



CONFEDERAZIONE SVIZZERA

UFFICIO FEDERALE DELLA PROPRIETÀ INTELLETTUALE

⑪ CH 665 878 A5

⑤① Int. Cl.⁴: E 21 D

9/04

Brevetto d'invenzione rilasciato per la Svizzera ed il Liechtenstein
 Trattato sui brevetti, del 22 dicembre 1978, fra la Svizzera ed il Liechtenstein

⑫ **FASCICOLO DEL BREVETTO** A5

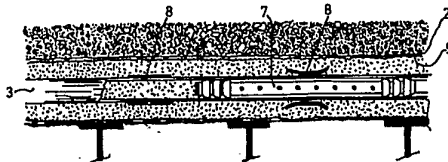
⑳ Numero della domanda: 5882/84

㉔ Data di deposito: 11.12.1984

㉔ Brevetto rilasciato il: 15.06.1988

④⑤ Fascicolo del
brevetto pubblicato il: 15.06.1988㉗ Titolare/Titolari:
Rodio Foundation Engineering Ltd, Zürich㉗ Inventore/Inventori:
Volpe, Antonio, San Donato Milanese/Milano
(IT)
Bertin, Franco, Sannicandro/Bari (IT)㉗ Mandatario:
Dr. Troesch AG Patentanwaltsbüro, Zürich⑤④ **Procedimento per il consolidamento di terreno nello scavo di gallerie.**

⑤⑦ Il procedimento di consolidamento del terreno per lo scavo di gallerie consiste nel praticare, tutt'intorno alla periferia dello scavo da effettuare, delle perforazioni (2) di una lunghezza prefissata; nell'inserire in ciascuna di tali perforazioni un tubo (3) in acciaio con valvole di tipo noto, munito esternamente d'un sacco (5) di tessuto; nell'introdurre nel tubo (3) un otturatore (7) per iniezione e nell'iniettare in esso una miscela chimica di consolidamento in modo da espandere il sacco, facendo sì che questo eserciti una forte pressione sulle pareti delle perforazioni (2), e facendo poi penetrare la miscela nel terreno circostante, permettendo che la miscela faccia presa nel sacco (5) e nel terreno circostante le perforazioni, per consolidarlo almeno per il tempo necessario alla fase di scavo (1) e di applicazione del rivestimento della galleria.



RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per il consolidamento del terreno nello scavo di gallerie, in cui si eseguono fori di una lunghezza predeterminata in tutta la zona attorno alla periferia dello scavo, caratterizzato dal fatto che si introduce successivamente in ciascuno di questi fori un tubo (3) portante dotato di valvole (8), che presenta esternamente almeno un sacco (5) di materiale tessile, quindi si introduce un organo di chiusura per iniezioni (7) nel tubo introdotto e si esegue l'iniezione in questo tubo di almeno una miscela chimica di consolidamento, quindi si applica il sacco riempito sotto pressione alle pareti del foro e si fa penetrare la miscela nel terreno circostante, e che si attendi finché questa miscela nel sacco e nel terreno circostante il foro ha fatto presa, per eseguire quindi dopo il consolidamento del terreno i lavori necessari per lo scavo della galleria.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che i tubi portanti le valvole che vengono introdotti nei fori, sono autoportanti e sono costituiti da acciaio a parete spessa.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il sacco è costituito da un filato consistente in materiale plastico.

4. Procedimento secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che il sacco è costituito da un tessuto di filato in materiale plastico.

5. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la miscela chimica di consolidamento è costituita da silicato di sodio, una sostanza solidificante ed un materiale inerte, eventualmente con l'aggiunta di ulteriori sostanze come ad esempio regolatori della presa e catalizzatori.

6. Procedimento secondo le rivendicazioni da 1 a 3, caratterizzato dal fatto che la miscela chimica di iniezione è costituita da una resina acrilica oppure una resina fenolica o una resina amminica in forma additiva.

7. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il tubo portante è circondato da più sacchi o sezioni di sacco, fra loro idraulicamente separate e collegate ciascuna ad almeno una valvola di iniezione, per l'iniezione di miscele chimiche diverse in sezioni adiacenti.

8. Procedimento secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che in un primo tratto di sacco vicino al fronte di scavo si inietta una miscela di cemento e si lascia consolidare la miscela, prima che vengano eseguite le iniezioni della miscela chimica o della miscela per il consolidamento nell'altro tratto o negli altri tratti.

