ANAS S.p.A.
DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA 12/09
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

VARIANTE TECNICA N°4

ai sensi dell'art. 176, comma 5, secondo periodo lettera "a" e lettera "b", del D.Lgs. N. 163/2006 e Art. 11 del CSA-NG

CONTRAENTE GENERALE

Empedocle 2 s.c.p.a

DIRETTORE DEI LAVORI
Ing. CARLO DAMIANI

OPERE D'ARTE MAGGIORI
GALLERIE NATURALI
GALLERIA NATURALE CALTANISSETTA

Relazione Tecnica ed Illustrativa di Variante Bypass

Empedocle 2 s.c.p.a

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

3569-02

Codice Elaborato:

PA12_09 - V | 1 | 2 | 5 | G | N | 2 | 0 | 4 | G | N | 0 | 2 | Z | R | H | 0 | 0 | 2 | C

Scala: --------

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO
F						
E						
D						
C	Aprile 2021	AGGIORNAMENTO CARTIGLIO			A. ANTONELLI	A.FINAMORE
B	Marzo 2019	Emissione a seguito nota DL nr.003/CD/19 del 05.02.2019			A. ANTONELLI	P. PAGLINI
A	Aprile 2018	EMISSIONE			A. ANTONELLI	P. PAGLINI

Il Progettista:	Il Consulente Specialista:	Il Geologo:	Il Coordinatore per la sicurezza:	Il Direttore dei Lavori:
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI PRATO – DOTT. ING. ALBERTO ANTONELLI N° 308		ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA – Dott. Geol. ENRICO CURCURUTO n. 966	ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI BARI – INGEGNERE MARCO PELLEGRINI Sez. A - 4148 a) CIVILE AMBIENTALE b) INDUSTRIALE c) dell'INFORMAZIONE	ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DELL'AQUILA – INGEGNERE CARLO DAMIANI ISCRITTO ALL'ALBO COL N. 344

Responsabile del procedimento: Ing. LUIGI MUPO

INDICE

INDICE 1

V01 - VARIANTE "BYPASS DELLA GN CALTANISSETTA" 2

V1.1 – PREMESSE 2

V1.2 – MOTIVAZIONE DELLA VARIANTE 3

V1.3 – DESCRIZIONE BYPASS DEL PE 4

V1.3.1 Contestualizzazione della distribuzione planimetrica dei by pass 9

V1.4 – PROPOSTA DI VARIANTE 12

V1.4.1 Rimodulazione planimetrica degli attraversamenti 13

V1.4.2 Struttura di Attacco dei Conci 16

V1.4.2 Schema di scavo e consolidamento dei by pass pedonali 18

V1.4.3 Schema di scavo e consolidamento dei by pass carrabili 23

V1.5 – INQUADRAMENTO NORMATIVO 27

V01 - VARIANTE "BYPASS DELLA GN CALTANISSETTA"

V1.1 – PREMESSE

La variante che viene proposta è stata condotta alla luce dell'inconsueto ed anomalo comportamento deformativo del terreno attraversato dalle due canne della galleria, non sperimentato né conosciuto in precedenza in considerazione alla notevole profondità della galleria (circa 100-120 m) ed agli effetti negativi indotti (subsidenze).

Nello specifico, il comportamento in superficie, registrato grazie all'implementazione dell'esteso sistema di monitoraggio geotecnico definito in fase di PE ed integrato successivamente durante la realizzazione delle due canne, si può considerare del tutto inatteso a livello di previsione; lo stesso vale anche per le deformazioni del terreno in profondità davanti al fronte di scavo che sono caratterizzate da un andamento deformazioni-distanza dal fronte non contemplato da equazioni scientifiche o empiriche (esperienze/dati di altri progetti) riportate in letteratura.

In particolare si fa riferimento a due fenomeni, tra di loro collegati:

cedimenti in superficie molto importanti e non compatibili né con l'elevata profondità dello scavo, né tantomeno con la tecnologia di scavo utilizzata: EPB scudata, in grado di fornire una contropressione al fronte e con lo scavo rivestito in tempi molto brevi con anelli in conci prefabbricati di rigidezza elevata;

deformazioni del fronte di tipo estrusivo già riscontrate a distanze maggiori di circa 5 diametri oltre al fronte di scavo, comportamento del tutto sconosciuto ed incontrollabile con le tecniche attualmente disponibili.

Ad oggi, con le due canne completate, il complesso terreno-rivestimento, come dimostrato dai dati di monitoraggio, ha raggiunto l'equilibrio tensionale e deformativo. Certamente la realizzazione dei by-pass, che peraltro vanno scavati in un terreno che ha subito la sovrapposizione degli effetti dello scavo sia della prima che della seconda canna, andrà a perturbare questo equilibrio, comportando variazioni sullo stato tensionale al contorno delle due canne e quindi un aumento delle deformazioni in superficie ed una variazione nello stato tensionale del rivestimento definitivo di entrambe.

A questa situazione va inoltre considerata la variazione della permeabilità delle argille al contorno del cavo imputabile alla formazione di fasce plastiche e/o alla presenza di calcari in profondità; infatti durante la perforazione esplorativa eseguita secondo comunicazione del

15.11.2017, prot. n.2533 si sono misurate portate dell'ordine di 18l/s caratterizzate dalla presenza di fini in sospensione che denota la esportazione della parte fine dal materiale. Questa situazione, oltre a comportare importanti difficoltà allo scavo dei bypass, introduce ulteriori rischi di subsidenza in superficie che sono impossibili da valutare.

Simulazioni numeriche tridimensionali dello scavo dei bypass, così come previsti nel progetto esecutivo, evidenziano un aggravio delle subsidenze in corrispondenza di edifici sensibili e pubblici che potano in alcuni casi ad un aumento della categoria d danno (secondo la classificazione proposta da Burland).

In più si deve aggiungere che dopo l'approvazione della Perizia di variante n. 1 la galleria Caltanissetta è entrata a far parte della rete europea TERN e pertanto assoggetta alla normaativa D.lgs. 264/2006, e alla Legge 24.3.2012 n. 27

Per tutti questi motivi, è necessario una riprogettazione dei by pass che preveda: ri-posizionamento in zone meno critiche in termini di condizioni idro/geologiche riscontrate durante lo scavo, conseguentemente una loro riduzione del numero dei by-pass per ottemperare all'art. 53 della Legge 24.3.2012 n. 27, e una metodologia di scavo che prevede in fase di attacco e in fase di scavo rivestimenti provvisori molto rigidi.

V1.2 – MOTIVAZIONE DELLA VARIANTE

Per quanto motivato in premessa il CG ha sviluppato un progetto di variante atto a superare i problemi riportati risulta necessario lo spostamento dei seguenti by pass alle seguenti chilometriche:

- 15+294, 15+894, 16+492 per i by pass solo pedonali;
- 14+094, 14+694, 15+594 per i bypass carrabili-pedonali.

Il CG ha quindi individuato le chilometriche alle quale ricollocare i bypass, la cui posizione dovrebbe eliminare i problemi sopra descritti. Si tenga presente che lo studio di ricollocazione dei by-pass tiene doverosamente conto del fatto che la nuova SS640 è stata inserita, successivamente alla redazione ed approvazione del progetto esecutivo, nella rete europea TERN globale ("comprehensive"), come definita dal Regolamento (UE) n. 1315/2013 del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 dicembre 2013 "sugli orientamenti dell'Unione per lo sviluppo della rete trans-europea dei trasporti e che abroga la decisione n. 661/2010/UE".

La galleria ricade pertanto nel campo di applicazione del D.lgs. 264/06 n. 264 "Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete trans-europea".

Dal momento che la galleria in esame rientra nel campo di applicazione di una specifica normativa tecnica europea, è anche soggetta all'art. 53 della Legge 24.3.2012 n. 27 di conversione del D.L. n. 1 del 24.1.2012 "D*isposizioni urgenti per la concorrenza, lo sviluppo delle infrastrutture e la competitività*". Detta normativa, al comma 4 del citato articolo, vieta interventi di "*overdesign*" rispetto agli standard europei "… *nella progettazione e costruzione delle nuove gallerie stradali ed autostradali*".

Pertanto, la nuova disposizione dei bypass pedonali prevede una distanza massima di 500 m (anziché 300 distanza indicata dalDM5.11.2001 su cui si basava il PE) e una distanza massima di 1500 m (anziché 900 m distanza sempre riferita al DM5.11.2001) per quelli carrabili.

Visto che la galleria in esame appartiene alla rete TERN, l'incremento dell'interdistanza massima tra BPP da 300m (standard nazionale da DM 5.11.2001) a 500m (standard europeo da D.lgs. 264/06), si configura come intervento di allineamento al dettato della Legge 24.3.2012 n. 27 (divieto di overdesign).

L'incremento dell'interdistanza massima tra i by-pass pedonali da 300 ma 500 m, e dei by-pass carrabili da 900m a 1500m, si configura quindi come risoluzione da un lato dell'evento di forza maggiore rinvenuto e, al contempo, intervento di allineamento al dettato della sopravvenuta legge 24.3.2012 n. 27 (divieto di overdesign).

V1.3 – DESCRIZIONE BYPASS DEL PE

Gli attraversamenti tra due canne di una galleria naturale, come nel caso della GN Caltanissetta, costituiscono la misura di sicurezza predisposta per consentire l'esodo degli utenti e dei mezzi in caso di soccorso/emergenza e/o per lavorazioni straordinarie da effettuare all'interno della galleria.

Coerentemente con la normativa DM 5.11.2001 "Norme geometriche e funzionali per la costruzione delle strade" (cap.§ 4.1.2), il progetto di variante della galleria Caltanissetta prevede la disposizione dei collegamenti trasversali tra le due canne, con interasse pari a 300m per i by pass pedonali e interasse 900m per quelli carrabili.

