

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 410 367**

51 Int. Cl.:

E21D 11/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2009 E 09797163 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2013 EP 2364399**

54 Título: **Revestimiento interior para túneles**

30 Prioridad:

04.12.2008 IT RM20080650

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

01.07.2013

73 Titular/es:

**CAPALDINI, GIAMPAOLO (100.0%)
Via Raffaello 5 Fraz. Bastardo
06030 Giano dell'Umbria - PG, IT**

72 Inventor/es:

CAPALDINI, GIAMPAOLO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 410 367 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Revestimiento interior para túneles

5 La presente invención se refiere a un revestimiento modular para túneles excavados con procedimientos tradicionales, que comprende módulos reforzados de hormigón prefabricados y a un procedimiento para la fabricación de dicho revestimiento interior.

Historia de la tecnología

10 La presente invención encuentra aplicación en el campo de la realización de túneles, para túneles excavados mediante sistemas convencionales, por ejemplo, explosivos o herramientas montadas en un brazo tales como un pilón, una rueda cortante, una escarificadora de un diente individual, una excavadora topo de carretera, etc.

15 A partir de un punto fijo de construcción, los diversos terrenos implicados en la realización de un túnel generalmente se agrupan bajo diferentes categorías dependiendo del grado de estabilidad del muro frontal o la cara del túnel:

1) cara estable: cuando la pared por debajo de la excavación y el núcleo del terreno que descansa por detrás todavía pendiente de ser excavado se auto sostiene (debido a la capacidad del terreno a efectuar el conocido "efecto de arco"), manteniendo la superficie del hueco en un equilibrio estático a largo plazo y cuando no ocurre una liberación significativa de material en el perfil de la sección excavada;

2) cara estable a medio plazo: cuando las condiciones estáticas del apartado 1) se mantienen únicamente durante un periodo de tiempo más allá del cual, tanto debido a la variación en las condiciones químico físicas del suelo como a su mero aflojamiento debido a la excavación, las condiciones geo-mecánicas del terreno sufren deterioro y una alteración de tal modo que hacen inestable la cara, junto con una parte más o menos significativa del núcleo del terreno que descansa por detrás, con la pérdida ocasionada de la capacidad del terreno de efectuar el efecto arco;

3) cara inestable: cuando, inmediatamente después de la excavación, la cara y el núcleo que descansa por detrás pierden su estabilidad estática generando una extrusión del terreno real y libera cantidades consistentes de material en el interior del hueco.

Las técnicas de excavación modernas (siempre sección completa) permiten trabajar con seguridad incluso en el caso de una cara inestable, o de una cara estable durante periodos cortos, realizando una matriz variada de consolidaciones previas y retenciones del núcleo de la cara (o muro frontal) las cuales mejoran las características geo-mecánicas del terreno hasta dejar que logre un comportamiento similar o próximo a aquél que caracteriza las caras estables.

Descripción de la técnica anterior

Actualmente, la prácticamente totalidad de los túneles excavados con los sistemas tradicionales se revisten (después de haber realizado un primer revestimiento provisional denominado de "primera fase") con un revestimiento final de hormigón reforzado u ordinario, fabricado en el lugar y que comprende una parte inferior que realiza la función estructural de "arco invertido" de la base, una función muy conocida por una persona experta en la técnica, partes laterales del mismo referidas como "paredes laterales inferiores" y una parte superior referida como "casquete".

En casos extremadamente raros, tales como túneles hidráulicos con una sección reducida y estrictamente circular, se utilizan módulos de tamaño reducido, prefabricados fuera del lugar y montados posteriormente con un equipo especial similar a aquél utilizado para la realización de una excavación con una técnica de máquinas de taladrado de túneles.

El documento WO 0231316, el cual se considera la técnica anterior más próxima, enseña un sistema compuesto de elementos prefabricados colocados en el lugar del trabajo con un equipo especial (un erector de tipo rudimentario similar a aquél de los cortadores en las máquinas de taladrado de túneles de sección entera) que actúa para sostener la colada de hormigón posterior ejecutada en el lugar de trabajo, todos montados y ejecutados sobre la solera del túnel (parte de la base) ejecutados en el lugar con técnicas normales, todos para galerías únicamente naturales y no artificiales. Los documentos US 3206824, FR 257411 y DE 2514506 enseñan sistemas que consisten en elementos prefabricados en los lugares de trabajo con un equipo especial (un erector de tipo rudimentario similar a aquellos de las perforadoras de las máquinas de taladrado de túneles de sección completa) que actúa para sostener la colada de hormigón posterior ejecutada en el lugar, para todas las secciones del túnel, de forma circular y exclusivamente de tipo natural y no incluso artificial.

65

Desventajas de la técnica anterior

Los revestimientos de la técnica conocida descritos sustancialmente antes en este documento sufren diversas desventajas evidentes. En cuanto concierne a un revestimiento fabricado en el lugar mediante colada de hormigón, se apreciará que una metodología de este tipo comporta evidentes dificultades, ya que el revestimiento se fabrica completamente en el lugar y utiliza elementos no prefabricados. Por otra parte, la excesiva complejidad de una colocación de módulos prefabricados que tienen secciones normales, generalmente comprendidas entre 50 y 150 m², siempre ha relegado dicha metodología a un papel extremadamente marginal, seguramente nunca habiendo sido tenida en cuenta en la ejecución normal de túneles de carreteras, autopistas o ferrocarril.

Objetos de la invención

El objeto de la presente invención es resolver las desventajas anteriormente mencionadas proporcionando un módulo prefabricado como se describe sustancialmente en la reivindicación 1, un revestimiento modular como se describe sustancialmente en la reivindicación 12 y finalmente un procedimiento para la fabricación de un revestimiento modular de este tipo como se describe sustancialmente en la reivindicación 13. Características adicionales del proceso se definen en las reivindicaciones subordinadas correspondientes.

Ventajas de la invención

La presente invención, superando los problemas mencionados de la técnica conocida, comporta diversas ventajas evidentes.

El revestimiento modular materia sujeto de la presente invención, ejecutado por el procedimiento también materia sujeto de la presente invención, tiene la ventaja evidente de ser fabricado mediante la colocación de módulos prefabricados, incrementando de forma evidente de ese modo el rendimiento de la estructura y reduciendo drásticamente los tiempos de ejecución, a fin de cuentas influyendo también en los costes de realización.

Breve descripción de los dibujos

Ventajas todavía adicionales, así como las características y las fases de funcionamiento de la presente invención se pondrán de manifiesto en la siguiente descripción detallada de una forma de realización preferida de la misma, proporcionada a título de ejemplo y no con propósitos limitativos. Se hará referencia a las figuras de los dibujos adjuntos, en las cuales:

la figura 1 describe una vista frontal de un módulo prefabricado según la presente invención;

la figura 2 describe una vista en sección de un primer detalle del módulo prefabricado según la presente invención;

la figura 3 describe una vista en sección de un segundo detalle del módulo prefabricado según la presente invención;

las figuras 4 - 21 ilustran las fases de un procedimiento para la fabricación de un revestimiento modular según la presente invención.