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un procedimento per il consolidamento del terreno nello scavo di gallerie, in cui si eseguono fori di una lunghezza predeterminata in tutta la zona attorno alla periferia dello scavo.

La costruzione di gallerie in terreni instabili ha sempre rappresentato uno dei compiti più impegnativi nel campo delle costruzioni.

È noto che il sistema applicato in Italia con il nome di «marcia avanti» permette di risolvere un certo numero di situazioni difficili, ma esso fallisce quando acqua contenuta anche in piccole quantità nel massiccio da attraversare, provoca il trascinamento di particelle sabbiose.

Questo sistema comporta il confiscamento di tavolone in legno o travi in ferro dette «palancole», che assicurano un supporto longitudinale durante lo scavo di un passaggio di lunghezza variabile, ma nell'ordine del metro, dopo di che vengono installate centine di supporto. Il profilo così assicurato può essere allora attrezzato definitivamente, sia con un semplice ri-

vestimento di calcestruzzo proiettato oppure con una volta di calcestruzzo con o senza armatura, comprese tutte le misure complementari come la posa di un'impermeabilizzazione superficiale o/e iniezioni di riempimento e di impermeabilizzazione.

La semplice enumerazione di queste diverse operazioni è sufficiente per mostrare che si tratta di un metodo essenzialmente artigianale, dipendente fortemente dalla qualifica del personale che lo esegue e che richiede continui riaggiustamenti delle istruzioni di cantiere. Ciò si traduce in continui interventi di riaggiustamenti delle istruzioni di cantiere. Questo vuole dire in continui interventi degli ingegneri e dei geologi, con inevitabili interruzioni del lavoro, e di qui un avanzamento modesto è troppo spesso causa di grandi discussioni contrattuali.

Una meccanizzazione dello scavo in tali terreni è ricercata da lungo tempo.

Il difetto del sistema «marcia avanti» è di essere composto da elementi indipendenti l'uno dall'altro con interstizi che li separano, qualunque sia la cura con la quale viene eseguito.

Le prime soluzioni proposte sono legate all'introduzione degli scudi di avanzamento. Questi dispositivi di grandi dimensioni utilizzati con o senza aria compressa e/o l'eliminazione dell'acqua, possono realizzare alte prestazioni nei terreni mobili, di scarsa resistenza, ma sono costantemente in difficoltà quando incontrano delle masse indurite o soprattutto blocchi disseminati nel terreno (trovanti). La loro utilizzazione è rimasta legata all'ambiente marino oppure a grandi attraversamenti sotto i fiumi. Questo sistema è al contrario limitato in zona pedemontana e perfino escluso nei pendii di detriti delle regioni montagnose nonché negli strati morenici.

L'utilizzazione di fresatrici o talpe, che ha permesso notevoli progressi nelle rocce tenere od anche dure, ma omogenee e stabili, è riuscita a superare le difficoltà in certi casi favorevoli, ma si conoscono ugualmente diversi esempi in cui l'audacia dell'imprenditore è stata pagata con la perdita di una macchina di costo molto elevato, con il seguito di conseguenze che ne risultano, come ritardi di esecuzione, oltrepassamento dei crediti, litigi ed addirittura fallimenti.

Un metodo moderno che ha beneficiato di una grande pubblicità in questi ultimi anni, cioè il nuovo metodo austriaco NATM, corrisponde più ad una filosofia particolare per lo scavo di gallerie che ad un procedimento tecnico originale. Esso consiste nel tollerare una certa deformazione abbastanza notevole del massiccio attraversato per ritardare e ridurre le misure di supporto. Esse del resto comportano tutta la gamma classica ben nota, posa in opera di centine, chiodatura, iniezione di cemento sotto pressione ed eventualmente anche quello della «marcia avanti». Il procedimento è stato brevettato in Austria ed in tutto il mondo.

In linea di principio esso non elimina la successione di periodi in cui la volta scavata è ben sopportata, con altri in cui la stabilità è più precaria, dipendendo interamente da un giusto apprezzamento di una serie di parametri di parte degli ingegneri responsabili. Inoltre esso aumenta al contrario l'intera dipendenza dell'avanzamento da una quantità di operazioni di misurazione sul posto e così da una dipendenza totale dalla competenza e disponibilità di specialisti di gallerie. Se esso presenta un vantaggio economico in certe condizioni, il metodo non può pretendere di costituire una meccanizzazione del cantiere, escludendo qualsiasi pericolo per il personale esecutivo.