In funzione di tali distanze, complessivamente il progetto prevede quindi la realizzazione di n°9 attraversamenti pedonali del diaframma di terreno tra le canne e n°4 attraversamenti carrabili.

Tabella 01-1: Progressive di ubicazione di progetto di variante dei by pass pedonali (B.P.P) e carrabili (B.P.C.)

BY PASS PEDONALI B.P.P.		BY PASS PEDONALI B.P.P.	
1 B.P.P.	13+202	**1 B.P.C.**	13+795
2 B.P.P.	13+501	**2 B.P.C.**	14+681
3 B.P.P.	14+084	**3 B.P.C.**	15+581
4 B.P.P.	14+381	**4 B.P.C.**	16+481
5 B.P.P.	14+981		
6 B.P.P.	15+281		
7 B.P.P.	15+881		
8 B.P.P.	16+181		
9 B.P.P.	16+781		

Figura 01.1: planimetria con ubicazione bypass di PVT

Il PVT prevede che i by-pass vengano realizzati con metodo di scavo tradizionale previo consolidamento del fronte e del contorno di scavo. Le fasi esecutive principali, per entrambe le tipologie di by-pass, sono le seguenti:

- ancoraggio dei conci adiacenti alla zona di innesto ove deve essere asportato il rivestimento esistente;
- esecuzione del consolidamento al fronte;
- esecuzione del consolidamento al contorno;
- scavo di avanzamento;
- collocazione del sostegni di prima fase;
- getto di arco rovescio e murette;
- posa dell'impermeabilizzazione;
- getto del rivestimento definitivo.

L'ancoraggio dei conci verrà realizzato mediante elementi tubolari autoperforanti ø76mm e spessore di 6mm cementati in foro con miscele cementizie.

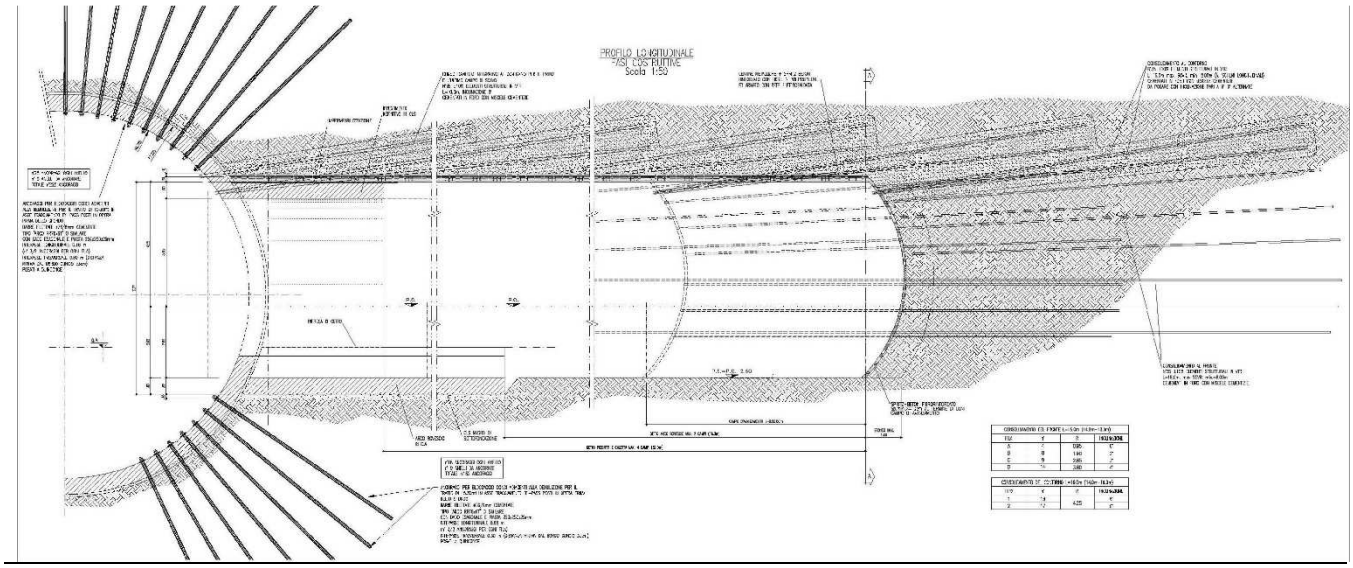

Figura 01.2: profilo costruttivo per i by pass di progetto

- In particolare per i by-pass carrabili i sostegni di prima fase sono costituiti dai seguenti elementi:

- consolidamento al fronte mediante n°35±10% elementi strutturali in vetroresina di lunghezza pari a 16.0m e sovrapposizione minima pari a 8.0m, cementati in foro con miscele cementizie;
- consolidamento al contorno mediante n°35±10% elementi strutturali in vetroresina di lunghezza pari a 16.0m e sovrapposizione minima pari a 8.0m, cementati in foro con miscele cementizie, inclinati di 6°-9° alternati;
- centine metalliche e calcestruzzo proiettato rinforzato con fibre in polipropilene ed armato con rete elettrosaldata.
- Il rivestimento definitivo dei by-pass carrabili ha uno spessore di 60 cm in calotta e 60cm in arco rovescio.

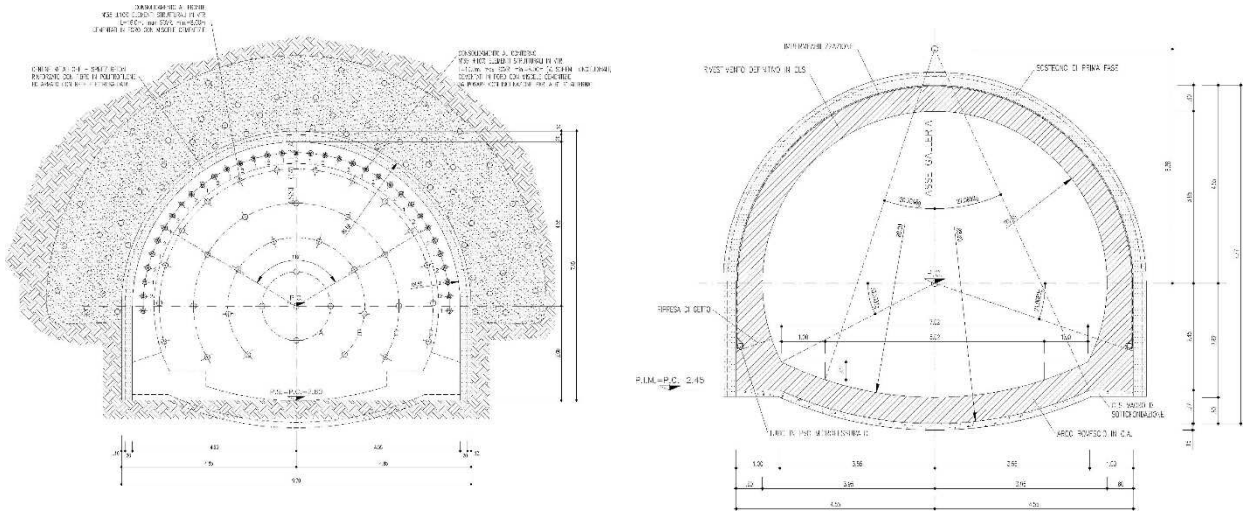

Figura 01.3: sezioni tipo e carpenteria by pass carrabili

La sezione dei by-pass pedonali è costituita invece dai seguenti elementi:

- consolidamento al fronte mediante n°17(±10%) elementi strutturali in vetroresina di lunghezza pari a 16.0m e sovrapposizione minima pari a 8.0m cementati in foro con miscele cementizie;
- consolidamento al contorno mediante n°22(±10%) elementi strutturali in vetroresina di lunghezza pari a 16.0m e sovrapposizione minima pari a 8.0m cementati in foro con miscele cementizie;

- centine metalliche HEB160/1m(±20%).
- Il rivestimento definitivo dei by-pass pedonali ha uno spessori di 50cm in calotte 60cm in arco rovescio.

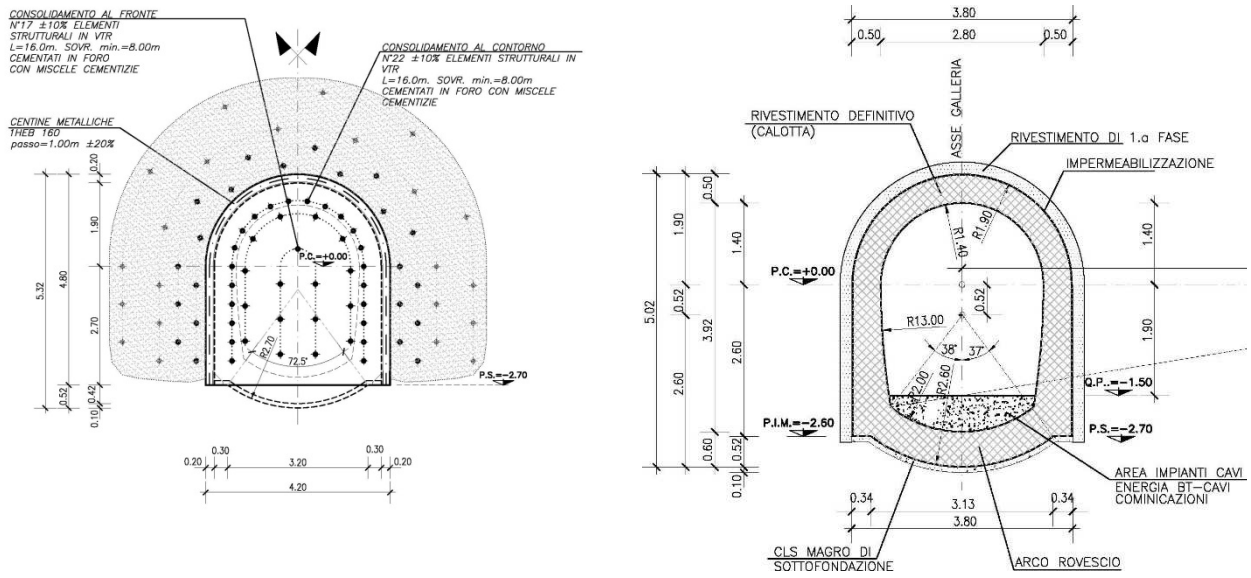

Figura 01.4: sezioni tipo e carpenteria by pass pedonali

V1.3.1 Contestualizzazione della distribuzione planimetrica dei by pass

Il contesto tenso-deformativo della galleria naturale Caltanissetta, così come mostrato nei capitoli precedenti, riscontra, successivamente al passaggio del secondo fronte di scavo, il raggiungimento di uno stato di equilibrio sia all'interno del cavo che in superficie.

