









AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA
DEL TRATTO RIMINI NORD-PEDASO

TRATTO: ANCONA NORD – ANCONA SUD
PROGETTO ESECUTIVO

<p>AU – CORPO AUTOSTRADALE</p> <p style="margin-top: 20px;">OPERE IN SOTTERRANEO</p> <p style="margin-top: 10px;">GALLERIA MONTEDOMINI</p> <p style="margin-top: 20px;">Relazione tecnica generale</p>																																				
Impresa di costruzioni 		A.T.I. Progettazione 		Mandatari     																																
RAPPRESENTANTE ATTIVITA' PROGETTAZIONE Ing. Paolo Cucino		IL PROGETTISTA Ing. Paolo Cucino		DIRETTORE TECNICO Ing. Stefano Fuoco																																
WBS – Rif. elaborato – Sistema di codifica AUTOSTRADE					DATA: MARZO 2011	INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Paolo Mazzalai																														
DIRETORIO codice commessa		N.Prog.	unita'	FILE n. progressivo																																
----- 11142501		TUN	0001-		SCALA: -----																															
RAPPRESENTANTE ESECUZIONE LAVORI Ing. Luigi Pellegrini		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>REV</th> <th>DESCRIZIONE</th> <th>DATA</th> <th>REDATTO</th> <th>VERIFICATO</th> <th>APPROVATO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>emissione</td> <td>MARZO 2011</td> <td>Oss</td> <td>Cucino</td> <td>Mazzocchi</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>					REV	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	A	emissione	MARZO 2011	Oss	Cucino	Mazzocchi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
REV	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO																															
A	emissione	MARZO 2011	Oss	Cucino	Mazzocchi																															
-	-	-	-	-	-																															
-	-	-	-	-	-																															
-	-	-	-	-	-																															
Nome file: TUN001																																				
VISTO DELLA COMMITTENTE				 Società per azioni																																

Indice

1	Introduzione.....	3
2	Sintesi del quadro geologico-geotecnico ed indagini	4
2.1	Descrizione delle campagne geognostiche	4
2.2	Geologia, geomorfologia e idrogeologia	7
2.3	Caratterizzazione geotecnica	8
2.3.1	Dimensionamento delle opere di imbocco	8
2.3.2	Progettazione delle gallerie	8
3	Descrizione delle opere di imbocco	10
3.1	Portale di attacco – Paratie in diaframmi	10
3.2	Scavi di sbancamento – Paratie di pali	11
3.3	Demolizione e rimozione delle strutture esistenti	11
3.4	Esecuzione degli interventi di tirantatura	12
3.5	Galleria artificiale	12
3.6	Ritombamento e sistemazione definitiva dei versanti.....	13
4	Descrizione dei lavori in sotterraneo.....	14
4.1	Metodo di scavo.....	14
4.2	Sezione tipo della galleria naturale	15
4.2.1	Precontenimento del cavo (Pretaglio)	15
4.2.2	Consolidamento del terreno e del cavo.....	16
4.2.3	Rivestimento in conci prefabbricati.....	16
4.2.4	Volta attiva	18
4.2.5	Arco rovescio	19
4.2.6	Attrezzatura multifunzione (AM)	19
4.2.7	Movimentazione dello scudo d'acciaio.....	21
4.3	Fasi di avvio e sbocco della galleria.....	21
4.4	Fasi esecutive di allargo della galleria (ciclo di avanzamento).....	22
4.5	Operazioni fuori ciclo	23
5	Fasistica generale per ampliamento delle gallerie.....	24
6	Gestione interferenze traffico e cantiere.....	25
6.1	Planimetria andamento flussi veicolari in fase costruttiva	25
6.2	Apprestamenti specifici per esecuzione dell'ampliamento in continuità di traffico.....	25
6.2.1	Scudo di protezione del traffico ed elementi di supporto: sagoma limite carreggiata in fase costruttiva.....	25
6.2.2	Struttura di by-pass sede stradale e di smarino (carro ponte).....	28
6.2.3	Apprestamenti speciali di salvaguardia del traffico (portali, impianto di illuminazione provvisoria, pannelli fonoassorbenti).....	28
6.2.4	Presidi e segnaletica per interruzione notturna della sede stradale in carreggiata...	29
7	Programma lavori.....	30

1 Introduzione

La presente relazione tecnica ha per oggetto la descrizione dei lavori di ampliamento della “Galleria Montedomini”, carreggiata Nord e Sud, dell’Autostrada A14 Bologna–Taranto, Tratto Ancona Nord – Ancona Sud, tra le progressive km 215+084.45 e 215+531.78 per la carreggiata Sud e tra le progressive 215+083.47 e 215+491.98 per la carreggiata Nord.

Il presente documento del progetto esecutivo della galleria Monte Domini fa parte del Capitolato Speciale d’Appalto dei lavori e va inteso come descrizione dei lavori ai sensi della vigente Normativa.

L’ampliamento della galleria prevede il passaggio da una sede stradale a due corsie da 3.50 m per ogni senso di marcia ad una sede a tre corsie da 3.75 m con corsia di emergenza da 3.00 m. L’incremento della sezione stradale utile determina la necessità di ampliare in modo molto significativo la dimensione della galleria.

Si sono quindi individuate idonee metodologie costruttive volte ad eseguire l’ampliamento delle gallerie in completa sicurezza, tenendo conto delle scadenti caratteristiche dell’ammasso, della vicinanza tra le due gallerie esistenti e della necessità di operare l’allargo della carreggiata Nord mantenendo in esercizio il traffico autostradale, onde non penalizzare il flusso veicolare.

La soluzione progettuale proposta prevede l’adozione del metodo “Nazzano”, dove lo scavo di allargo viene eseguito previa esecuzione di un intervento di consolidamento in avanzamento al contorno dello scavo, mediante la tecnologia per pretaglio, ed il rivestimento definitivo è realizzato mediante la posa, a seguito di ciascun sfondo di scavo, di conci prefabbricati in calcestruzzo secondo lo schema statico della “volta attiva”.

Nella presente relazione, dopo un inquadramento generale dell’intervento ed una sintetica descrizione del quadro geologico-geotecnico e degli esiti delle indagini condotte in sede di progettazione, verranno illustrate le peculiarità della metodologia di ampliamento in sede di una galleria in continuità di traffico, sia relativamente alle opere di imbocco sia alle opere in sotterraneo, con descrizione delle fasi esecutive, degli interventi previsti e dei sistemi di monitoraggio e controllo in corso d’opera.

Si affronteranno infine le problematiche connesse alla gestione delle interferenze tra Cantiere e traffico veicolare, e gli aspetti relativi al programma lavori.

2 Sintesi del quadro geologico-geotecnico ed indagini

In questo capitolo si riporta un quadro sintetico delle indagini eseguite in tutte le fasi della progettazione della galleria al fine di caratterizzare il sito da un punto di visto geologico-geotecnico. Il dettaglio delle indagini condotte, ed i riferimenti dei documenti di indagine, sono riportati nella “Relazione geotecnica-geomeccanica” (documento TUN0002).

2.1 Descrizione delle campagne geognostiche

I dati geotecnici utilizzati per la caratterizzazione geotecnica, oggetto della presente relazione sono stati acquisiti durante le seguenti campagne di indagini:

- **Fase A:** campagne di indagini geotecniche effettuate per la progettazione preliminare;
- **Fase B:** campagna di indagini geotecniche effettuate in fase di progetto definitivo;
- **Fase C:** campagna di indagini propedeutiche alla fase di progetto esecutivo;
- **Fase E:** campagna di indagini integrative alla fase di progetto esecutivo;
- **Fase F:** campagna di indagini integrative effettuate per il progetto esecutivo;
- Campagna di indagini geognostiche eseguite all'interno delle gallerie esistenti (anno 2006).

Nella seguente tabella sono riportati i sondaggi eseguiti nell'area in esame con le relative prove effettuate in sito durante le campagne condotte per la redazione dei progetti preliminare, definitivo e del presente progetto esecutivo.

Sondaggio	Profondità [m]	Prove in sito					
		SPT	CPT	PP	VT	CH	MPM
S1GM	23						
S2GM	30						
S3GM	23						
S3GM_CH	40.5						
S4GM	45						
S5GM	50						
S5GM_CH	50						
S6GM	40.5						
S7GM	35.5						
S8GM	25						
S9GM	25						
L6_4_B2	40						
L6_4_B2bis	35						
E5 S4	40						
E5 S5	40						
E5_CPTU1	13						
S1	radiale da galleria						
S2	radiale da galleria						
S3	radiale da galleria						

Tab. 2.1: Sintesi del quadro delle indagini in sito

In prossimità dei sondaggi E5-S4 e L6_4-B2 sono stati inoltre effettuati 4 stendimenti sismici, elaborati in sezioni tomografiche, finalizzati ad individuare la stratigrafia presente in loco.

Il prelievo di campioni dai sondaggi eseguiti ha permesso l'esecuzione di prove di laboratorio, la cui sintesi è riportata nella seguente tabella. Le prove sono state finalizzate sia alla classificazione dei terreni (analisi granulometriche, limiti, pesi di volume, contenuto d'acqua naturale), sia alla determinazione delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità (prove triassiali, di taglio diretto, edometriche, di rigonfiamento).