Sul piano puramente pratico le deformazioni della massa che sono postulate dalla filosofia del nuovo metodo austriaco, possono essere assolutamente inammissibili in un certo ambiente.

Da molto tempo il metodo dei minatori con la «marcia avanti» è stato migliorato dal punto di vista soprattutto della sicurezza, mediante l'applicazione di procedimenti di iniezione. L'iniezione all'avanzamento è stata sviluppata in una specialità efficace, sicura ma esigente. Essa necessita della presenza di un

personale di quadri e di maestranze molto specializzati e sperimentati. Tale metodo al contrario aumenta ancora il frazionamento delle operazioni in fasi di spinte da parte di squadre differenti, da cui deriva la disoccupazione tecnica in periodo di attesa e permette ben difficilmente di stabilire un preventivo di stima ragionevole per il costo dei lavori.

Le tecniche di intervento da attuare prima dello scavo per ovviare ad eventi imprevedibili, come rotture del fronte, fornelli in superficie, instabilità delle pareti per eccesso di spinta e per prevenire tali eventi, hanno avuto negli ultimi tempi uno sviluppo importante.

Schematicamente, un progetto di intervento preliminare, sia che comporti l'introduzione di strutture di sostegno nel terreno prima di portare lo scavo alla sezione definitiva, sia che comporti il consolidamento o l'impermeabilizzazione del terreno sul posto e la creazione nello stesso terreno di strutture resistenti si pone i seguenti scopi:

- rendere stabile il fronte e le pareti di scavo mano a mano che vengono scoperti, contro il pericolo di crolli, cedimenti, deformazioni della sezione della galleria, almeno per il tempo necessario a mettere in opera le armature e i rivestimenti definitivi;

- controllare le decompressioni nell'intorno dello scavo per quanto possano ridurre movimenti o dissesti (fornelli) in superficie, temporanei o permanenti.

Tra i vari tipi di trattamenti di consolidamento hanno trovato recentemente impiego, in sintesi:

- il trattamento d'iniezione del terreno;
- il trattamento ad infilaggi.

Il primo si presta in modo soddisfacente per terreni incoerenti e si basa sul consolidamento del terreno mediante l'iniezione di miscele che, per successivo indurimento, conferiscono alle formazioni trattate una coesione tale da essere in grado di prevenire e contenere tutti gli eventi imprevedibili facendo procedere lo scavo in modo sicuro. Questo trattamento si svolge praticando perforazioni nel terreno circostante lo scavo, iniettando tramite canne a valvola, cioè tubi lasciati in opera e costruiti in modo da consentire iniezioni in punti prestabiliti attraverso valvole di un ritorno in gomma, le miscele di consolidamento e lasciando che queste miscele facciano presa.

Questo trattamento d'iniezione, pur dando ottimi risultati, presenta però ancora l'inconveniente di richiedere tempi globali lunghi determinati dal lavoro di esecuzione delle perforazioni, di iniezione delle miscele e dal loro tempo di presa, per cui il cantiere di scavo deve rimanere forzatamente in attesa per tutto il tempo richiesto dal lavoro d'iniezione. Questi tempi globali lunghi rimangono sempre presenti anche se si tenta di conciliare i lavori di iniezione con quelli di scavo ricorrendo per esempio alle lavorazioni su due imbocchi o su due gallerie, qualora naturalmente ciò sia richiesto dal tracciato di progetto.

Il secondo trattamento, cioè quello ad infilaggi, consiste sostanzialmente nell'eseguire, tutt'intorno alla sezione di scavo da effettuare, dei fori di adeguata lunghezza sostanzialmente paralleli al suo asse e nell'introdurre in essi dei tubi portanti di adeguato spessore e diametro che vengono poi sostenuti, mano a mano che si procede con l'esecuzione dello scavo, con centine o simili. Questo sistema si presta in modo soddisfacente nel caso di terreni in parte coerenti o rocciosi, ma nel caso di terreni incoerenti si ha l'inconveniente di dover ricorrere ancora ad un consolidamento preventivo di tale terreno col sistema d'iniezione.

La presente invenzione si pone lo scopo di ovviare nel modo più efficace possibile a tutti gli inconvenienti sopra citati realizzando un procedimento di consolidamento del terreno per scavi di gallerie che permetta di eseguire i lavori di iniezione e di scavo in tempi globali inferiori a quelli finora necessari.