Il conseguito equilibrio ha però evidenziato l'insorgenza di significative singolarità soprattutto per quanto attiene i cedimenti di superficie.

Risulta quindi opportuno, alla luce dei cedimenti riscontrati e del complesso equilibrio raggiunto, contestualizzare il posizionamento planimetrico dei by pass di progetto, al fine di evidenziare possibili criticità di ubicazione.

Per una corretta analisi, sono state riportate in planimetria le aree di superficie caratterizzate da maggior cedimento/volume perso e laddove, successivamente al passaggio della seconda canna, si è registrato un notevole incremento dei tempi necessari al raggiungimento della stabilizzazione delle deformazioni.

In tal senso sono state definite lungo il tracciato della GN Caltanissetta, n° 7 aree sensibilmente critiche:

Area ED#18-23 – contrassegnata da valori elevati di volume perso/cedimento.

Area ED#26 – "ex clinica Dubini", edificio sensibile in quanto struttura ricettiva ASL, contrassegnata da valori di cedimento elevato

Area ED#40-45 – compendio immobiliare CEFPASS, struttura ricettiva con riscontrati elevati valori di cedimento.

Area ED#68-71 – contrassegnata da valori elevati di volume perso/cedimento.

Area ED#80-86 – contrassegnata da valori elevati di volume perso/cedimento.

Area ED#107-114 – contrassegnata da valori elevati di volume perso/cedimento

Area Pozzi – presenza di elevati battenti idraulici.

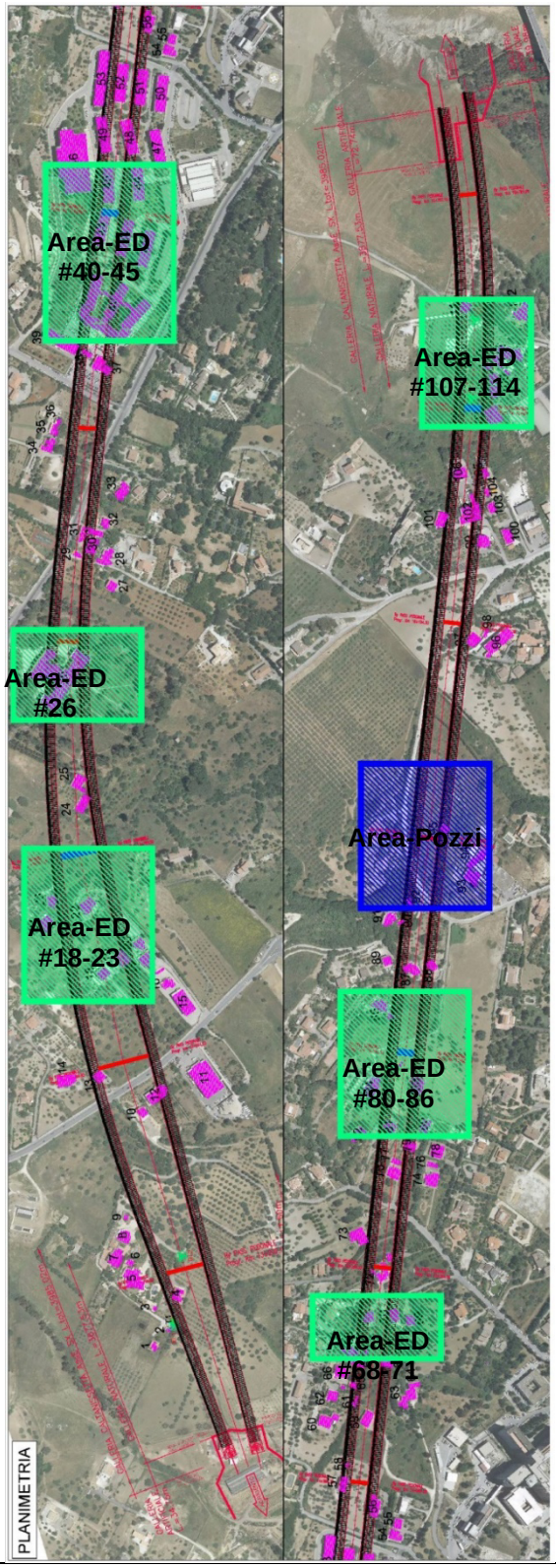

Figura 01.5: planimetria con ubicazione bypass di PVT – zone critiche

Dalla planimetria si evince che quasi il 50% degli attraversamenti previsti in progetto di variante, risulterebbero all'interno di zone contrassegnate come critiche.

In particolare il 100% dei by pass carrabili, che presentano quindi la maggiore sezione di scavo da realizzare, ricadrebbero all'interno delle zone critiche.

È evidente dunque, che il posizionamento dei by pass, così come previsto nel progetto di variante, alla luce delle evidenze riscontrate durante il corso d'opera della galleria, presenta importanti sovrapposizioni con le aree definite "critiche". La realizzazione dei by pass in tali aree, comporterebbe una perturbazione locale dell'equilibrio raggiunto, con ripercussioni di difficile previsione sulla superficie e sulle preesistenze, ma che in caso di conferma della tendenza evolutiva riscontrata tra la prima e la seconda canna, porterebbe ad un incremento significativo del cedimento in superficie, al quale si può associare un sempre crescente potenziale danno sugli edifici esistenti.

V1.4 – PROPOSTA DI VARIANTE

Sovrapponendo l'ubicazione dei by pass di Progetto di Variante, con le aree critiche evidenziate nel capitolo precedente, scaturisce l'esigenza di predisporre un riposizionamento degli attraversamenti della GN Caltanissetta funzionale all'eliminazione delle interferenze tra i by pass e le suddette aree critiche.

Se l'obiettivo primario del riposizionamento deve essere quello di mantenere imperturbata la condizione di equilibrio raggiunta nelle zone ad alta connotazione deformativa al fine di evitare ulteriori incrementi dei cedimenti, risulta comunque necessario analizzare l'insieme delle possibili soluzioni e le alternative operative che se implementate possano portare ad una complessiva minimizzazione del disturbo indotto lungo tutto il tracciato della GN Caltanissetta.

A tal fine, si tiene a precisare che le modifiche progettuali che verranno descritte di seguito, si basano fondamentalmente sull'applicazioni di tre differenti criteri, pensati con l'obiettivo comune di rendere minimi gli effetti destabilizzanti dello scavo dei by pass, anche in quelle zone dove il passaggio della seconda canna ha fatto registrare fenomeni deformativi meno rilevanti.

I criteri sui quali si basa la proposta di modifica sono:

- **Criterio di rimodulazione planimetrica degli interventi** – si prevede la diminuzione degli interventi da realizzare lungo lo sviluppo longitudinale della galleria naturale. In questo modo si intende apportare il minimo "disturbo" possibile all'equilibrio di superficie raggiunto (recepimento del Decreto Legislativo n°264 del 5 Ottobre 2006 "Attuazione della Direttiva 54/2004/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete autostradale transeuropea").

- **Criterio tensionale** - modifica della modalità di attacco dell'anello in conci ed introduzione di una struttura di cerchiaggio interno in grado di rendere minime le variazione di tensione e deformazioni lungo il rivestimento definitivo, anche successivamente al taglio dei conci.
- **Criterio deformativo** – modifica dello schema di consolidamento ed introduzione di un rivestimento di prima fase provvisto di arco-puntone. L'obiettivo è quello di accelerare i tempi realizzativi di scavo di ciascun by pass in modo da minimizzare in termini di tempo il disturbo indotto adottando una sezione di scavo molto rigida.

V1.4.1 Rimodulazione planimetrica degli attraversamenti

Le considerazioni che stanno alla base del criterio di rimodulazione planimetrica adottato, partono dal presupposto che realizzare un numero minore di interventi di attraversamento, significherebbe apportare di conseguenza un minore disturbo all'equilibrio deformativo globale raggiunto in tutta l'area di interesse della galleria naturale Caltanissetta.

Il riposizionamento dei by pass, inoltre, tiene in considerazione le aree con elevata connotazione deformativa al fine di eliminare ogni possibile sovrapposizione con esse.

Il riferimento normativo che consente la proposta di modifica dell'ubicazione planimetrica dei by pass, è la direttiva 2004/54/CE "*requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale trans europea*", recepita in Italia dal Decreto Legislativo n°264 del 5 Ottobre 2006 "*Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale trans europea*", e resa cogente per le gallerie rientranti nella rete TERN dalla Legge 24.3.2012 n. 27

Al cap. § 2.3.8 del D.lgs 264/06 si stabilisce infatti che "*se vi sono uscite di emergenza, la distanza tra due di esse non deve superare i 500m*" e successivamente al par. §2.4.1 "n*elle gallerie a doppio fornice, se i fornici si trovano allo stesso livello, o quasi, devono essere previste almeno ogni 1500m delle gallerie trasversali adatte ai veicoli dei servizi di pronto intervento*".

