

Una promettente tecnologia per la prefabbricazione dei rivestimenti di gallerie scavate in tradizionale

Giampaolo CAPALDINI

Studio Associato di Ingegneria Capaldini

I tempi di esecuzione di una galleria realizzata con tecniche tradizionali sono fortemente condizionati non solo dai tempi di scavo e di eventuale consolidamento del fronte, ma anche da quelli per la realizzazione dell'arco rovescio e delle murette, oltre che del rivestimento di prima fase; interventi questi, che comportano l'interruzione delle fasi d'avanzamento e quindi, in definitiva, l'allungamento dei tempi d'esecuzione dell'intero processo. Nell'articolo si propone una nuova tecnologia per la realizzazione del rivestimento definitivo in c.a. di una galleria, utilizzando conci autoportanti di grandi dimensioni prefabbricati.

Fin dagli albori della meccanizzazione delle varie fasi esecutive della realizzazione di una galleria si è tentato di industrializzarne almeno alcune al fine di ridurre il relativo tempo di esecuzione. In particolare, per quanto riguarda le opere di rivestimento, si sono fatti diversi tentativi.

- H.P. Cerutti 1965 (fig. I)
- Offenlegungsschrift 1976 (fig. II)
- Socea Balency 1984 (fig. III)
- Brevetto americano 2002 (fig. IV)

Tutti i tentativi di cui sopra si riferiscono per lo più a sezioni circolari di modesta dimensione; essi inoltre, prevedevano principalmente la posa di casseforme a perdere volte a contenere il getto vero e proprio e non anche a realizzare da subito un rivestimento capace di assolvere alla sua funzione statica. Recentemente si è messa a punto un'idea, che sembrerebbe riscuotere un certo interesse da parte degli operatori del settore, soprattutto per la realizzazione dei tratti di galleria in artificiale dove la sua applicazione risulta estremamente semplificata e di immediata efficacia.

Si tratta di un nuovo sistema d'industrializzazione del processo di realizzazione del rivestimento definitivo in c.a., che fa uso di conci di grandi dimensioni (autoportanti da subito e senza getto integrativo) utilizzabili per sezioni ordinarie di gallerie.

Trattasi in sintesi della individuazione di un processo per la realizzazione ed il montaggio in opera di conci prefabbricati in stabilimento (sia remoti che improntati a piè d'opera) per la realizzazione del rivestimento dell'intero cavo.

La posa e la conformazione dei conci può essere molto articolata e adattata alle ca-

ratteristiche geomeccaniche del terreno interessato dallo scavo, nonché alla sezione e lunghezza della galleria.

Ovviamente il sistema risulterà tanto più vantaggioso quanto più l'avanzamento avviene in condizioni di naturale stabilità del fronte di scavo, ma esso è applicabile anche nei casi in cui è necessario operare consolidamenti preventivi in avanzamento.

La tecnologia inoltre, mira, come si vedrà

Int. Cl. 2: **E21 D 11/40**

① **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

② **DEUTSCHES PATENTAMT**

③ **Offenlegungsschrift 25 14 505**

④ Aktenzeichen: P 25 14 505.5

⑤ Anmeldetag: 2. 4. 75

⑥ Offenlegungstag: 21. 10. 76

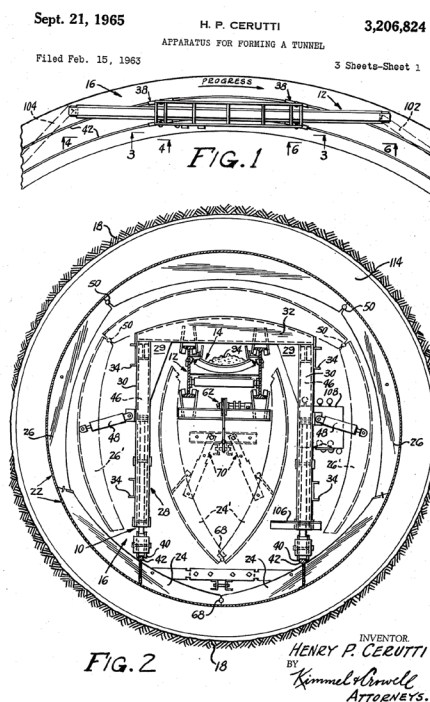


Fig. I.