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITA' (m)	PESO DI VOLUME	Contenuto naturale H ₂ O	PESO SPECIFICO	LIMITI DI ATTEMBERG	ANALISI GRANULOMETRICA		EDOMETRICA	TAGLIO DIRETTO CD	PROVE TRIASSIALI			Rigonfiamento H-D	Analisi Mineralogiche	Analisi trattamenti a calce
							VAGLIATURA	SEDIMENTAZIONE			TUU	TCU	TCD			
4B2	CR1	5.00-5.50	X	X	X	X	X	X								
	CR2	12.90														
	CR2	35.00-35.50								X						
E5-S4	CR2	5.80-6.40	X	X	X	X	X	X		X	X					
	CR3	9.00-9.50	X	X	X	X	X	X	X							
	CR4	12.00-12.50	X	X	X	X	X	X			X					
	CR5	15.00-15.50	X	X	X	X	X	X		X	X					
	CR6	18.00-18.60	X	X	X	X	X	X			X					
	CR7	23.00-23.60	X	X	X	X	X	X		X	X					
	CR8	27.00-27.60	X	X	X	X	X	X	X							
	CR8	32.50-33.00	X	X	X	X	X	X	X					X		
E5-S5	CR2	6.00-6.60	X	X	X	X	X	X		X	X					
	CR3	9.00-9.50														
	CR4	12.00-12.60	X	X	X	X	X	X		X	X					
	CR6	15.00-15.60	X	X	X	X	X	X		X	X					
S1GM	1	6.00-6.55	X	X	X	X	X	X		X	X					
	2	12.00-12.45	X	X	X	X	X	X			X					
	3	18.00-18.40	X	X	X	X	X	X	X				X			
S2GM	CR1	9.00-9.50	X	X	X	X	X	X							X	
	1	2.50-3.00	X	X	X	X	X	X			X					
	2	12.50-12.85	X	X	X	X	X	X			X					
	3	28.00-28.50	X	X	X	X	X	X	X			X				
	CR1	14.00-15.00	X	X	X	X	X	X				X				
	SPT1	5.00-5.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT2	10.00-10.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT3	15.00-15.45	X	X	X	X	X	X								
S3GM	SPT4	20.00-20.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT5	25.00-25.45	X	X	X	X	X	X								
	1	5.50-6.00	X	X	X	X	X	X		X			X			
	2	12.50-12.81	X	X	X	X	X	X		X						
	3	17.50-18.05	X	X	X	X	X	X			X					
S3GM_CH	4	22.50-22.85	X	X	X	X	X	X			X					
	5	27.50-27.95	X	X	X	X	X	X				X				
	CR1	16.50-17.50	X	X	X	X	X	X					X			
	SPT2	3.00-3.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT5	7.50-7.95	X	X	X	X	X	X								
	SPT9	13.50-13.95	X	X	X	X	X	X								
	SPT11	16.50-16.95	X	X	X	X	X	X								
	SPT15	22.50-22.95	X	X	X	X	X	X								
	SPT17	25.50-25.95	X	X	X	X	X	X								
	SPT19	28.50-28.90	X	X	X	X	X	X								
S4GM	SPT21	31.50-31.81	X	X	X	X	X	X								
	SPT23	34.50-34.82	X	X	X	X	X	X								
	SPT26	39.00-39.20	X	X	X	X	X	X								
	1	9.30-9.75	X	X	X	X	X	X			X					
	2	17.50-17.90	X	X	X	X	X	X					X			
	3	27.50-28.00	X	X	X	X	X	X	X					X		
	4	33.50-34.05	X	X	X	X	X	X				X				
	5	37.50-37.85	X	X	X	X	X	X				X				
	CR1	23.00-24.00	X	X	X	X	X	X					X			
	SPT11	5.00-5.45	X	X	X	X	X	X								
S5GM	SPT2	10.00-10.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT3	15.00-15.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT4	20.00-20.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT5	26.00-26.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT6	32.00-32.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT7	35.00-35.39	X	X	X	X	X	X								
	SPT8	40.00-40.37	X	X	X	X	X	X								
	1	12.50-12.95	X	X	X	X	X	X			X	X				
	2	24.00-24.35	X	X	X	X	X	X						X		
	3	27.50-27.90	X	X	X	X	X	X								
S5GM_CH	4	32.80-33.10	X	X	X	X	X	X		X		X				
	5	37.50-38.05	X	X	X	X	X	X	X				X			
	CR1	31.00-32.00	X	X	X	X	X	X					X			
	SPT2	3.00-3.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT4	6.00-6.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT7	10.50-10.95	X	X	X	X	X	X								
	SPT10	15.00-15.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT13	19.50-19.95	X	X	X	X	X	X								
	SPT15	22.50-22.95	X	X	X	X	X	X								
	SPT19	27.00-27.45	X	X	X	X	X	X								
S6GM	SPT21	31.50-31.81	X	X	X	X	X	X								
	SPT24	36.00-36.33	X	X	X	X	X	X								
	SPT26	39.00-39.23	X	X	X	X	X	X								
	1	7.50-8.05	X	X	X	X	X	X								
	2	17.50-18.00	X	X	X	X	X	X					X			
	3	22.50-23.10	X	X	X	X	X	X	X			X				
	4	32.50-33.10	X	X	X	X	X	X		X		X				
	5	37.50-37.90	X	X	X	X	X	X			X					
	CR1	20.50-21.50	X	X	X	X	X	X				X			X	
	SPT11	5.00-5.45	X	X	X	X	X	X								
S7GMbis	SPT2	10.40-10.85	X	X	X	X	X	X								
	SPT3	15.00-15.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT4	20.00-20.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT5	24.00-24.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT6	30.00-30.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT7	35.00-35.43	X	X	X	X	X	X								
	SPT8	40.00-40.29	X	X	X	X	X	X								
	1	10.50-11.05	X	X	X	X	X	X								
	2	18.50-19.05	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			
	3	32.00-32.60	X	X	X	X	X	X								
S8GM	CR1	24.00-25.00	X	X	X	X	X	X							X	
	SPT11	7.00-7.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT2	14.00-14.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT3	21.00-21.45	X	X	X	X	X	X								
	SPT4	28.00-28.45	X	X	X	X	X	X								
S8GM	SPT5	35.00-35.44	X	X	X	X	X	X								
	1	4.00-4.50	X	X	X	X	X	X		X						
	2	8.00-8.50	X	X	X	X	X	X			X	X				
S1	CR1	2.45-2.75	X	X	X	X	X	X				X				
	CR1	3.00-4.00	X	X	X	X	X	X							X	
S3	CR1	4.00-4.50	X	X	X	X	X	X				X				
	CR1	4.00-4.50	X	X	X	X	X	X				X				

Tab. 2.2: Sintesi del quadro delle prove di laboratorio

Per quanto riguarda le gallerie esistenti, la documentazione *As built* e le investigazioni condotte in sito hanno fornito le indicazioni sufficienti riguardo ai seguenti temi:

- Litostratigrafia
- Spessore dei rivestimenti
- Geometria delle sezioni
- Stato tensionale delle gallerie esistenti

I risultati sono più in dettaglio descritti nella “Relazione geotecnica-geomeccanica” (documento TUN0002). Nel seguito si riporta uno stralcio delle principali informazioni.

I carotaggi, eseguiti per il rilievo dello spessore dei rivestimenti in opera, hanno individuato spessori medi pari a 90cm per la Canna Nord e 95cm per la Canna Sud.

I sondaggi eseguiti in calotta evidenziano, a tergo dei rivestimenti, la presenza di una litologia costituita da argilla limosa grigia verdastra molto consistente e la presenza di un sottofondo stradale costituito da materiale di riporto granulare più o meno cementato.

Parte del materiale recuperato dai sondaggi è stato oggetto a prove di laboratorio e indagini di classificazione allo scopo di investigare più dettagliatamente il materiale al contorno dello scavo: Le analisi granulometriche hanno evidenziato una composizione costituita principalmente da limi ($\approx 60\%$), argille ($\approx 40\%$) e da una piccola frazione sabbiosa ($\approx 1\%$).

Le prove Menard condotte in foro hanno rilevato valori del modulo pressiométrico compresi tra 40 e 115 MPa.

Le indagini condotte mediante strumentazione “georadar” indicano valori dello spessore dei rivestimenti compresi tra 70-80 cm in corrispondenza degli imbocchi e più maggiori, pari a circa 90-120 cm, in corrispondenza della tratta centrale della galleria. Le indagini georadar hanno permesso di constatare la presenza, nella parte alta del rivestimento definitivo (calotta e reni), di vuoti di dimensioni centimetriche lungo l'intero sviluppo della galleria esistente. Si è constatata l'assenza di armatura metallica nel getto del rivestimento definitivo lungo l'intero sviluppo della Galleria (sia canna nord che canna sud). Le centine metalliche sembrano assenti pressoché lungo l'intero sviluppo della Canna nord; solo in corrispondenza dell'imbocco lato Pescara, per circa 20m, sono stati rilevati supporti metallici a passo 2.5-3.0m. Per quanto concerne la canna Sud, le centine metalliche rilevate dalle indagini con il georadar sembrano essere presenti solo nel tratto compreso fra la progr.130-200, con passo 2.5-3m, in corrispondenza del quale è stata osservata una sensibile riduzione dello spessore del rivestimento definitivo.

I martinetti piatti hanno evidenziato valori di tensioni di compressione tra 2.5 e 5.2 MPa; alcune prove hanno individuato sezioni di rivestimento scariche, dove si è verificata una pressione di ripristino nulla. Le prove hanno permesso di stimare valori del modulo di deformabilità compresi tra 9500 e 14000 MPa circa.

Infine sono stati condotti rilievi profilometrici, tipo Amberg, con cadenza ogni 20 m.

2.2 Geologia, geomorfologia e idrogeologia

Il tratto autostradale della A14 oggetto di ampliamento è compreso tra il casello autostradale di Ancona nord, posto ad est del Fiume Esino, ed il Fiume Tenna, situato qualche chilometro più a sud del confine tra la provincia di Macerata e quella di Ascoli Piceno. Il tracciato corre nell'entroterra nel tratto compreso tra il casello di Ancona nord e quello di Ancona sud per poi portarsi parallelamente alla linea di costa, a meno di 1 km da essa, fino al termine dell'area di interesse.

Nel seguito si riporta un sunto del quadro geologico, geotecnico e idrogeologico dell'area interessata dal passaggio della Galleria Monte Domini; la trattazione completa è ampiamente discussa nel documento "Relazione Geotecnica Galleria Monte Domini" (doc. TUN0002).

Il tracciato autostradale di tutta la A14 e nel caso particolare della galleria Monte Domini si imposta su depositi Plio-Pleistocenici. Dal punto di vista litologico la galleria Monte Domini attraversa l'unità riconosciuta come Depositi prevalentemente argilloso-limosi (Qa), appartenente al Pliocene superiore-Pleistocene. La litologia dell'unità risulta estremamente omogenea ed è costituita da limi argillosi, argille limose con una decisamente subordinata presenza di intercalazioni sabbiose medio fini (sempre con presenza di abbondante matrice limoso-argillosa). Il substrato risulta impostato nell'unità Qa, che non presenta, in base alle indagini effettuate, variazioni laterali e risulta omogenea per le due canne. Superiormente ai depositi argillosi Qa, nella parte settentrionale di Montedomini, s'impone un'unità sabbioso limosa (Qs), immergente verso NNE, che presenta transizione graduale con le sottostanti argille. I depositi di copertura riconosciuti nell'area della galleria Monte Domini sono rappresentati da depositi alluvionali, costituiti da limi e sabbie limose e da depositi eluvio colluviali.

I rilievi geo-strutturali indicano un assetto litologico con direzione circa parallela all'orientazione della dorsale di Monte Domini e con deboli immersioni verso i quadranti sud-occidentali.

Dal punto di vista geomorfologico sono state rilevate deboli fratture di tipo distensivo legate a fenomeni di soliflusso in prossimità dell'imbocco ovest dell'attuale galleria. Senza dubbio il fenomeno di dissesto è da mettere in relazione sia con le caratteristiche di resistenza piuttosto scadenti delle coltri alterate del substrato argilloso dell'area, sia con la presenza di ristagni idrici superficiali che possono determinare un incremento delle pressioni neutre all'interno dei terreni argillosi.

Altro elemento di nota è il contatto stratigrafico tra i depositi argilloso limosi (Qa) e i depositi sabbioso limosi (Qs), presente nei rilievi circostanti la galleria e in particolare su M. Ferro. La presenza di tale limite, e il relativo contrasto di permeabilità, dà luogo alla presenza di ristagni idrici lungo la fascia di contatto nei periodi maggiormente piovosi.

Dalle misure eseguite nei sondaggi risulta che il livello piezometrico riferibile alla falda dei depositi argillosi è posto a profondità variabili tra 1.0-13.0 metri dal p.c.; tale piezometrica è probabilmente attribuibile a livelli più grossolani caratterizzati da maggiore permeabilità e confinati da litotipi meno permeabili a dominante argillosa.