È inoltre da tenere in considerazione che con la legge n°27 del 24 Marzo 2012, art. 53 "*allineamento alle norme europee della regolazione progettuale delle infrastrutture ferroviarie e stradali e disposizione in materia di gallerie stradali*" viene stabilito il concetto dell'over design, attraverso il concetto " *non possono essere applicati alla progettazione e costruzione delle nuove gallerie stradali e autostradali nonché agli adeguamenti di quelle esistenti, parametri e standard tecnici e funzionali più stringenti rispetto a quelli previsti dagli accordi e dalle norme dell'Unione Europea*".

L'excursus normativa illustrato, rende concreta ed applicabile da un punto di vista normativo la possibilità di diminuzione degli interventi di attraversamento tra le due canne della galleria

Caltanissetta. Per ulteriori approfondimenti e riferimenti normativi, nonché al dettaglio del livello di sicurezza della galleria naturale, si rimanda all'elaborato specifico "Analisi di Rischio della galleria naturale Caltanissetta".

Considerando quindi un'interdistanza massima tra le uscite di emergenza pedonali pari a 500m e 1500m per le uscite di emergenza carrabili, cosi come previsto dal D.lgs 264/06, il numero minimo degli interventi da realizzare passerebbe a n°7 (5 pedonali e 2 carrabili).

La presenza di aree con riscontrata criticità deformativa comporta un ulteriore ridistribuzione dei by-pass da predisporre, in modo da annullare qualsiasi sovrapposizione tra le opere di attraversamento e le zone di superficie evidenziate. Questo porta un incremento per quanto riguarda il numero dei by pass pedonali, che nella distribuzione planimetrica proposta salgono a n°7, mentre i by pass carrabili rimangono n°2.

Tabella 01-2: Progressive di ubicazione dei by pass

N°	TIPO	carreggiata SX	carreggiata DX
1	B.P.P	Progr. Km 13+417.33	Progr. Km 13+426.12
2	B.P.P	Progr. Km 13+915.63	Progr. Km 13+910.33
3	B.P.C + B.P.P	Progr. Km 14+415.33	Progr. Km 14+401.93
4	B.P.P	Progr. Km 14+913.33	Progr. Km 14+899.93
5	B.P.P	Progr. Km 15+190.49	Progr. Km 15+177.09
6	B.P.C + B.P.P	Progr. Km 15+675.49	Progr. Km 15+662.09
7	B.P.P	Progr. Km 15+975.49	Progr. Km 15+962.09
8	B.P.P	Progr. Km 16+275.49	Progr. Km 16+262.09
9	B.P.P	Progr. Km 16+675.49	Progr. Km 16+667.43

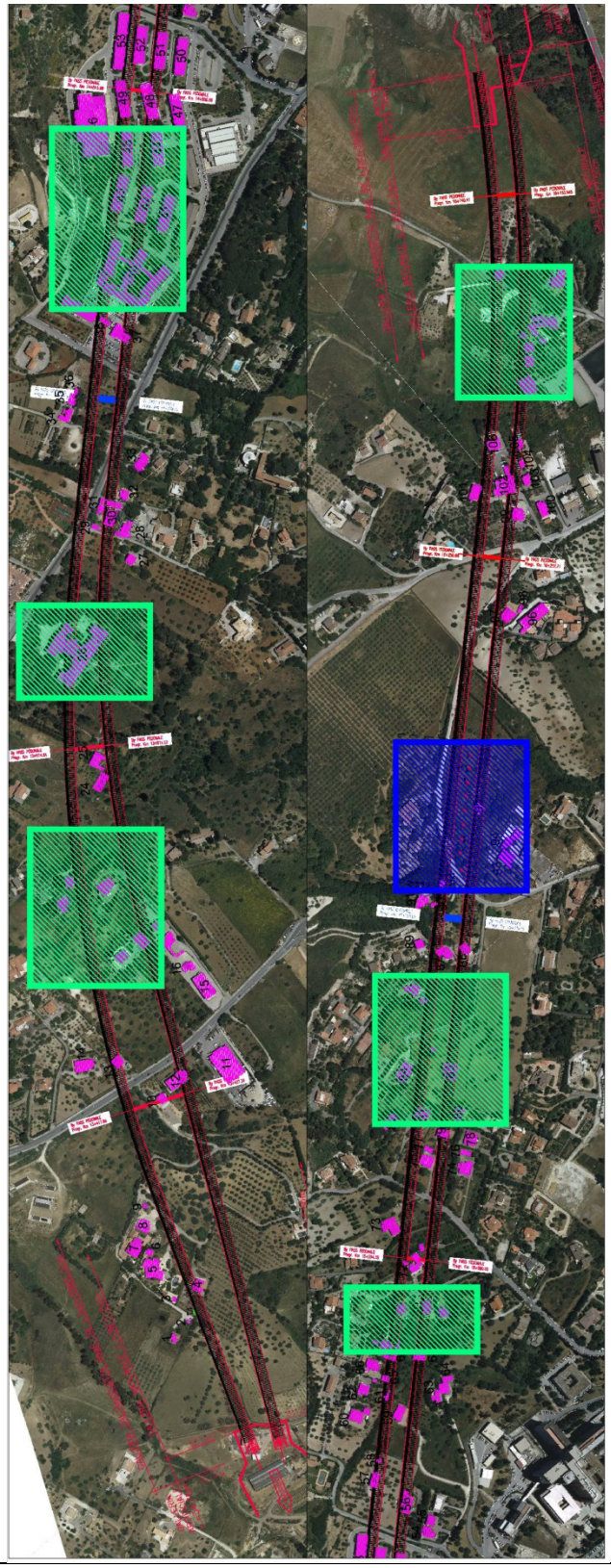

Figura 01.6: planimetria con ubicazione bypass di PVT – zone critiche

V1.4.2 Struttura di Attacco dei Conci

Per la limitazione degli inevitabili effetti di rilassamento tensionale successi alla fase di taglio dei conci del rivestimento in opera, si prevede di sostituire l'intervento di chiodatura di progetto previsto per la realizzazione dei by pass, con una struttura in carpenteria metallica. Il compito di tale struttura sarà quello di effettuare un vero e proprio "cerchiaggio interno" degli anelli al contorno della zona di taglio, al fine di far rimanere quantomeno invariato il quadro tensionale globale del rivestimento definitivo anche successivamente alle operazioni di taglio dei conci.

La struttura di sostegno temporanea è costituita da una base in calcestruzzo di classe C28/35, sagomata inferiormente per consentire il passaggio degli impianti, su cui sono collegate 6 centine costituite da 2HEM500 accoppiate connesse alla traversa principale, realizzata in forma scatolare mediante due piatti verticali laterali sagomati secondo la curvatura del rivestimento della galleria, due piatti verticali costituenti l'anima centrale e due piatti, superiore e inferiore, disposti in direzione radiale alla galleria e che completano la struttura scatolare. La struttura è posta in carico tramite 10 martinetti per scaricare completamente il rivestimento in conci prefabbricati della galleria e consentire la stabilità del sistema durante il taglio dei conci per la realizzazione dell'apertura propedeutica alla costruzione del by-pass. Completano il telaio in carpenteria metallica le traverse di collegamento realizzate in profilati HEM500. Inoltre sono predisposti rinforzi metallici per le 4 centine centrali in corrispondenza della traversa principale scatolata. La struttura metallica è collegata al rivestimento della galleria tramite una bullonatura sistematica realizzata con bulloni M30.

Gli elementi costituenti il telaio in carpenteria metallica sono realizzati in acciaio S355.

Tale struttura è stata pensata per essere adattata sia allo scavo dei bypass pedonali che di quelli carrabili. Infatti, mentre per i bypass pedonali è sufficiente adottare una di queste strutture, per quelli carrabili è necessario accostarne due con alcune modifiche da effettuarsi sull'anello al fine di adattarne l'apertura e rinforzare gli elementi metallici centrali.

Infine una cornice calandrata permanente sarà posizionata all'interno dell'apertura realizzata nel rivestimento della galleria per la sola realizzazione dei bypass pedonali. Tale struttura è costituita da due elementi curvi posizionati inferiormente e superiormente e due elementi verticali che chiudono la sagoma, gli elementi di questa struttura sono disposti secondo la curvatura della galleria.