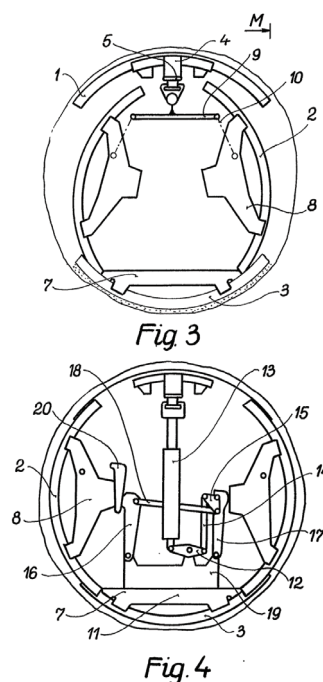


Fig. II.

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction

2 574 111

21 N° d'enregistrement national : 84 18478

51 Int Cl⁴ : E 21 D 11/00, 11/15, 11/40.

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 4 décembre 1984.

71 Demandeur(s) : Société dite : SOCEA BALENCY ISO-
BEAL — FR.

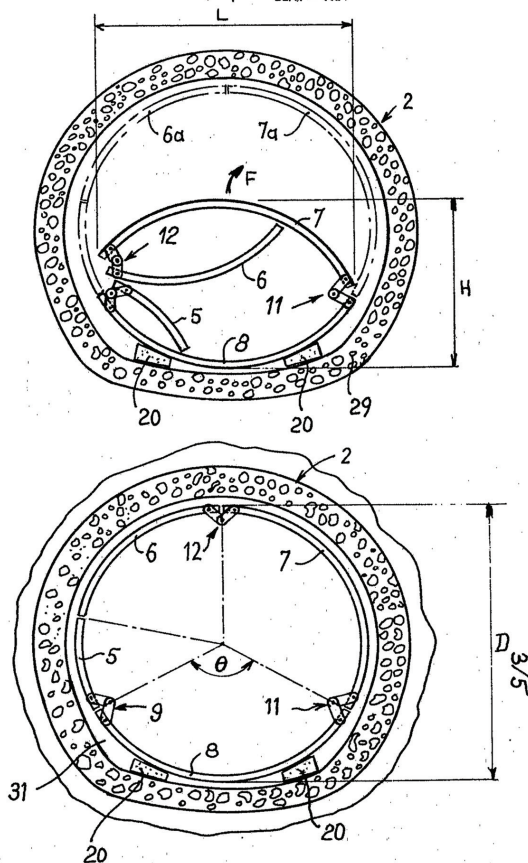


Fig. III.

più avanti, all'eliminazione del rivestimento temporaneo nella maggioranza dei casi.

Varie modalità di varo dei conci

I conci realizzati fuori opera e conformati come rappresentato nella fig. 1 o in forme ad esse simili, a scavo completato per uno o più conci a seconda della consistenza del terreno, (arco rovescio compreso) si trasportano al fronte sia in maniera disgiunta (prima il concio di base poi i semiconci di calotta) (fig. 2 e 3) oppure in forma congiunta (tutti gli elementi dell'anello uniti da cerniere temporanee e movimentabili da martinetti sempre temporanei (fig. 4 e 5).

Ovviamente la seconda modalità di posa richiede un carro di maggiori capacità di trasporto e movimentazione.

Una volta realizzato un solido appoggio dell'elemento di base sulle piastre metalliche poste precedentemente sul fondo dello scavo, si provvederà ad azionare i martinetti di cui lo stesso è munito provvisoriamente, per portare il tutto precisamente in posizione.