Un altro scopo della presente invenzione è di realizzare un procedimento per il consolidamento di terreni per lo scavo di gallerie che riesca a conciliare i tempi di iniezione e i tempi di

scavo in modo da ridurre al minimo o da eliminare i tempi di attesa per il cantiere di scavo.

Questi ed altri scopi e vantaggi della presente invenzione, che risulteranno più evidenti nel corso della descrizione, vengono raggiunti con un procedimento di consolidamento del terreno per lo scavo di gallerie con cui si eseguono fori di una certa lunghezza attorno alla periferia dello scavo e che, secondo la presente invenzione, è caratterizzato dal fatto che si introduce successivamente in ciascuno di questi fori un tubo portante dotato di valvole che presenta esternamente almeno un sacco di materiale tessile, quindi si introduce un organo di chiusura per iniezione nel tubo introdotto e si esegue l'iniezione in questo tubo di almeno una miscela chimica di consolidamento, quindi si applica il sacco riempito sotto pressione alle pareti del foro e si fa penetrare la miscela nel terreno circostante, e che si attende finché questa miscela nel sacco e nel terreno circostante il foro ha fatto presa, per eseguire quindi dopo il consolidamento del terreno i lavori necessari per lo scavo della galleria.

Vantaggiosamente, la lunghezza delle perforazioni è stabilita in conformità al tratto giornaliero di galleria da scavare.

Preferibilmente, i tubi «portanti» da inserire in tali perforazioni sono in acciaio di adeguato spessore.

Opportunamente, il sacco è formato da un tessuto permeabile ai liquidi, di preferenza in filato di materiale plastico e può essere costituito da un unico elemento, da più elementi singoli di sacco od ancora da un unico sacco suddiviso in più parti da elementi di delimitazione, per consentire una eventuale pluralità di iniezioni, con miscele diverse.

L'invenzione verrà ora descritta in modo più particolareggiato in relazione ai disegni allegati che illustrano alquanto schematicamente il procedimento dell'invenzione ed in cui:

la figura 1 mostra una vista in sezione laterale di una galleria in fase di scavo con i tubi a valvola già inseriti nelle relative perforazioni;

la figura 2 mostra sempre schematicamente, una vista frontale della galleria da scavare con le perforazioni praticate tutt'intorno alla zona di scavo e con alcune centine già applicate; e la figura 3 è una vista parziale ingrandita di un tratto di perforazione con inserito il tubo a valvole munito del sacco già gonfiato dall'iniezione della miscela chimica di consolidamento.

Come si può rilevare dalla figura 1 e dalla figura 2, la fase iniziale consiste nel praticare tutt'intorno alla zona di scavo 1 delle perforazioni 2, per esempio mediante una trivella a rotazione, distanziate opportunamente tra loro, per esempio di 40 cm, in modo da delimitare perfettamente la zona di scavo 1. Anche se ciò non risulta dal disegno, queste perforazioni è opportuno che siano leggermente divergenti rispetto all'asse dello scavo, nel senso di avanzamento di questo. In tali perforazioni 2 si inseriscono poi i tubi a valvole 3. La profondità delle perforazioni viene scelta opportunamente in funzione della lunghezza di scavo che si può effettuare giornalmente e che, a titolo di esempio, può arrivare a 5-6 metri. Di conseguenza anche i tubi «portanti» devono presentare la stessa lunghezza. Il tubo in acciaio con valvole da impiegare, che è di tipo noto, e già usato nei sistemi di iniezione del terreno, presenta qui la particolarità di avere un sacco esterno 5 che si estende per tutta la lunghezza del tubo e che è fissato dove necessario e alle due estremità mediante fascette 6. Una volta inserito il tubo valvole 3 nelle perforazioni 2, si esegue la fase di iniezione introducendo nel tubo a valvole 3 un otturatore d'iniezione 7 e portandolo in corrispondenza delle varie valvole di gomma indicate genericamente con il numero 8. Come è noto, i tubi «portanti» 3 sono forati in corrispondenza delle valvole di gomma 8 in modo da permettere alla miscela di iniezione di fuoriuscire dalle valvole 8 e di riempire tutto il sacco 5, gonfiandolo in modo che esso eserciti contro le pareti delle perforazioni 2, una forte pressione che serve a sostenere tutto il terreno adiacente alla relativa perforazione mentre parte della miscela di iniezione, e precisa-

mente la fase liquida, attraversa il tessuto permeabile del sacco e penetra negli interstizi del terreno incoerente circostante, riempiendoli.