Descripción detallada de los dibujos

Con referencia a la figura 1, se representa a título de ejemplo una sección frontal 11 de un túnel 2. Con referencia a la sección 11, asociado al respectivo muro frontal (cara de avance) de la excavación, el túnel 2 tiene una parte respectiva de paredes, indicadas mediante el número de referencia 40 en la figura, que comprenden una base inferior 41 y una bóveda superior 5. La sección 11 del túnel 2 tiene, a título de ejemplo y no con propósitos limitativos, una forma sustancialmente de media circunferencia y define un eje vertical 10 de simetría.

Un módulo prefabricado 3 materia sujeto de la presente invención se instala para sostener dicho túnel 2 en el muro frontal relevante de la sección 11 representada.

El módulo prefabricado 3 es apto para ser instalado consecutivamente con respecto al módulo adyacente (no visible en la figura 1) de una manera estructuralmente independiente con respecto al último, a lo largo de una dirección de perforación axial que es ortogonal al plano definido por la sección 11.

Siempre con referencia a la figura 1, el módulo prefabricado 3 comprende un elemento de base 6, que realiza la función estructural de un "arco invertido", y una parte de retención superior 7 la cual a su vez realiza la función estructural de un "casquete superior". El elemento de base 6 es apto para ser conectado a la parte de retención superior 7 por medios de conexión 15 instalados en correspondencia en una interfaz de la misma. Dichos medios de conexión, a título de ejemplo y no con propósitos limitativos, es una junta del tipo de machihembrado.

Como es claramente visible en la figura, el elemento de base 6 tiene una forma provista de una sección

ES 2 410 367 T3

sustancialmente en forma de C, mientras la parte de retención superior 7 tiene una sección que tiene una forma circular sustancialmente de media corona. Por lo tanto, el elemento de base 6 y la parte superior 7 son de tal tipo que proporcionan al módulo prefabricado 3 una forma sustancialmente anular cuando están conectados entre ellos.

5 El elemento de base 6 a su vez comprende un par de sillares de base 8 y 9, preferiblemente fabricados de hormigón reforzado y dispuestos en una base inferior 41 de la parte respectiva de la pared 40, en la cual el módulo 3 se instala justo para sostener. Los sillares 8 y 9 están dispuestos en la base inferior 41 simétricamente con respecto al eje vertical 10 de simetría de la sección 11. Se conectan entre ellos mediante primeros medios de conexión 12, los cuales comprenden una articulación 12, colocada justo a lo largo del eje vertical 10 de simetría. La articulación 12
10 preferiblemente se bloquea mediante colada de hormigón, a fin de evitar cualquier desplazamiento relativo entre los dos sillares 8 y 9.

De un modo enteramente análogo, la parte de retención superior 7 comprende un par de sillares superiores 18 y 19, éstos también preferiblemente fabricados de hormigón reforzado, aptos para ser dispuestos a lo largo de la bóveda superior 5 de la respectiva parte 40 de las paredes del túnel, dichos sillares 18 y 19 estando también dispuesto simétricamente con respecto al eje vertical 10 de simetría de la sección 11. Los sillares 18 y 19 se conectan entre ellos mediante segundos medios de conexión 17, que comprenden una articulación 17 instalada a lo largo del eje vertical 10.
15

20 Con referencia ahora a la siguiente figura 1a, se representan a título de ejemplo secciones de los sillares 9 y 18 a lo largo de las líneas de sección respectivas B – B y A – A.

Haciendo referencia a la sección del sillar de la base 9, indicado en la figura mediante el número de referencia 31, comprende dos caras laterales 32 y 33, cada una provista de una zona que define una hendidura respectiva 34 y 35. Además, la sección 31 tiene una tercera zona que define una tercera hendidura inferior 36.
25

Siempre con referencia a la figura 1a, el sillar superior 18 tiene una sección 37 en todo análoga a la sección 31, por lo tanto no será descrita adicionalmente en este documento.

30 Con referencia a la figura 1b, las secciones 31' y 37' están representadas provistas de una forma alternativa a aquella de las secciones descritas antes en este documento 31 y 37. En particular no tienen la tercera hendidura inferior. Se puede optar, sobre la base del escenario aplicativo específico, realizar los sillares en factorías provisionales instaladas cerca del lugar de trabajo (en lugar de transportarlas, algunas veces incluso desde distancias considerables) fabricando el sillar con nervios de refuerzo, en otras palabras puede no ser ventajoso
35 disponer de la tercera ranura inferior; en cambio puede ser ventajoso completar la colada en la factoría hasta disponer que las secciones 31' y 37' adopten la forma sustancialmente rectangular representada en la figura 1b.

Con referencia ahora a la siguiente figura 2, el sillar 9 del elemento de base 6 (relacionado con el módulo prefabricado 3) se representa en una vista lateral. En particular, en la figura 2 se puede ver un sillar 9' que pertenece al módulo prefabricado adyacente, indicado en la figura mediante el número de referencia 3'. Los sillares representados en este caso son, a título de ejemplo y no con propósitos limitativos, aquellos que tienen una sección sustancialmente rectangular sin los nervios principales. El sillar 9' a su vez tiene una zona que define una hendidura respectiva 34', encarada a la hendidura 34 del sillar 9.
40

45 El sillar 9 es apto para formar un conducto transversal 50 mediante la yuxtaposición de las dos hendiduras 34 y 34'. En dicho conducto 50 se instala una manguera de lona impermeable expandida mediante material aglutinante, preferiblemente comprendiendo lechada de cemento.

Como una alternativa a las mangueras expandibles anteriormente mencionadas, tuberías análogas de materiales de caucho o silicona. En tal caso, se tienen que yuxtaponer en el conducto antes de la instalación una al lado de la otra y de comprimir el sillar sometido a la ejecución de la colocación precedente. Como una alternativa adicional pueden ser utilizadas resinas de expansión o bien otras espumas de cemento o a partir de polímero a fin de consolidar el espacio de aire creado entre dos sillares adyacentes. Siempre con referencia a la figura 2, material aglutinante, preferiblemente comprendiendo lechada de cemento, se dispone en la interfaz entre el elemento de base 6 del
50 módulo 3 y la base inferior 41. Finalmente, el sillar 9 preferiblemente se recubre con un recubrimiento exterior impermeable fabricado de PVC.
55

Se apreciará que lo que ha sido descrito para los sillares 9 y 9' es análogamente válido para todos los sillares de cada elemento de base, instalados para sostener las partes respectivas de la pared del túnel para cada muro frontal de la excavación (cara de avance).
60

Con referencia a la figura 3, el sillar 18 de la parte de retención superior 7 relacionado con el módulo prefabricado 3 está representado en una vista en sección y a título de ejemplo. Siempre a título de ejemplo, la sección del sillar 18 ofrece nervios principales, ya que tiene una tercera hendidura, según lo que ya ha sido descrito en lo anterior.
65

En este caso asimismo, las hendiduras encaradas entre ellas, que pertenecen a dos sillares adyacentes entre ellos,

son de tal modo que forman conductos, en cada uno de los cuales se instala una manguera impermeable provista en su interior de material aglutinante, preferiblemente comprendiendo lechada de cemento. Al igual que en el caso anterior, como una alternativa, pueden ser utilizadas tuberías similares de materiales de caucho o de silicona. En ese caso, dichas tuberías se tienen que yuxtaponer en el conducto antes de la yuxtaposición (instalación una al lado de la otra) y de comprimir el sillar sometido a la ejecución de la colocación precedente. Como una alternativa adicional pueden ser utilizadas resinas de expansión o bien otras espumas a partir de polímero o cemento a fin de consolidar el espacio de aire creado entre dos sillares adyacentes.