A posizionamento avvenuto del concio, si procederà all'intasamento dell'intercapedine costituitasi tra la struttura prefabbricata e terreno (fig. 6) mediante boiacche rese adeguatamente fluide; le stesse inoltre, saranno additate, all'atto dell'inserimento, con appositi acceleranti onde abbreviarne il tempo di presa e con-

fig. IV

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
18 April 2002 (18.04.2002)

(10) International Publication Number
WO 02/31316 A2

PCT

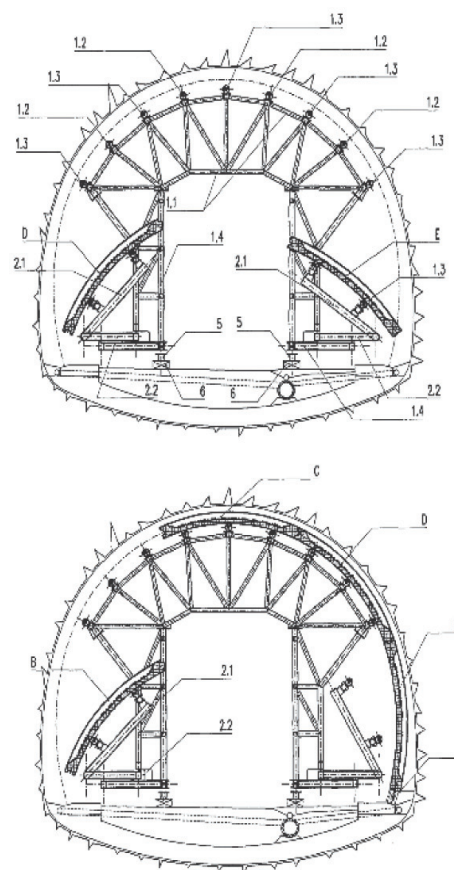


Fig. IV.

seguire, nel più breve tempo possibile, la consistenza del getto almeno pari a quella di un buon terreno (2,5/5 kg/cm²); detta malta, non avendo una funzione strutturale vera e propria, ma solo quella di spessamento, potrebbe avere anche una resistenza a compressione paragonabile a quella dell'ammasso circostante (si possono usare quindi anche schiume o malte cementizie alleggerite).

Se del caso, anche a montaggio concluso, si potrà eseguire una ulteriore iniezione (secondaria) di boiaccia di cemento a media pressione onde conseguire la perfetta occlusione di ogni vuoto residuale tra concio e terreno.

Quando il fronte sarà sufficientemente avanzato, si provvederà alla termosaldatura

dei lembi del manto in pvc che sbordano dai conci medesimi; a saldatura ultimata il telo dovrà essere reintrodotta nella retrostante cavità e, una volta applicata la manichetta espandibile nell'apposita cavità, si passerà alla esecuzione dell'iniezione della cavità medesima.

La metodologia di posa del rivestimento definitivo sopra descritto, dovrebbe comportare un tempo di varo paragonabile a quello necessario all'esecuzione del rivestimento di prima fase; ciò anche in considerazione che tutti i getti di solidarizzazione possono avvenire anche dopo l'avanzamento del fronte grazie alla elevata robustezza e stabilità del guscio prefabbricato.

Ulteriori considerazioni

Il sistema di rivestimento sopra descritto, potendo già da subito mettere in campo l'elevata rigidità del rivestimento definitivo in prossimità del fronte di scavo, contribuirà significativamente alla stabilizzazione di quest'ultimo (contrasto all'estrusione), occorre inoltre considerare che il varo dell'intero anello prefabbricato potrà avvenire esclusivamente con braccia meccaniche consentendo agli operatori di non esporsi mai al pericolo di rilasci dal fronte.

Detto sistema consente inoltre di adottare l'uso delle iniezioni a tergo degli stessi elementi mediante l'impiego di tubazione di corredo della galleria convoglianti boiacche in pressione additate con speciali ritardanti che consentono la permanenza in condotte anche per 16-24 ore.

All'atto della iniezione poi, detti ritardanti potranno essere neutralizzati da appositi acceleranti iniettati direttamente nel bocaglio del pannello prefabbricato. Ciò consente l'eliminazione del transito e dello stazionamento di betoniere e relative pompe all'interno della galleria.

Gallerie artificiali

Nel caso di gallerie artificiali, i conci, appositamente conformati per sostenere il rilevante carico del materiale di ritombamento, possono essere posti in opera in modo molto più semplice e veloce per la enorme semplificazione della loro movimentazione.