Infine, l'analisi delle stratigrafie evidenzia litotipi prevalentemente argillosi ed argilloso-marnosi con sporadiche intercalazioni di livelli sabbiosi che possono ospitare una circolazione idrica sotterranea molto limitata.

2.3 Caratterizzazione geotecnica

Sulla base dei risultati delle indagini geotecniche, nelle seguenti tabelle si riepilogano i parametri geotecnici impiegati per il dimensionamento delle opere di imbocco e per la progettazione della galleria.

2.3.1 Dimensionamento delle opere di imbocco

La stratigrafia rappresentativa delle zone di imbocco dove sono presenti i depositi superficiali di limo argilloso caratterizzati da scarse proprietà geotecniche prevede una sequenza stratigrafica con dei parametri normalizzati per il dimensionamento delle opere di imbocco:

Formazione	z [m]	γ [kNm ⁻³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E ₀ [MPa]	E [MPa]	E _{ur} [MPa]	OCR [-]
Terreno agrario	0 – 3	20.0	0	20	100	10	15	1
Limi argillosi molto consistenti	3 – 5	20.0	20	25	500	100	190	3.5
Argille limose addensate	5 – 20	20.0	30	25	1000	200	280	2.0
Argille marnose molto dense	> 20	20.0	40	25	1500	300	470	0.25

Tab. 2.3: Parametri geotecnici normalizzati per il dimensionamento delle opere di imbocco

2.3.2 Progettazione delle gallerie

La parametrizzazione geotecnica al fine di progettare le gallerie sia al cielo aperto che in sotterraneo prevede i seguenti parametri normalizzati secondo i criteri ampiamente discussi nella "Relazione geotecnica-geomeccanica" (doc. TUN0002).

Formazione	z [m]	γ [kNm ⁻³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E ₀ [MPa]	E [MPa]
Terreno agrario	0 – 3	20.0	0	20	100	10
Limi argillosi	3 – 5	20.0	20	25	500	50
Argille limose	5 – 20	20.0	30	25	1000	100
Argille marnose	> 20	20.0	40	25	1500	150

Tab. 2.4: Parametri geotecnici normalizzati per la progettazione delle gallerie

Ai fini della progettazione della galleria in condizioni non drenate ovvero a breve termine si ritiene plausibile adottare i seguenti valori della coesione di picco in funzione della profondità (z) dal p.c.:

- c_u [kPa] = $120 + 15.9 \times z$ per $5 < z < 30$ m
- c_u [kPa] = 600 per $z > 30$ m

Tenendo conto della natura della formazione limo argillosa e dell'approccio cautelativo nella scelta dei valori caratteristici e di progetto dei parametri geotecnici, nonché della tipologia delle opere di sostegno (rigide) e dell'approccio progettuale adottato per il dimensionamento della galleria (metodo A.DE.CO-R.S), i parametri geotecnici da adottare per la progettazione saranno quelli sopra indicati adottando l'ipotesi di mezzo continuo e isotropo con comportamento elasto-plastico ideale, definito dal criterio di rottura tipo Mohr – Coulomb. Relativamente alla natura dei terreni della formazione in oggetto è infatti da escludere il fenomeno dello "strain softening" tipico invece di argille dure fortemente sovraconsolidate e cementate e, come ampiamente discusso in letteratura (Nakano, 1981; Yoshida, 1990), le deformazioni plastiche che possono accumularsi sul contorno della galleria non sono causa di per sé sufficiente per giustificare il decadimento delle caratteristiche del materiale.

Un tema importante affrontato in sede di progettazione esecutiva è stato l'analisi dei cedimenti del piano di imposta dell'arco di rivestimento in conci prefabbricati; finché non si effettua il getto dell'arco rovescio di contrasto ai conci di base, la struttura di rivestimento è infatti più sensibile a cedimenti e deformazioni del piano di fondazione, con il rischio di pregiudicare il funzionamento dello schema di "volta attiva".

Nell'ottica di verificare la necessità di disporre un intervento in grado di garantire l'adeguata rigidità del piano di imposta dei conci di base, specie in corrispondenza degli imbocchi, dove si prevedono caratteristiche di resistenza e di deformabilità dei terreni più scadenti, si è investigata la compatibilità dei cedimenti stimati attraverso numerose analisi numeriche in sede del progetto esecutivo. Queste analisi sono state svolte valutando anche la capacità portante dei terreni a seguito dei lavori di ampliamento delle gallerie.

Per la descrizione dettagliata degli schemi di calcolo e per le verifiche condotte si rimanda alle relazioni di calcolo redatte nell'ambito della progettazione della galleria naturale e artificiale di Monte Domini; infine l'esito delle analisi condotte indica la sufficiente portanza delle fondazioni e la risposta deformativa adeguata del terreno sottoposto ai carichi.

Tuttavia, date le incertezze, anche se di minore dimensioni, sulle caratteristiche meccaniche dei terreni si è deciso di ricorrere ad un intervento di consolidamento del terreno, eseguito localmente dal piano campagna, per migliorare le caratteristiche dell'ammasso attraversato dalle gallerie mediante le iniezioni sub verticali dal piano campagna con l'impiego degli elementi strutturali in VTR.

Infine, nelle tratte di galleria, dove si verificheranno dissesti o rilasci durante gli scavi di allargamento si deve anche predisporre un sistema di consolidamento del terreno al contorno del cavo attraverso tubi valvolati in PVC, atti a trattare una fascia di circa 4.0 m al contorno del futuro profilo di allargamento della galleria.

3 Descrizione delle opere di imbocco

La scelta progettuale dell'arretramento del fronte di attacco che servirà a garantire la sicurezza e agevolare l'avviamento dello scavo meccanizzato della galleria naturale comporta una serie di interventi necessari a sostegno del fronte e degli scavi confinanti. Nel seguito si fornisce una descrizione dei principali interventi previsti al fine di costruire il portale di attacco e sostenere gli scavi di sbancamento attigui.

3.1 Portale di attacco – Paratie in diaframmi

Quali opere di contenimento per sostenere il fronte di attacco è stata prevista la realizzazione di una paratia di diaframmi in calcestruzzo armato incastrati in testa da una soletta superiore che assolverà anche la funzione di copertura della parte interrata. Raggiunto il fondo scavo previsto, si procederà con la realizzazione della dima gettata in opera e la sagomatura del terreno. Una volta completata la costruzione della galleria artificiale e la sistemazione finale dei versanti, si potrà dare l'avvio alla demolizione della paratia frontale per avanzare con lo scavo della galleria naturale.

I diaframmi in c.a. e di lunghezza variabile (min. 6.0 m e max. 36.0 m) saranno accostati tra loro e costituiti da moduli rettangolari primari e secondari aventi spessore di 1.00 m e larghezze rispettive di 2.50 m e 2.70 m . A coronamento dei diaframmi, al fine di assicurare un'opportuna continuità strutturale dell'opera e al contempo permettere la messa in opera di eventuali tiranti di contrasto, si prevede la realizzazione di un cordolo in c.a. di dimensioni 1.00x1.00 m.

Per contrastare la spinta dei terreni dove le altezze di scavo sono rilevanti, è previsto un intervento di tirantatura mediante l'impiego di tiranti provvisori disposti su più ordini. L'armatura dei tiranti è costituita da trefoli di acciaio armonico da 0.6" ed è composta da un tratto di lunghezza libera e dalla fondazione che saranno alloggiati in prefiori di diametro $\varnothing \geq 160$ mm e successivamente iniettati con miscele cementizie. I tiranti di lunghezze variabili, hanno interasse longitudinale variabile di 1.30-2.60 m (1 e/o 2 tiranti a pannello) ed inclinazione variabile nel piano verticale che va da 0° a 20° a seconda della posizione dei pannelli.

In base all'altezza dei pannelli sono previste 6 tipologie di diaframma con l'armatura principale simmetrica, costituita da barre d'acciaio ad aderenza migliorata $\varnothing 24$ mm ogni 20cm; in direzione trasversale l'armatura prevista è costituita da una doppia staffatura $\varnothing 14$ mm, passo 25cm.

Di seguito sono elencate le paratie frontali previste a sostegno dei fronti d'attacco della galleria naturale di Monte Domini:

1. Paratia frontale lato Rimini: Paratia di diaframmi con sviluppo planimetrico di 90.90 m costituita da n°35 pannelli;
2. Paratia frontale lato Pedaso: Paratia di diaframmi con sviluppo planimetrico di 109.20 m costituita da n°42 pannelli.

3.2 Scavi di sbancamento – Paratie di pali

In accordo al piano logistico del cantiere, gli interventi di sbancamento previsti in progetto avranno pendenze 1:2 e/o 2:3. Le scarpate con pendenze superiori a 1:2 dovranno essere protette da uno strato di spritz-beton di spessore 10-20 cm ($R_{ck} \geq 25$ MPa), armato con rete elettrosaldada $\varnothing 5$ mm, maglia 15x15 cm.

Nella progettazione delle aree d'imbocco dove le scarpate risultavano ingombranti si è corsa alla realizzazione delle paratie di pali in calcestruzzo armato al fine di evitare le eventuali interferenze con le strutture limitrofe. I pali in c.a. di diametro $\varnothing 1000$ mm e di lunghezza variabile (min. 10.0 m e max. 30.0 m) saranno tangenti dove le altezze di scavo non risentono la necessità di un intervento di tirantatura, mentre nelle tratte in cui è richiesto tale intervento si prevede un interasse di 1.20 m tra un palo e l'altro. A coronamento dei pali, al fine di assicurare un'opportuna continuità strutturale dell'opera si prevede la realizzazione di un cordolo in c.a. di dimensioni 0.50x1.00 m.

Come anticipato, per contrastare la spinta dei terreni dove le altezze di scavo sono rilevanti, è previsto un intervento di tirantatura mediante l'impiego di tiranti provvisori disposti su più ordini. L'armatura dei tiranti è costituita da trefoli di acciaio armonico da 0.6" ed è composta da un tratto di lunghezza libera e dalla fondazione che saranno alloggiati in preforni di diametro $\varnothing \geq 160$ mm e successivamente iniettati con miscele cementizie. I tiranti di lunghezze variabili, hanno interasse longitudinale variabile di 1.20-2.40 m ed inclinazione nel piano verticale che va di 20°. L'azione di contrasto dei tiranti e la ripartizione necessaria a trasferire gli elevati carichi concentrati dei tiranti al sistema di contrasto verrà fatta con la realizzazione di una trave di collegamento in calcestruzzo armato avente dimensioni di 1.00x1.00m.

In base all'altezza dei pali sono previste 5 tipologie di palo con l'armatura principale simmetrica, costituita da 12 barre d'acciaio ad aderenza migliorata $\varnothing 24$ mm; per armare i pali all'azione tagliante è prevista un'armatura a spirale $\varnothing 14$ mm, passo 20cm.