Además, análogamente al caso anterior, la interfaz entre la parte de retención 7 y la bóveda superior 5 se consolida con material aglutinante. En particular, dicho material aglutinante comprende una inyección primaria de hormigón y una inyección secundaria de lechada de cemento. Finalmente, cada sillar de cada parte de retención superior se recubre con un recubrimiento impermeable fabricado de PVC.

Por lo tanto, mediante la yuxtaposición (instalación uno al lado del otro) en secuencia de tantos módulos prefabricados, como han sido descritos antes, como sean necesarios, dependiendo de la longitud de la excavación requerida para la realización del túnel, se obtiene un revestimiento materia sujeto de la presente invención.

El revestimiento modular se obtiene según un procedimiento, él también materia sujeto de la presente invención, descrito más adelante en este documento.

El procedimiento para la fabricación del revestimiento modular comprende una fase de colocación, para cada muro frontal de perforación (cara de avance) del túnel, uno o más módulos prefabricados como han sido descritos en detalle antes en este documento.

Con referencia a la figura 4 cada fase de colocación comprende una fase de disposición del elemento de base 6 en correspondencia con una base inferior respectiva 41. La fase de la disposición del elemento de base 6 comprende una fase de colocación de dicho elemento 6 en una posición plegada, de modo que la articulación 12 descansa a lo largo del eje 10 de simetría de la sección 11. Se apreciará que el elemento de base 6 se coloca cerca del muro frontal del túnel mediante equipo de agarre, preferiblemente montado en vehículos, tales como grúas autopropulsadas o bien otros tipos de vehículos auto propulsados, muy conocidos en el estado actual de la técnica y por lo tanto dentro del alcance de una persona experta en la técnica.

Entonces, dicha fase de disposición comprende una fase de colocación del elemento de base 6 de modo que se dispone en un soporte de la base inferior 41, como se ilustra en la figura 5. Entonces, con referencia a la figura 6, la articulación 12 se bloquea mediante colada de hormigón, a fin de evitar el desplazamiento relativo entre los sillares de la base, como ya ha sido destacado antes en este documento.

Alternativamente, con referencia a la figura 7, en el caso en el que los sillares de la base 8, 9 estén separados entre ellos y especulares de forma similar, la fase de la disposición del elemento de base comprende una fase de acoplamiento de dichos sillares en correspondencia con el eje vertical 10 de simetría, disponiéndolos en el soporte de la base inferior 41. Los sillares se acoplan en el lugar, preferiblemente mediante consolidación con una colada complementaria, o mediante ensambladura con espigas de la junta de articulación. Como una alternativa, en el caso en el que la geometría específica de las secciones del túnel lo permita, el elemento de base entero puede ser transportado y colocado en el sitio incluso en un sillar individual (por ejemplo, en las partes extremas de túneles artificiales).

Con referencia a la siguiente figura 8, a la fase de la disposición del elemento de base 6 (para el cual en la figura el sillar 9 está representado en una vista en planta) sigue una fase de realización de una colocación altimétrica y planimétrica correcta del mismo. Más específicamente, dicha colocación altimétrica y planimétrica se realiza en cada sillar (en aras de la brevedad, únicamente se representa el sillar 9 en la figura) mediante gatos hidráulicos, cada uno indicado mediante el número de referencia 90, colocados sustancialmente en los vértices de la base del mismo. En la figura 8 se representa el caso de un terreno firme, capaz de soportar con seguridad por lo menos una carga unitaria estimada que sea igual a aproximadamente $2,5/5 \text{ kg/cm}^2$. Los gatos hidráulicos 90 están adaptados para accionar placas de metal directamente colocadas en el suelo, en el momento de la nivelación de una capa delgada de arena, preferiblemente de $5/10 \text{ cm}$, adecuadamente endurecida y consolidada con el terreno subyacente mediante espolvoreado con cemento o materiales similares.

En cambio, en la siguiente figura 9 se describe el caso de un terreno relativamente movedizo o húmedo. En este caso, asimismo, la colocación altimétrica y planimétrica correcta del elemento de base 6 se realiza con ayuda de gatos hidráulicos 90' (únicamente uno de los cuales es visible en la figura) colocados como en el caso anterior. Son aptos para accionar placas de metal colocadas en cajones respectivos 91 clavados en el terreno. Preferiblemente, si el terreno es particularmente movedizo, será posible ayudarse adicionalmente mediante varillas de metal 92 provistas en puntos de auto perforación de modo que se claven en el terreno algunos metros hasta adquirir la capacidad de soporte de la carga requerida en conexión con las cargas asignadas al mismo. Por consiguiente, es recomendable verificar en el lugar la capacidad de soporte de la carga de las varillas con ensayos de carga adecuados.

5 En ambos casos, tanto para un terreno movedizo como para un terreno no movedizo, en el momento de tener que llevar a cabo un apoyo firme de las placas de metal, los cuatro gatos con los cuales está provisto cada sillar serán accionados para llevar a su posición al elemento de base entero. Se apreciará que la selección de los gatos se proporciona en este caso a título de ejemplo y no con propósitos limitativos, ya que pueden ser reemplazados también por dispositivos a base de sistemas de tornillo y tuerca, muy conocidos en el estado actual de la técnica, accionados directamente por el intradós del sillar: una selección de este tipo será más económica, aunque en detrimento de la simplicidad y rapidez de la operación.

10 Con referencia a la figura 10, todavía se describe, siempre a título de ejemplo, el sillar 9 en una vista lateral. El procedimiento materia sujeto de la presente invención adicionalmente comprende una fase de la aplicación de un recubrimiento de una lona reforzada con PVC, indicada en la figura mediante la referencia 60, protegida de un posible daño por una capa de tejido sin tejer, el cual se coloca en el sillar 9 de modo que exhiba una parte restante 61, apta para ser sellada por calor con una parte restante 61' de un sillar 9" consecutivo al mismo. Las partes restantes selladas por calor 61 y 61' son reintroducidas posteriormente en el interior de un hueco 63 presente entre dos elementos de base consecutivos. Se apreciará que dicho procedimiento será realizado para cada uno de los sillares del elemento de base y más generalmente para cada uno de los elementos de base de cada módulo prefabricado instalado para sostener el túnel, para cada muro frontal de perforación (cara de avance) del mismo.