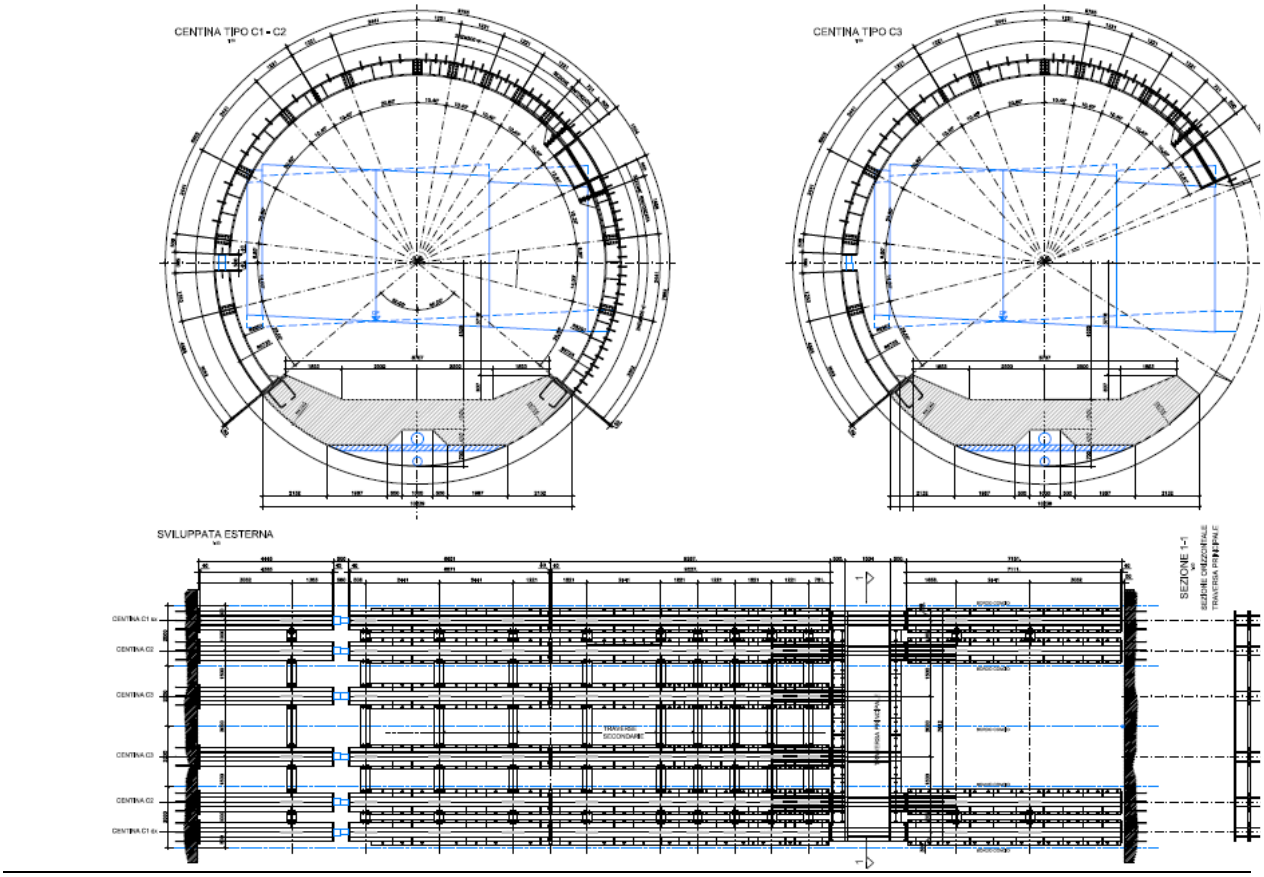

Figura 01.7: carpenteria della struttura di sostengo temporanea a portale

V1.4.2 Schema di scavo e consolidamento dei by pass pedonali

L'ultima serie di modifiche che si introducono nel progetto per la realizzazione dei by pass pedonali, riguarda la metodologia di scavo in avanzamento, nello specifico le modifiche sono state apportate al sostegno di prima fase e all'intervento di consolidamento da eseguire sul fronte.

L'obiettivo è quello di ottenere la minimizzazione degli effetti deformativi al contorno dei by pass.

Le sezioni di attacco dei by pass pedonali, prevedono:

- consolidamento al fronte mediante n°17(±10%) elementi strutturali in vetroresina, sovrapposizione minima pari a 8.0m cementati in foro con miscele cementizie;
- consolidamento al contorno mediante n°22(±10%) elementi strutturali in vetroresina, sovrapposizione minima pari a 8.0m cementati in foro con miscele cementizie;
- sostegno di prima fase costituito da centine metalliche singole HEB160 con arco puntone, passo 40cm e cls proiettato fibrorinforzato di spessore 30cm;
- impermeabilizzazione full round attorno alla galleria;
- rivestimento definitivo in c.a. di spessore 50cm in calotta e 60cm in arco rovescio.

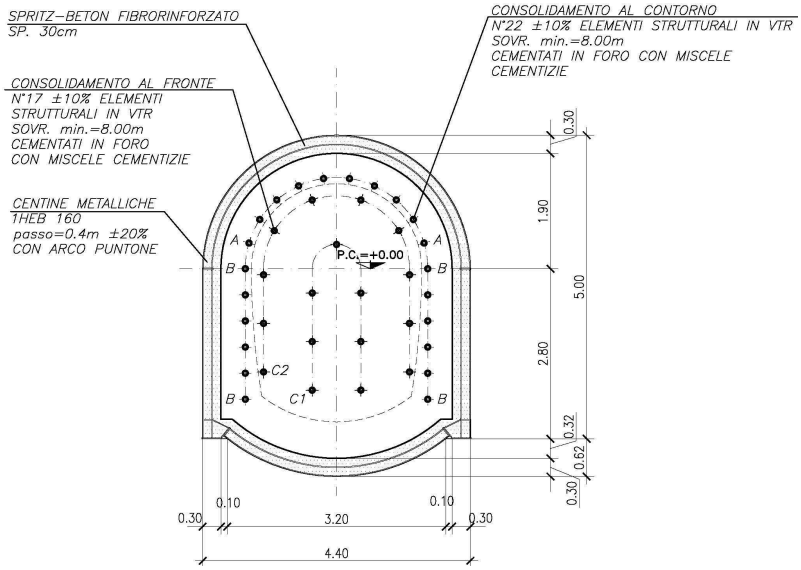

Figura 01.8: sezione tipo bypass pedonale – sezione corrente – scavo e consolidamento

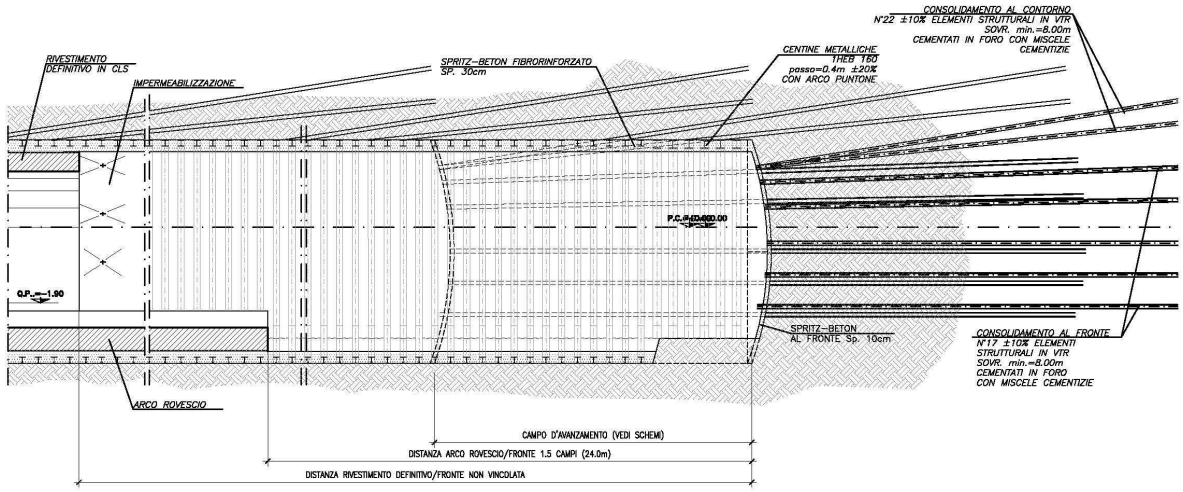

Figura 01.9: sezione tipo bypass pedonale – sezione corrente longitudinale – scavo e consolidamento

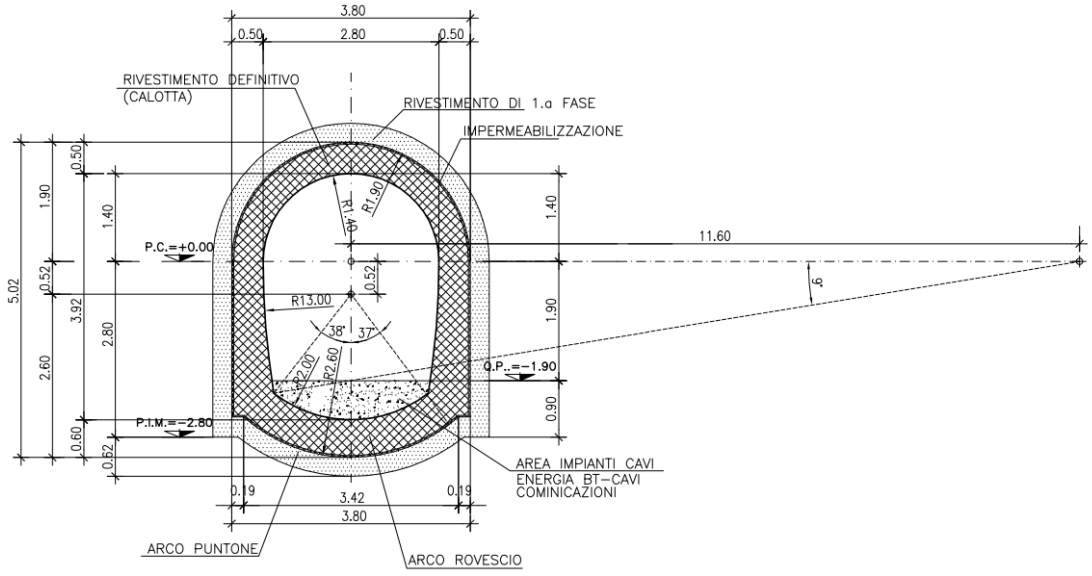

Figura 01.10: sezione tipo bypass pedonale – sezione corrente – carpenteria rivestimento definitivo

Il collegamento tra la galleria principale di linea e il bypass pedonale sezione corrente avverrà mediante un allargo, ossia una sezione simile a quella della sezione corrente con dimensione di scavo maggiore. Le dimensioni di scavo di questa sezione sono definite a partire dalla posizione della struttura metallica esterna e dalle dimensioni e posizioni specifiche dei conci esistenti della canna SX della galleria Caltanissetta.