Di seguito sono elencate le paratie di pali previste a sostegno degli scavi di sbancamento nelle aree di imbocco:

1. Paratia di pali 5a - lato Rimini: Paratia di pali multitirantata con sviluppo planimetrico di 56.10 m costituita da n°52 pali di diametro $\varnothing 1000$ mm;
2. Paratia di pali 2a - lato Rimini: Paratia di pali a sbalzo con sviluppo planimetrico di 20.00 m costituita da n°20 pali di diametro $\varnothing 1000$ mm;
3. Paratia di pali 2a - lato Pedaso: Paratia di pali a sbalzo con sviluppo planimetrico di 22.00 m costituita da n°22 pali di diametro $\varnothing 1000$ mm.

3.3 Demolizione e rimozione delle strutture esistenti

Nella fase di preparazione del cantiere e durante la realizzazione delle opere di progetto, sarà necessario operare la demolizione e la rimozione di opere esistenti (muri, reti massi, segnaletica, ecc.) che interferiscono con l'ampliamento della sede autostradale.

3.4 Esecuzione degli interventi di tirantatura

L'esecuzione dei tiranti provvisori dovrà avvenire secondo le seguenti fasi:

1. Scavo di sbancamento fino a 0.50 m sotto il piano dei tiranti ;
2. Perforazione secondo la geometria di progetto;
3. Posa in opera del tirante dotato di distanziatori e canne per l'iniezione del bulbo;
4. Iniezione della miscela cementizia per la formazione del bulbo di ancoraggio;
5. Iniezione di cementazione secondaria tra guaina liscia e parete del foro;
6. Realizzazione della trave di collegamento se necessaria;
7. Avvitare la testa del tirante per procedere con le operazioni di tesatura;
8. Tesatura dei tiranti portandoli in prima istanza al tiro di collaudo e scaricandoli di conseguenza fino al pretiro.

3.5 Galleria artificiale

Ultimati gli scavi di ribasso si potrà procedere alla posa in opera dei plinti di fondazione e degli elementi prefabbricati in c.a. (tipo Techspan) necessari alla realizzazione della gallerie artificiali. Le gallerie artificiali presentano uno sviluppo longitudinale di seguito riportato:

- GA canna Nord – imbocco Rimini: 76.97m (da prog. 215+108.73 a 215+182.89);
- GA canna Nord – imbocco Pedaso: 104.00 m (da prog. 215+399.38 a 215+466.98);
- GA canna Sud – imbocco Rimini: 76.97m (da prog. 215+109.45 a 215+185.64);
- GA canna Sud – imbocco Pedaso: 104.00 m (da prog. 215+402.78 a 215+506.78).

I tratti di galleria in artificiale sono costituite dall'assemblaggio di elementi prefabbricati a volta, in calcestruzzo armato, aventi spessore di 60cm; ciascuna galleria artificiale è costituita da due semiarchi prefabbricati che costituiscono un arco a tre cerniere che poggia su blocchi di fondazione in c.a. realizzati con tecniche tradizionali direttamente in opera.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli appositi elaborati grafici e alla "Relazione tecnica e di calcolo della galleria artificiale" (TUN0021).

La realizzazione della galleria artificiale avverrà durante le ore notturne con parziale interruzione del traffico. Questo è il motivo per cui si è preferita la soluzione prefabbricata. I becchi di flauto (di lunghezza ciascuna 25.00 m) per il completamento dell'imbocco, che prevedono la necessità di operare con ingombro prolungato della sede stradale, saranno invece posti in opera, per la canna nord, durante la fase di realizzazione dell'arco rovescio allorché il traffico sarà deviato nella canna sud allargata.

Nel corso dei lavori al fine di ricostruire la galleria artificiale è prevista la realizzazione delle opere di sostegno come la struttura sui cui appoggia l'arco prefabbricato della galleria. Date le elevate altezze di scavo nonché la presenza della falda a pochi metri dal piano di campagna, queste opere costituite da muri di sostegno, paratie di micropali e/o paratie di diaframmi sono

anche dimensionate per il sostegno degli scavi di sbancamento necessari; esse sono incastrate in testa da una soletta di collegamento in c.a., che assolverà anche la funzione di appoggio del ponteggio prefabbricato in calotta.

Le operazioni di scavo e di demolizione delle strutture esistenti saranno condotte all'interno della nuova galleria. Nelle sezioni dov'è prevista la realizzazione delle paratie di diaframmi si procede allo scavo dell'arco rovescio prima della ricostruzione della nuova piattaforma autostradale.

La realizzazione delle gallerie artificiali Monte Domini prevede dunque l'esecuzione di una serie di interventi a seconda delle sezioni tipo previste a sostegno dell'arco prefabbricato della galleria:

Galleria sostenuta dai muri di contenimento:

- 1) Scavi di sbancamento per raggiungere il piano fondazione dei muri;
- 2) Realizzazione dei muri di contenimento laterali;
- 3) Realizzazione del cordolo di testa e posizionamento dell'arco prefabbricato in calotta;
- 4) Ritombamento della galleria artificiale e riprofilatura del versante;
- 5) Demolizione della galleria esistente ed esecuzione degli scavi di allargò all'interno;
- 6) Ricostruzione della nuova sede autostradale.

Galleria sostenuta dalle paratie di diaframmi:

- 1) Scavi di sbancamento per raggiungere il piano testa dei diaframmi;
- 2) Realizzazione delle paratie di sostegno laterali;
- 3) Realizzazione del cordolo di testa e posizionamento dell'arco prefabbricato in calotta;
- 4) Ritombamento della galleria artificiale e riprofilatura del versante;
- 5) Demolizione della galleria esistente proseguendo con gli scavi di allargò all'interno della nuova galleria artificiale scavando il ribasso;
- 6) Ricostruzione dell'arco rovescio e la nuova sede autostradale.

Galleria sostenuta dai muri di contenimento + paratia di micropali:

Nella fase di passaggio tra le due configurazioni appena descritte, è prevista la realizzazione di un tratto di galleria sostenuto dall'insieme di micropali e muri di contenimento. Per questo tratto è prevista la realizzazione di una paratia di micropali dopo i lavori di sbancamento. In questa sede, dopo la posa in opera della calotta prefabbricata e le operazioni di ritombamento, è prevista la realizzazione del piedritto in muri gettati a conci da 2.00m.

3.6 Ritombamento e sistemazione definitiva dei versanti

Una volta eseguita la posa in opera del rivestimento definitivo in calotta della galleria artificiale si potrà procedere alle operazioni di ritombamento della galleria artificiale e alla sistemazione definitiva dei versanti, secondo quanto riportato negli appositi documenti progettuali.

4 Descrizione dei lavori in sotterraneo

Le opere di ampliamento della Galleria Monte Domini si caratterizzano per l'adozione di un sistema innovativo rispetto alla normale prassi operativa nel campo delle opere in sotterraneo.

4.1 Metodo di scavo

La metodologia di scavo indicata con la denominazione “Metodo Nazzano” si caratterizza per i seguenti aspetti:

- Presostegno: la realizzazione di un sostegno come mezzo per contenere le deformazioni a monte del fronte di scavo mediante l'utilizzo della tecnologia del pretaglio;
- Preconsolidamento: il consolidamento del terreno per migliorare le caratteristiche dell'ammasso, eseguito localmente dal piano campagna, attraverso le iniezioni sub verticali con l'impiego degli elementi strutturali in VTR;
- Consolidamento: il consolidamento delle fasce locali al contorno del cavo estremamente critiche (ad esempio caratterizzate da forni e rilasci nella fase di scavo della galleria esistente) tramite iniezioni radiali ad alta pressione da realizzarsi dall'interno della galleria esistente con l'impiego dei tubi in PVC valvolati;
- Rivestimento definitivo in conci prefabbricati realizzato mediante la posa in opera, a brevissima distanza dal fronte, di conci prefabbricati resi solidali tra loro in modo da garantire un funzionamento a “volta attiva”;
- Scudo di protezione in grado di seguire, attraverso la movimentazione su carrelli, l'avanzamento delle lavorazioni di scavo proteggendo il traffico autostradale transitante in galleria;
- Attrezzatura multifunzione in grado di scorrere su appositi binari per le operazioni di scavo, demolizione della galleria esistente, precontenimento del cavo mediante guscio di pretaglio e posizionamento dei conci del rivestimento definitivo.

Per quanto è stato detto, l'allargamento della galleria naturale Monte Domini verrà eseguito mediante il precontenimento del cavo con un pretaglio meccanico e la posa in opera di un rivestimento definitivo costituito da conci prefabbricati (Volta Attiva).

Con il precontenimento del cavo si regima lo stato deformativo del cavo stesso e quindi, evitando l'allentamento del terreno, in definitiva si riducono le tensioni sul rivestimento definitivo.

Lo scavo e la posa in opera dell'arco di conci prefabbricati a distanza ravvicinata dal fronte ed immediatamente “attivati”, ferma sul nascere eventuali fenomeni deformativi direttamente con la realizzazione del rivestimento definitivo. La realizzazione in stabilimento dei conci costituenti la volta attiva, garantisce l'ottima qualità del calcestruzzo.

Per quanto riguarda la tecnologia della “volta attiva”, la possibilità di esercitare un'azione di precompressione con il concio di chiave interagendo attivamente con il terreno circostante, porta ai seguenti benefici:

1. in fase di posa in opera dell'arco di conci prefabbricati si raggiunge una perfetta aderenza fra volta, riempimento, pretaglio e terreno;
2. con la seconda compressione si centrano perfettamente i carichi e si eliminano eventuali stati di trazione agenti sul rivestimento definitivo.

Così operando si è in grado di:

- controllare gli effetti della probabile presenza, al contorno della galleria esistente, di una fascia di terreno che ha già subito fenomeni di plasticizzazione e che non deve venire ulteriormente disturbata;
- realizzare l'allargamento della sezione trasversale della galleria senza provocare l'innescò di dannosi fenomeni deformativi nel terreno, i quali si tradurrebbero in ingenti spinte sul rivestimento della galleria finale allargata e in cedimenti differenziali in superficie pericolosi per eventuali strutture esistenti;
- assicurare il rispetto delle tempistiche previste in sede di progetto, adottando un sistema di avanzamento industrializzato che permette una pianificazione dei costi e dei tempi di realizzazione dell'opera.

4.2 Sezione tipo della galleria naturale

Con riferimento a quanto descritto generalmente la sezione tipo della galleria naturale Monte Domini è composta da una serie di interventi di seguito descritti.

4.2.1 Precontenimento del cavo (Pretaglio)

Con il pretaglio s'intende di realizzare un rivestimento di prima fase praticando un'incisione di spessore e lunghezza predeterminati sul fronte di avanzamento lungo la traccia del profilo di estradosso della galleria da realizzare che viene successivamente riempito con betoncino fibrotinforzato opportunamente additivato.

Il getto del betoncino sarà eseguito mediante due tubi di getto da inserire nell'incisione e contenuti per mezzo di casseri pneumatici.