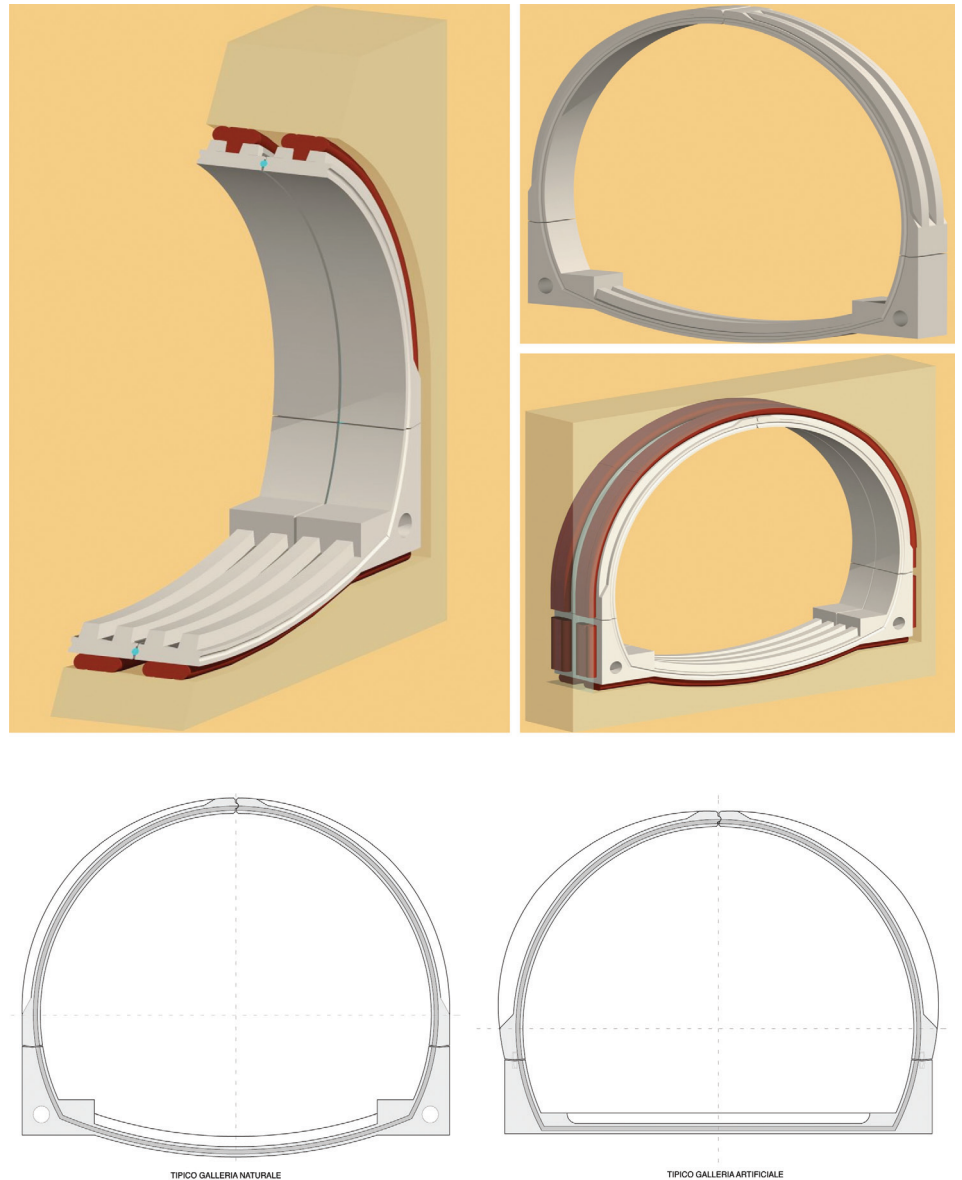


Fig. 1.

Come per il montaggio in galleria naturale, si posizionerà l'arco rovescio, sempre per il tramite di opportuni martinetti idraulici o altri tipi di spessoramento, in modo da consentire l'infiltrazione di malte cementizie fluide a presa accelerata, tra il terreno e l'intradosso dell'arco rovescio.