15 20 Entonces, el procedimiento materia sujeto de la presente invención comprende una fase de la fijación del elemento de base 6 en correspondencia con la base inferior 41. Una fijación de este tipo se obtiene mediante inyección de un material aglutinante, preferiblemente comprendiendo hormigón realizado adecuadamente fluido mediante agentes fluidificantes, en el interior del espacio de aire 70 presente entre el elemento de base 6 y la base inferior 41, como se indica en la figura. Preferiblemente, aceleradores adecuados adicionalmente se añadirán a dicho hormigón, de modo que se acelere su tiempo de fraguado y se consiga, durante el tiempo más corto posible, la firmeza de un buen terreno (aproximadamente igual a 2,5/5 kg/cm²). El hormigón, no teniendo una función estructural real sino meramente aquella de espesamiento, puede presentar una resistencia a la compresión comparable a aquella de la masa que lo rodea y por lo tanto también puede ser sustituido por espumas químicas o morteros de cemento aligerados con agentes aireantes o generadores de espuma.

25 30 En el caso en el que el presente sillar esté fabricado en factorías provisionales instaladas cerca del lugar y por lo tanto no provisto de nervios de rigidez, la colada de hormigón preferiblemente se sustituye, debido a los reducidos volúmenes y espesores implicados, por inyecciones de lechadas de fluidos (principalmente inyección) siempre adecuadamente añadidos con aceleradores; en ambos casos anteriores, sin embargo, se debe realizar posteriormente al fraguado del hormigón o de la lechada y opcionalmente incluso después de montar el casquete, una inyección secundaria de lechada del cemento a una presión media (preferiblemente en la proximidad de 10/20 bar) de modo que se consiga una oclusión perfecta de cualquier espacio residual entre el sillar y el terreno; la colada y las inyecciones anteriores se realizarán sobre la superficie de la interfaz entera entre la estructura y el terreno, para todo el desarrollo del elemento de base.

35 40 La fase de consolidar el espacio de aire preferiblemente se realiza posteriormente al sellado por calor y la reintroducción de las partes restantes en el interior del hueco.

45 Finalmente el sillar 9 se sellará a un sillar adyacente al mismo mediante inyección de lechada en el interior de la manguera expandible colocada interiormente al conducto anteriormente descrito 50.

50 En el momento de la fijación del elemento de base en la respectiva base inferior, el procedimiento materia sujeto de la presente invención contempla, con referencia a la figura 11, una fase de disposición de la parte de retención superior 7 en contacto con el elemento de base, de modo que proporcione una forma sustancialmente anular al módulo prefabricado.

55 Siempre con referencia a la figura 11, dicha fase se lleva a cabo transportando la parte superior en correspondencia con la respectiva bóveda superior 5 en una posición semi-abierta en vehículos montados en carriles laterales e izados posteriormente en su sitio mediante gatos hidráulicos 80, 81.

60 Alternativamente, con referencia a las siguientes figuras 12 - 12g, dicha fase de la disposición de la parte de retención superior se lleva a cabo mediante la instalación en una posición semi-abierta mediante un vehículo autopropulsado o remolcado 90. El vehículo 90, gracias a un sistema de dirección basado en pistones hidráulicos, realiza el movimiento de la parte de retención 7, y su colocación en el elemento de base, gracias a la movilidad relativa de los dos sillares 18 y 19 obtenida por la conexión mediante la articulación 17.

65 Como una alternativa adicional, la colocación de la parte de retención superior se puede llevar a cabo según todavía diferentes modos. A título de un ejemplo no limitativo, los sillares superiores que forman la parte de retención superior pueden ser:

- transportados en correspondencia al muro frontal de perforación (cara de avance) y directamente colocados

en su sitio mediante brazos mecánicos o vehículos adecuados (figura 13);

- transportados al muro frontal, unidos por la parte superior mediante la articulación y directamente colocados en su sitio mediante brazos mecánicos montados en vehículos autopropulsados o en voladizo en vehículos (figura 14);

- transportados al muro frontal mientras están unidos por articulaciones al elemento de base formado por piezas y colocado en su sitio mediante equipo hidráulico adecuado para abrir los mismos sillares y además transportados al muro frontal mediante vehículos adecuados (figuras 15a – 15c);

- transportados al muro frontal de perforación (cara de avance) mientras están unidos por articulaciones al elemento de base formadas por dos piezas y colocados en su sitio (instalados) con metodologías análogas a aquellas destacadas antes en este documento (figuras 16a – 16 c);

- el elemento de los sillares de la base transportado al muro frontal mientras están unidos por articulaciones al sillar del casquete formado por piezas (figuras 17a – 17c); y, finalmente

- en las últimas figuras 18 y 19 se describen dos hipótesis de vehículos para el movimiento (transporte y depósito) de los sillares anteriores.

En el momento de la disposición de la parte de retención superior en correspondencia con la bóveda superior respectiva, el procedimiento materia sujeto de la presente invención contempla, con referencia ahora a la siguiente figura 20, una fase de impermeabilización de cada sillar de la parte de retención superior mediante una lona reforzada con PVC 100, que presenta también ella una parte restante apta para ser sellada por calor con una parte restante relacionada de una lona de un sillar adyacente al mismo. De una manera enteramente análoga al caso anterior, dichas partes selladas por calor se introducirán en el interior del hueco presente entre dos sillares adyacentes entre ellos.

Siempre de una manera análoga al caso descrito antes en este documento relacionado con el elemento de base, el procedimiento materia sujeto de la presente invención posteriormente comprende una fase de la fijación de dicha parte de retención superior mediante inyección de un material aglutinante, preferiblemente que comprende hormigón, en el interior de un espacio de aire ubicado en correspondencia en la interfaz entre la parte de retención superior y la bóveda superior respectiva y en particular en el interior del manguito 101 del sillar ubicado entre dos nervios principales. Un manguito de este tipo, que aumenta en volumen debido a la presión de inyección del hormigón o de otros morteros adecuados, sustancias que generan espuma o aireantes mencionados antes en este documento, se adherirá a la superficie 5 de la bóveda superior generando una acción conjunta entre el módulo prefabricado y la pared del túnel.

El sillar 18 se sellará entonces a un sillar 18' adyacente al mismo mediante inyección de mortero (preferiblemente del tipo "bull flex") en el interior de una manguera expandible 110 colocada en el interior del conducto.

Finalmente, se realizará una inyección secundaria de lechada de cemento a fin de conseguir una adherencia completa entre la parte de retención superior 7 y la bóveda superior respectiva 5. En el caso de una sección rectangular, en la presencia de un volumen de consolidación reducido, es posible efectuar la consolidación sillar - terreno, de forma análoga a lo que ha sido descrito para el elemento de base, con una inyección individual de lechada o morteros aligerados, además de la lona impermeable.