Questa sezione è costituita da:

- consolidamento dalla galleria Caltanissetta mediante n°55 elementi strutturali in VTR, di lunghezza variabile da 9m a 27m, cementati in foro con miscele cementizie. In funzione della distanza tra le due canne, sono previsti 3 schemi di consolidamento.
- Sostegno di prima fase costituito da centine HEB160, passo 35cm/ ± funzione del monitoraggio e arco puntone. Il cls proiettato fibrorinforzato avrà spessore di 30cm.
- Rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 235cm in calotta e 160cm in arco rovescio.
- Il rivestimento definitivo prevede un impermeabilizzazione full-round al contorno di esso.

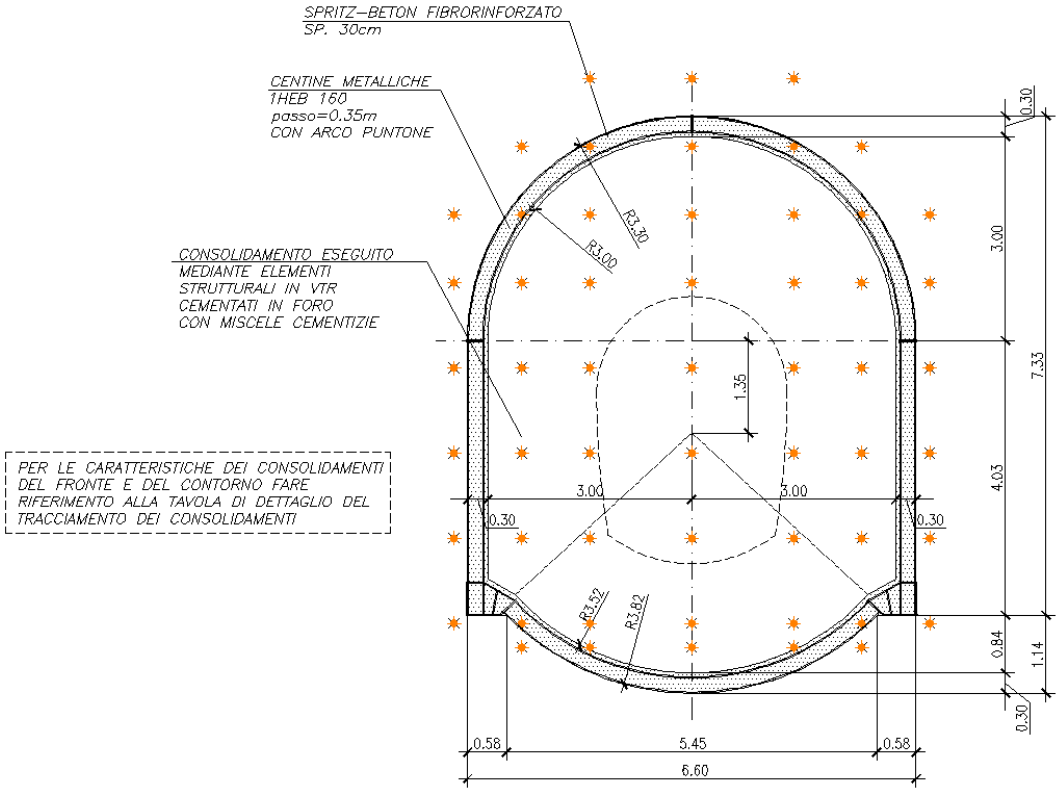

Figura 01.11: sezione tipo bypass pedonale – sezione di allargo – scavo e consolidamento

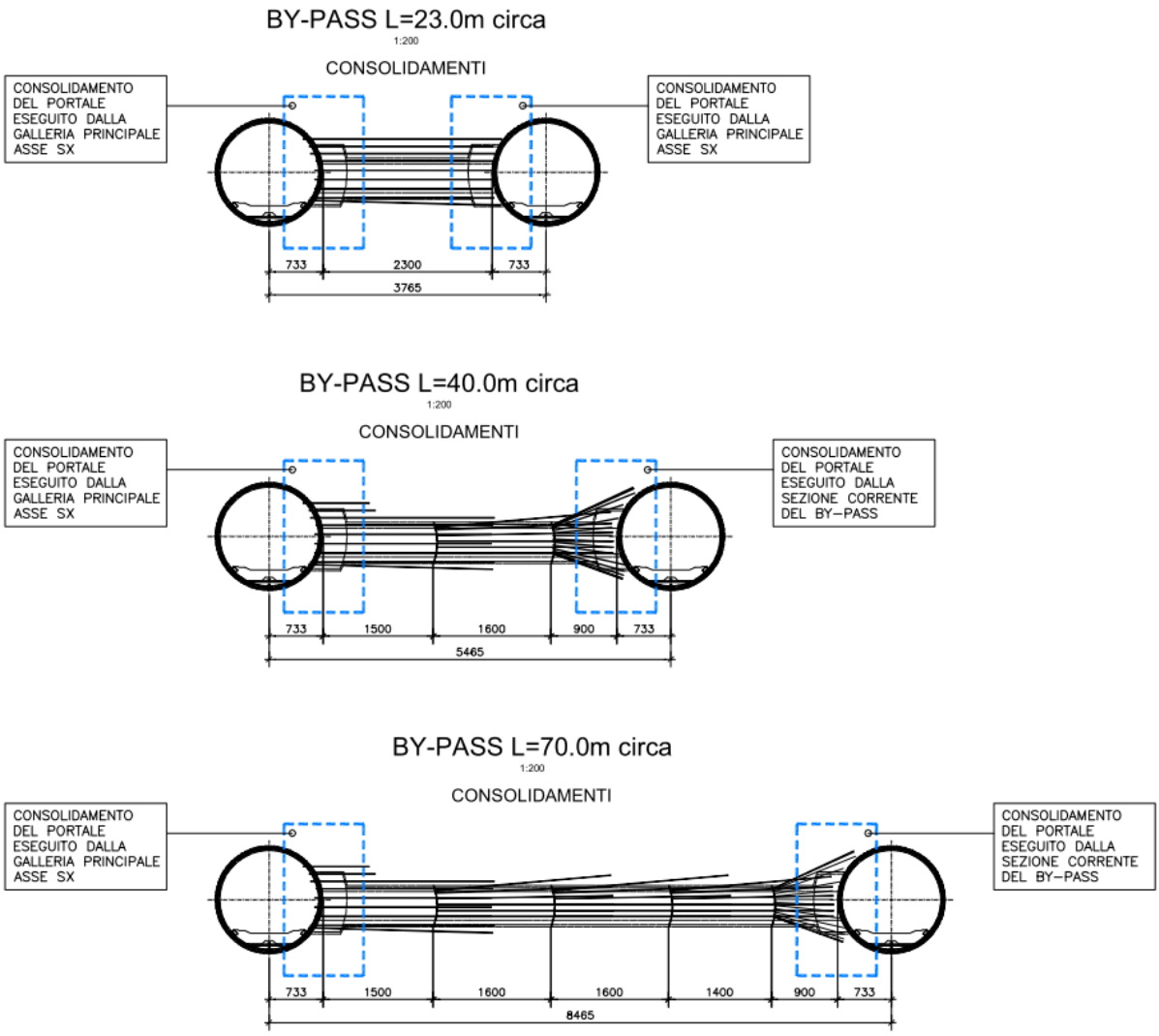

Figura 01.12: sezione tipo bypass pedonale – sezione longitudinale di allargo – schemi tipologici per i consolidamenti

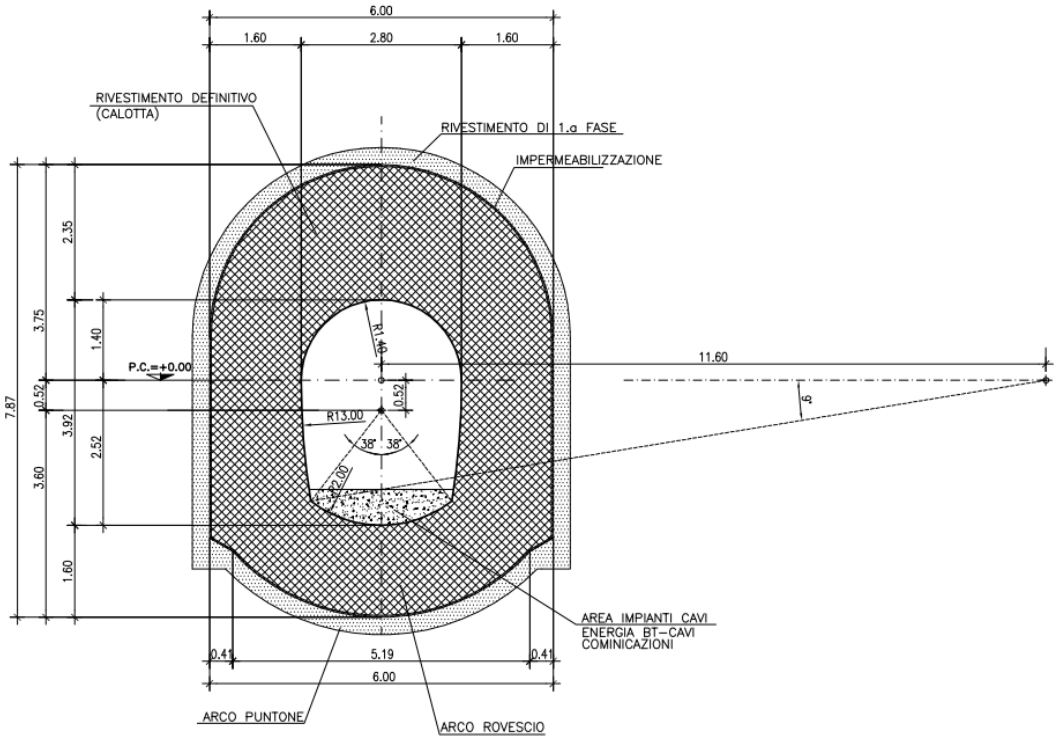

Figura 01.13: sezione tipo bypass pedonale – sezione di allargo – carpenteria rivestimento definitivo

La sezione allargata, denominata sezione portale, si estende solo per 2.68m oltre alla galleria principale in direzione perpendicolare allo sviluppo della galleria Caltanissetta.