Si ottiene così un prerivestimento di materiale cementizio capace di impedire l'allentamento del terreno oltre il fronte di scavo. Di seguito sono riportate le caratteristiche del guscio di pretaglio:

Guscio di pretaglio	Betoncino fibrorinforzato $R_{ck} \geq 35 \text{MPa}$, con fibre d'acciaio 30kgm^{-3}
Lunghezza [m]	6.00
Spessore [m]	0.50
Sovrapposizione [m]	2.00

Tab. 4.1: Caratteristiche del guscio di pretaglio

4.2.2 Consolidamento del terreno e del cavo

Per le tratte di galleria a basse coperture, in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, dove ci si attende ammassi di caratteristiche geotecniche più scadenti, si procederà all'esecuzione di interventi di consolidamento del terreno mediante iniezioni di miscele cementizie espansive con l'impiego dei tubi in VTR 60/40 aventi maglia di 1.80 m x 0.90 m.

Sono dunque previste perforazioni per l'alloggiamento dei tubi in VTR a secco di diametro Ø100 mm per lunghezze totali di 19829 m e 11375 m rispettivamente per i due lati Rimini e Pedaso. Sono riportate di seguito le indicazioni sulle aree trattate dall'intervento:

Preconsolidamento	Iniezioni di miscele cementizie Rck≥25MPa, con impiego dei tubi in VTR60/40, perforazione Ø100mm, maglia 1.80mx0.90m			
Imbocco	Rimini		Pedaso	
	Nord	Sud	Nord	Sud
Progressiva [km]	215+182.89	215+185.64	215+399.38	215+402.78
Area trattata [mq]	27.0x36.0	27.0x30.6	27.0x21.6	27.0x20.7
Perforazione totale [m]	19829		11375	

Tab. 4.2: Intervento di preconsolidamento sub-verticale dall'alto

L'esecuzione di tali lavorazioni per le fasi di avvio e di sbocco della galleria permette non solo ottimali condizioni di sicurezza al fronte, ma anche un più sicuro rispetto dei tempi programmati.

Nelle tratte di galleria, dove si verificheranno dissesti o rilasci durante gli scavi di allargò, a seguito del probabile rinvenimento di porzioni di terreno allentato e di scadenti caratteristiche di resistenza e deformabilità, si deve anche predisporre un sistema di consolidamento del terreno al contorno del cavo al fine di ricomprimere l'ammasso e garantire la riuscita del pretaglio in avanzamento.

Il sistema individuato è rappresentato dal consolidamento attraverso tubi in PVC, di lunghezza variabile da 10.50 e 11.0 m, valvolati mediante 3 valvole al metro, atti a trattare una fascia di circa 4.0 m al contorno del futuro profilo di allargò della galleria. I tubi saranno attrezzati con sacco otturatore al fine di separare la tratta da iniettare a pressione (terreno a tergo del rivestimento esistente) ed inoltre dovrà essere prevista una cianfrinatura a bocca foro ed un tappo antistillicidio al fine di scongiurare percolazioni in galleria. Le iniezioni saranno eseguite in più passate: la prima mediante iniezione cementizia, la seconda con miscele integrative silicatiche impermeabilizzanti; le specifiche tecniche delle miscele da impiegare sono indicate nell'elaborato TUN0562.

4.2.3 Rivestimento in conci prefabbricati

La volta di rivestimento è costituita da 19 conci prefabbricati (conci con numero da 1 a 16, i conci A e B di fine piedritto ed il concio di chiave) disposti secondo due schemi di posa: tipo

“pari” e tipo “dispari”. L’alternanza dei due schemi permette di evitare l’allineamento tra i giunti dei conci di due volte adiacenti.

Nella logica di quanto avviene nei rivestimenti in conci prefabbricati delle gallerie scudate dove si adotta lo schema dell’ “anello universale”, si è impiegata un’impronta planimetrica dell’arco di rivestimento di forma “trapezia”, in modo da eseguire tratti di galleria in curva a raggio costante. La differenza di spessore tra i due lati è infatti funzione del raggio di curvatura considerato; in questo caso si è assunto il valore di 550 m, cautelativamente inferiore al raggio minimo di progetto della galleria.

Montando gli archi alternativamente (fila schema “pari” e fila schema “dispari”) si realizza un avanzamento teorico in rettilineo di 1.333 m; viceversa montando una successione di archi del medesimo schema, ad esempio schema “pari”, si realizza un avanzamento curvilineo secondo il raggio di curvatura minimo di 550 m. In questo secondo caso, al fine di continuare ad evitare l’allineamento tra i giunti dei conci di due volte adiacenti, si sono introdotti gli schemi “pari bis” e “dispari bis” i quali, grazie all’introduzioni di alcuni conci aggiuntivi (concio numero 4r, 13r, 17r e 18r), consentono lo sfalsamento dei giunti in volta.

La successione dei quattro schemi proposti: “pari”, “dispari”, “pari bis” e “dispari bis” permettono di seguire l’andamento planimetrico del tracciato della galleria, garantendo la connessione tra due archi adiacenti di conci ed evitando l’allineamento tra i giunti di conci appartenenti a due archi adiacenti.

Esaminando il singolo arco di conci prefabbricati, ad esempio lo schema “pari”, si evidenzia che i conci di piedritto (dal concio di base 1/16 fino ai conci A/B) sono fra di loro connessi in modo pressoché rigido, grazie a connessioni con chiave di taglio e connettori trasversali, mentre i conci di volta (dal concio 4 al concio 13) presentano giunti curvilinei così da favorire l’assestamento tra conci a seguito dell’azione di precompressione esercitata dai martinetti del concio di chiave.

Gli schemi di posa dei conci prefabbricati, le carpenterie e le armature di tutti i conci previsti. Sono riportati negli elaborati grafici del progetto.

La movimentazione dei conci, in fase di messa in opera mediante l’attrezzatura della macchina multifunzione, avviene mediante Tyloop (ovvero aggancio con vite filettata); in corso d’opera potranno essere studiati modalità di movimentazione e messa in opera alternative, ad esempio impiegando i sistemi tipo “vacuum”.

Si sono inoltre studiate le cave per la messa in opera del fissaggio longitudinale tra conci di archi adiacenti mediante bulloni in acciaio di diametro 24 mm. Infine il sistema di impermeabilizzazione è rappresentato dalla presenza, al contorno del concio, di guarnizioni di tenuta in EPDM, per l’alloggiamento delle quali sono state previste apposite cave.

Per la progettazione esecutiva dei conci prefabbricati si è assunta una resistenza cubica del calcestruzzo, a 28 gg, $R_{ck} \geq 40$ MPa. Quale armatura si adotteranno barre in acciaio FeB44k, controllato in stabilimento; il copriferro minimo sarà pari a 40 mm \pm 20% per le barre di armatura e 15 mm \pm 20% per la rete elettrosaldata.

Nella seguente tabella sono riportate le grandezze di maggior interesse dell’anello dei conci prefabbricati:

Conci prefabbricati	Rivestimento prefabbricato in calcestruzzo Rck≥40MPa, armato con acciaio FeB44k
Lunghezza [m]	1.333
Spessore in calotta [m]	0.70

Tab. 4.1: Caratteristiche del guscio di pretaglio

In relazione alla produzione dei conci prefabbricati si sono individuate le seguenti tolleranze costruttive:

- Lunghezza concio ± 2.0 mm
- Larghezza concio ± 1.0 mm
- Raggio concio ± 1.0 mm
- Spessore concio ± 2.0 mm
- Deviazione superficie interna ± 1.0 mm
- Posizione altri inserti ± 2.0 mm

Le presenti tolleranze saranno oggetto di verifica con il fornitore dei casseri metallici e con il produttore dei conci prefabbricati, al fine di verificarne in dettaglio la rispondenza in funzione delle modalità costruttive.

4.2.4 Volta attiva

L'arco di conci, posizionato in fase di montaggio su un'apposita attrezzatura, è reso autoportante attraverso l'applicazione di una forza interna di precompressione mediante i martinetti posti in corrispondenza del concio di chiave.

L'attivazione della Volta avviene dopo la realizzazione dell'intasamento a tergo, che deve avere caratteristiche di presa tali da poter assorbire i movimenti della volta in fase di precompressione senza lesionarsi e da evitare la casseratura a tergo. Una volta terminata la prima fase di precompressione viene eseguito il riempimento in calcestruzzo magro che funziona da contrasto tra il concio di base della volta e l'arco rovescio della galleria esistente, che in questa fase transitoria funziona da puntone di contrasto al piede della Volta Attiva.

Una seconda fase di precompressione può essere esercitata ad una distanza dal fronte di 50-60 m, allo scopo di garantire il perfetto assetamento e centraggio dei conci prefabbricati.

Infine una terza ed ultima fase di precompressione viene eseguita a seguito della realizzazione dell'arco rovescio finale della galleria allargata, il quale viene connesso al concio di base mediante appositi manicotti cilindrici, così da garantire il funzionamento statico finale della struttura di rivestimento.

La struttura della Volta Attiva, così come descritta, necessita, al fine di garantire la continuità geometrica tra gli archi, di un appoggio specifico realizzato con molta cura che deve regolarizzare la superficie di appoggio dei conci nonché contribuire ad una migliore

distribuzione dei carichi sul terreno, anche nelle zone ove non è stato eseguito il consolidamento preventivo del piede di appoggio della volta. Per ottenere questo risultato viene realizzato un sottofondo conci in calcestruzzo magro che può essere gettato in opera od eventualmente prefabbricato. In quest'ultimo caso la superficie risultante dello scavo viene regolarizzata per mezzo di materiale inerte da rilevato, opportunamente posto in opera.

Poiché la massima distanza tra il fronte di scavo ed il rivestimento di conci risulta pari a valori prossimi ai 6 m, il sottofondo viene realizzato in questa fase per campioni di 6 m. Da tale circostanza deriva che questa lavorazione viene eseguita per 2 volte ogni 3 cicli di avanzamento.

4.2.5 Arco rovescio

L'arco rovescio appartiene alla tipologia tradizionale di strutture di questa categoria: ha uno spessore di 120 cm costante, la classe di calcestruzzo è di 30 MPa, armato con barre diametro 26 mm disposte a passo 10 cm. L'arco rovescio gettato in opera è collegato ai piedritti mediante manicotti cilindrici gettati nei conci di base, cui va connessa l'armatura di collegamento.

Al fine di evitare la decompressione di lunghi tratti di galleria durante lo scavo di abbassamento si prevede di eseguire lo scavo per campioni che devono avere estensione massima di 6 m, seguiti dal getto dell'arco rovescio. Si ritiene infatti che questa lunghezza dei campioni escluda i rischi di instabilità della struttura. Anche per questa fase si prevede di lavorare in continuo, per ragioni analoghe a quelle descritte nei paragrafi precedenti. Inoltre viene sancito anche l'obbligo di demolire l'arco rovescio esistente attraverso utensili speciali che non inducano sollecitazioni e sovrappressioni nel terreno e nelle strutture adiacenti (archi di conci, campioni di arco rovescio già gettato) a seguito delle vibrazioni.

La tempistica d'esecuzione dell'arco rovescio potrà essere variata in funzione del reale comportamento della struttura, così come la lunghezza dei campioni da scavare: in funzione dei dati di monitoraggio potrà essere portata a 12 m.