Una volta eseguita l'iniezione si estrae l'otturatore di iniezione e, volendo, si può riempire tutto il tubo in acciaio con la miscela di iniezione.

Preferibilmente la miscela di iniezione è una miscela chimica formata da silicato di sodio, da un agente gelificante e da un inerte, eventualmente con l'aggiunta di altri additivi, come per esempio regolatori di presa e catalizzatori.

Quando è terminata l'iniezione, la miscela chimica che ha riempito il tubo, il sacco e gli interstizi del terreno circostante le perforazioni gelifica rapidamente per cui il tubo in acciaio viene solidarizzato attraverso il sacco al terreno circostante e serve da elemento portante per la zona di terreno al di sotto della quale si deve eseguire lo scavo ed il volume di terreno compreso tra i tubi «portanti» rimane «consolidato» almeno per il tempo necessario per eseguire lo scavo e per posare le centine 4 e per gettare il rivestimento provvisorio di calotta della galleria.

Un'altra miscela chimica di iniezione potrebbe essere a base di una resina acrilica opportunamente additivata, od altre resine fenoliche e amminiche a seconda delle caratteristiche del terreno e del grado di consolidamento che si vuole ottenere all'intorno dei tubi «portanti».

In genere il consolidamento del terreno viene realizzato nell'arco di 8 ore permettendo così nelle successive 16 ore della giornata di effettuare lo scavo della galleria. In questo modo si riesce a conciliare i lavori di perfezione ed iniezione con quelli di scavo in turni di 8 ore giornaliere, per cui il cantiere di scavo non ha più i tempi di attesa necessari per eseguire le iniezioni o gli infillaggi con i procedimenti noti, ma può eseguire lo scavo in due turni successivi di 8 ore lasciando un turno di 8 ore per il lavoro di perforazione e iniezione.

Sebbene sia stata descritta l'utilizzazione di un solo sacco, è possibile prevedere anche l'utilizzazione di più spezzoni di sacco, fra loro materialmente divisi oppure solo separati da fascette di bloccaggio sul tubo portante, in modo da ottenere separate zone di iniezione, nelle quali possono essere iniettate miscele

diverse. In particolare, è vantaggioso, in determinati casi, prevedere una zona di iniezione in prossimità dell'estremità del tubo portante rivolta verso il fronte di scavo, nella quale si inietta una miscela cementizia, che consente di evitare rifluimenti dell'altra miscela chimica di consolidamento verso l'esterno, sul fronte di scavo.

Da quanto sopra descritto si può facilmente rilevare che si è realizzato un procedimento di consolidamento di terreni per lo scavo di gallerie, che offre il grande vantaggio di eliminare in modo sostanziale i tempi di attesa dei cantieri di scavo, dal momento che i lavori di iniezione e di scavo si possono eseguire nell'arco di una giornata in successione continua, essendo sufficiente che la miscela di iniezione esplichi la sua azione di consolidamento per un tempo limitato tale da permettere l'esecuzione del lavoro di scavo per il tratto consolidato.

Il metodo proposto qui appresso è stato sviluppato da specialisti di gallerie, familiari con i metodi ricordati sopra brevemente, allo scopo di superare gli inconvenienti noti.

Esso propone un supporto longitudinale della parte da scavare messa in opera all'avanzamento su grandi sezioni, perfettamente a tenuta. Esso evita qualsiasi cedimento dell'ambiente e offre una tenuta perfetta, solamente in caso di necessità. Per questo motivo esso assicura una sicurezza ottimale. La grande rapidità di esecuzione con mezzi altamente meccanizzati permette un'organizzazione razionale del cantiere con squadre che si succedono senza periodi di attesa oltre a quelli del normale riposo. Ne risulta un'utilizzazione pianificabile in funzione della natura della massa da attraversare, determinata in maniera indipendente, di modo che il cantiere non subisce interruzioni. Ciò permette la piena utilizzazione dei mezzi tecnici e la produzione più economica possibile in terreni difficili.

Naturalmente, benché l'invenzione sia stata descritta ed illustrata solo in relazione ad un modo di procedere preferito, s'intende che l'invenzione non è limitata ad esso, ma che si possono prevedere tutte quelle varianti e modifiche alla portata di un esperto del ramo, senza, con ciò, uscire dall'ambito dell'invenzione stessa.