Preferiblemente antes de pasar a la siguiente fase de excavación para la perforación del muro frontal (avance frontal), será recomendable aplicar a la mayor parte de la superficie extradós del elemento de base uno o más elementos de refuerzo que comprende, por ejemplo materiales elásticos o placas de acero, para protegerla del desgaste y el daño ocasionado en la demolición y la carga en el camión de los materiales de demolición.

En el caso de un muro frontal inestable y por lo tanto en la hipótesis de tener que llevar a cabo una consolidación/retención del muro frontal antes de la fase de excavación, una vez ha tenido lugar la consolidación será posible llevar a cabo la excavación de la primera sección (aproximadamente 1,5 m) y la colocación de los dos sillares previamente montados del elemento de base con metodologías análogas a las descritas antes en este documento; posteriormente, en el caso en el que la situación no permita trabajar con seguridad, debe ser llevado a cabo el revestimiento temporal o de primera fase con el sistema tradicional (hormigón proyectado y nervios de metal) colocado lateralmente por encima del elemento de base en una posición hacia atrás para permitir el montaje posterior de los sillares superiores. Una vez el campo entero (9 - 12 m) ha sido consolidado, será posible llevar a cabo con total seguridad el montaje del revestimiento final de la bóveda superior y la consolidación de la misma con el revestimiento de la primera fase dispuesto detrás del mismo, siempre realizándolo del modo descrito antes en este documento.

Como una alternativa, el revestimiento provisional puede ser ejecutado incluso antes de la excavación del volumen que tiene que alojar el elemento de base y, de la manera tradicional, llevar a cabo el revestimiento de primera fase

- (hormigón proyectado y nervios de metal) para todo el campo y únicamente ejecutar posteriormente la colocación de los sillares de la base y los sillares superiores según los modos descritos antes en este documento; ya esta metodología, de hecho, constituirá un gran ahorro, tanto en términos de tiempo como de costes, en la ejecución del revestimiento final, ya que la detención de la actividad en el muro frontal, consiguiendo al tiempo requerido para la fabricación del elemento de base, se reducirá en gran medida; además, la duración de la ejecución del revestimiento final de la bóveda superior se reducirá en gran medida, en virtud del hecho de que las operaciones de la colocación de los refuerzos de metal (cuando se contemplen), encofrado, colada, desencofrado de la bóveda entera dejan de ser necesarias.
- 5
- 10 Bajo condiciones de un muro frontal estable, como una alternativa al modo descrito en lo anterior puede ser posible funcionar como sigue: una vez ha tenido lugar la excavación, se lleva a cabo un montaje provisional de los dos sillares superiores, incluso antes de la colocación de los sillares de la base; con referencia a la última figura 21, esto es posible mediante la colocación de los sillares superiores en voladizo mediante clavaduras 150 colocadas en la parte superior de la excavación; una vez ha tenido lugar la perforación del muro frontal (avance frontal), a su debido tiempo, los sillares de la base serán colocados y únicamente después de ello, cuando esta última operación haya concluido, puede ser ejecutada la colocación final de los sillares superiores, descendidos hasta que descansen en el elemento de base; finalmente, dicho sillares se consolidarán con la pared de la excavación de una manera análoga a la anteriormente descrita.
- 15
- 20 En los extremos de un túnel natural, más allá de los muros de sostén de los trabajos de entrada, alguna vez es necesario ejecutar una sección de un túnel artificial mediante una destrucción del material de recubrimiento preventiva y un relleno posterior.
- 25 En estos casos son posibles las mismas operaciones que antes, todavía con algunas simplificaciones:
- 30 - si la fabricación previa del sillar ocurre en el sitio, o en instalaciones no alejadas del lugar, es posible formar las piezas tanto del elemento de base entero como de la parte de retención superior; los sillares pueden ser colocados simplemente mediante una grúa autopropulsada;
- 35 - en el caso de sillares monolíticos, la formación de los nervios se puede omitir a fin de lograr una sección transversal del sillar, tanto para el elemento de base como para la parte de retención superior, de tipo rectangular y, para la última, careciendo de la manguera de PVC; en ese caso, siempre para la parte superior, será posible ejecutar en correspondencia del extradós una losa de hormigón reforzado para la conexión entre los sillares, losa que posteriormente deben ser impermeabilizada y adicionalmente protegida adecuadamente, según las metodologías normalmente utilizadas en el estado actual de la técnica; en este punto, la estructura está preparada para el revestimiento final posterior.
- 40 La presente invención ha sido descrita hasta ahora con referencia a una forma de realización preferida de la misma. Se comprenderá que otras formas de realización pueden existir, todas ellas quedando dentro del concepto de la misma invención y todas ellas comprendidas dentro del ámbito protector de las reivindicaciones que siguen a continuación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un módulo prefabricado (3) para un revestimiento modular para paredes interiores de retención de un túnel (2) provisto de una sección (11), apto para ser instalado para sostener una parte respectiva de dichas paredes (40) del túnel (2) consecutivamente con respecto a un módulo prefabricado adicional (3') adyacente al mismo a lo largo de una dirección de perforación axial y de una manera estructuralmente independiente con respecto a la última, cada módulo (3, 3') comprendiendo:
- 10 - un elemento de base (6);
- una parte de retención superior (7), que se puede conectar con dicho elemento de base (6);
- medios (15) para la conexión entre dicho elemento de base (6) y dicha parte de retención superior (7);
- 15 dicho elemento de base (6) y dicha parte de retención superior (7) siendo de tal tipo que proporcionan a dicho módulo prefabricado (3, 3') una forma sustancialmente anular cuando están conectados entre ellos, caracterizado porque dicho elemento de base (6) comprende un par de sillares de la base (8, 9) aptos para ser dispuestos en una base inferior (41) de dicha parte respectiva de la pared interior (40) del túnel (2), simétricamente con respecto a un eje vertical (10) de simetría de dicha sección (11).
- 20 2. El módulo prefabricado (3, 3') según la reivindicación anterior en el que dicho elemento de base (6) tiene una forma provista de una sección sustancialmente en forma de C.
- 25 3. El módulo prefabricado (3, 3') según la reivindicación 1 o 2 en el que dicha parte de retención superior (7) tiene una forma provista de una sección sustancialmente de media corona circular.
- 30 4. El módulo prefabricado (3, 3') según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que dichos sillares de la base (8, 9) están conectados entre ellos mediante primeros medios de conexión (12) colocados en correspondencia con dicho eje vertical (10).
5. El módulo prefabricado (3, 3') según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que dichos primeros medios de conexión (12) comprende una primera articulación (12).
- 35 6. El módulo prefabricado (3, 3') según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que dicha parte de retención superior (7) comprende un par de sillares superiores (18, 19) aptos para ser dispuestos en una bóveda superior (5) de dicha parte respectiva de la pared interior del túnel (2) simétricamente con respecto a un eje vertical (10) de simetría de dicha sección (11).
- 40 7. El módulo prefabricado (3, 3') según la reivindicación anterior en el que dichos sillares superiores (18, 19) están conectados entre ellos mediante segundos medios de conexión (17) colocados en correspondencia con dicho eje vertical (10).
- 45 8. El módulo prefabricado (3, 3') según la reivindicación anterior en el que dichos segundos medios de conexión (17) comprenden una segunda articulación (17).
9. El módulo prefabricado (3, 3') según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8 en el que cada sillar (8, 9, 18, 19) tiene una sección (31, 37) que comprende dos caras laterales (32, 33) opuestas entre ellas, cada una provista de una zona que define una hendidura respectiva (34, 35).
- 50 10. El módulo prefabricado (3, 3') según la reivindicación anterior en el que cada sillar (9) es apto para formar un conducto transversal (50) con un sillar (9') de un módulo prefabricado (3') consecutivo al mismo, mediante yuxtaposición de las hendiduras respectivas (34, 34') encaradas entre ellas.
- 55 11. El módulo prefabricado (3, 3') según la reivindicación anterior en el que en el interior de cada conducto (50) está instalada una manguera de lona impermeable expandida mediante la inyección de un material aglutinante.
12. Un revestimiento modular de retención de las paredes interiores de un túnel, dicho revestimiento modular comprendiendo una pluralidad de módulos prefabricados (3, 3') según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
- 60 13. Un procedimiento para un revestimiento modular de retención de las paredes interiores de un túnel (2) dicho procedimiento comprendiendo una fase de colocación, para cada muro frontal de dicho túnel (2) de uno o más módulos prefabricados (3, 3') según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, dicho túnel (2) estando provisto, para cada muro frontal, de una sección (11) que tiene una base inferior (41) y una bóveda superior (5), en el que dicha fase de colocación comprende las fases de: la disposición de un elemento de base sustancialmente en forma de C (6) en correspondencia con una base inferior respectiva (41) de dicho túnel (2);
- 65