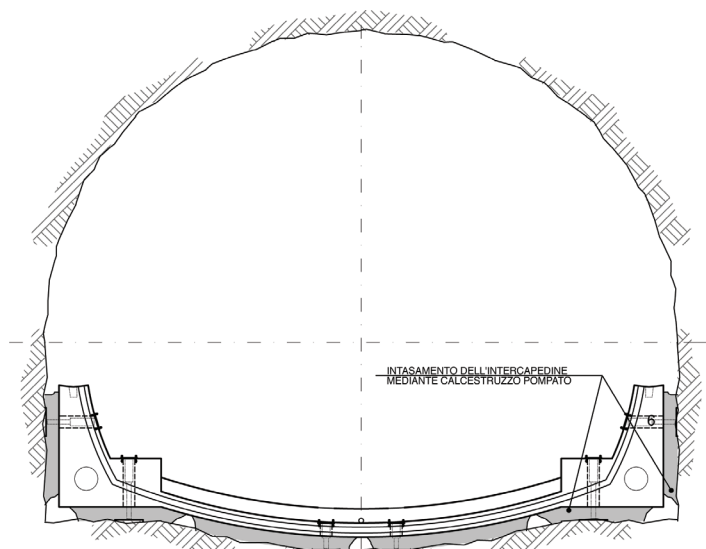
Ciò affinché si possa conseguire uno stabile e definitivo appoggio del manufatto a terra.

Successivamente si potrà montare i semiconci costituenti la calotta direttamente sulle murette incorporate nell'elemento di base. Una volta effettuata la giunzione dei lembi in pvc già presenti sugli elementi di copertura, si potrà eseguire direttamente su di

essi (senza getto integrativo alcuno) il ritombamento finale della galleria.

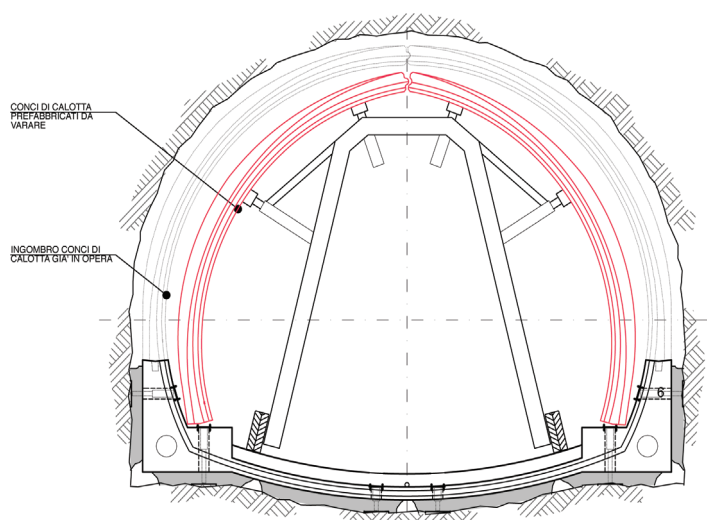
In alternativa alla impermeabilizzazione classica con telo in PVC, si può usare un rivestimento epossidico bicomponente applicato a spruzzo che ad oggi hanno raggiunto un elevato grado di resistenza e affidabilità.

Per opere di una certa consistenza è ipotizzabile la prefabbricazione in situ, evitando così l'onere del trasporto dei prefabbricati in cantiere dallo stabilimento di produzione. Nel caso di spessori di copertura non elevatissimi (max 9 - 10 mt) è sufficiente conformare la base in forma rettilinea e consentire così un più agevole varo diret-



Trasporto e intasamento mediante calcestruzzo o boiaccia dell'interspazio concio terreno

Fig. 2.



Trasporto al fronte dei conci di calotta mediante carro gommato

Fig. 3.

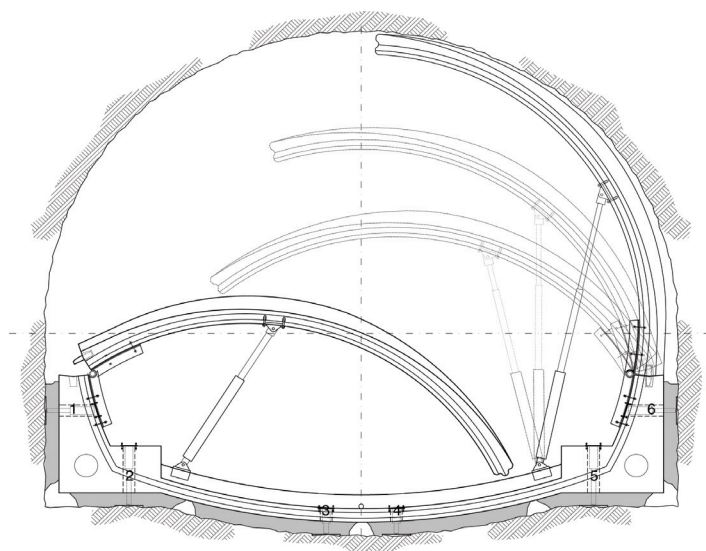


Fig. 4.