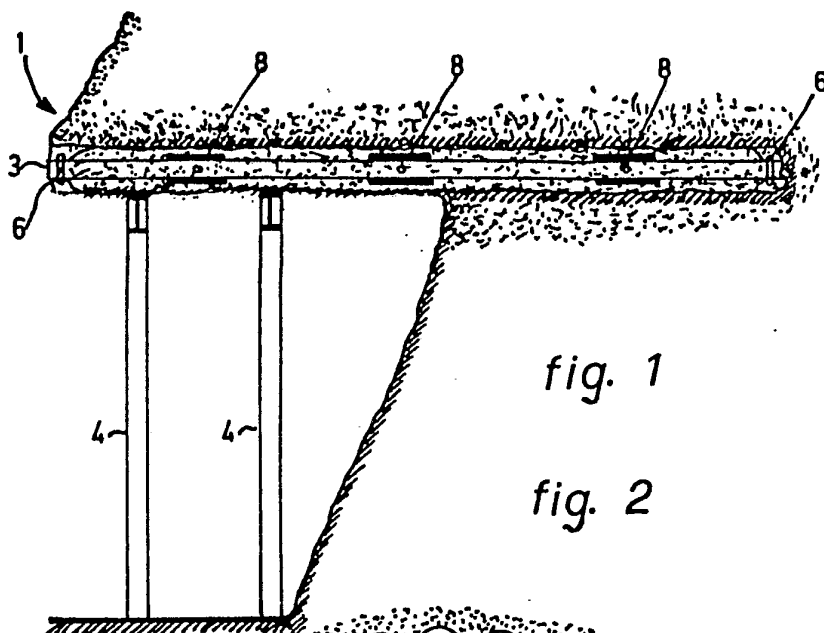


fig. 1

fig. 2

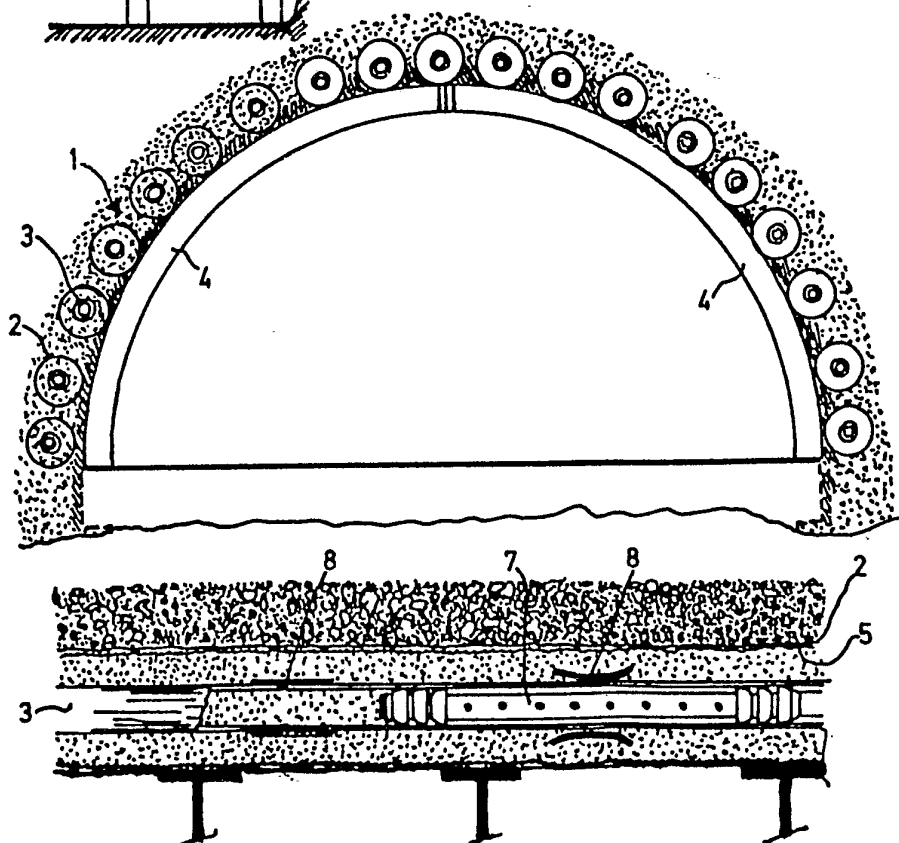


fig. 3