V1.4.3 Schema di scavo e consolidamento dei by pass carrabili

Per limitare gli effetti deformativi indotti dallo scavo dei bypass carrabili, la sezione di scavo corrente prevede:

- consolidamento del fronte mediante n°36 elementi strutturali in VTR, L=16m, sovrapposizione 8m, cementati in foro con miscele cementizie.
- Consolidamento al contorno con n°35±10% elementi strutturali in VTR, L=16m, cementati in foro con miscele cementizie.
- Sostegno di prima fase costituito da centine HEB300, passo 70cm±20% e arco puntone. Il cls proiettato fibrorinforzato avrà spessore di 35cm.

Rivestimento definitivo in c.a. dello spessore di 60cm in calotta e 70cm in arco rovescio. Il rivestimento definitivo prevede un impermeabilizzazione full-round al contorno di esso.

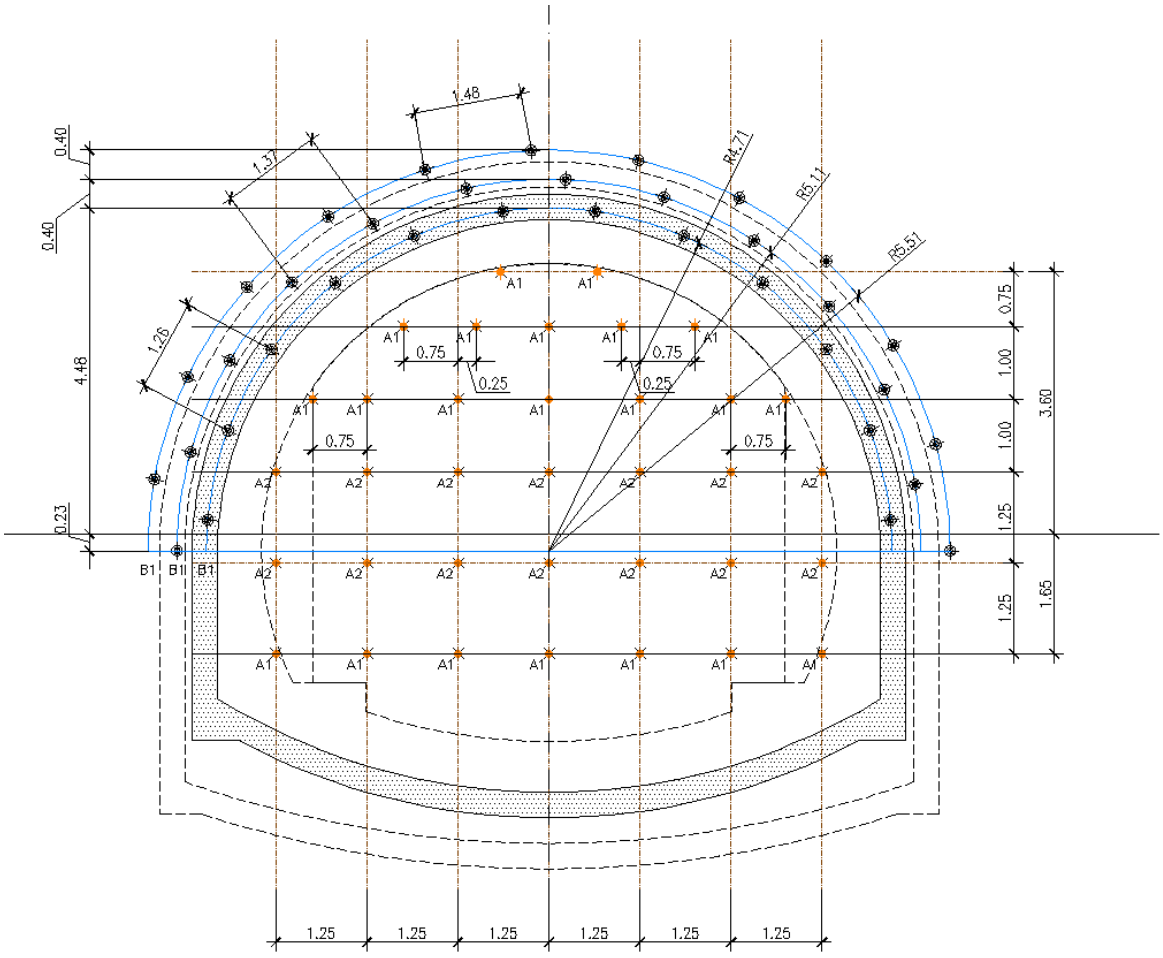

Figura 01.14: sezione tipo bypass carrabile – sezione corrente – scavo, consolidamenti e sostegno di prima fase

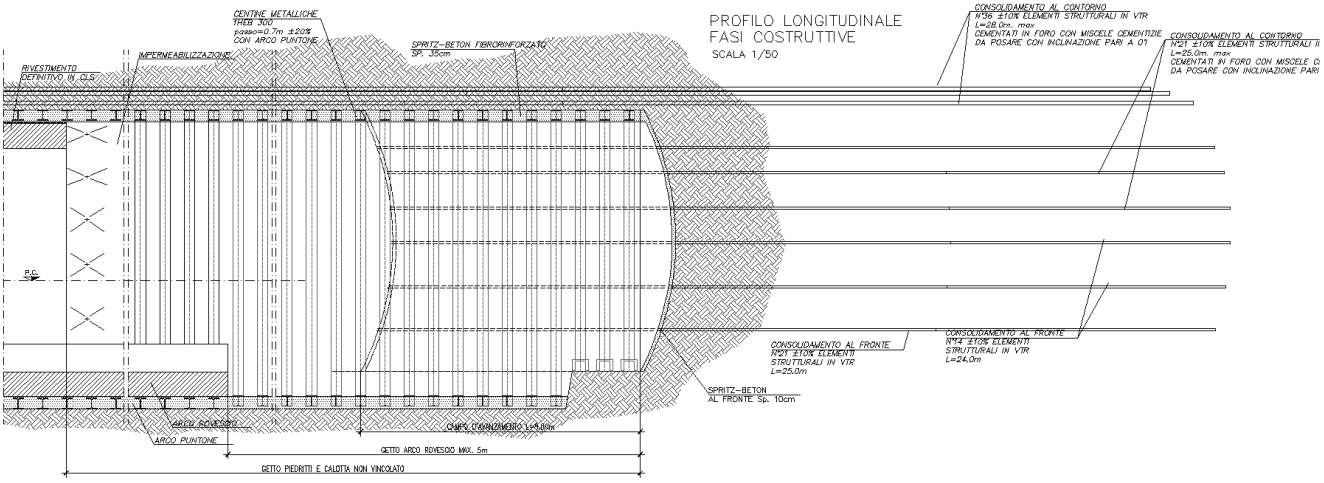

Figura 01.15: sezione tipo bypass carrabile – sezione corrente – profilo longitudinale e fasi costruttive

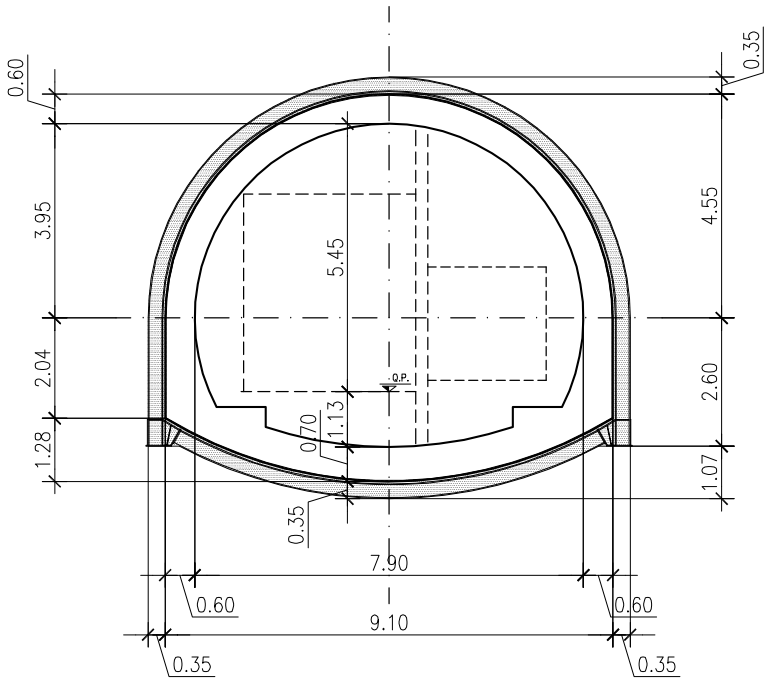

Figura 01.16: sezione tipo bypass carrabile – sezione corrente – carpenteria rivestimento definitivo

Il collegamento tra la galleria principale di linea e il bypass carrabile (sezione corrente) avverrà mediante un allargo (di seguito denominata sezione portale), ossia una sezione simile a quella della sezione corrente con dimensione di scavo maggiore.

La carpenteria della sezione è riportata nella figura seguente.