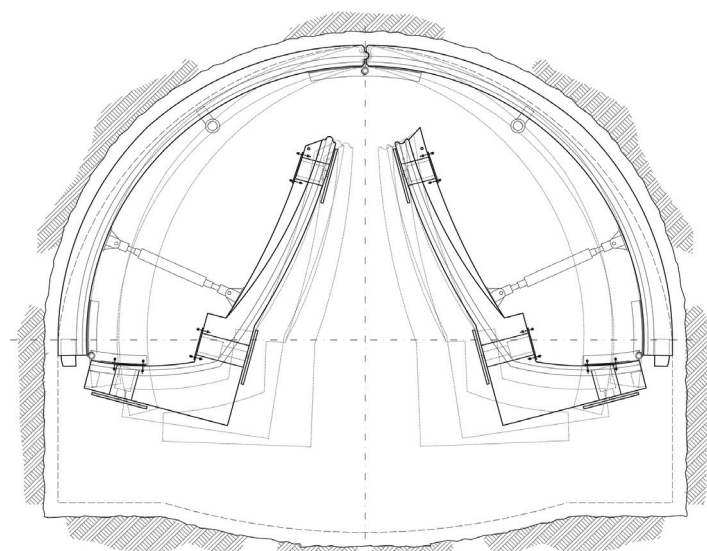
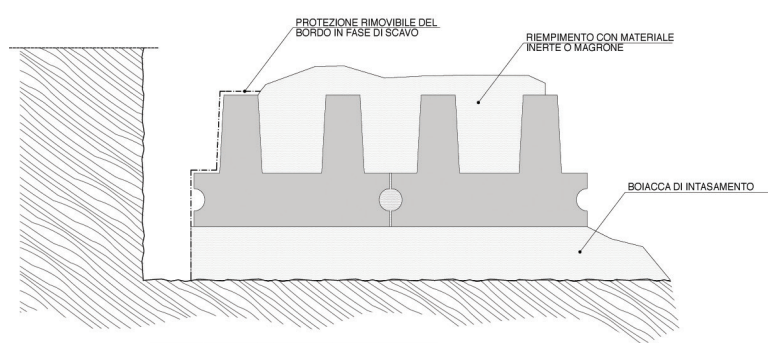
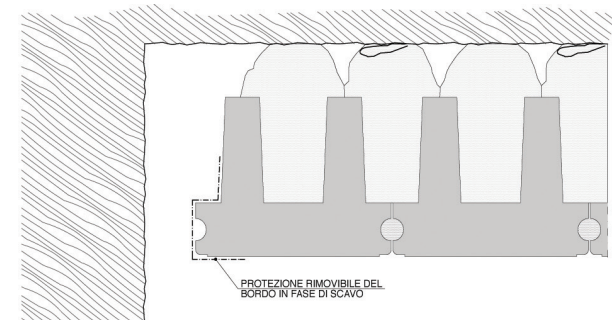


Fig. 5.

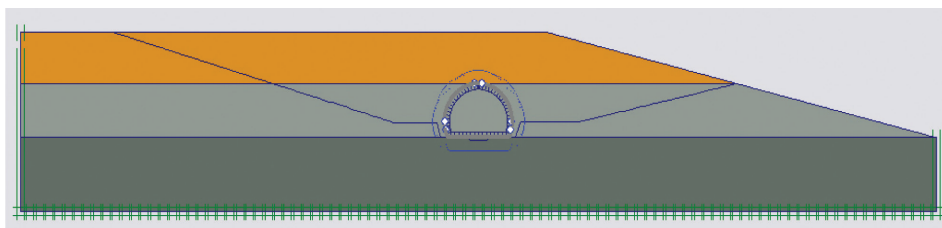


INTASAMENTO DELL'ARCO ROVESCIO

Fig. 6.