- la fijación de dicho elemento de base (6) en dicha base inferior (42);
 - la disposición de una parte de retención superior (7) a lo largo de la bóveda superior respectiva (5) y en contacto con dicho elemento de base (6) de modo que proporcione a dicho módulo prefabricado (3, 3') una forma sustancialmente anular;
 - la fijación de dicha parte de retención (7) en correspondencia con dicha bóveda superior (5),
- 10 en el que dicho elemento de base (6) comprende un par de sillares especulares (8, 9) conectados mediante una articulación (12), dicha fase de la instalación de un elemento de base (6) comprendiendo una fase de colocación de dicho elemento de base (6) en una posición plegada, de modo que dicha articulación (12) descansa sustancialmente a lo largo de un eje vertical (10) de simetría de dicha sección (11) y una fase posterior de deposición de dicho elemento de base (6) de modo que se disponga como soporte del elemento de base respectivo (41) de dicho túnel
- 15 (2).
14. El procedimiento para el revestimiento modular de retención de las paredes interiores de un túnel (2) según la reivindicación anterior en el que a la fase de la colocación de dicho elemento de base (6) le sigue una fase de bloqueo de dicha articulación (12) mediante colada de hormigón.
- 20
15. El procedimiento para el revestimiento modular de retención de las paredes interiores de un túnel (2) según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 14 en el que dicho elemento de base (6) comprende un par de sillares (8, 9) desmontados y especulares entre ellos, dicha fase de la disposición de dicho elemento de base (6) comprendiendo una fase de acoplamiento de dichos sillares (8, 9) en correspondencia con un eje vertical (10) de simetría de dicha sección (11), disponiéndolos como soporte de una parte inferior de la base inferior (41) de las paredes de dicho túnel
- 25 (2).
16. El procedimiento para el revestimiento modular de retención de las paredes interiores de un túnel (2) según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15 en el que a dicha fase de la disposición de dicho elemento de base (6) le sigue una fase de realización de una colocación altimétrica y planimétrica correcta de dichos sillares (8, 9) con la ayuda de gatos hidráulicos (90) colocados en su parte inferior.
- 30
17. El procedimiento para el revestimiento modular de retención de las paredes interiores de un túnel (2) según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16 adicionalmente comprendiendo una fase de impermeabilización de dicho elemento de base (6) mediante el recubrimiento con una lona reforzada con PVC protegida por una capa de tejido sin tejer, dicha fase de impermeabilización siendo posterior a dicha fase de disposición de dicho elemento de base (6) en correspondencia con la base inferior respectiva (41) y precediendo a dicha fase de fijación de dicho elemento de base (6) en dicha base inferior (41).
- 35