4.2.6 Attrezzatura multifunzione (AM)

Il macchinario in questione, in linea di principio ed a titolo puramente indicativo, potrebbe essere composto da:

- N° 2 Travi longitudinali esterne di sostegno, corredate di n°2 stabilizzatori verticali ognuna. Assolvono anche alla funzione di via di corsa per la traslazione;
- N° 2 Portali scatolati di sezione adeguata, a forma di arco, resi solidali alla loro base tramite 2 travi scatolate aperte che involuppano le travi longitudinali permettendo lo scorrimento sulle stesse e che con esse, possono traslare trasversalmente sulle 4 slitte di cui sono dotati. L'insieme può essere fornito anche di 2 coppie di stabilizzatori orizzontali solidali a ciascuna delle travi scatolate. Il portale anteriore può essere di supporto al carrello lama-fresa, mentre quello posteriore al carrello erettore ed in via provvisoria ai conci in fase di montaggio; Sullo stesso portale posteriore possono essere ubicati inoltre, un congruo

numero di bracci mobili corredati di mensole telescopiche, che alloggiavano martinetti di sostegno del concio ciascuna ed adeguate slitte per consentire al concio di scorrere radialmente sullo stelo dei pistoni, in fase di precompressione dell'arco in cls;

- N° 1 Carrello lama-fresa, che corre lungo l'arco anteriore con adeguati meccanismi di traslazione che ingranano in una apposita cremagliera radiale fissata al portale ad arco scatolato. Il carrello è corredato di fresa per la demolizione della galleria esistente e per lo scavo del terreno, e supporta anche la lama per l'esecuzione del pretaglio. Questi attrezzi devono avere la possibilità di compiere tutti i movimenti necessari per operare; inoltre per garantire il rispetto delle vigenti normative di sicurezza ed igiene sul lavoro la macchina dovrà essere dotata di idoneo sistema di nebulizzazione delle polveri in fase di demolizione della galleria esistente;
- N°1 Carrello erettore posaconci, che corre lungo l'arco posteriore, con adeguati meccanismi che ingranano in apposita cremagliera radiale fissata al portale ad arco scatolato. Sul carrello è incernierato, con cerniera ad asse longitudinale, il braccio per la movimentazione del concio. Il braccio è telescopico ed inoltre è completamente articolato alla sua estremità, dove è anche installata l'apparecchiatura avvitaconci;
- N°1 Sistema di esecuzione di perforazioni orizzontali sul fronte che può essere fissato al carrello anteriore o comunque in maniera tale da poter eseguire le perforazioni di progetto. Tutto questo potrà essere realizzato grazie al fatto che il mast si muove su slitte lungo la centina scatolare e ruota su ralle che gli consentono di raggiungere posizioni ed angoli consoni al trattamento da eseguire.

Tutte le funzioni possono essere governate da un'apparecchiatura elettrica gestita da un PLC e azionate (esclusi i bracci mobili) da tre posti di comando che funzionano singolarmente. Una centralina elettroidraulica può fornire la pressione all'olio per il funzionamento di tutti i motori ed i pistoni installati. La somma delle potenze installate dovrebbe essere almeno pari a 250 kW. In alternativa è comunque possibile eseguire tutte le fasi lavorative anche con macchine diverse, purché vengano coordinate in fase esecutiva le eventuali interferenze in termini di sicurezza e rispettati i tempi del programma lavori.

Particolare importanza riveste poi la fase di cambiamento di carreggiata dell'attrezzatura multifunzione, per le ripercussioni che questa fase operativa potrebbe avere sul traffico autostradale. In linea di principio lo spostamento verrà articolato nelle seguenti sottofasi:

- Rimozione degli elementi di appoggio dello scudo e dello scudo stesso ad eccezione dei moduli presenti sotto la macchina. La rimozione avverrà per fasi, esclusivamente in intervallo notturno senza traffico, e con la prescrizione di ripristinare le condizioni di transito sulla carreggiata allargata (pavimentazione provvisoria). Il traffico scorre sempre su due corsie all'interno della galleria allargata.
- Sistemazione del by-pass tra le due gallerie in maniera tale da consentire l'alloggiamento di una gru di idonea portata per il sollevamento della macchina e il posizionamento provvisorio della macchina.

- Spostamento con la gru della macchina all'interno del by-pass e della porzione di scudo sottostante, ripristino della pavimentazione al di sotto degli elementi di appoggio. La carreggiata Nord è pronta ad accogliere il traffico su 4 corsie.
- Deviazione del traffico in carreggiata Nord nella configurazione prevista per l'allargamento della Carreggiata Sud (2 corsie per ogni senso di marcia).
- Spostamento della macchina con la gru nella posizione opportuna di attacco e ripristino sistema gestione interferenze traffico-cantiere in carreggiata sud. Questa ultima fase può essere gestita completamente in assenza di traffico per i turni diurni e notturni, poiché non interferente con lo stesso.

Altre soluzioni potranno essere esaminate con la DL secondo le esigenze della competente Direzione di Esercizio.

4.2.7 Movimentazione dello scudo d'acciaio

Quando la distanza fra il fronte di allargamento e la parte terminale dello scudo raggiunge una distanza minima per la sicurezza, circa 30m, si provvederà allo spostamento dell'attrezzatura per riposizionare la testa dello scudo a 40m dal fronte di allargamento. Questo avverrà con l'interruzione del traffico sulla carreggiata e con la corretta disposizione delle opere complementari per il traffico relativamente alla nuova configurazione dello scudo.

Nel dettaglio si dovrà avere particolare cura nella posa in opera del sistema di scorrimento nella parte di avanzamento allineandolo perfettamente. Si procede quindi al montaggio del sistema di avanzamento, alla suddivisione dei sei tronchi da 10 m in modo che l'avanzamento avvenga in una fase unica, ma con moduli indipendenti tra di loro. Al termine dell'avanzamento si provvederà a ricompattare e ricollegare i sei moduli, a montare le mensole di contrasto, a smontare il sistema di traslazione idraulico.

4.3 Fasi di avvio e sbocco della galleria

L'imbocco della galleria avviene mediante l'adozione di protesi di attacco degli scavo, atte a mantenere la progressiva di inizio della galleria naturale. Al di sotto della protesi è prevista la messa in opera del rivestimento in conci prefabbricati (volta attiva); la tecnologia del pretaglio viene eseguita a partire dall'ultimo tratto della protesi, al fine di garantire una adeguata sovrapposizione tra la protesi stessa ed il primo guscio di pretaglio: allo scopo è previsto un rialzo dell'asse protesi nel tratto terminale per consentire le geometrie di esecuzione del pretaglio. Analogamente per le fasi di sbocco della galleria naturale, è previsto di realizzare un tratto di sovrapposizione tra l'ultimo guscio di pretaglio e la protesi.

Le lavorazioni di allargamento devono avvenire in direzione contraria al flusso del traffico veicolare, così da evitare l'effetto ottico di repentino restringimento della galleria; pertanto l'imbocco dell'allargamento della galleria avverrà da Pedaso verso Rimini per la canna sud e da Rimini verso Pedaso per la canna nord.

4.4 Fasi esecutive di allargo della galleria (ciclo di avanzamento)

Di seguito vengono descritte le fasi costruttive per la realizzazione dell'intervento di allargo della galleria Monte Domini da 2 a 3 corsie più emergenza.

La successione delle lavorazioni di seguito riportata è ciclica:

- Fase A – Esecuzione del precontenimento mediante pretaglio meccanico: la tecnologia del pretaglio meccanico consiste nel praticare un'incisione di spessore e lunghezza predeterminati sul fronte di avanzamento lungo la traccia del profilo di estradosso della galleria da realizzare. L'incisione viene realizzata con una lama lunga 6.0 m e spessa 50 cm riempita con betoncino fibrorinforzato ($R_{ck} > 35$ MPa, fibre 30 kgm^{-3}). Il tempo previsto per quest'operazione è di durata complessiva di 24 ore.
- Fase B – Posa in opera del 1° e del 2° arco di conci della Volta Attiva, precompressione con il martinetto del concio di chiave ed intasamento dell'intercapedine tra concio e pretaglio: in questa fase è prevista la posa in opera del rivestimento definitivo costituito da due archi di conci prefabbricati in cemento armato, aventi spessore 70 cm in calotta e variabile ai piedritti e lunghezza longitudinale di 1.333 m per ogni anello. Al termine di quest'operazione il fronte dista 3.333 m dall'arco appena posato. L'intercapedine fra il rivestimento definitivo e il pretaglio viene intasata con spritz-beton ($R_{ck} > 25$ MPa). L'arco di conci, posizionato in fase di montaggio su un'apposita attrezzatura, è reso autoportante attraverso l'applicazione di una forza interna di precompressione mediante i martinetti posti in corrispondenza del concio di chiave. Il tempo totale per la costruzione completa di un anello è di circa 16 ore.
- Fase C – Scavo, demolizione della galleria esistente e smarino: in questa fase avviene lo scavo per una lunghezza di 2.00 m, lo smarino del fronte (zona inclusa fra la galleria esistente e quella allargata) e la demolizione del rivestimento compreso nella relativa tratta. Lo scavo avviene mediante l'utilizzo di apposite frese puntuali meccanizzate. Infine, dovrà essere gettato sul fronte uno strato di spritz-beton di 10 cm armato con fibre (30 kgm^{-3}). Al termine di questa fase il fronte dista dall'ultimo anello di conci 5.333 m. Il tempo impiegato dalle operazioni di scavo è di 8 ore per ogni metro.
- Fase D – Posa in opera del 3° arco di conci della Volta Attiva, precompressione con il martinetto del concio di chiave ed intasamento dell'intercapedine tra concio e pretaglio: in questa fase è prevista la posa in opera del 3° arco dell'anello di conci prefabbricati come descritto nella fase B. Al termine di quest'operazione il fronte dista 4.00 m dall'arco appena posato.
- Fase E – Scavo, demolizione della galleria esistente e smarino: in questa fase si scava un'altra campata di lunghezza 2.00 m con lo smarino del fronte e la demolizione del rivestimento compreso nella relativa tratta. Una volta compiute le operazioni di scavo e smarino, dovrà essere gettato sul fronte uno strato di spritz-beton di spessore 10 cm armato con fibre. Al termine di questa fase il fronte dista dall'ultimo anello di conci 6.00 m.
- Fase F – Esecuzione del precontenimento mediante pretaglio meccanico: in questa fase realizzando il successivo guscio di pretaglio riparte la sequenza ciclica delle fasi di avanzamento appena descritte.

4.5 Operazioni fuori ciclo

Tutti i lavori serviti al procedere con l'avanzamento dello scavo della galleria che però in qualche modo fermano la sequenza ciclica di avanzamento appena descritto fanno parte delle operazioni fuori ciclo.