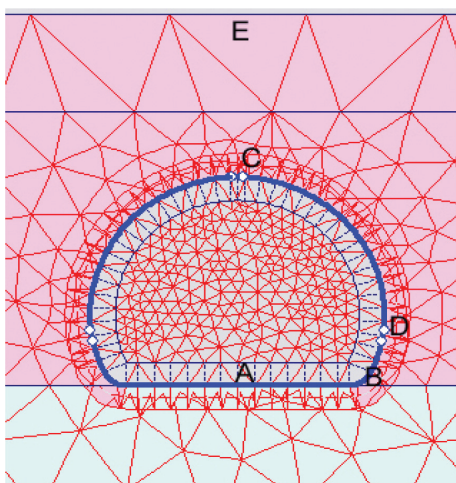
INTASAMENTO DELLA CALOTTA



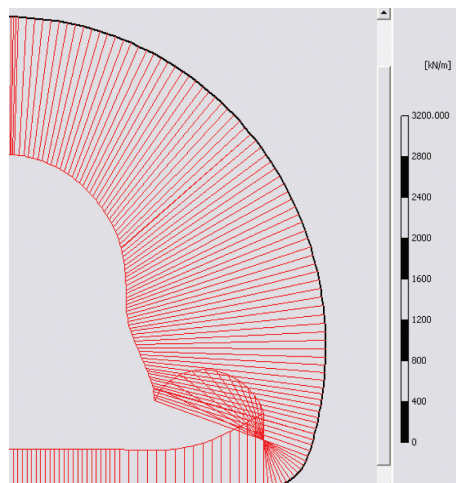
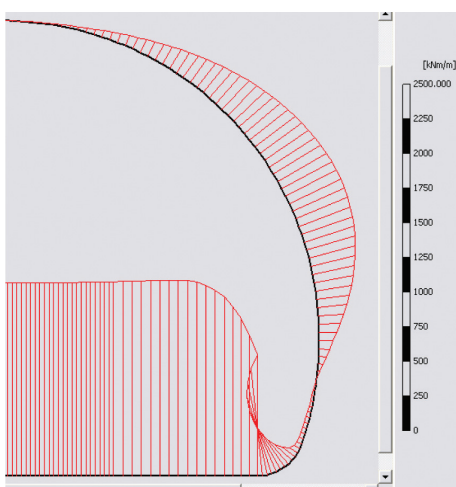
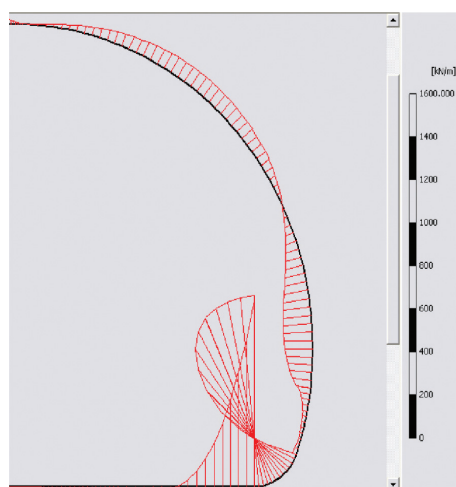
Geometria del modello agli elementi finiti nella fase 1.

Posizione	N.elemento trave	M,k kNm/m	N,k kN/m	T,k kN/m
Arco rovescio (A-B)	5	1424	407	5
Piedritti (B-D)	8	881	741	881
Calotta (C-D)	17	418	1904	4

Massime sollecitazioni nel rivestimento.



Definizione di alcuni nodi caratteristici.

Distribuzione dello sforzo assiale, $N_{Max} = 2000 \text{ KN/m}$.Distribuzione del mom. flet.: $M_{Max} = 1420 \text{ KN/m}$.Distribuzione del taglio: $T_{Max} = 881 \text{ KN/m}$.

tamente su letto di sabbia o su magrone di pulizia: ciò consente di velocizzare al massimo la formazione dell'intera struttura in artificiale (compreso eventuale becco di flauto) e passare al ritombamento della stessa previa saldatura dei lembi del manto in pvc lasciati sbordanti dalle estremità dei conci.

