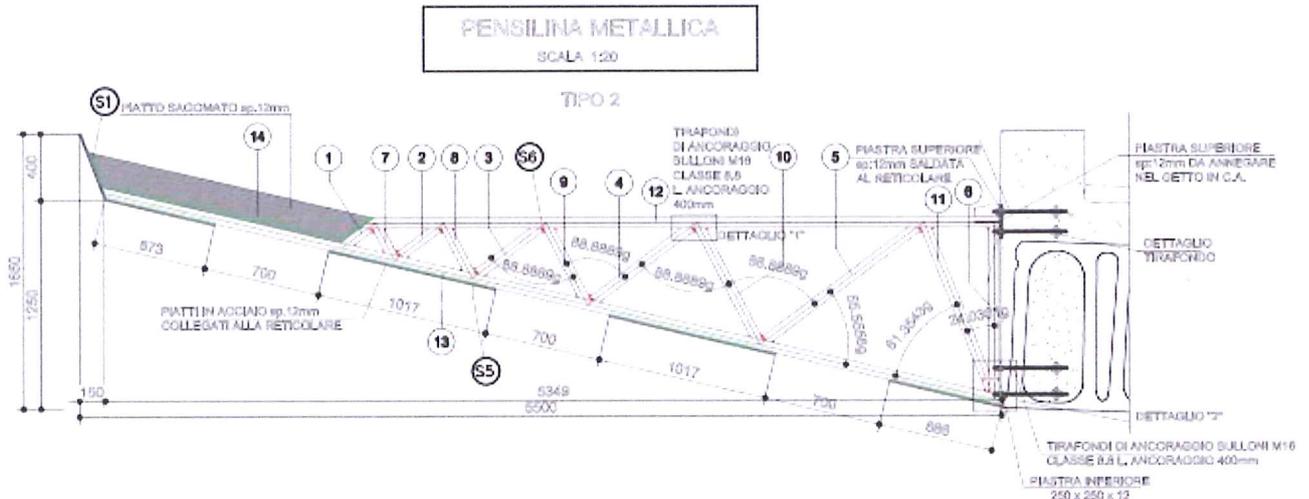
Il tratto "finestrato" della galleria artificiale nella zona dell'imbocco lato La Spezia prevede la presenza di pilastri metallici tubolari (diametro 406.4 mm, spessore 12.5 mm) che realizzano il supporto per le strutture dell'impalcato. Per la sezione corrente dello scatolare è inoltre prevista una trave a sbalzo rastremata in c.a. di lunghezza pari a circa 4 m. Questa trave è realizzata contestualmente al getto della soletta di completamento dell'impalcato prefabbricato, utilizzando un cassero formato da due tralici metallici con una piastra collaborante di spessore 20 mm saldata in sommità ai pilastri tubolari. L'appoggio delle travi prefabbricate in fase provvisoria è realizzato tramite un traliccio metallico progettato per tale funzione specifica.



**Figura 24 – Sezione trasversale Concio A1 - Carpenteria**



**Figura 25 – Concio metallico Tipo 1 per getto della trave rastremata (Imbocco lato La Spezia)**



**Figura 26 – Concio metallico Tipo 2 per copertura zona di imbocco lato La Spezia**

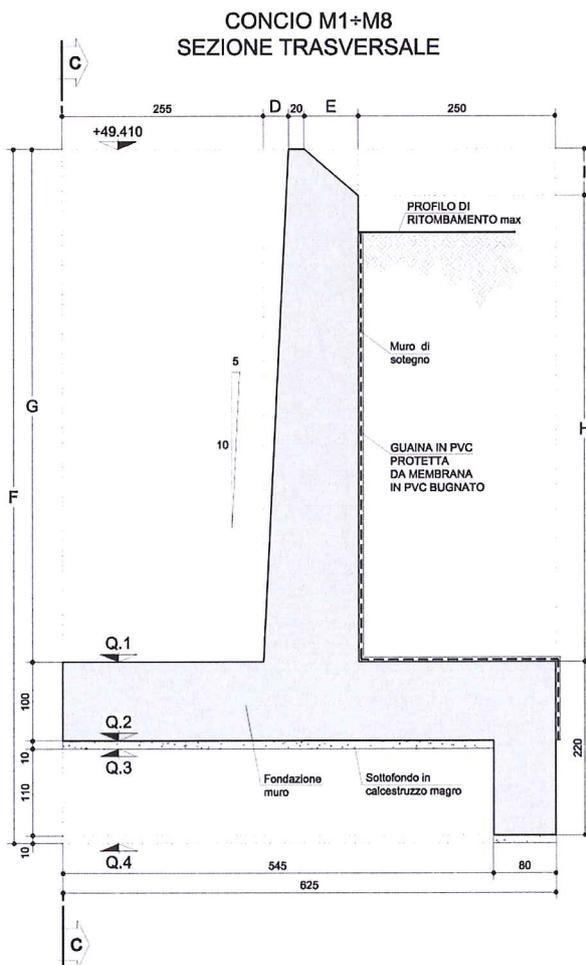
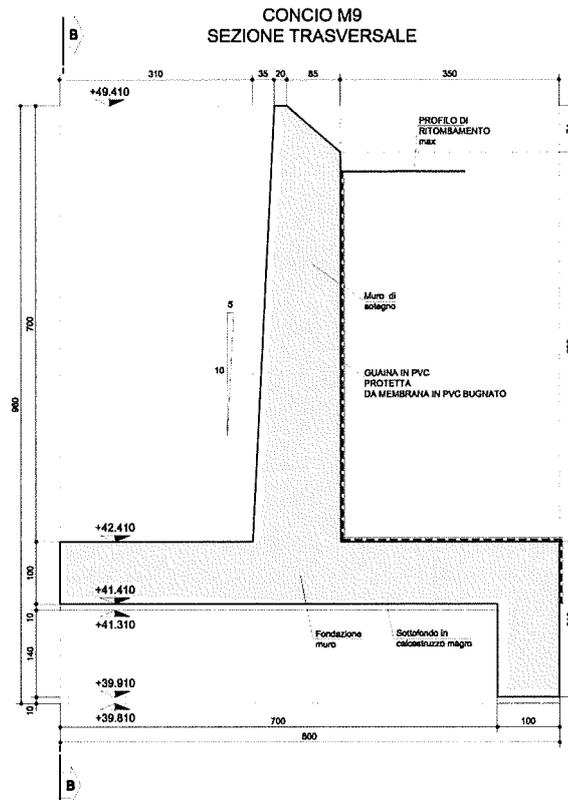
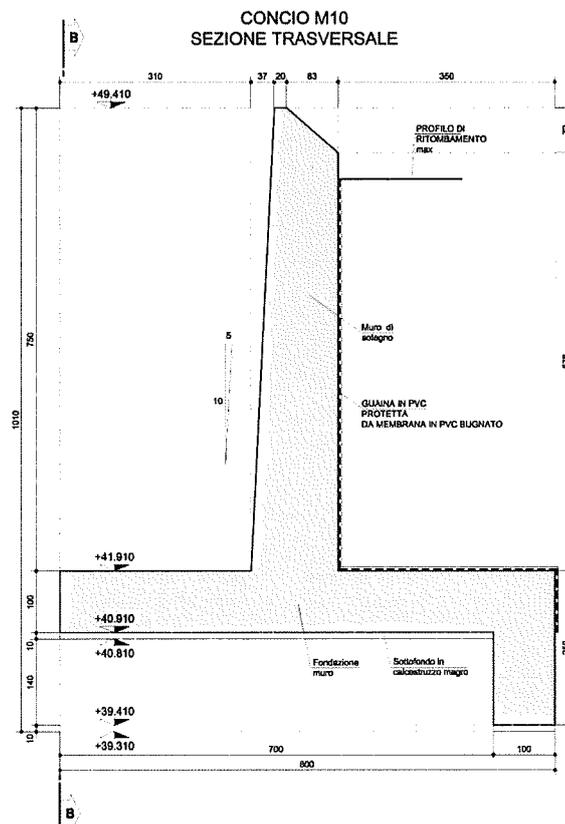


TABELLA VARIABILI										
		CONCIO								
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
LUNGHEZZE (cm)	A	1213	1218	1219	1219	1219	1219	1219	1219	
	B	1192	1188	1187	1187	1187	1187	1187	1187	
	C	11	15	16	16	16	16	16	16	
	D	32	30	28	25	24	22	20	19	
	E	68	70	72	75	76	78	80	81	
	F	600	630	660	695	730	775	820	870	
	G	380	410	440	475	510	555	600	650	
	H	309	340	372	408	445	492	539	591	
	I	71	70	68	67	65	63	61	59	
	L	74	78	82	86	91	96	101	106	
	M	71	74	78	82	86	91	96	101	
	N	121	121	117	115	114	119	118	120	
	O	148	151	151	152	150	159	164	168	
	Q. altimetriche (m)	Q.1	+45.610	+45.310	+45.010	+44.660	+44.310	+43.860	+43.410	+42.910
		Q.2	+44.810	+44.310	+44.010	+43.660	+43.310	+42.860	+42.410	+41.910
Q.3		+44.510	+44.210	+43.910	+43.560	+43.210	+42.760	+42.310	+41.810	
Q.4		+43.410	+43.110	+42.810	+42.460	+42.110	+41.660	+41.210	+40.710	
Q.5		+47.090	+46.821	+46.517	+46.179	+45.806	+45.449	+45.051	+44.589	
Q.6		+46.821	+46.517	+46.179	+45.806	+45.449	+45.051	+44.589	+44.106	

**Figura 27 – Carpenteria muri di sostegno (conci M1-M8)**



**Figura 28 – Carpenteria muri di sostegno (concio M9)**



**Figura 29 – Carpenteria muri di sostegno (concio M10)**

CONCIO M11  
SEZIONE TRASVERSALE

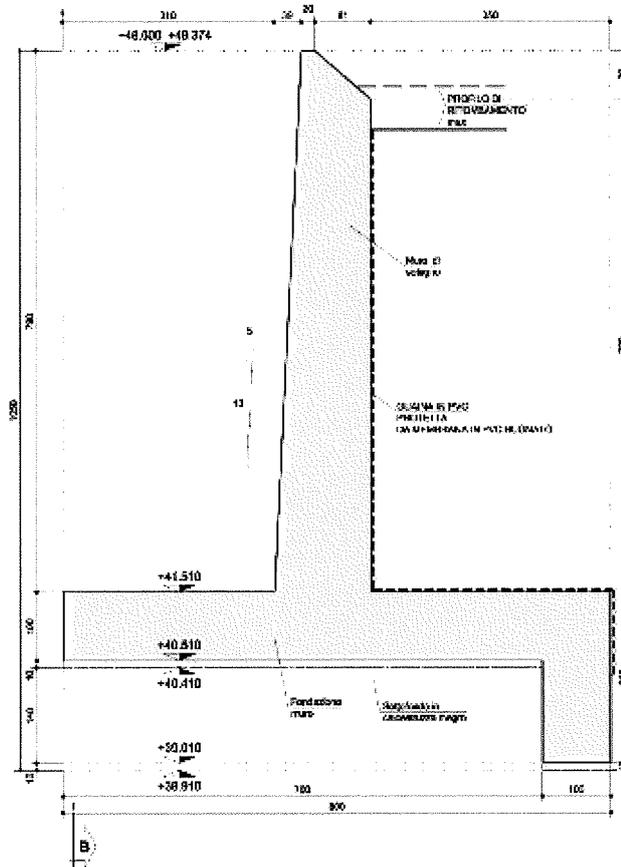


Figura 30 – Carpenteria muri di sostegno (concio M11)

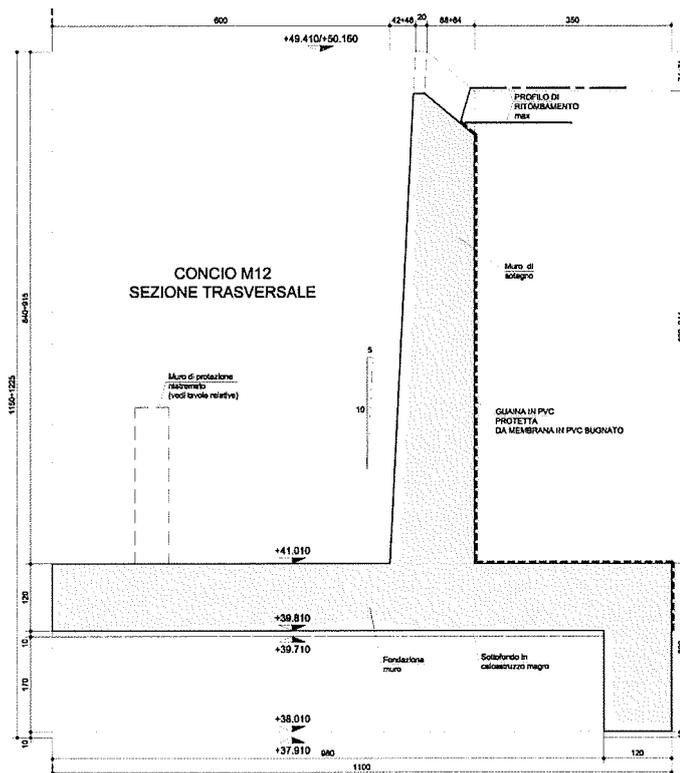
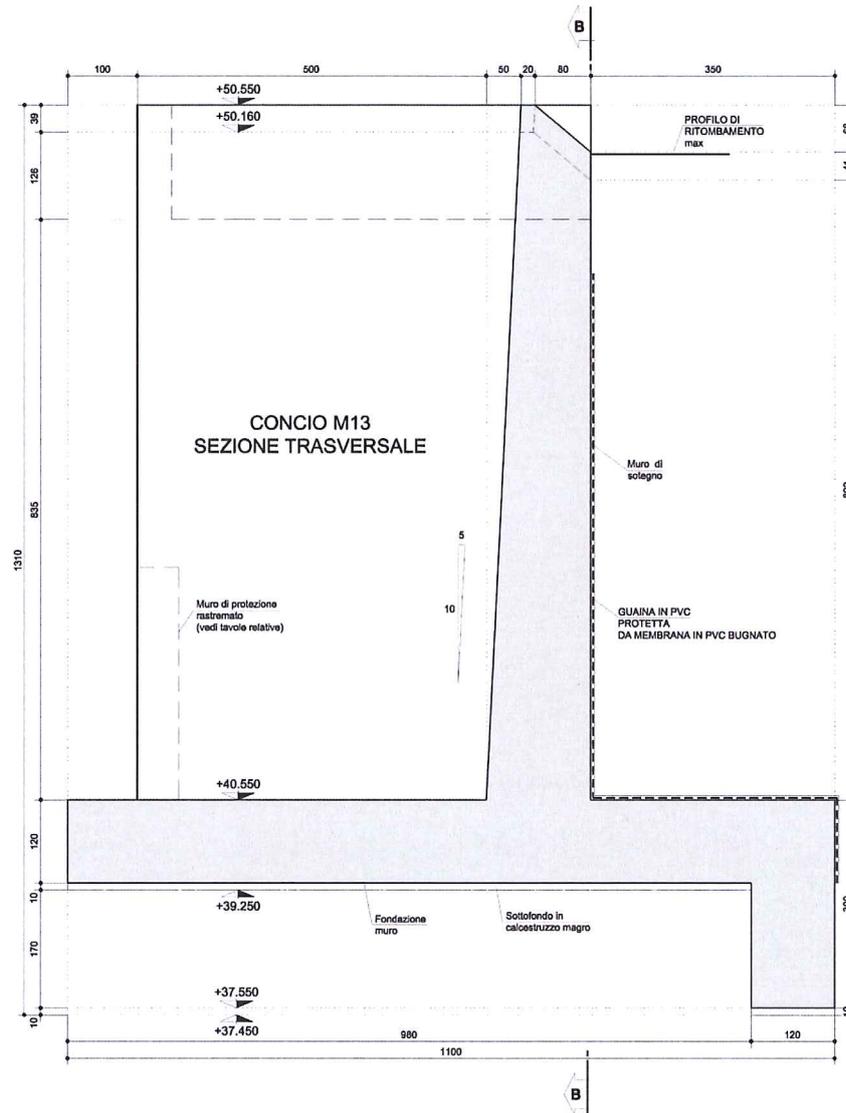