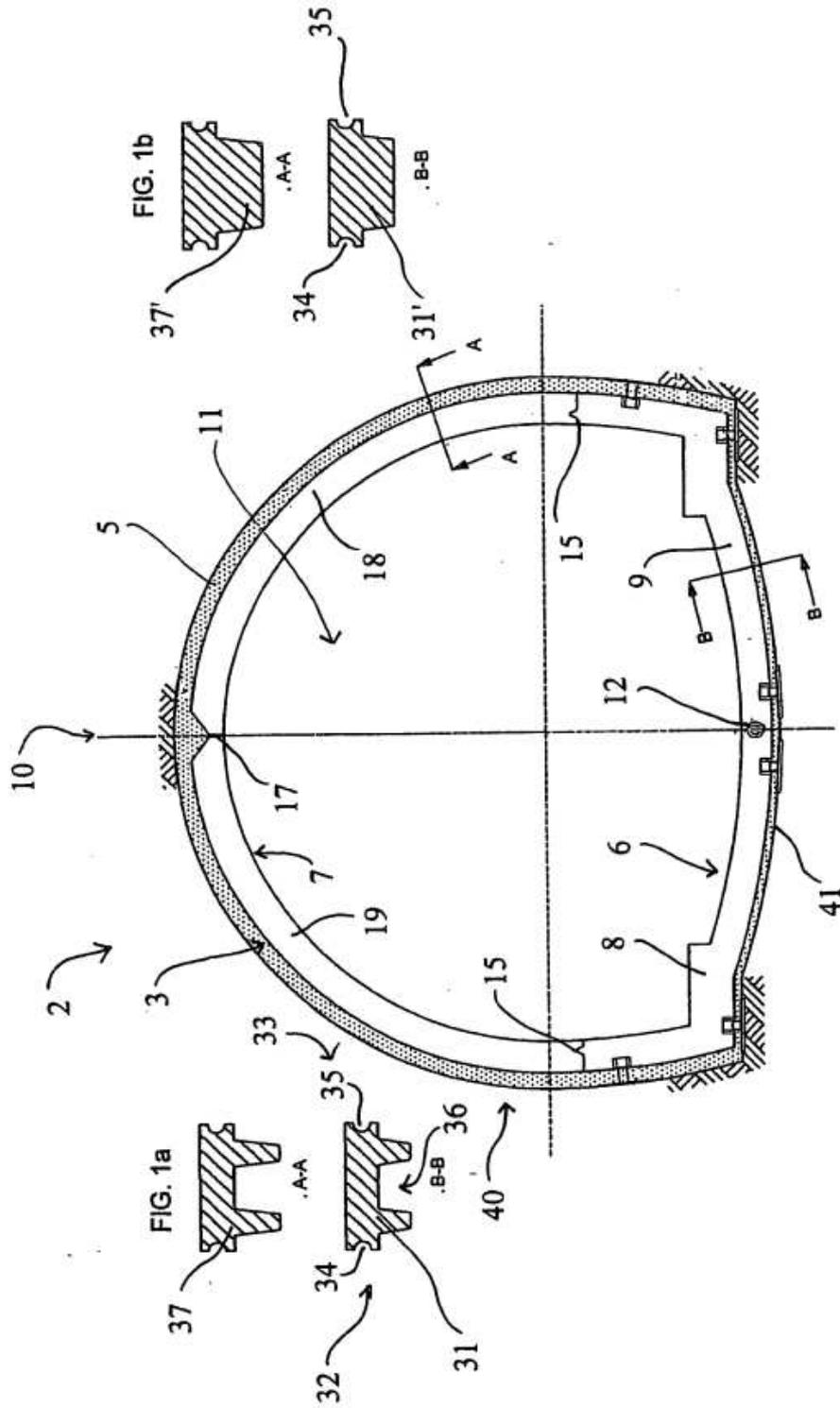


Fig.1

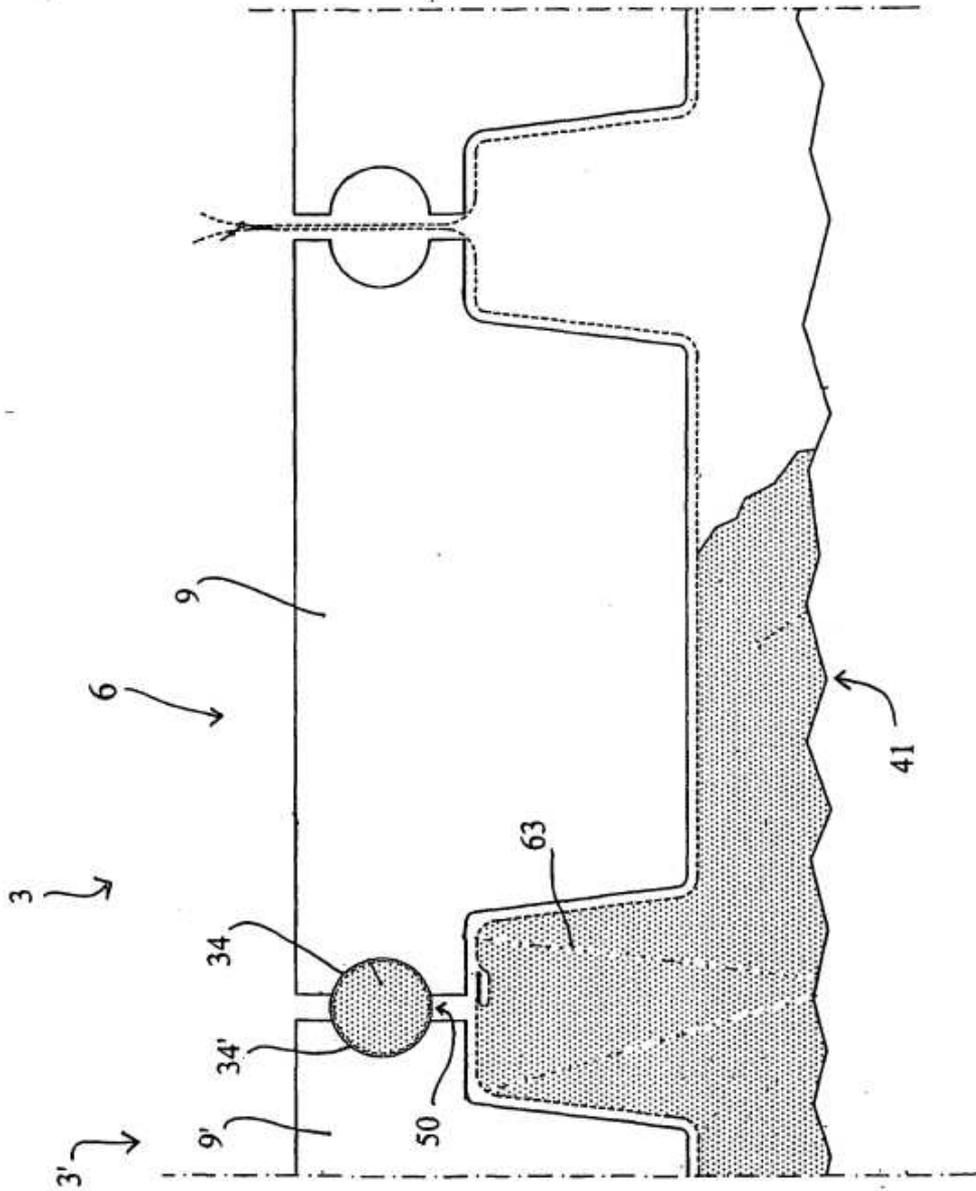


Fig.2

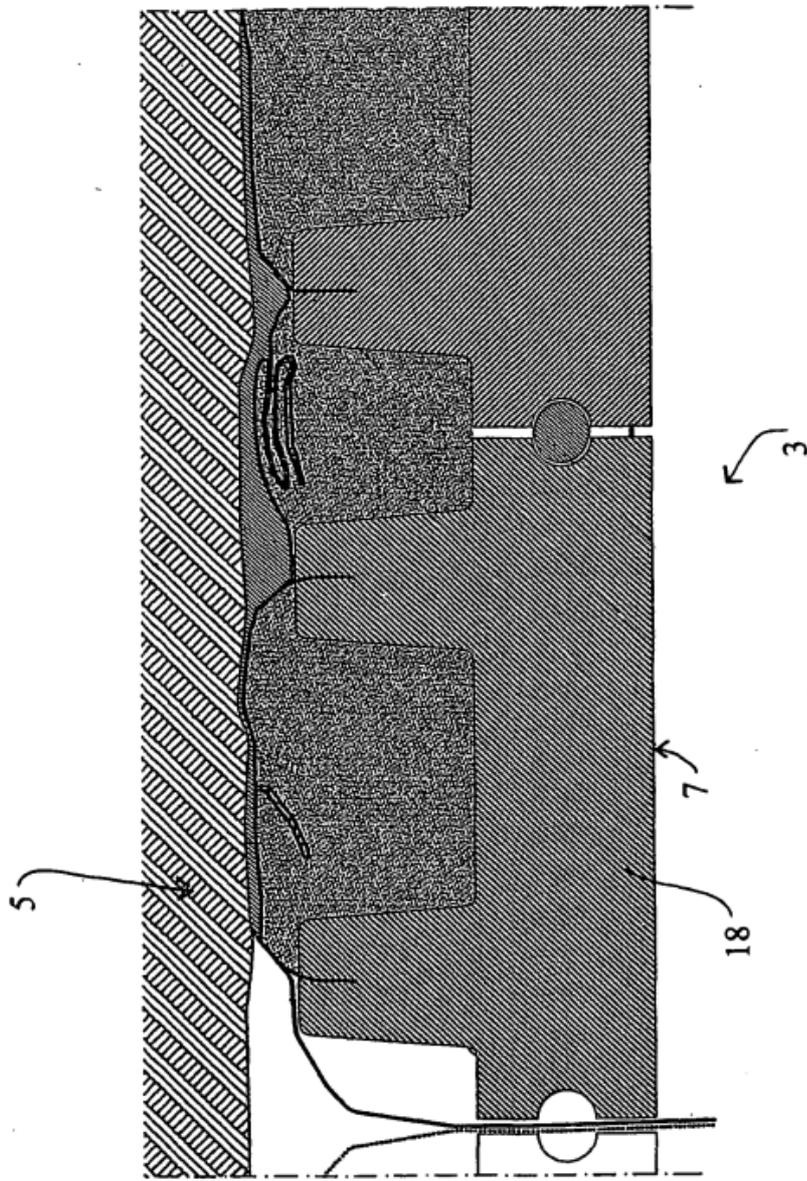