Le operazioni fuori ciclo di maggiore rilevanza sono come segue:

- Getto dello spritz-beton sul fronte di scavo;
- Preconsolidamento, se necessario, attraverso le iniezioni radiali sul contorno del cavo con l'impiego dei tubi in VTR valvolati;
- Getto del calcestruzzo magro per costruire il piano di posa dei conci;
- Riempimento in calcestruzzo magro per l'alloggiamento della sede stradale a 4 corsie e successivamente la demolizione e successivamente dell'arco rovescio esistente ed il getto dell'arco rovescio della galleria allargata.

5 Fasistica generale per ampliamento delle gallerie

Con riferimento a quanto descritto finora, l'ampliamento in sede della galleria Montedomini prevede una fasistica di intervento tale da garantire per l'intero periodo dei lavori il mantenimento in esercizio di due corsie di marcia per ciascuna carreggiata (direzione di traffico verso Bologna e verso Pescara). Occorre quindi procedere per successive fasi di lavoro con spostamenti successivi della sede stradale.

Nel dettaglio si prevede la sequenza di lavori di seguito riportata:

1. Realizzazione delle gallerie artificiali di imbocco per entrambe le carreggiate, senza alcun spostamento del traffico;
2. Allargamento simmetrico della carreggiata Nord, con traffico sulle due corsie, di larghezza 3.25 m, sotto lo scudo d'acciaio a protezione del transito veicolare (al riguardo ogni 5-10 m di avanzamento dello scavo di allargo della galleria esistente, lo scudo metallico di protezione sarà riposizionato con l'inizio del primo modulo a 40 m dal fronte di allargo);
3. Apertura della carreggiata Nord con traffico attivo su quattro corsie, di larghezza 3.25 m, due per ciascun senso di marcia, mentre in carreggiata Sud viene eseguito l'allargo della galleria asimmetrico in assenza di traffico; al completamento dell'allargo della carreggiata Sud si procederà all'esecuzione dell'arco rovescio ed all'ultimazione della sede viaria (marciapiedi, drenaggi ...);
4. Apertura della carreggiata Sud con traffico attivo su quattro corsie, di larghezza pari a 3.25 m, due per ciascun senso di marcia, mentre in carreggiata Nord viene eseguito l'arco rovescio e le opere di completamento della sede viaria (marciapiedi, drenaggi ...) in assenza di traffico;
5. Apertura delle due carreggiate con traffico attivo su 3 corsie, di larghezza pari a 3.75 m, più corsia di emergenza, larghezza 3.00 m, per ciascun senso di marcia.

Per le interferenze fra le aree di Cantiere ed il traffico veicolare si rimanda a quanto descritto al capitolo 6, mentre per le deviazioni stradali provvisorie agli appositi elaborati di progetto stradale.

6 Gestione interferenze traffico e cantiere

Lo scavo della galleria Monte Domini procede durante il transito veicolare in esercizio. In questo capitolo sono affrontati i problemi legati agli aspetti gestionali del traffico e le eventuali interferenze nel cantiere.

6.1 Planimetria andamento flussi veicolari in fase costruttiva

Nelle diverse fasi (fase di ampliamento della Carreggiata Sud, fase di esecuzione dell'arco rovescio in Carreggiata Nord) in cui risulta necessario provvedere alla deviazione integrale dei flussi di traffico in una delle due carreggiate già ampliata, il transito veicolare dovrà seguire traiettorie il più possibile omogenee, dolci e possibilmente prive di punti singolari in modo da minimizzare le turbative all'esercizio della sede stradale.

Pertanto congiuntamente alla Direzione di Esercizio competente verranno stabilite idonee traiettorie provvisorie dei flussi veicolari che nelle tavole di progetto sono riportate in modo del tutto indicativo.

Per ragioni di sicurezza si ritiene inoltre opportuno che in fase di scambio carreggiata, ma soprattutto in galleria, i flussi di traffico siano separati da idonee barriere di sicurezza.

6.2 Apprestamenti specifici per esecuzione dell'ampliamento in continuità di traffico

Nell'ambito dei lavori di ampliamento in sede in continuità di traffico della galleria Monte Domini - carreggiata Nord, risultando sostanzialmente inalterato l'attuale layout costituito da due corsie su ciascun senso di marcia, al fine di garantire idonee condizioni di sicurezza ai veicoli in transito e di conseguenza alle maestranze presenti in cantiere, risulta necessario risolvere le seguenti problematiche:

- protezione del traffico veicolare durante le operazioni di scavo, pretaglio e posa dei conci;
- controllo della polverosità prodotta durante le operazioni di demolizione del rivestimento definitivo della galleria attuale;
- minimizzazione delle interferenze tra i mezzi di cantiere ed il traffico autostradale;

Per l'eliminazione e/o il contenimento dei rischi connessi con le problematiche sopra evidenziate si è previsto di porre in opera gli apprestamenti descritti nei paragrafi successivi.

6.2.1 Scudo di protezione del traffico ed elementi di supporto: sagoma limite carreggiata in fase costruttiva

Lo scudo di protezione del traffico è una struttura modulare costituita da centine metalliche di idonee dimensioni solidarizzate per mezzo di pannelli metallici di idoneo spessore saldati alle stesse.

Lo scudo consente il normale deflusso del traffico autostradale dalle aree di cantiere in condizioni di massima sicurezza, separandolo e proteggendolo dalla caduta di materiale

durante le varie fasi esecutive (scavo, realizzazione del guscio di pretaglio, messa in opera dei conci dell'arco).

Lo scudo si compone di 6 moduli legati tra loro, ciascuno di lunghezza pari a 10 m; due moduli sono debitamente rinforzati mediante una struttura reticolare in calotta.

Il peso totale è di circa 300 tonnellate.

Le dimensioni (60 ml longitudinalmente) sono tali da garantire idonee condizioni di sicurezza sia a monte che a valle del fronte di scavo in ampliamento.

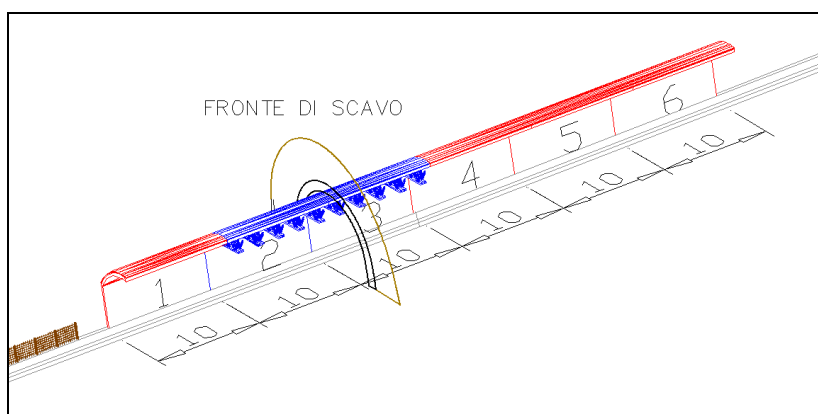


Fig. 6.1: Scudo d'acciaio per proteggere il traffico

Per il dimensionamento ed il calcolo della struttura dello scudo si rimanda alla relazione TUN0302.

Per assolvere costantemente alla sua funzione di protezione del traffico, esso deve essere movimentato in concomitanza dell'avanzamento dei lavori di allargamento della galleria mantenendo in corrispondenza del fronte di scavo uno dei due moduli rinforzati.

Allorché la distanza fra il fronte di allargo e la parte terminale dello scudo raggiungerà una distanza minima per la sicurezza (ca. 30 m), si provvederà allo spostamento dell'attrezzatura per riposizionare la testa dello scudo a 40m dal fronte di allargo.

Lo spostamento avverrà, per mezzo di appositi sistemi idraulici, con l'interruzione del traffico sulla carreggiata, e con la contemporanea disposizione delle relative opere complementari per il traffico (rete di protezione ancorata alle barriere NJ, pannelli fonoassorbenti a valle dello scudo nella zona di galleria già ampliata).

Per isolare il traffico da rumori presenti durante le lavorazioni, lo scudo sarà dotato di pannelli fonoassorbenti interni (lana di vetro e altro materiale) unitamente a teli impermeabilizzanti atti a garantire la tenuta idraulica ed ad uno strato di gomma in neoprene per attutire gli urti del materiale, principalmente di demolizione.

Per il supporto dello scudo ed il contenimento degli eventuali urti dei veicoli in transito sono stati studiati appositi elementi denominati new-jersey speciali in quanto il profilo lato strada è analogo a quello delle barriere di sicurezza in calcestruzzo. Questi, realizzati con calcestruzzo di classe $R_{ck} \geq 45$ MPa ed adeguatamente armati con barre ad aderenza migliorata FeB44k,

sono dotati di 4 alloggiamenti per tirafondi di ancoraggio al terreno. In sommità a tali elementi sono alloggiati i binari in acciaio per lo scorrimento dello scudo di protezione del traffico.

Essi dovranno essere muniti di incassi laterali per l'ancoraggio dello scudo in maniera da costituire una struttura collaborante ad alta resistenza agli urti. Nella parte di appoggio questi dovranno avere altezza sufficiente ad essere ammortati nel terreno; le dimensioni di tali barriere saranno longitudinalmente ca. 3.15 m e non inferiori a 1.2 m di base e 1.2 m di altezza complessiva (comprensivi della parte entro terra), la parte superiore del new-jersey dovrà avere dimensione non inferiore a 0.45 m.



Fig. 6.2: Barriere di protezione e sagoma limite carreggiata

Le barriere inoltre hanno la funzione di:

- delimitare la sede stradale in cui è presente il flusso dei veicoli;
- salvaguardare i veicoli in transito dalle varie lavorazioni e dai mezzi presenti nel cantiere ai lati della carreggiata;
- garantire la sicurezza degli operai che lavorano nei corridoi adiacenti la carreggiata.

I new-jersey pesanti, dovranno essere messi in opera in assenza di traffico mediante la seguente procedura:

- scavo a sezione obbligata realizzato con escavatore a realizzare una sezione di scavo non inferiore ad 1.4 m x 0.3 m;
- posa di magrone non armato costituito da calcestruzzo almeno $R_{ck} \geq 15$ MPa,
- posizionamento su letto di sabbia ad una idonea profondità dal piano strada,
- finitura finale dei bordi dello scavo mediante la posa di conglomerato bituminoso di conguagliamento,
- posa in opera di idonei tirafondi.

Le sollecitazioni applicate per il dimensionamento sono quelle che derivano da una forza concentrata di 50 t applicata ad un'altezza di 1.0 m dalla sede stradale e inclinata sul piano orizzontale di 30° rispetto all'asse longitudinale della galleria.

6.2.2 Struttura di by-pass sede stradale e di smarino (carro ponte)

L'allargamento della galleria in continuità di traffico, impone la presenza di due zone simmetriche di cantiere con le medesime lavorazioni ai lati della carreggiata stradale.

Allo scopo di rendere possibile lo smarino del materiale lato spartitraffico o comunque il trasferimento di approvvigionamenti da un lato all'altro del cantiere, si è prevista una struttura di collegamento dotata di appositi organi di sollevamento, tale da ridurre le interferenze con il traffico sottostante.