Figura 31 – Carpenteria muri di sostegno (concio M12)



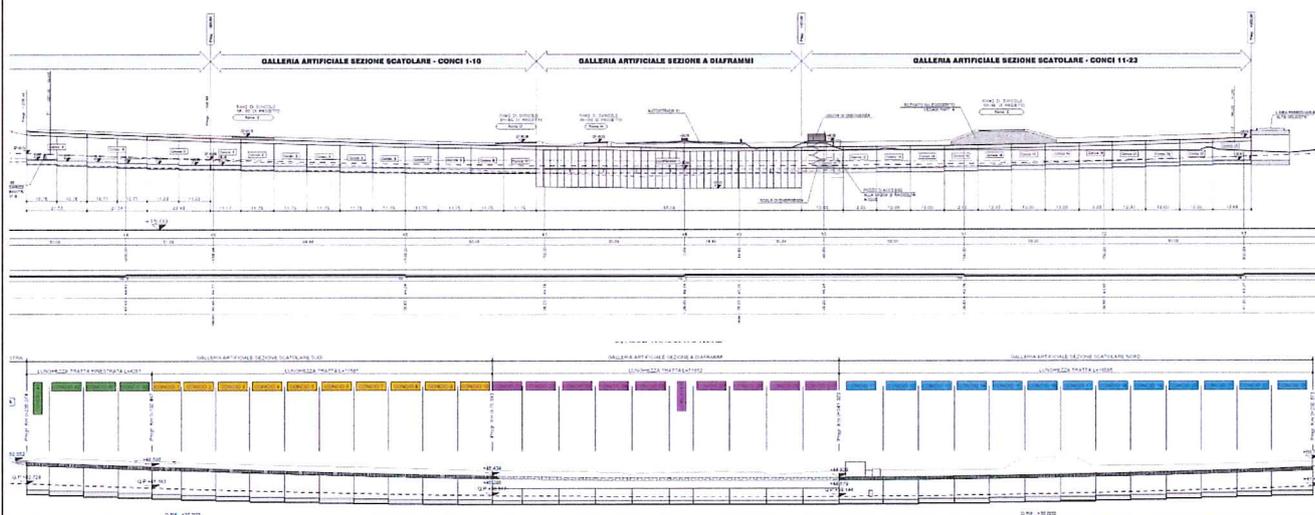
**Figura 32 - Carpenteria muri di sostegno (concio M13)**

## 6 ELEMENTI VARIATI RISPETTO AL PROGETTO DEFINITIVO

La galleria ha uno sviluppo complessivo di circa 438 m, fra gli imbocchi Nord (lato Verona) e Sud (lato La Spezia). L'imbocco Nord è situato alla progressiva di progetto km 0+202.87 sull'asse di tracciamento nord e al km 0+202.24 sull'asse di tracciamento sud. L'imbocco Sud è situato alla progressiva km 0-235.07 sull'asse di tracciamento nord e al km 0-236.31 sull'asse di tracciamento sud. All'imbocco Sud sono presenti muri di sostegno in c.a. con sviluppo totale di 155.78 m. Rispetto al Progetto Definitivo non sono state apportate modifiche alle progressive degli imbocchi. Si rammenta che, già in sede di Progetto Definitivo, è stata predisposta l'estensione del tratto coperto anche al di fuori del settore di attraversamento dell'Autostrada A1, per proteggere la sede stradale dalle acque meteoriche. Nelle zone più depresse della sede stradale infatti non risulta possibile smaltire le acque meteoriche per gravità.

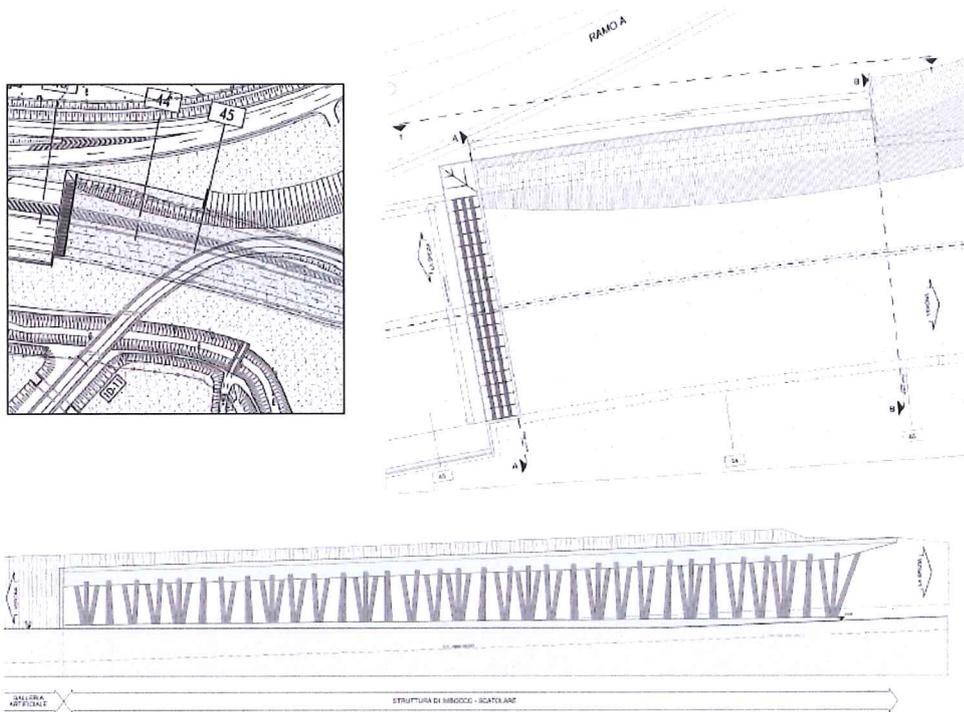
La galleria artificiale è realizzata con due metodologie costruttive principali. Il tratto di attraversamento sotterraneo dell'Autostrada A1 è realizzato per fasi successive al fine di ridurre i periodi di deviazione provvisoria del traffico superficiale, impiegando diaframmi profondi in calcestruzzo con sviluppo di 13.5 m, a partire dal piano di sbancamento, e spessore 1 m. Nei tratti rimanenti di galleria artificiale, la metodologia costruttiva prevede uno scavo a cielo aperto con getti in opera di fondazioni ed elevazioni e l'utilizzo di elementi prefabbricati per la realizzazione dell'impalcato.

L'esecuzione delle lavorazioni nel sotto-atteveramento dell'A1 e nei relativi settori di approccio si accompagna alla necessità di mantenere in servizio le tre corsie di marcia più la corsia di emergenza per ogni carreggiata e di preservare la funzionalità delle reti di servizi interferite (in particolare la rete fibra ottica, la cui sede è posta lungo l'allineamento del ciglio esterno della carreggiata sud A1). Si aggiunge peraltro l'esigenza di coniugare la costruzione del rilevato ospitante la deviazione provvisoria dell'A1 con la realizzazione della galleria artificiale stessa. Tali circostanze, unitamente a considerazioni legate all'efficace esecuzione delle lavorazioni di cantiere, hanno determinato in sede di Progettazione Esecutiva una differente scansione dei tratti di galleria realizzati con differenti tipologie costruttive, a favore in particolare di un allungamento di poco superiore ai 23 m del settore compreso tra diaframmi, lato sud. L'estensione del tratto di galleria da realizzarsi con "metodo Milano" deriva infatti dal minor impatto connesso a tale metodologia costruttiva rispetto all'esecuzione di scavi a cielo aperto, visti gli evidenti elementi di interferenza presenti nell'area, anche in termini di fasi realizzative dell'interconnessione A1-A15 (mantenimento in esercizio del ramo di svincolo Milano-La Spezia, predisposizione sede deviazione provvisoria A1). Si è conseguentemente ridotta l'estensione del settore di galleria costruito con conci gettati in opera, posto a sud dell'A1. A seguire è proposta la scansione in tratti della galleria a differente tipologia costruttiva, con riferimento rispettivamente allo schema di Progetto Definitivo e di Progetto Esecutivo.



**Figura 6-1 Schema di raffronto estensione tratti galleria a conci scatolari/tra diaframmi fra PD (sopra) e PE (sotto).**

Con riferimento all'asse di tracciamento nord, a partire dall'imbocco lato La Spezia, la galleria artificiale presenta un tratto definito "finestrato" con sviluppo 42.61 m. Il tratto "finestrato" è costituito da una struttura scatolare in c.a. parzialmente aperta per la presenza di pilastri metallici sulla carreggiata sud: tale struttura di imbocco realizza un'adeguata mitigazione ambientale del manufatto e sottolinea il punto di inizio dell'autostrada di progetto.



**Figura 6-2 Struttura di imbocco – tratto finestrato – configurazione Progetto Definitivo**

Si evidenzia che le modifiche apportate in sede di Progettazione Esecutiva al tracciamento stradale del ramo di svincolo D, hanno imposto la riduzione del tratto "finestrato" in oggetto, rispetto alla configurazione prevista nel Progetto Definitivo. Si propongono nel seguito a confronto i layout planimetrici e prospettici dell'imbocco sud: la riduzione del tratto finestrato è di circa 24 m.

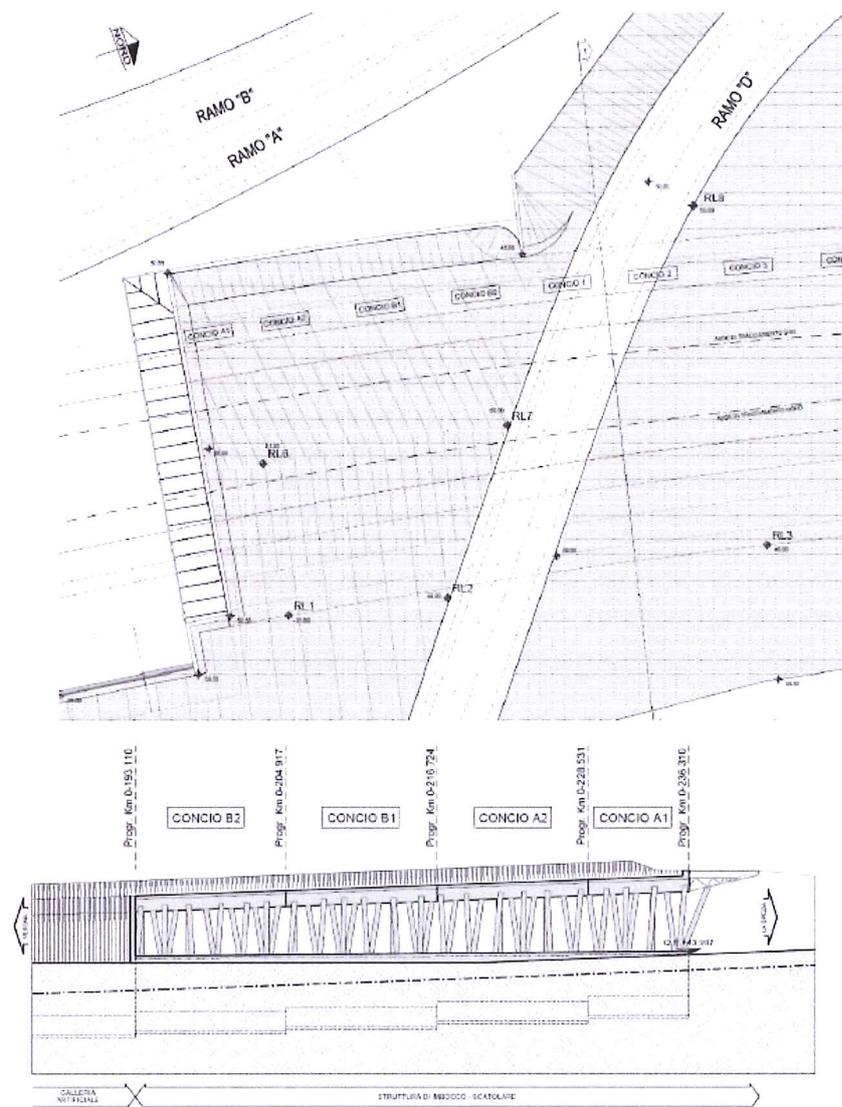


Figura 6-3 Struttura di imbocco – tratto finestrato – configurazione Progetto Esecutivo

In sintesi, il tratto di galleria realizzato a conci scatolari lato sud ha sviluppo di 159.20 m. Il tratto centrale dell'opera realizza l'attraversamento dell'Autostrada A1, è costruito tramite la realizzazione di diaframmi in c.a. ed ha sviluppo pari a 118.52 m. Nel tratto finale dell'opera (zona nord), la galleria ha sezione scatolare con sviluppo di 160.95 m. Si è operata in linea generale una standardizzazione delle carpenterie degli elementi gettati in opera volta all'ottimizzazione delle lavorazioni, in particolare si è applicata per quanto possibile l'uniformità delle lunghezze dei conci scatolari e degli elementi di solettone di fondo da realizzarsi nel tratto compreso tra diaframmi, realizzando soluzioni migliorative rispetto al Progetto Definitivo.