La solidarizzazione dei conci tra loro avverrà, oltre che con l'ausilio della manichetta espandibile posta sul giunto che ne preserverà l'allineamento, anche con opportune staffature in fibra di vetro (PRFV) o poltruse, da posizionare in estradosso prima del ritombamento.

Il giunto, all'intradosso, potrà essere rifinito nella parte esterna mediante l'applicazione di un sigillante siliconico previa interposizione di un tubo drenante di sicurezza capace di intercettare e convogliare allo scarico eventuali infiltrazioni. In tal caso infatti, l'elevata impermeabilità dei calcestruzzi ad alta resistenza prodotti in stabilimento, fa sì che eventuali falle nell'impermeabilizzazione in pvc e conseguente intrusione di acqua, venga di fatto convogliata esclusivamente nella zona di giunzione tra due conci consecutivi.

Tutti i conci di cui sopra, hanno dimensioni tali da renderli trasportabili come carichi non eccezionali.

Caratterizzazione strutturale

Si riportano qui a fianco, a titolo di esempio, le sollecitazioni con le quali sono state verificate le varie membrature, per come generate da una galleria in artificiale con ricopertura in calotta di mt 10 di materiale anche scadente, capace di ospitare una piattaforma stradale di 10,50 m + marciapiedi ed avente una larghezza max al piano dei centri pari a 12,80 m.

Conclusioni

La tecnologia sopra descritta riguarda la prefabbricazione e la posa in opera del rivestimento definitivo di gallerie realizzate in tradizionale.

La sua applicazione riguarda sia le gallerie naturali che le artificiali anzi, nella fase iniziale, proprio per prendere

confidenza con detta nuova tecnologia, potrebbe riguardare principalmente quest'ultime.

I vantaggi della soluzione sopra illustrata si possono così sintetizzare:

- velocizzazione e standardizzazione del processo realizzativo, possibilità di anticipare la prefabbricazione dei conci rispetto allo scavo della galleria anche in

- altro sito, esecuzione dei tratti in artificiale in contemporanea con la naturale,
- aumento della qualità del manufatto conseguente alla sua prefabbricazione in stabilimento (copriferro, classe di resistenza del calcestruzzo, sua durabilità e impermeabilità)
- messa in campo da subito di portanza strutturale anche elevatissima,

- eliminazione del rivestimento di prima fase anche nei tratti con modesta instabilità del fronte con conseguente riduzione di tempi, costi e rischi per le maestranze,
- maggior controllo della impermeabilità della galleria e della sua resistenza al fuoco,
- possibilità di reintervenire in futuro per la sostituzione di uno o più conci.

Summary of: A new way of lining tunnels

G. CAPALDINI

Studio Associato di Ingegneria Capaldini

The time involved in boring a tunnel according to traditional techniques is, in general, strongly influenced not only by excavation and the shoring up of a tunnel, but also by the creating the inverted arch vault and the walls, beyond the lining of the first phases. Which are operations which interrupt the advanced fortification phases thereby lengthening the entire process.

The following technology has as its objective: the shortening of work time based on a system that industrializes the process of lining the tunnels using large, prefabricated pieces (which are ready to go immediately) usable for ordinary section of tunnels (whether for highways or train tracks).

In brief, it is the identification of a process for the construction and the assembly of a project of prefabricated tunnel sections (whether offsite or on) for the creation of the definitive lining of an entire excavation. The articulation and positioning of each piece can be adapted according to the geometrical characteristics of the terrain involved in the excavation, not limited by the length or the section of the tunnel.

In the case of artificial tunnels, the sec-

tions, specifically designed to withstand the relevant load of material above, can be placed into position far more simply and quickly, due to the enormous ease of their movement. It is a summary of the individuation of a process for the creation and assembly of prefabricated sections put in place (whether offsite or on) for the final lining of the tunnel. The position and shape of the pieces can be articulated and adapted to the geo-mechanical characteristics of the terrain of each excavation, as well as the length and size of the tunnel.

In static conditions which are not excessively grave, (max 9 m of cover) the inverted arch vault can be substituted with a rectilinear beam, greatly simplifying installation.