La struttura di movimentazione e by-pass dello smarino ha forma di portale a cavallo della sede stradale; è provvista di un solaio metallico posizionato in corrispondenza della sede stradale ad un'altezza di ca. 10 m con la finalità di protezione della sede stradale.

Oltre a consentire il trasferimento del materiale senza interferenze, la struttura, dotata di scale da ambedue le parti della carreggiata stradale, permette al personale di cantiere l'attraversamento dell'autostrada in condizioni di sicurezza.

6.2.3 Apprestamenti speciali di salvaguardia del traffico (portali, impianto di illuminazione provvisoria, pannelli fonoassorbenti)

Poiché lo scudo riduce il gabarit rispetto a quello della galleria esistente da demolire, risulta necessario adottare appropriati sistemi di segnalazione al fine di evitare l'eventuale transito di mezzi fuori sagoma limite con conseguenti urti pericolosi contro lo scudo.

Il sistema previsto per assolvere a tale funzione è composto da 2 portali in alluminio chiamati "sacrificiali" antecedenti la galleria in corso di ampliamento, posizionati sulla sede stradale ad una distanza da stabilire in funzione delle condizioni di esercizio della carreggiata stradale.

I portali riproducono la sagoma limite dello scudo per mezzo di bandelle discontinue dotate di sensori. In caso di urto di un veicolo contro le bandelle potranno essere attivati i semafori rossi, che dovrebbero arrestare il veicolo fuori sagoma prima dell'ingresso in galleria.

Qualora il veicolo fuori sagoma non dovesse arrestarsi, una trave HEB180, fissata opportunamente al rivestimento definitivo della galleria esistente in prossimità dell'imbocco, determina l'arresto fisico dello stesso.



Fig. 6.3: Riduzione della gabarit e messa in opera della trave HEB180

L'impianto di illuminazione esistente dovrà essere rimosso mano a mano che procede l'avanzamento degli scavi per l'ampliamento della galleria e, dato che l'illuminazione adatta al solo avanzamento dei lavori non risulta sufficiente a garantire idonee condizioni per il transito in sicurezza dei veicoli, si rende necessario integrarla con un impianto provvisorio che garantisca le condizioni minime di illuminazione previste.

A monte dello scudo per una lunghezza di ca. 30 m nella parte di galleria già ampliata, saranno posizionati pannelli fonoassorbenti aventi al fine di proteggere le maestranze presenti in cantiere (al fronte di scavo) dalla rumorosità del traffico in esercizio.

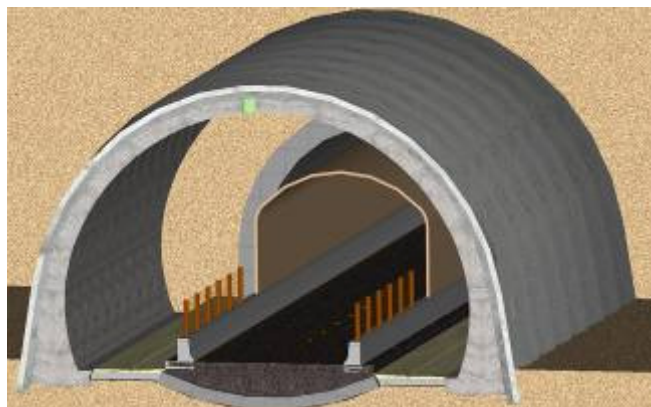


Fig. 6.4: Pannelli fonoassorbenti

6.2.4 Presidi e segnaletica per interruzione notturna della sede stradale in carreggiata

Per l'esecuzione di alcune lavorazioni propedeutiche all'ampliamento previsto in progetto risulta necessario deviare il traffico sull'altra carreggiata in orario notturno.

Le lavorazioni da eseguire in deviazione di traffico indicativamente e non esaustivamente sono:

- Installazione preliminare del cantiere;
- Movimentazione e il posizionamento delle barriere tipo new-jersey speciali preliminari all'installazione dello scudo di protezione;
- Movimentazione e il posizionamento dei new-jersey leggeri per eventuali deviazioni del traffico;
- Consolidamenti effettuati dall'interno della galleria esistente;
- Compressioni degli archi del rivestimento definitivi successivi alla prima.

Le modalità di esecuzione della chiusura della sede stradale al traffico in orario notturno seguirà le prescrizioni della vigente normativa, del codice della strada ed eventualmente delle disposizioni della direzione di esercizio.

7 Programma lavori

Il programma lavori in questione descrive la sequenza di attività di ampliamento della galleria naturale così come ipotizzate nel capitolo 5.

La data di inizio del programma lavori dell'ampliamento della galleria naturale di Carreggiata Nord in continuità di traffico risulta condizionata dal verificarsi di alcune condizioni preliminari di seguito elencate:

1. Esecuzione delle Opere di Cantierizzazione dei Piazzali di Servizio all'avanzamento;
2. Esecuzione delle Opere di Imbocco, specialmente di quelle relative all'imbocco Nord, prima descritte;
3. Esecuzione dei consolidamenti di imbocco ed eventualmente di congrui tratti di consolidamenti interni alla galleria;
4. Installazione del sistema di protezione del traffico costituito principalmente da Barriere New-jersey di canalizzazione del traffico nei tratti adiacenti la galleria, dagli Elementi di Supporto dello scudo di Protezione del Traffico, dei presidi di salvaguardia del traffico (portali sacrificali) e dallo Scudo di Protezione del traffico;
5. Predisposizione di una minima scorta di conci prefabbricati già pronti per l'installazione;
6. Progettazione, Costruzione in Stabilimento, Trasporto e Montaggio in Cantiere e Prove in bianco della Attrezzatura Multifunzione (AM) o per l'esecuzione del pretaglio e della volta attiva.

I tempi di cui al punto 4 possono essere quantificati in circa 2 mesi a partire dal momento di ultimazione delle opere degli imbocchi, mentre i tempi di approntamento della AM, di cui al punto 6, possono essere quantificati in circa 12 mesi dalla consegna dei lavori.

Il momento in cui si verificano le condizioni di cui ai punti 1-6 viene definito per semplicità "la data zero di riferimento" dal quale valutare i tempi esecutivi veri e propri dell'ampliamento delle gallerie Montedomini Nord e Sud.

Il calcolo dei tempi lavorativi viene eseguito sulla base di eseguire l'ampliamento con 4 turni e cioè 24/24 ore e 7/7 giorni.

Come accade frequentemente nell'esecuzione di opere di particolare rilevanza tecnica, quali quelle in questione, nella definizione di un programma lavori il più possibile valido risulta opportuno considerare un primo periodo di tempo, nel quale vengono messe a punto tutte le tecnologie costruttive, caratterizzato da valori di velocità di avanzamento ridotti.

Sulla base di esperienze analoghe si ritiene che tale periodo possa essere considerato pari a 100 gg naturali e consecutivi nei quali vengono realizzati circa 30 ml di ampliamento della galleria, comprensivi anche del consolidamento del fronte sui due imbocchi.

Dopo questo primo periodo si può ragionevolmente supporre che la produzione proceda a regime. Per il calcolo della produzione si considera il tempo necessario a realizzare un singolo ciclo di avanzamento da 6 ml individuato dalle fasi lavorative prima evidenziate e cioè:

- Esecuzione Guscio di pretaglio di 6 ml di lunghezza utile;
- Posa in Opera di 1 Arco di conci per 1.5 ml di rivestimento definitivo;
- Scavo e Demolizione Galleria Esistente per 1.5 ml di avanzamento;
- Posa in Opera di 1 Arco di conci per 1.5 ml di rivestimento definitivo;
- Scavo e Demolizione Galleria Esistente per 1.5 ml di avanzamento;
- Esecuzione di lavorazioni accessorie quali ad esempio la realizzazione del sottofondo di appoggio dei conci o dei binari di traslazione dell'AM, se previsti.

Nel caso della Galleria Montedomini Nord la durata del ciclo di avanzamento può essere determinata in 96 hrs, corrispondenti ad un tasso di avanzamento di 1.00 ml/gg.

Pertanto per eseguire il restante tratto di galleria di 240 ml (270-30 ml) sono necessari 240 gg naturali e consecutivi.

Infine per tener conto che, pur lavorando 7 giorni su 7, 24 ore al giorno, l'avanzamento si fermerà per le festività natalizie, pasquali ed estive e per altre eventuali circostanze difficilmente prevedibili in fase di progettazione esecutiva, si ipotizza di applicare un coefficiente di incremento dei tempi esecutivi in condizioni di regime pari al 10%. Da ciò si ricava che i predetti 240 gg divengono 264 gg, i quali, sommati ai primi 100 gg di avvio della produzione, determinano un tempo totale di esecuzione della carreggiata Nord di 364 gg.

Una volta ultimata la carreggiata Nord, è necessario smontare la cantierizzazione installata sulla sede stradale ed eseguire le pavimentazioni provvisorie in galleria al fine di predisporre il passaggio di 4 corsie (2 per senso di marcia) sulla carreggiata ormai ampliata.

Sulla base di precedenti esperienze si considera per tale intervallo di tempo un valore di almeno 45 gg a partire dall'ultimazione della carreggiata.

Dopo tale periodo si può dar corso alle operazioni di ampliamento della carreggiata Sud in assenza di traffico completa dell'arco rovescio.

In analogia a quanto fatto per la Carreggiata Nord il ciclo elementare di avanzamento, in assenza di traffico, ha una durata di 77 hr pari ad una produzione di 1.25 ml/gg.

Non considerando, in quanto non più necessario, il periodo di avvio della produzione, il tempo di esecuzione dell'ampliamento della carreggiata sud è pari a $280 \text{ ml} / 1,25 \text{ ml/gg} = 224$ gg lavorativi che incrementati del 10% per le ragioni sopra esposte, corrispondono ad una durata globale di 246 gg.

A questo periodo è necessario aggiungere almeno altri 45 gg per il completamento dell'arco rovescio, eseguito in parte in sovrapposizione all'ampliamento, per la realizzazione della pavimentazione definitiva, degli impianti e delle finiture nonché per la deviazione del traffico dalla carreggiata Nord, ampliata ma priva di arco rovescio, alla carreggiata Sud.

L'ultima lavorazione da considerare è quindi l'esecuzione dell'arco rovescio in carreggiata Nord, comprensivo di pavimentazione definitiva, impianti e finiture per la cui realizzazione sono necessari globalmente 60 gg.

Per quanto sopra esposto a partire dalla data di avvio delle lavorazioni di ampliamento vero e proprio della galleria i tempi sono:

- Esecuzione Carreggiata Nord senza a.r.: 364 gg
- Disinstallazione Cantiere ed Esecuzione Pavimentazione Provvisoria: 45 gg
- Esecuzione Carreggiata Sud con arco rovescio, pavimentazione definitiva, impianti e finiture: 291 gg.
- Esecuzione arco rovescio, pavimentazione definitiva, impianti e finiture in Carreggiata Nord: 60 gg.

Per un totale di 745 gg naturali e consecutivi, da aggiungere ai tempi precedentemente individuati e preliminari nonché vincolanti l'esecuzione dell'ampliamento della galleria Montedomini.