Nei tratti di galleria non interessati da attraversamenti autostradali superficiali o da rampe di svincolo dell'autostrada, la sistemazione superficiale definitiva è realizzata tramite il riporto di terreno di copertura fino a un massimo di 2 m: tale intervento consente l'impianto di specie arbustive, la modellazione morfologica del sito e la mitigazione naturalistica dell'intervento.

Per ciò che riguarda geometria e caratteristiche degli elementi costruttivi principali ed allestimento interno funzionale dell'opera, si propongono nel seguito a confronto le sezioni trasversali tipologiche per i tre settori costituenti l'opera nel suo complesso, ovvero il manufatto d'imbocco sud, il settore realizzato a conci scatolari gettati in opera ed il tratto centrale compreso tra diaframmi.

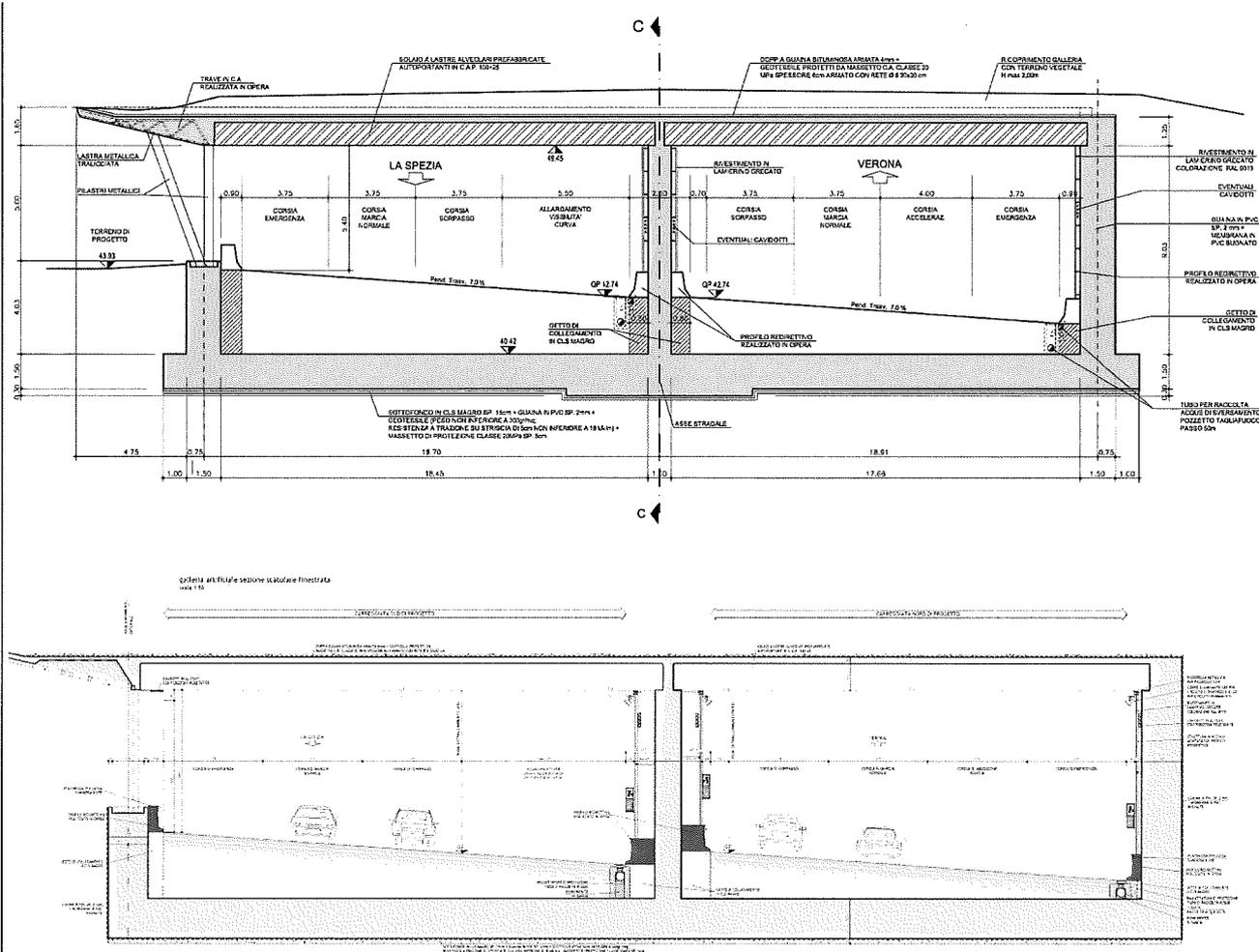
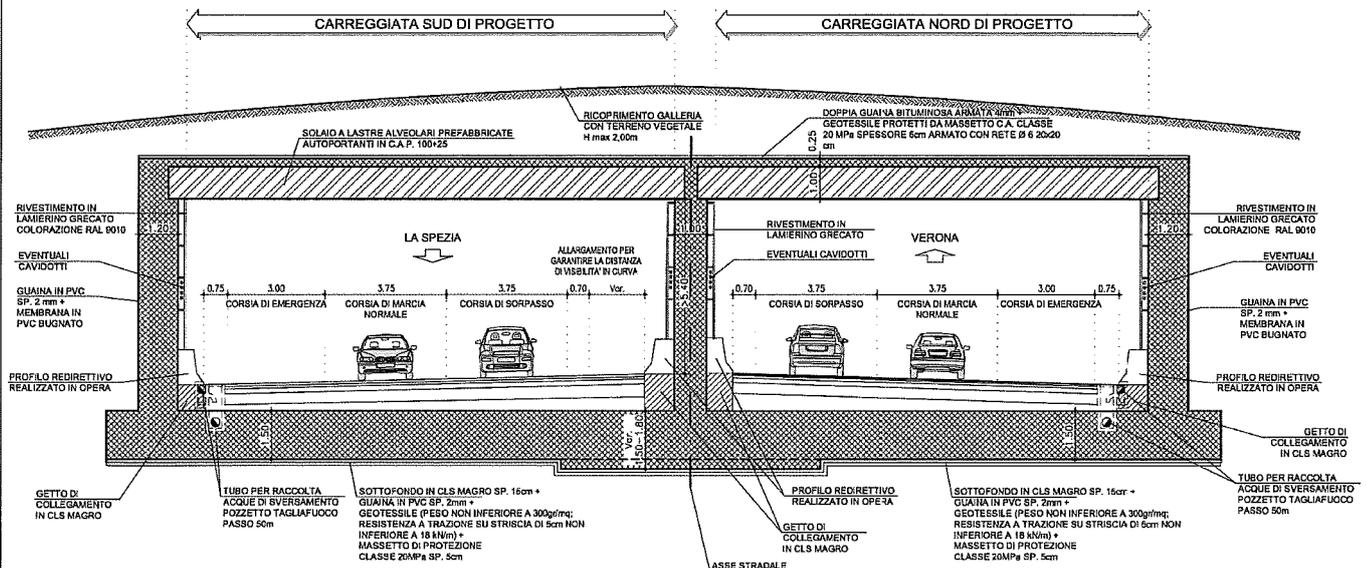


Figura 6-4 Sezioni tipologiche manufatto di imbocco sud - confronto Progetto Definitivo (sopra) – Progetto Esecutivo (sotto).

GALLERIA ARTIFICIALE SEZIONE A SCATOLARE  
SEZIONE TRASVERSALE TIPO  
SCALA 1:100



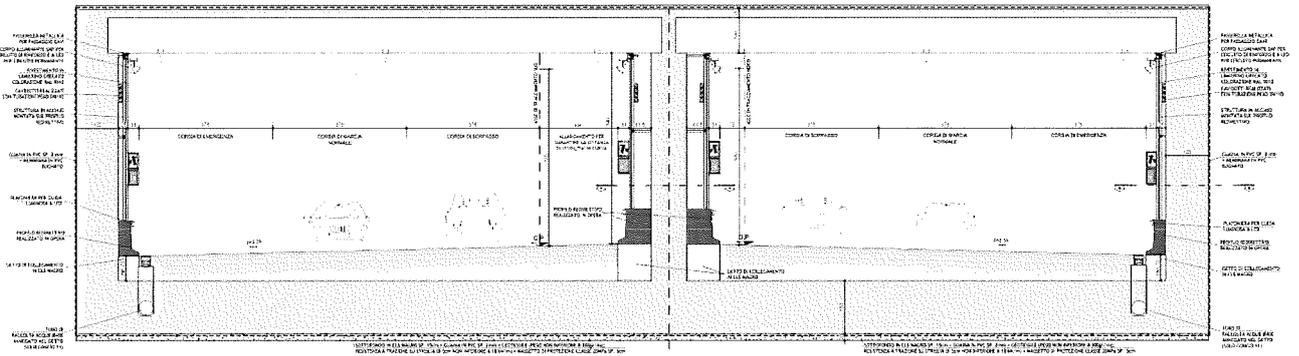


Figura 6-5 Sezioni tipologiche tratto di galleria realizzato con conci scatoari: Progetto Definitivo (sopra) – Progetto Esecutivo (sotto).

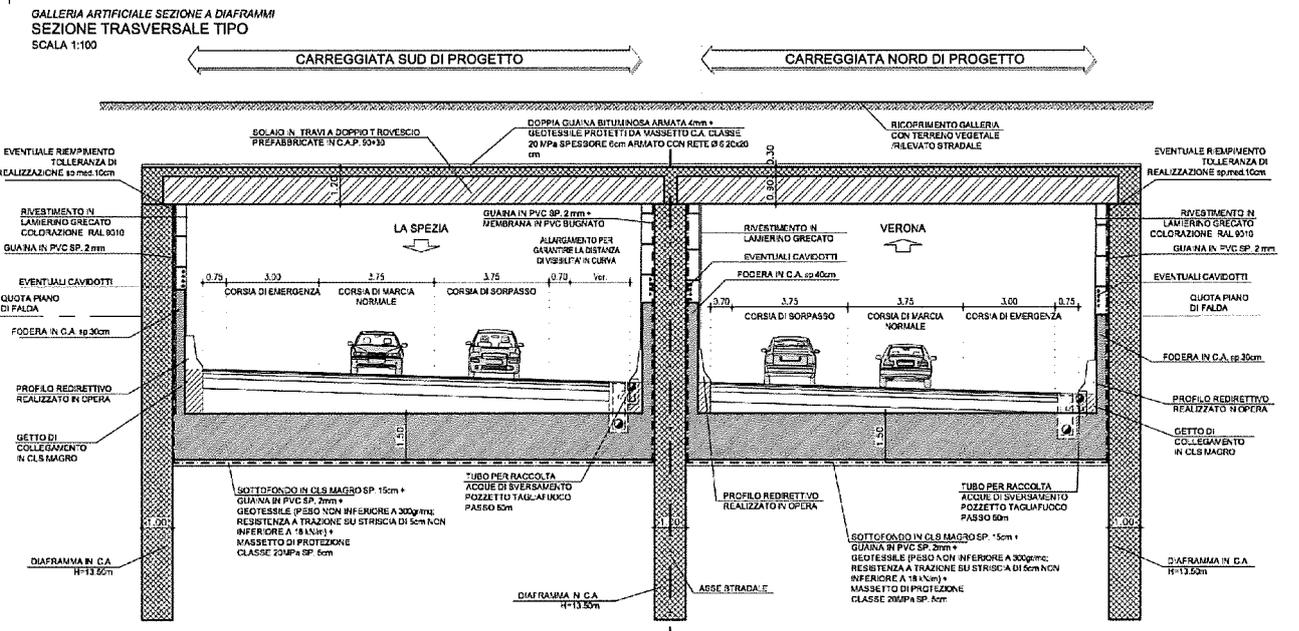


Figura 6-6 Sezioni tipologiche per il tratto di galleria realizzato tra diaframmi: confronto Progetto Definitivo (sopra) – Progetto Esecutivo (sotto).

A commento delle sezioni di confronto riportate, si segnalano qui di seguito gli elementi di interesse (variazioni, ottimizzazioni) apportati rispettivamente a carpenterie strutturali, dotazioni idrauliche e sistemi di impermeabilizzazione della galleria.

- *Carpenterie:* con riferimento ai manufatti di imbocco e conci scatolari, sono state mantenute le dimensioni delle sezioni strutturali per i piedritti, gli impalcati e le solette di fondo, fatta salva l'eliminazione del ringrosso delle solette posto in corrispondenza del piedritto centrale, a vantaggio della velocità e semplicità di realizzazione. E' stata mantenuta in particolare la medesima tipologia strutturale dell'impalcato in elementi alveolari tipo Forap di altezza 100 cm, completati con caldana da 25 cm.

Nell'ambito del settore compreso tra diaframmi sono stati mantenuti sezioni trasversali e lunghezze dei diaframmi laterali e centrale. Si è ridotto lo spessore del solettone di fondo da 150 cm a 120 cm (prevedendo uno spessore di magro da 30 cm, al fine di garantire le verifiche di galleggiamento della struttura) e si sono adottati elementi prefabbricati di copertura aventi altezza della sezione trasversale di 80 cm in luogo dei 90 cm previsti per i profili adottati nel PD e larghezza di 250 cm contro i 75 cm originari (è mantenuta invariata la soletta di completamento di spessore 30 cm). Tale scelta è mirata alla riduzione del numero complessivo di travi da porre in opera e quindi ad una più agevole gestione .

L'appoggio degli elementi prefabbricati che costituiscono gli impalcati è stato realizzato garantendo una larghezza di appoggio minimo di 35 cm per le travi prefabbricate e 30 cm per i solai alveolari. Di questi 30 e 35 cm, gli ultimi 5 cm verso l'intradosso dei piedritti sono in polistirolo, così da evitare di portare sollecitazioni puntuali sullo spigolo con possibili rotture localizzate. Precedentemente alla posa dei prefabbricati si procede alla messa in opera di un livello di malta di allettamento, dello spessore medio di 20 mm.