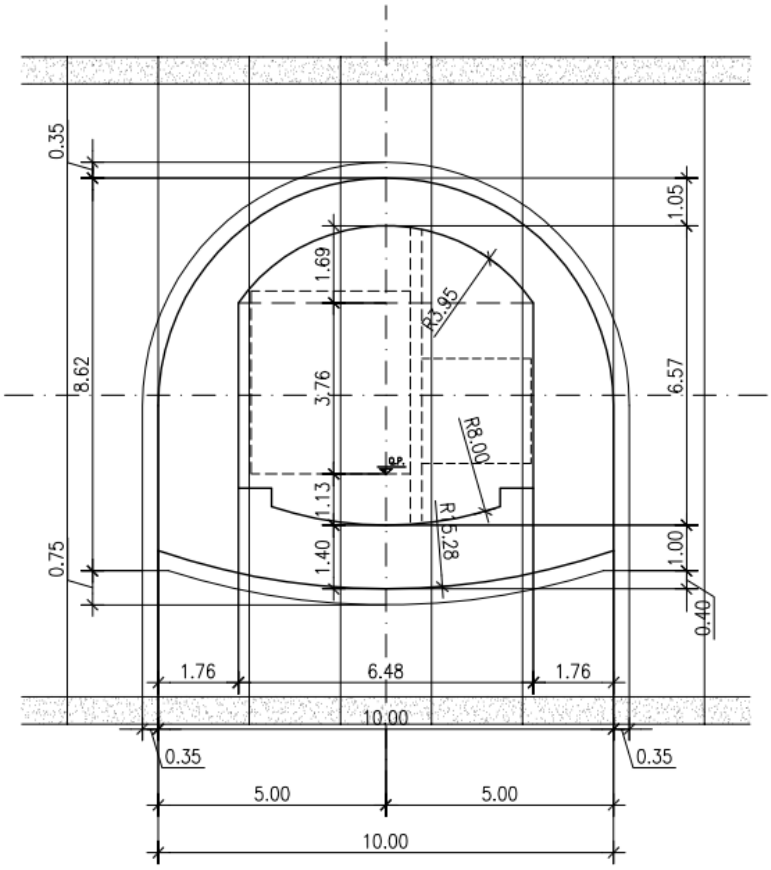

Figura 01.17: sezione tipo bypass carrabile – sezione portale – carpenteria rivestimento definitivo

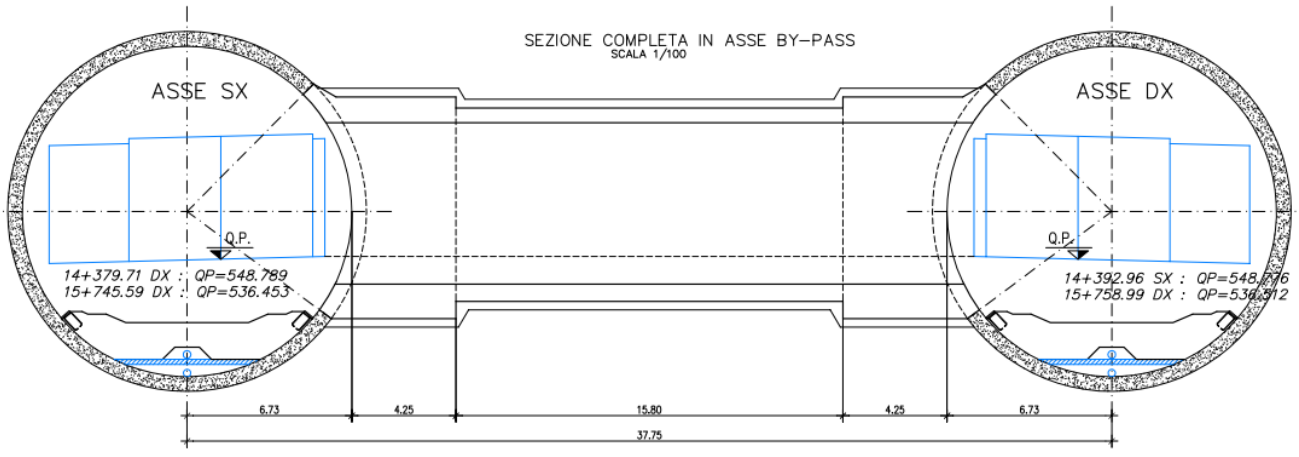

Figura 01.18: sezione tipo bypass carrabile – sezione longitudinale – carpenteria rivestimento definitivo

Nella sezione d'attacco, le centine sono posizionate ad un passo inferiore: 50cm, mentre lo spessore minimo del rivestimento definitivo è di 1.05m (calotta), mentre ai piedritti è di 1.76m e in arco rovescio è di 1.4m. Il consolidamento del fronte e al contorno previsto nella sezione tipo corrente, è sostituito dal consolidamento effettuato prima dell'avvio dello scavo, a partire dalla galleria principale.

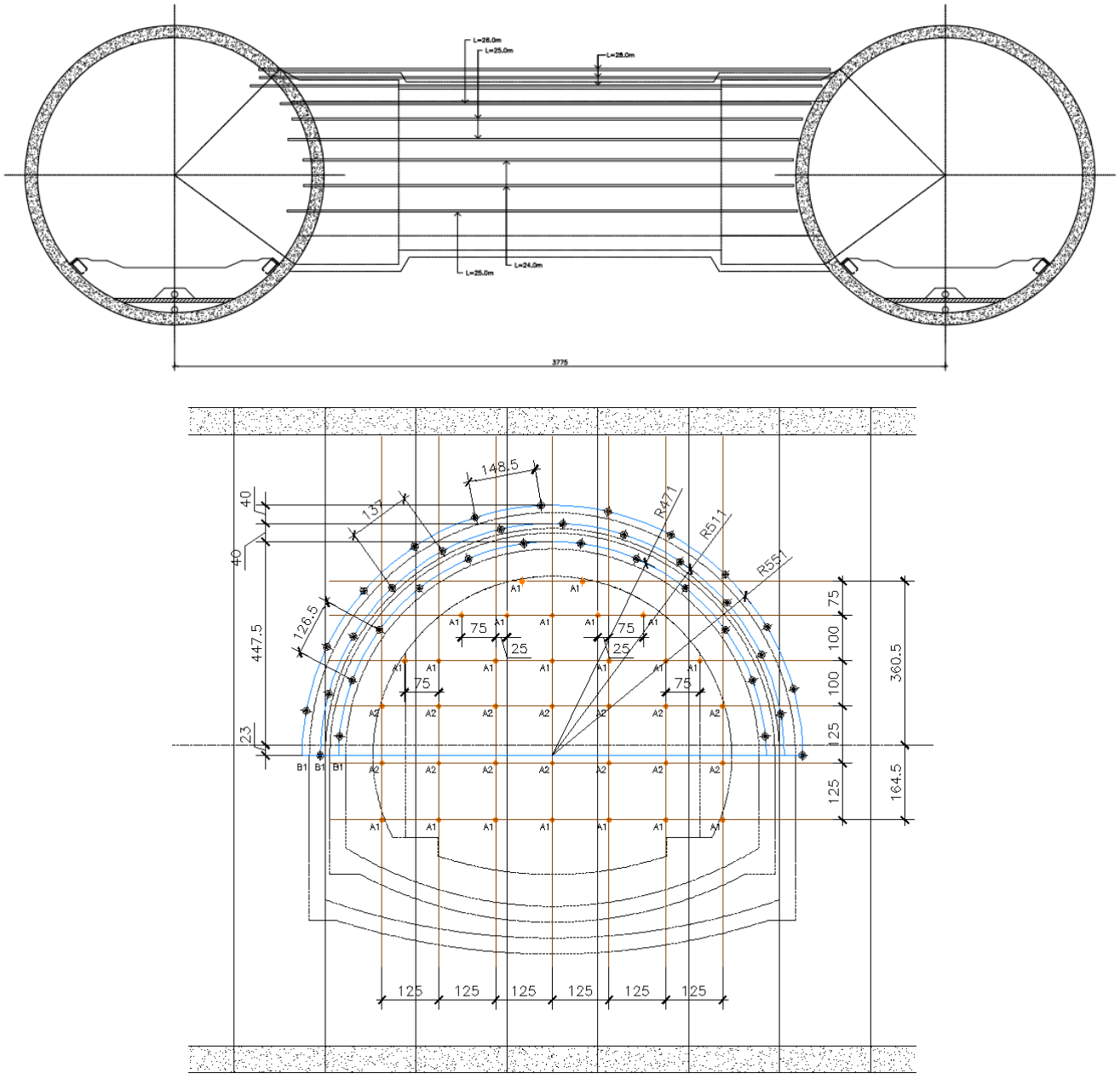

Figura 01.19: sezione tipo bypass carrabile – portale – sezione longitudinale e trasversale di consolidamento

Le macrofasi operative per lo scavo dei bypass carrabili sono i seguenti:

fase 0: consolidamento dell'impronta del bypass dalla galleria principale, asse SX;

fase 1: posa della struttura metallica provvisoria interna alla galleria principale;

fase 2: taglio degli anelli;

fase 3: scavo di avanzamento in sezione tipo portale e due campi di sezione corrente;

fase 4: posa in opera del sostegno di prima fase;

fase 5: posa in opera dell'anello metallico definitivo al contorno (solo nel caso di bypass pedonale).

fase 6: posa dell'impermeabilizzazione;

fase 7: getto del rivestimento definitivo del portale e di un campo della sezione corrente;

fase 8: rimozione della struttura metallica provvisoria interna alla galleria principale;

fase 9: prosieguo dello scavo del bypass in sezione corrente;

fase 10: posa in opera del sostegno di prima fase della sezione corrente (per la tratta ancora da scavare);

fase 11: posa dell'impermeabilizzazione per la sezione corrente (ancora da gettare);

fase 12: completamento del getto in opera del rivestimento definitivo della sezione corrente.

V1.5 – INQUADRAMENTO NORMATIVO

La variante è inquadrabile normativamente e contrattualmente come generata da:

- **Causa di forza maggiore e sopravvenute prescrizione di legge ai sensi dell'art. 11 del C.S.A. - Norme Generali, nonché dell'art. 10 dell'allegato NG10 al C.S.A., discendenti dall'applicazione dell'art. 176, comma 5, lettera a secondo periodo, del D. Lgs. n. 163/2006**.

IN FEDE
Ing. Alberto Antonelli