I nodi tra piedritti ed impalcato, sia laterali sia centrali, sono da intendersi di continuità, ovvero una volta posati gli elementi prefabbricati si procede al collegamento delle armature di soletta con le armature fuoriuscenti dai piedritti e si procede alla realizzazione di un getto monolitico che realizza la continuità del nodo. Nelle figure seguenti si riporta alcuni dettagli costruttivi dei nodi strutturali.

- *Dotazioni idrauliche, allestimento sistema di collettamento acque di piattaforma (per tutta l'estensione della galleria):* si è predisposta la collocazione del tubo di raccolta acque di *piattaforma* esternamente alla soletta di base dei conci scatolari e alla soletta da realizzarsi nel settore compreso tra diaframmi: si rammenta che nel Progetto Definitivo il collettore acque era annesso infatti nel getto dei citati elementi strutturali, a scapito della funzionalità strutturale dei medesimi e, soprattutto, dell'ispezione/manutenzione delle tubazioni. Localmente, per il tratto terminale di galleria tra diaframmi in adiacenza al concio scatolare ospitante la vasca di raccolta acque, il collettore è alloggiato entro un apposito scasso realizzato nel solettone di fondo della galleria. Tale soluzione si è resa necessaria stante l'andamento in contropendenza della tubazione di raccolta acque rispetto alla livelletta della carreggiata.

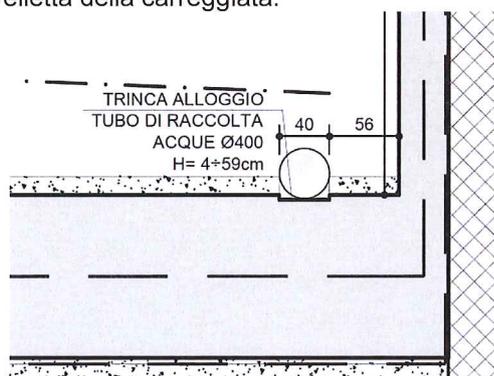


Figura 6-7 – Esempio disposizione tubo di raccolta acque di piattaforma

Nel merito della predisposizione dell'impianto di collettamento delle acque meteoriche in piattaforma, lato imbocco nord, sono state eliminate le lavorazioni da effettuarsi sulle strutture dello scatolare esistente posto al di sotto della linea alta velocità RFI, diversamente da quanto previsto nel Progetto Definitivo, laddove si interveniva impostando parte delle strutture ospitanti la tombinatura di raccolta acque di piattaforma direttamente sul solettone di fondo dello scatolare RFI.

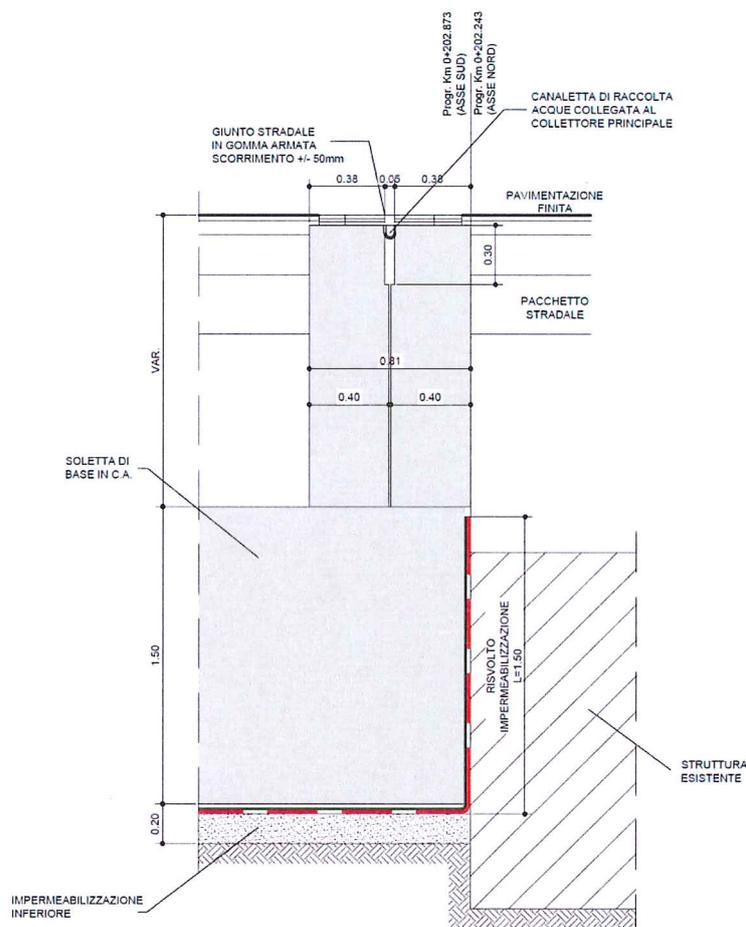


Figura 6-8 – Soluzione di Progetto Esecutivo per la realizzazione della tombinatura trasversale di raccolta acque lato imbocco nord, senza interventi su manufatto TAV esistente.

*Sistema di impermeabilizzazione:* i manufatti scatoari sono interamente impermeabilizzati in. In corrispondenza del solettone e delle pareti l'impermeabilizzazione è costituita da una membrana di PVC di spessore 2 mm, protetta da una membrana in PVC bugnato sulle pareti e interposta e da uno strato di geotessuto e massetti di protezione in cls magro in corrispondenza del solettone. La membrana di PVC è stata adeguatamente risvoltata in prossimità del nodo fra solettone ed elevazioni, prevedendo sovrapposizioni di 30 cm min in corrispondenza dei punti di saldatura. Al di sopra dell'impalcato di copertura è invece prevista la posa di una doppia guaina bituminosa protetta da un strato di geotessuto e da un massetto superiore di protezione.

Per i tratti di galleria artificiale realizzati fra diaframmi, l'impermeabilizzazione è stata prevista al di sotto dei solettoni di fondo e risvoltata sui paramenti tra la superficie di intradosso dei diaframmi e la controfodera gettata in opera; l'impermeabilizzazione è comunque posta in opera fino in sommità ai diaframmi anche nei tratti senza presenza di controfodera. In corrispondenza dei solettoni il telo in PVC è protetto, come per le tratte in galleria scatolare, da uno strato di geotessuto e cls magro, mentre sui paramenti verticali dalla membrana in PVC bugnato.

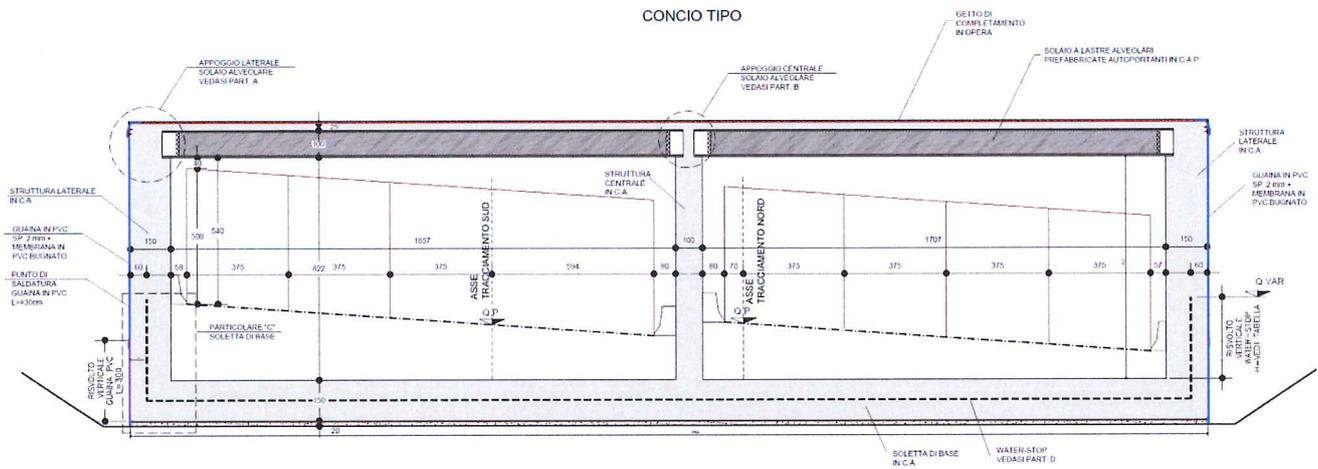


Figura 6-9 – Sezione tipologica scatolare con indicazione dei particolari costruttivi

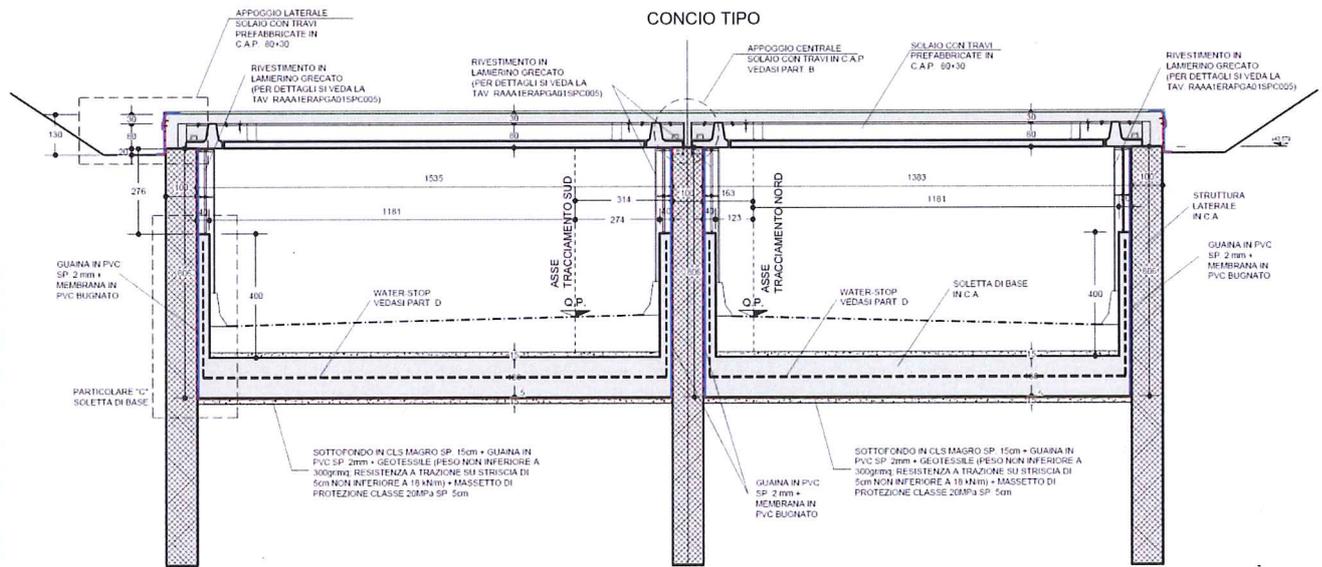


Figura 6-10 – Sezione tipologica fra diaframmi con indicazione dei particolari costruttivi

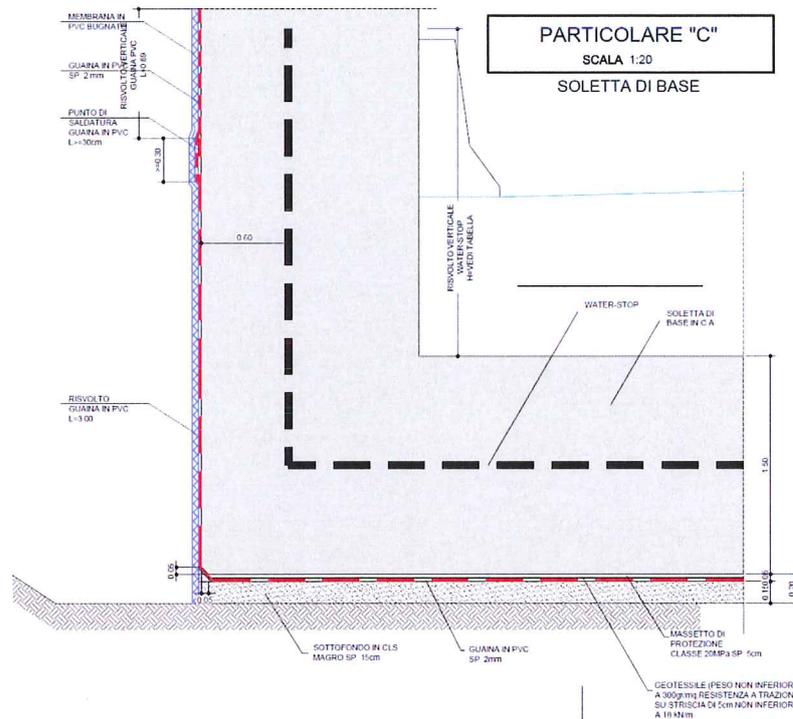


Figura 6-11 – Particolare impermeabilizzazione solettone di fondo (sezione scatolare)

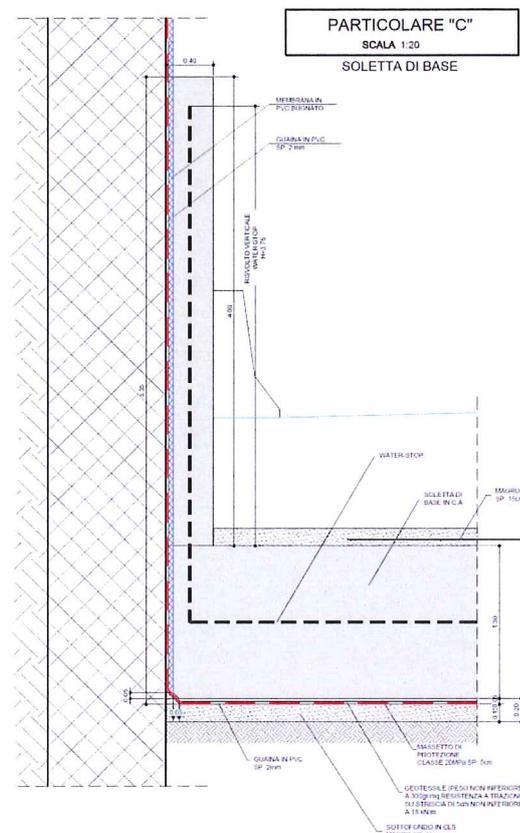


Figura 6-12 – Particolare impermeabilizzazione solettone di fondo (sezione fra diaframmi)

Particolare attenzione è stata rivolta al collegamento tra guaina di tenuta in PVC, posata sui piedritti verticali, e membrana bituminosa posata in estradosso impalcato: tale dettaglio prevede la posa di una piattina di finitura che garantisce l'accoppiamento tra i due materiali.

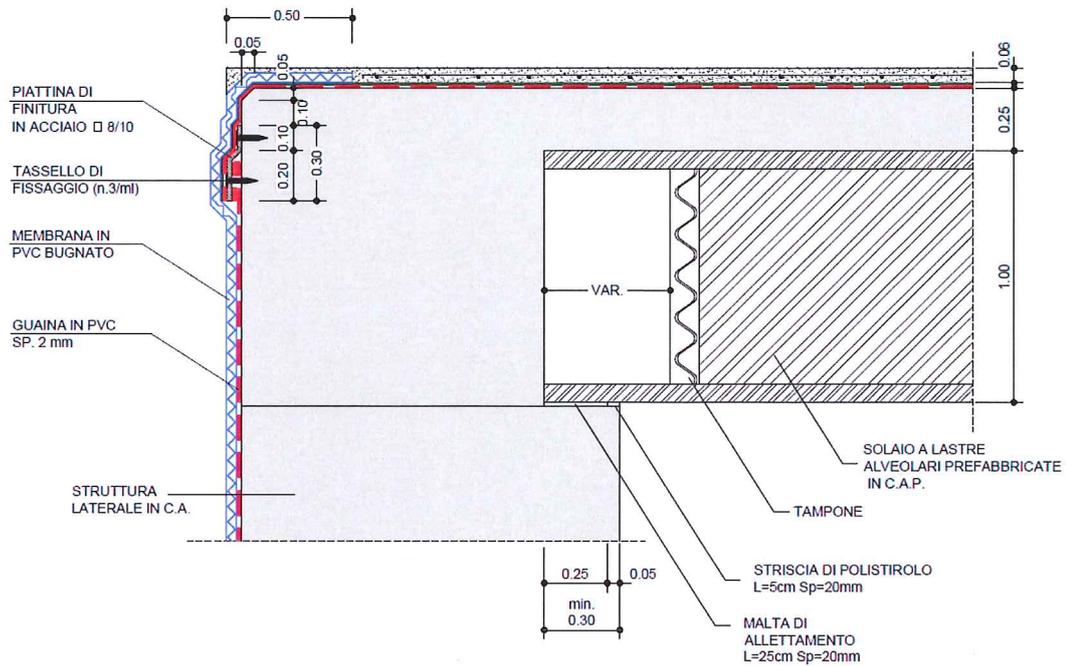


Figura 6-13 – Particolare impermeabilizzazione risolto su travi prefabbricate (Sezione scatolare)

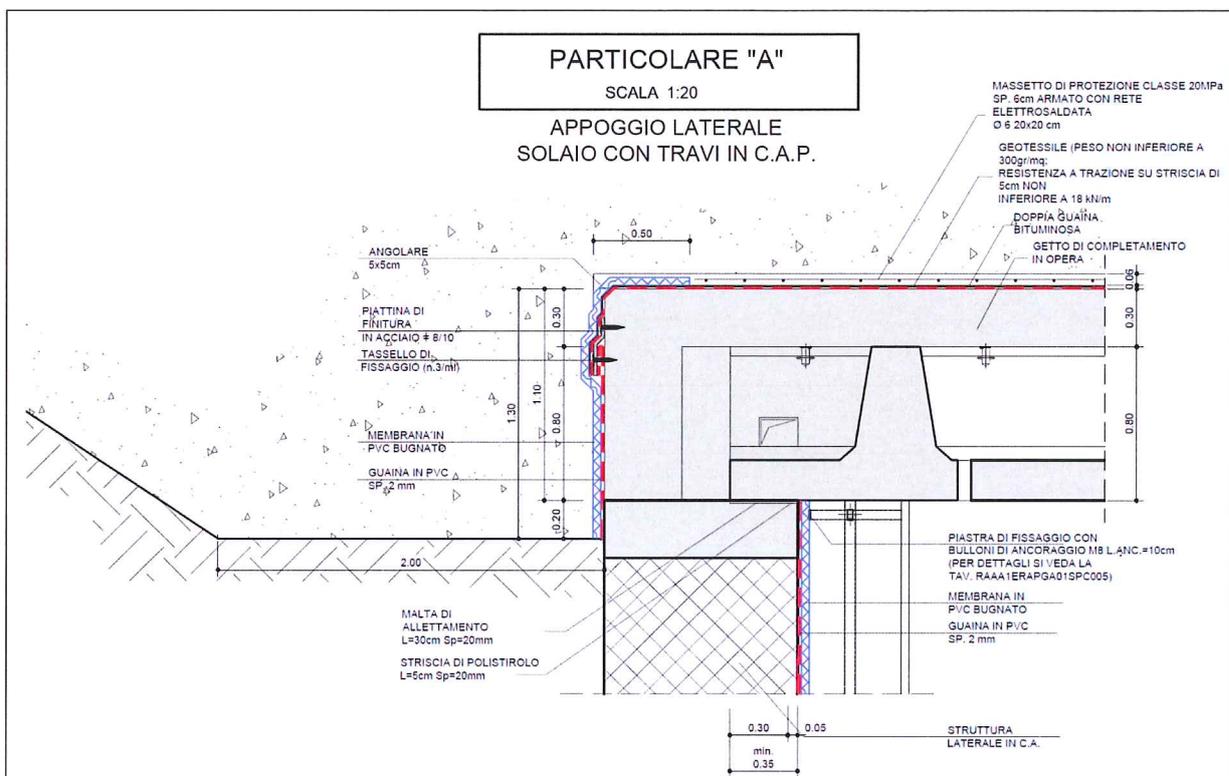


Figura 6-14 – Particolare impermeabilizzazione risolto su travi prefabbricate (Sezione fra diaframmi)

Quale ottimizzazione rispetto al Progetto Definitivo è prevista l'installazione del dispositivo waterstop in corrispondenza di tutti i giunti fra conci scatolari e non con cadenza di tre conci; l'installazione dei medesimi è prevista nell'ambito della parte permanentemente sotto falda degli elementi strutturali (piedritti e solette). Analogamente, tutti i giunti fra i conci costituenti la soletta di base nel tratto di galleria compreso tra diaframmi sono dotati di waterstop. L'elemento water stop sarà posizionato ai bordi dei conci da gettare e tenuto in posto mediante un'apposita armatura di vincolo riportata in dettaglio negli elaborati grafici delle armature metalliche.

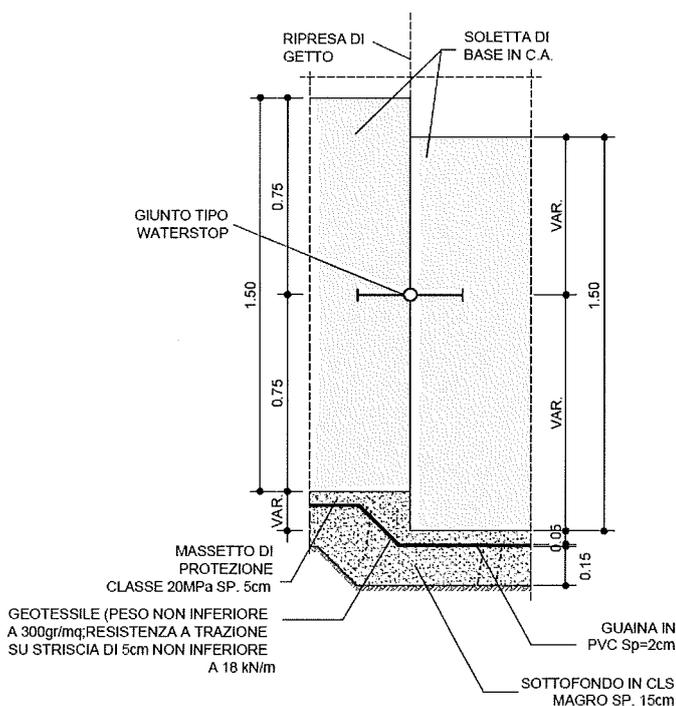


Figura 6-15 – Particolare giunto water stop

Si è adottata inoltre l'estensione delle contropareti in c.a. di 50 cm rispetto alla configurazione prevista nel Progetto Definitivo, a maggior garanzia della tenuta idraulica dell'opera nel suo complesso, in relazione all'oscillazione del livello freatico.

– *Rivestimenti e trattamenti protettivi:* rispetto al Progetto Definitivo, nel Progetto Esecutivo sono stati introdotti i seguenti interventi già presentati nel progetto d'offerta:

- *Proposta 1D:* Realizzazione di un rivestimento protettivo delle superfici esterne dei muri e dei profili redirettivi costituito dall'applicazione di malta cementizia bicomponente elastica tipo MAPELASTIC, finalizzata alla protezione ed impermeabilizzazione delle superfici in calcestruzzo armato che possono presentare micro cavillature sulle superfici esterne del copriferro, che possono agevolare l'infiltrazione dell'acqua e degli agenti disgreganti quali i sali stradali. Viene inoltre applicata una vernice elastica protettiva e decorativa in modo da costituire un ulteriore strato di protezione ed impermeabilizzazione, ed ottenere qualsivoglia effetto cromatico.
- *Proposta 1F:* *Trattamento* protettivo dei piedritti delle gallerie artificiali e dei sottopassi mediante l'applicazione di una pittura epossidica bicomponente a bassa presa di sporco con effetto ceramizzato tipo "MAPECOAT I 650 WT". Tale vernice è specificatamente formulata per ottenere un film protettivo sulle superfici in calcestruzzo delle strutture in sotterraneo, atto ad incrementare la luminosità di ambienti ad illuminazione artificiale.

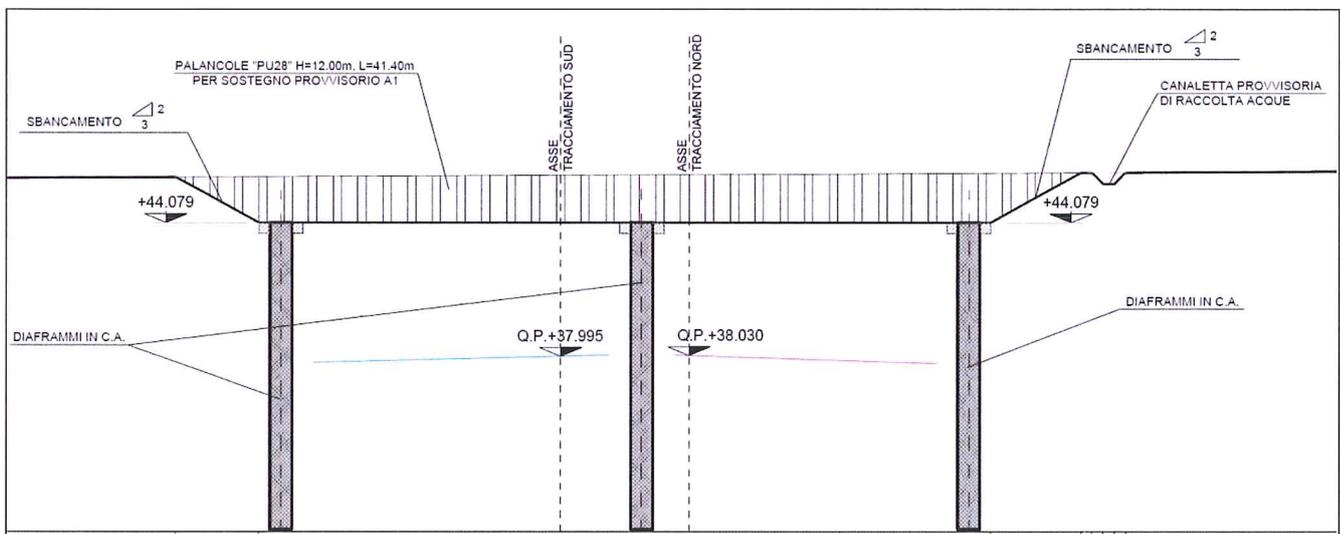
## 7 METODI COSTRUTTIVI

Per far fronte alle esigenze di funzionalità delle opere esistenti e per limitare i disagi dovuti alle fasi di costruzione dell'opera, la galleria artificiale è stata progettata secondo due metodologie costruttive principali.

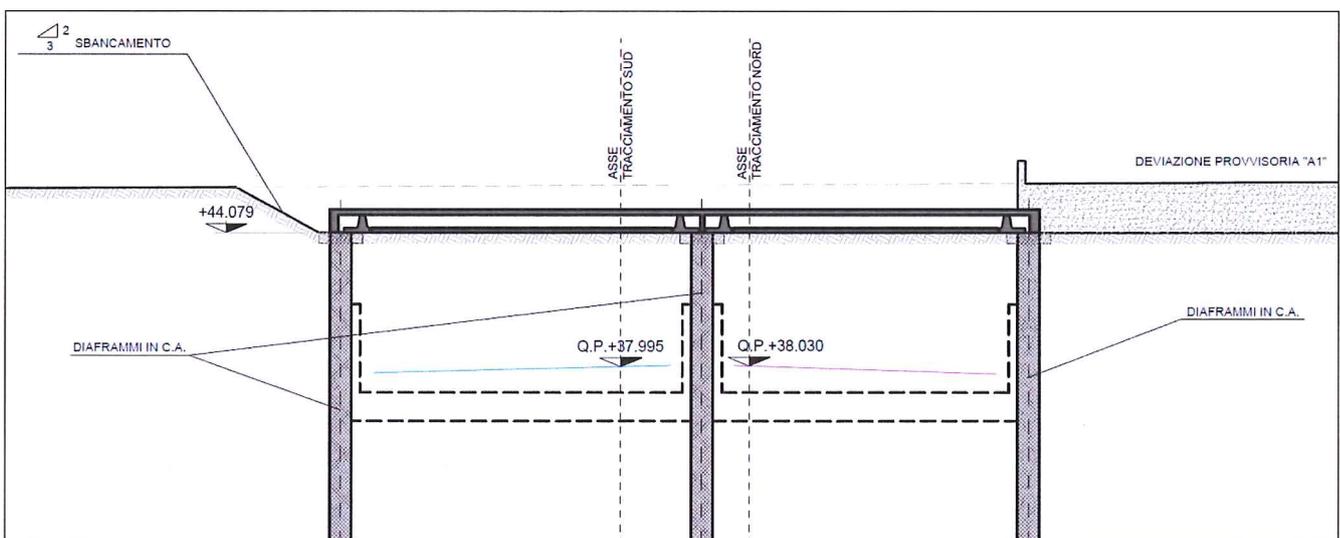
## 7.1 Tipologia 1: galleria artificiale fra diaframmi

La *Tipologia 1* è stata utilizzata per i tratti di attraversamento sotterraneo dell'Autostrada A1, con l'intento di ridurre i periodi di deviazione provvisoria del traffico. Le operazioni di scavo prevedono inizialmente l'esecuzione di diaframmi in calcestruzzo, in moduli da 2.50 m, di spessore 1.0 m e sviluppo 13.5 m, a partire dal piano di sbancamento. Nel seguito, in analogia al "Metodo Milano" già utilizzato per la costruzione di stazioni metropolitane in aree urbanizzate, è prevista la realizzazione dell'impalcato tramite la messa in opera degli elementi prefabbricati e il successivo getto di completamento della soletta. Completato l'impalcato è quindi possibile ripristinare le condizioni di esercizio per l'Autostrada A1 ed eseguire lo scavo diretto della galleria artificiale.

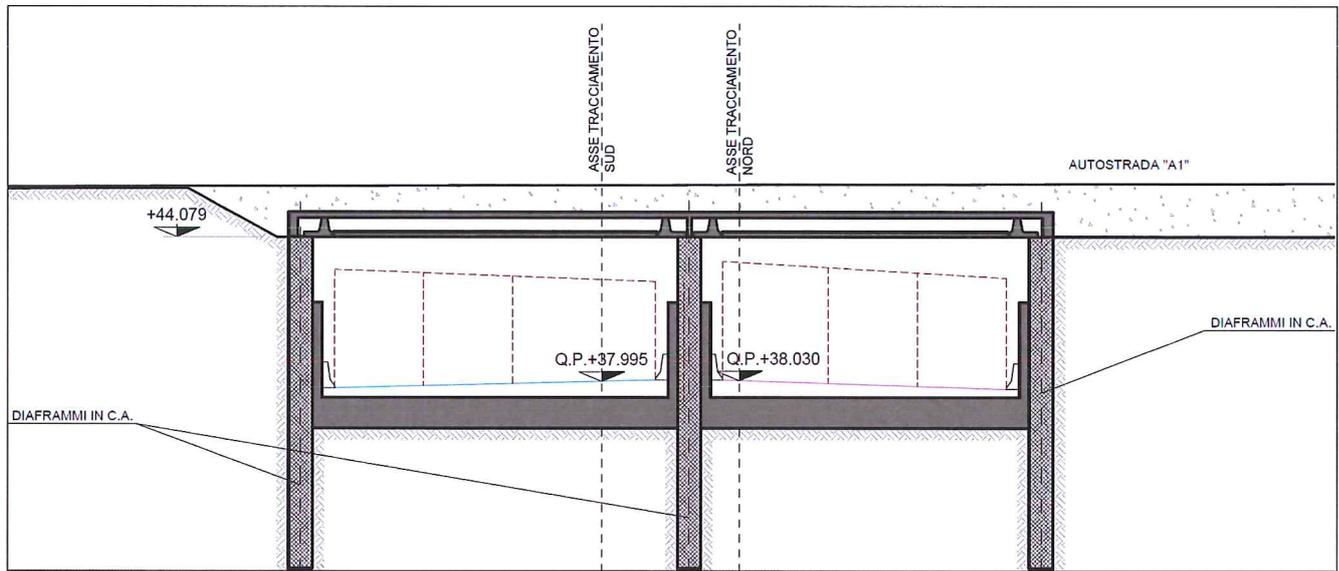
La fase iniziale prevede l'esecuzione degli scavi di ribasso fino alla quota di testa dei diaframmi e la successiva realizzazione dei diaframmi stessi.



La fase successiva prevede il posizionamento dell'impalcato prefabbricato sui diaframmi in calcestruzzo e il getto della soletta di completamento.



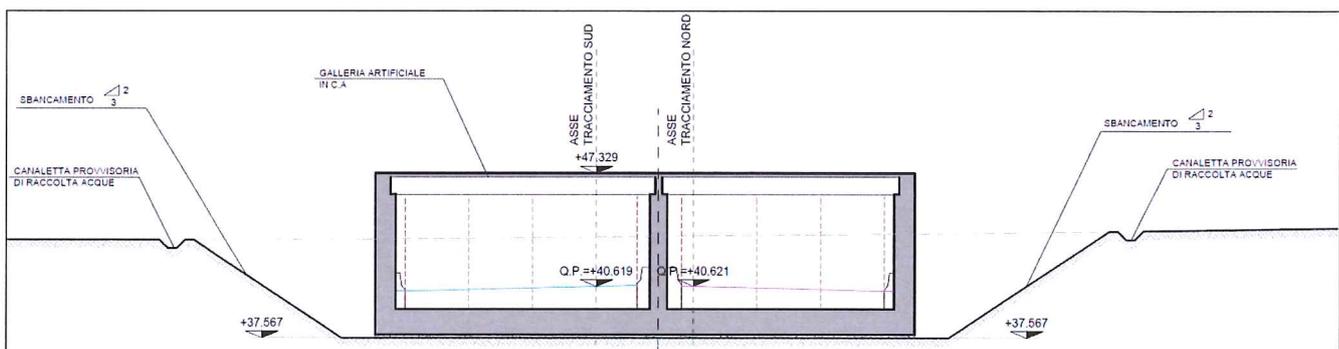
Dopo il posizionamento dell'impalcato prefabbricato è possibile ripristinare il traffico superficiale dell'autostrada, proseguendo nel contempo alle lavorazioni in sotterraneo, fino al completamento dei getti in opera del solettone di fondo e delle pareti interne della galleria.



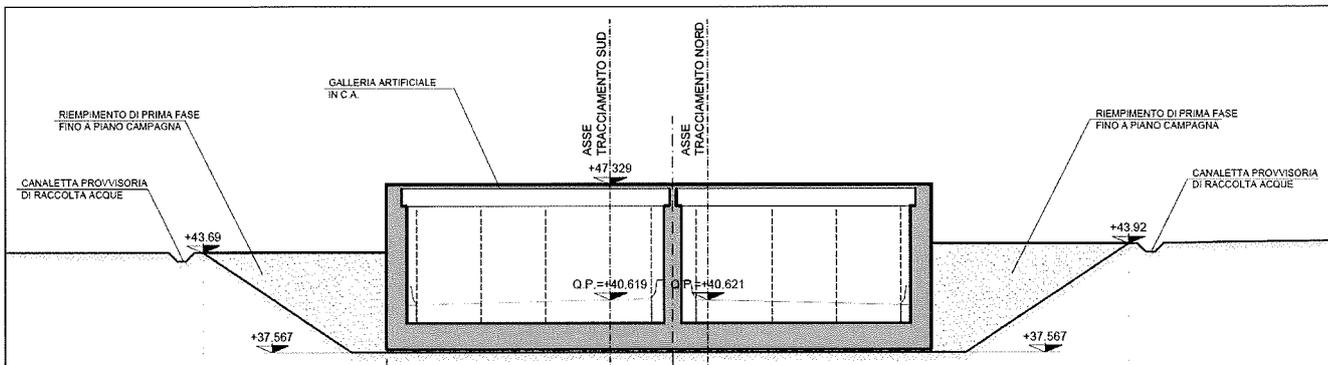
## 7.2 Tipologia 2: galleria artificiale con struttura scatolare

La *Tipologia 2* prevede la costruzione della galleria artificiale con scavi a cielo aperto e successivi getti in opera di fondazioni ed elevazioni. L'impalcato è costituito, anche in questo caso, da elementi prefabbricati in c.a.p. completati con il getto in opera della soletta di spessore 25 cm.

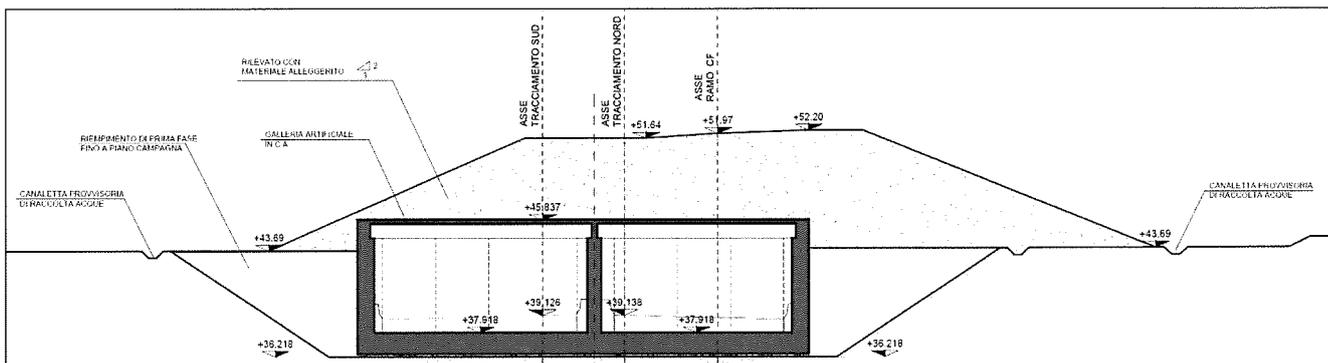
La fase iniziale prevede l'esecuzione di sbancamenti, con pendenza 3/2, fino al piano di imposta del solettone di fondazione. Nel seguito si procede all'esecuzione dei getti in opera di solettone ed elevazioni. Il posizionamento degli elementi prefabbricati sarà eseguito dopo la maturazione dei getti in opera.



Completate le strutture della galleria scatolare si procede con le operazioni di rinterro. Il riempimento di prima fase è eseguito fino a piano campagna.



Successivamente, per i rami di svincolo dell'Autostrada A1, si realizza un rilevato con materiale alleggerito, prevedendo ove necessario deviazioni del traffico superficiale su rilevati provvisori. Il dettaglio della fasistica è reperibile nelle tavole del progetto.



Per i tratti di galleria scatolare non interessati da rami di svincolo stradali superficiali si prevede un ricoprimento con terreno vegetale di spessore 2 m.

## 8 PARTICOLARI COSTRUTTIVI

### 8.1 Impermeabilizzazione

I manufatti sono interamente impermeabilizzati. In corrispondenza del solettone e delle pareti l'impermeabilizzazione è costituita da una membrana di PVC di spessore 2 mm, protetta da una membrana in PVC bugnato sulle pareti e interposta e da uno strato di geotessuto e massetti di protezione in cls magro in corrispondenza del solettone. La membrana di PVC è stata adeguatamente risvoltata in prossimità del nodo fra solettone ed elevazioni, prevedendo sovrapposizioni di 30 cm min in corrispondenza dei punti di saldatura. Al di sopra dell'impalcato di copertura è invece prevista la posa di una doppia guaina bituminosa protetta da un strato di geotessuto e da un massetto superiore di protezione.

Per i tratti di galleria artificiale realizzati fra diaframmi, l'impermeabilizzazione è stata prevista al di sotto dei solettoni di fondo e risvoltata sui paramenti tra la superficie di intradosso dei diaframmi e la controfodera gettata in opera; l'impermeabilizzazione è comunque posta in opera fino in sommità ai diaframmi anche nei tratti senza presenza di controfodera. In corrispondenza dei solettoni il telo in PVC è protetto, come per le tratte in galleria scotolare, da uno strato di geotessuto e di cls magro, mentre sui paramenti verticali dalla membrana in PVC bugnato.

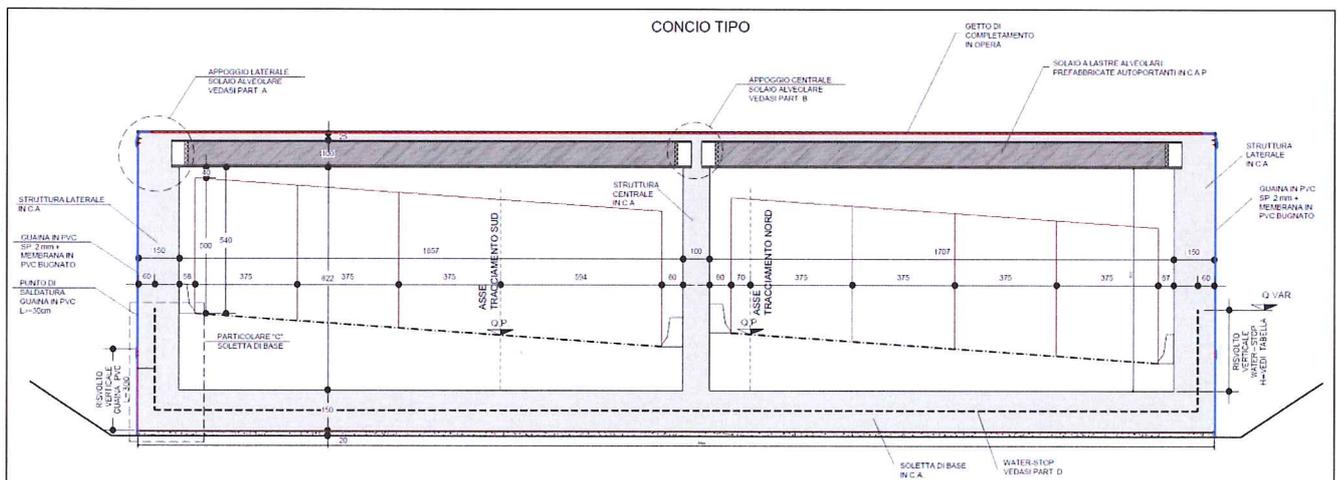


Figura 16 - Sezione tipologica scotolare con indicazione dei particolari costruttivi

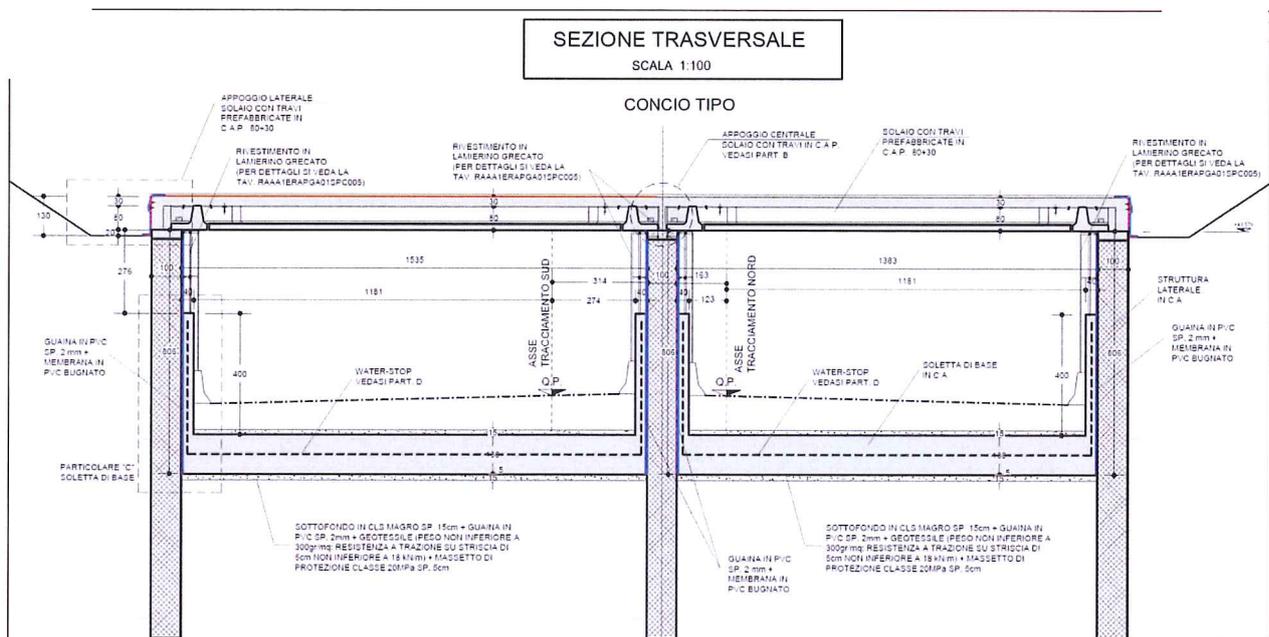
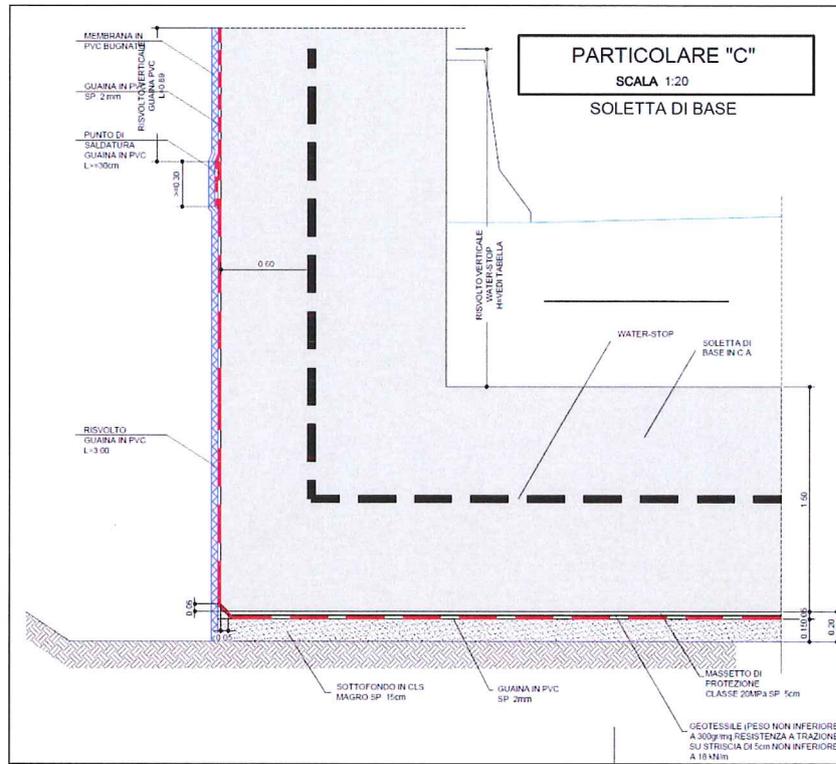
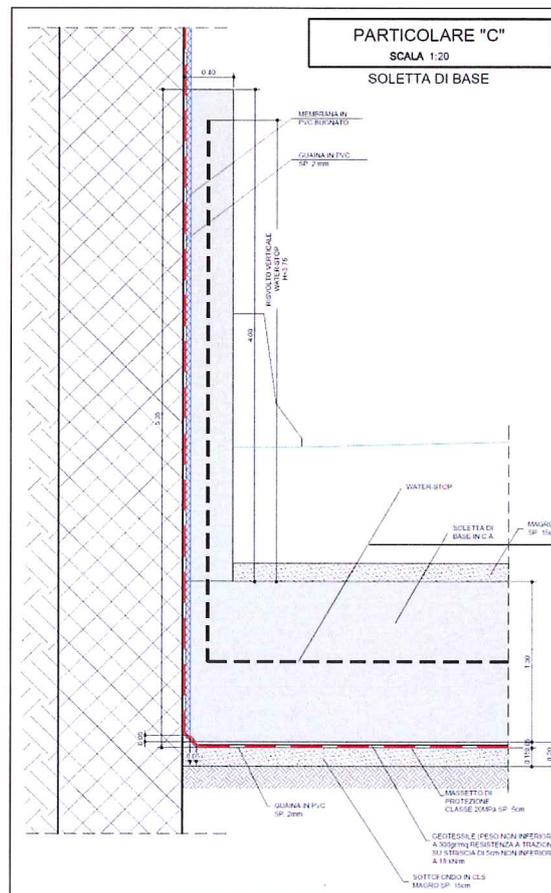


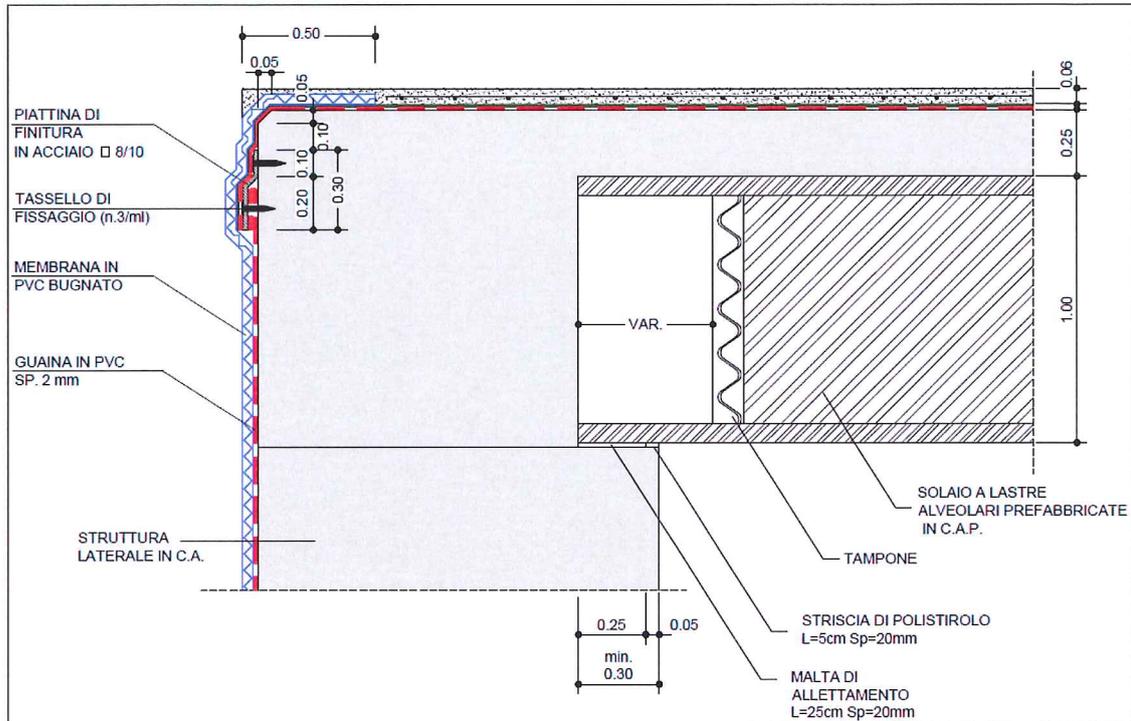
Figura 17 - Sezione tipologica fra diaframmi con indicazione dei particolari costruttivi



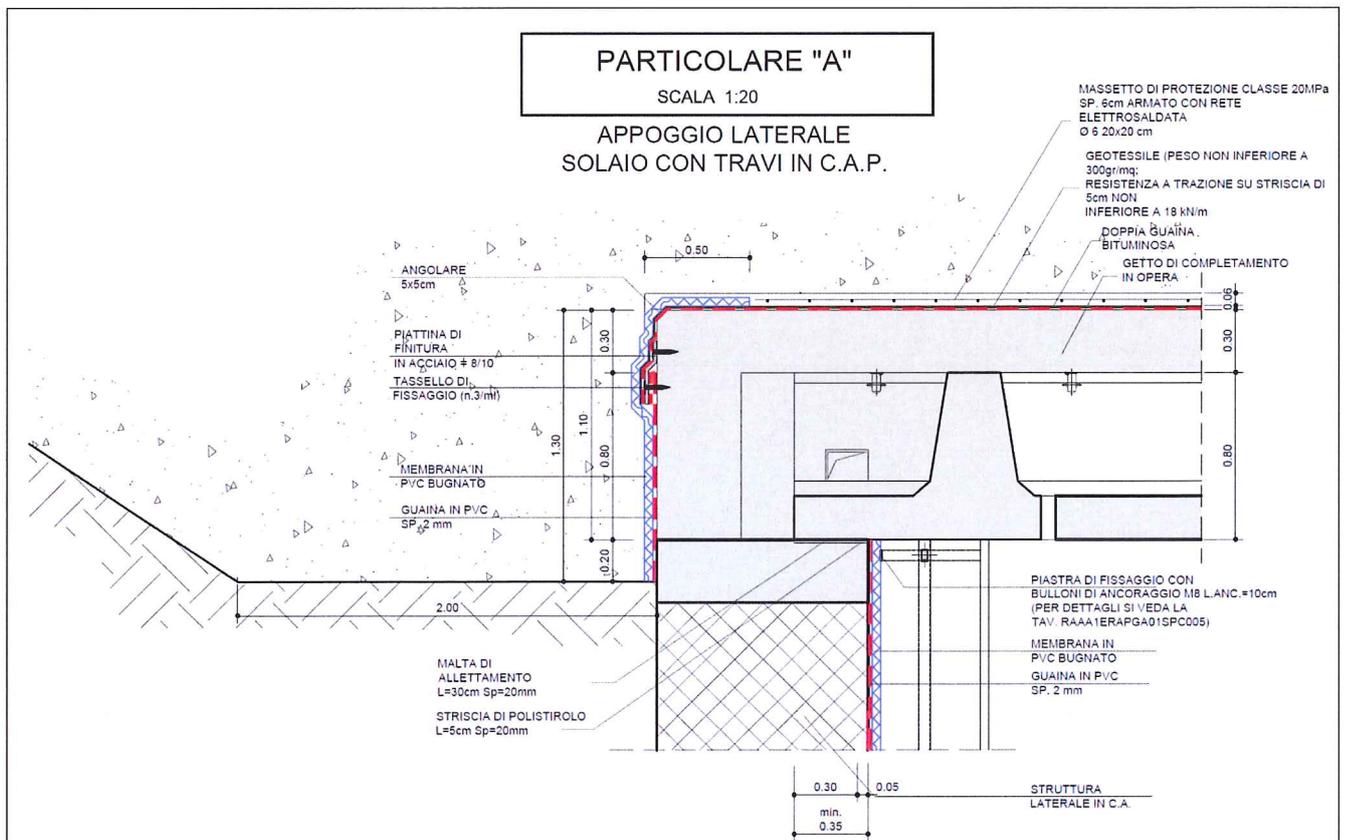
**Figura 18 - Particolare impermeabilizzazione solettone di fondo (sezione scolare)**



**Figura 19 – Particolare impermeabilizzazione solettone di fondo (sezione fra diaframmi)**



**Figura 20 – Particolare impermeabilizzazione risolto su travi prefabbricate (Sezione scatolare)**



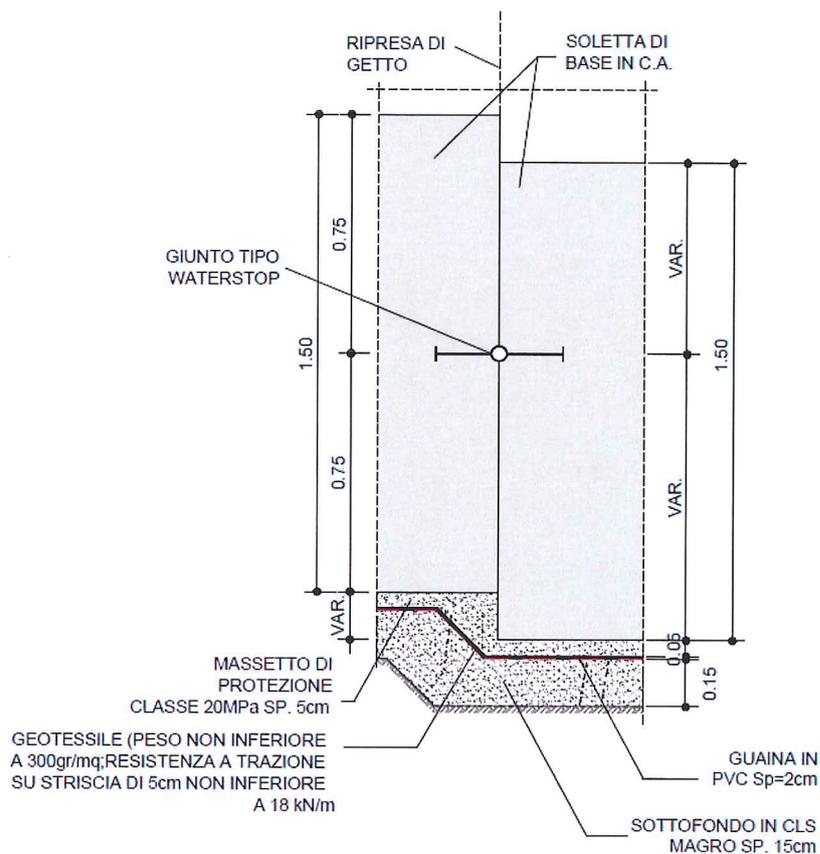
**Figura 21 – Particolare impermeabilizzazione risolto su travi prefabbricate (Sezione fra diaframmi)**

Il collegamento tra guaina di tenuta in PVC, posata sui piedritti verticali, e membrana bituminosa posata in

estradosso impalcato, risulta particolarmente delicato ed è stato realizzato mediante una piattina di finitura che garantisce l'accoppiamento tra i due materiali (Figure 37 e 38).

## 8.2 Giunto “Water Stop”

In corrispondenza della ripresa di getto dei giunti ed in corrispondenza dei giunti strutturali, il collegamento fra due conci adiacenti è realizzato mediante posa in opera di un giunto water stop, così da garantire la tenuta idraulica del giunto stesso. L'elemento water stop sarà posizionato ai bordi dei conci da gettare e tenuto in posto mediante un'apposita armatura di vincolo riportata in dettaglio negli elaborati grafici delle armature metalliche.

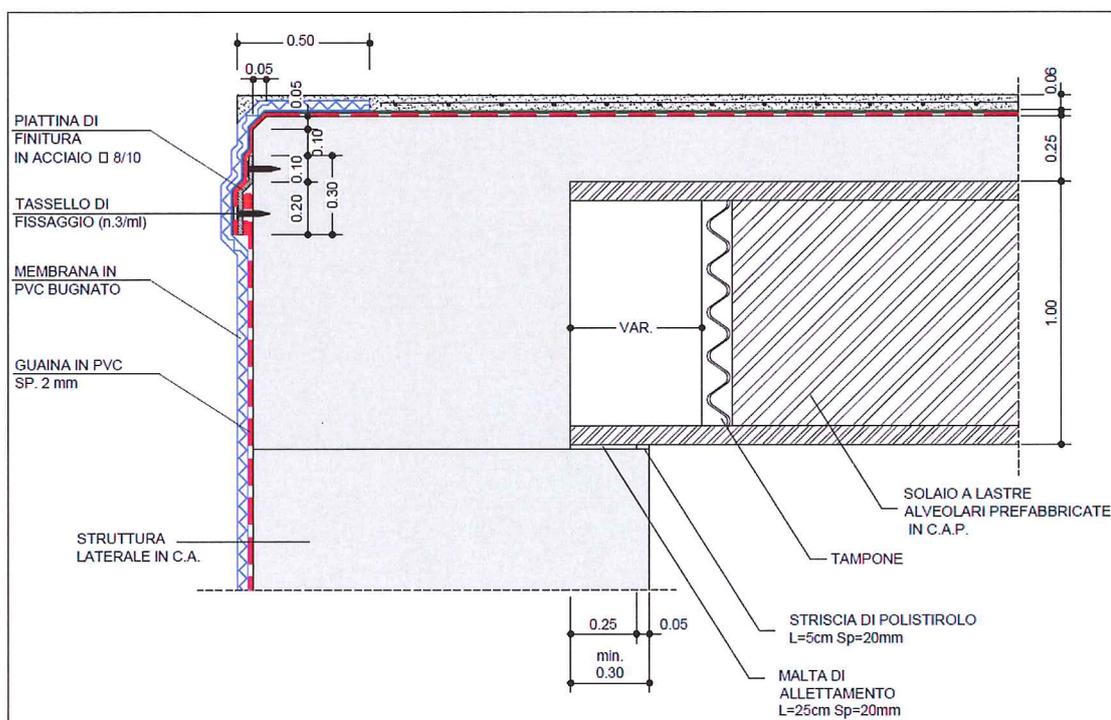


**Figura 22 – Particolare giunto water stop**

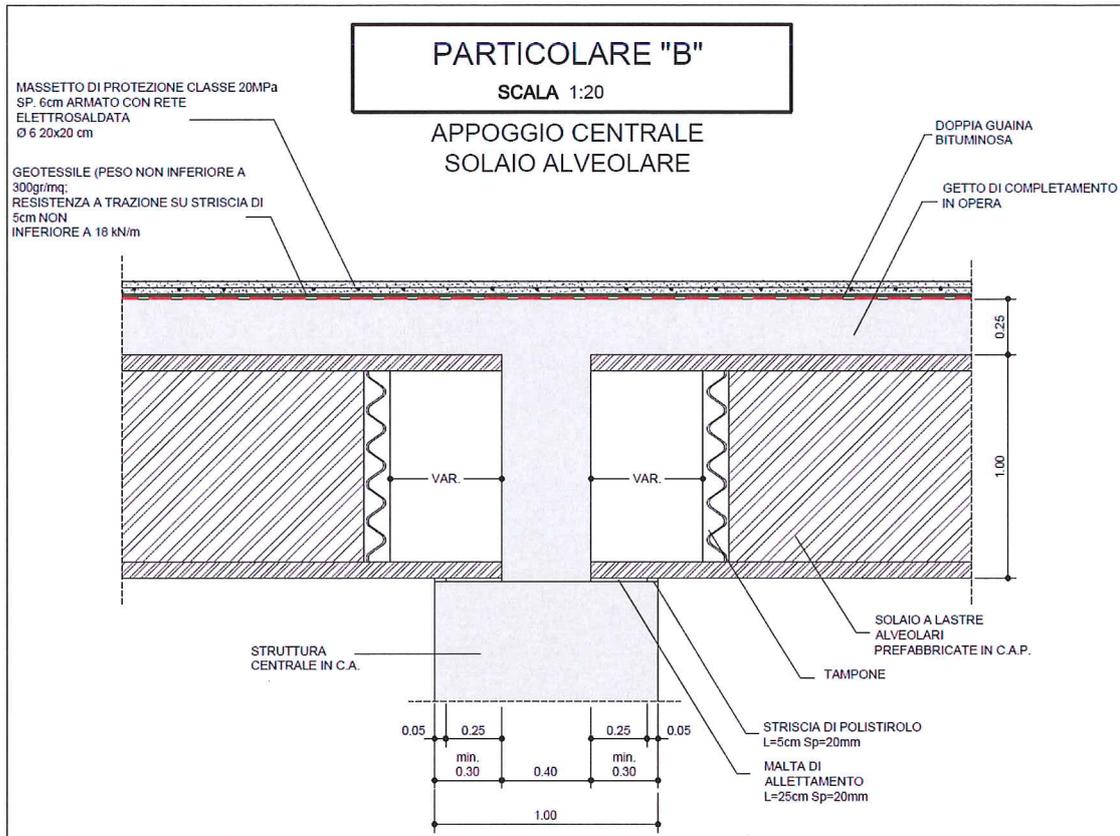
### 8.3 Appoggio travi prefabbricate

L'appoggio degli elementi prefabbricati che costituiscono gli impalcati è stato realizzato garantendo una larghezza di appoggio minimo di 35 cm per le travi prefabbricate e 30 cm per i solai alveolari. Di questi 30 e 35 cm, gli ultimi 5 cm verso l'intradosso dei piedritti sono in polistirolo, così da evitare di portare sollecitazioni puntuali sullo spigolo con possibili rotture localizzate. Precedentemente alla posa dei prefabbricati si procede alla messa in opera di un livello di malta di allettamento, dello spessore medio di 20 mm.

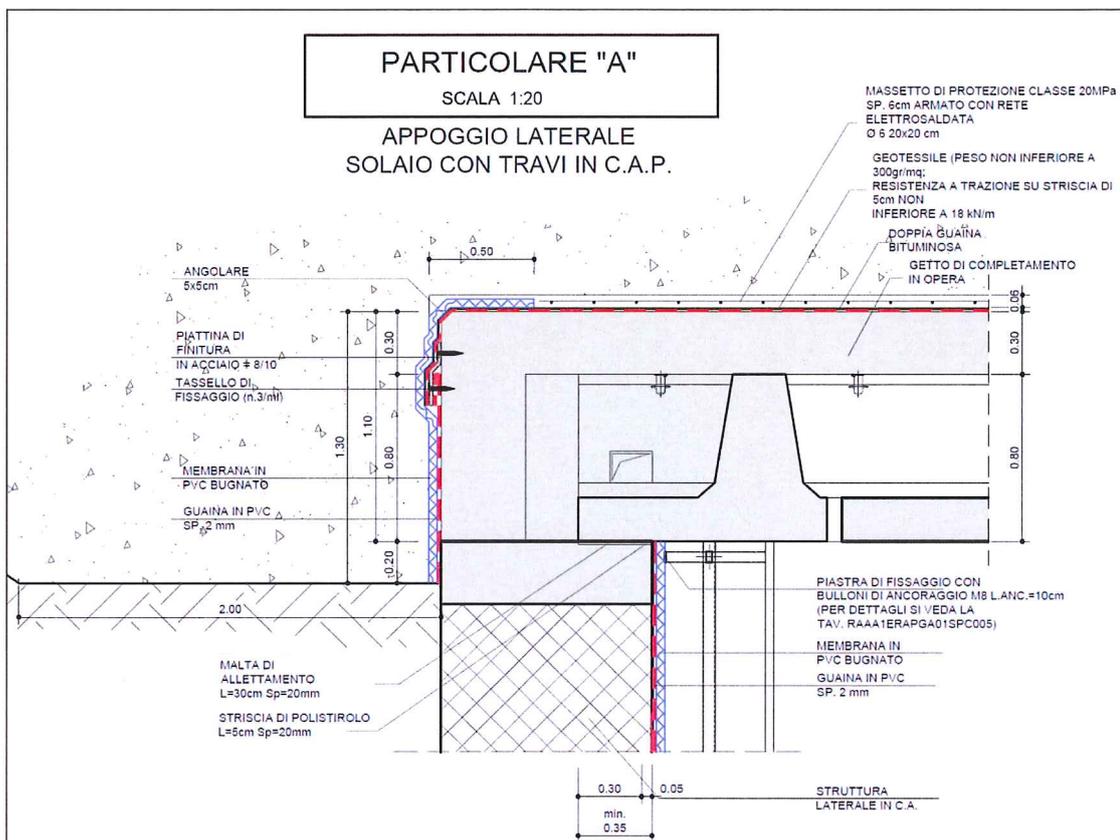
I nodi tra piedritti ed impalcato, sia laterali sia centrali, sono da intendersi di continuità, ovvero una volta posati gli elementi prefabbricati si procede al collegamento delle armature di soletta con le armature fuoriuscenti dai piedritti e si procede alla realizzazione di un getto monolitico che realizza la continuità del nodo. Nelle figure seguenti si riporta alcuni dettagli costruttivi dei nodi strutturali.



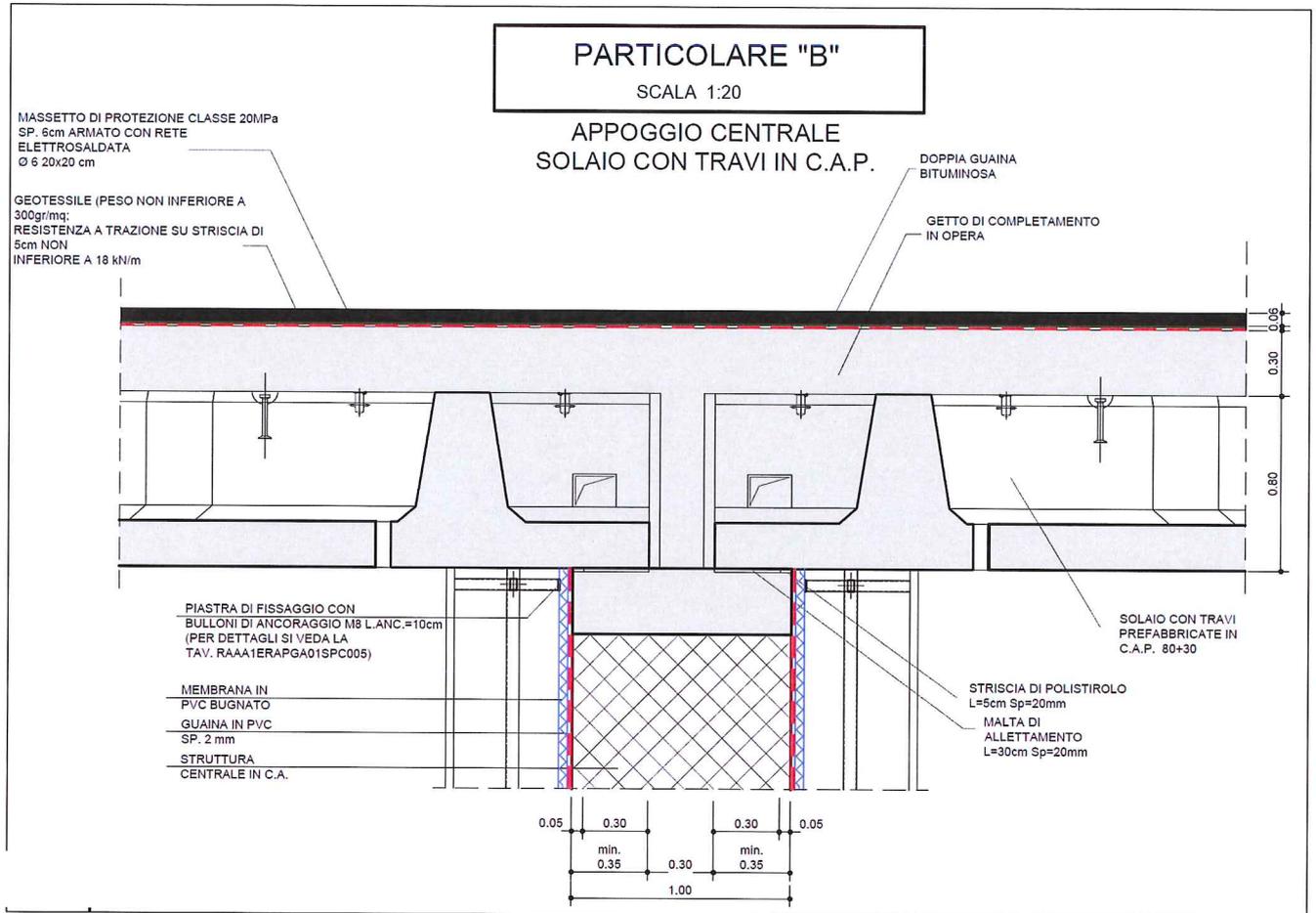
**Figura 23 – Particolare appoggio laterale travi prefabbricate (sezione scatolare)**



**Figura 24 – Particolare appoggio centrale travi prefabbricate (sezione scatolare)**



**Figura 25 – Particolare appoggio laterale travi prefabbricate (sezione fra diaframmi)**



**Figura 26 – Particolare appoggio centrale travi prefabbricate (sezione fra diaframmi)**