Fig.3

Fig. 10

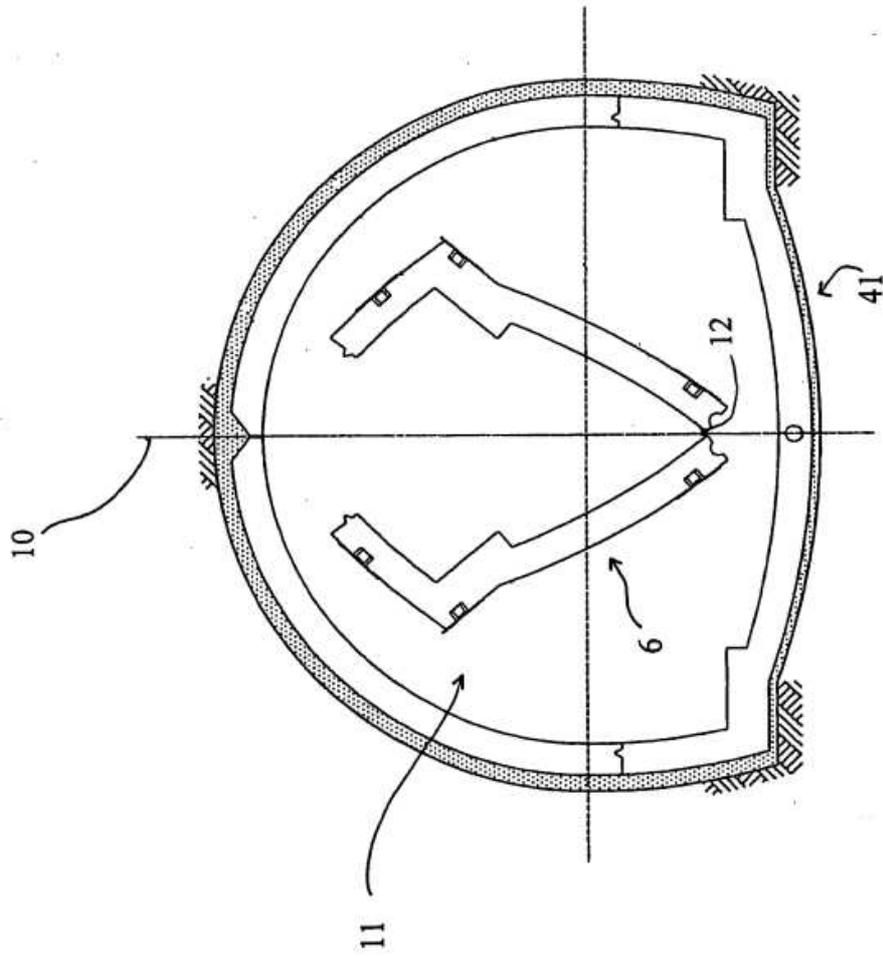


Fig.4

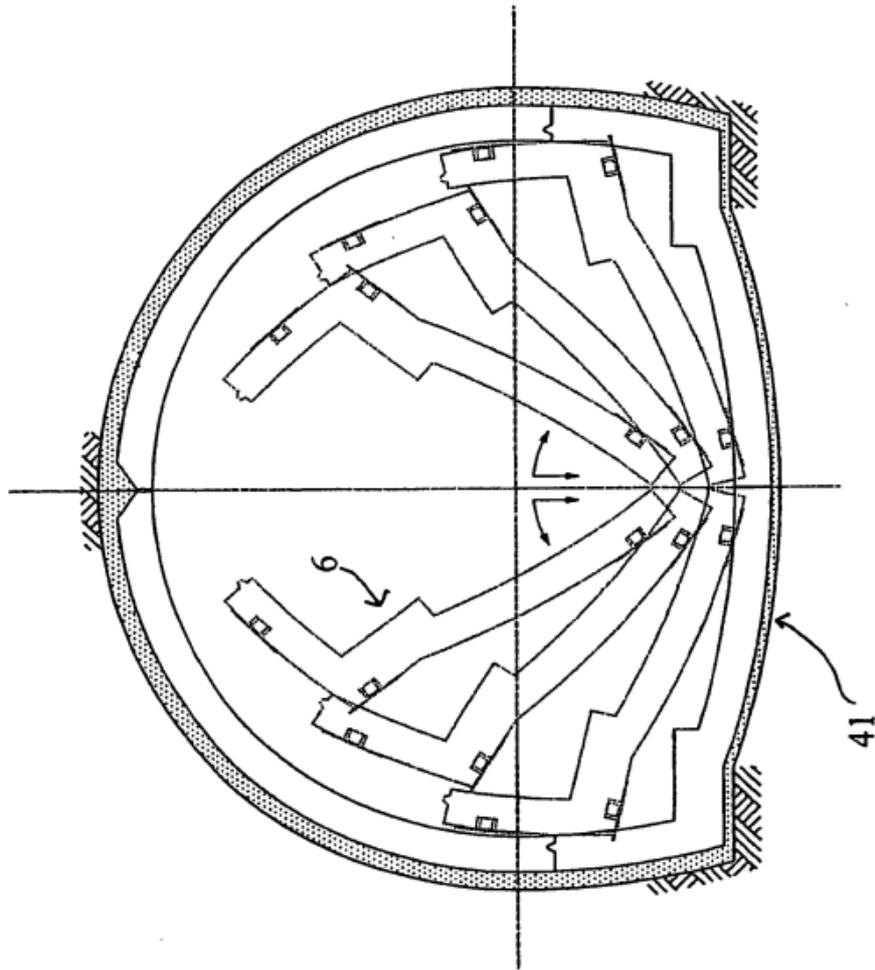


Fig. 5

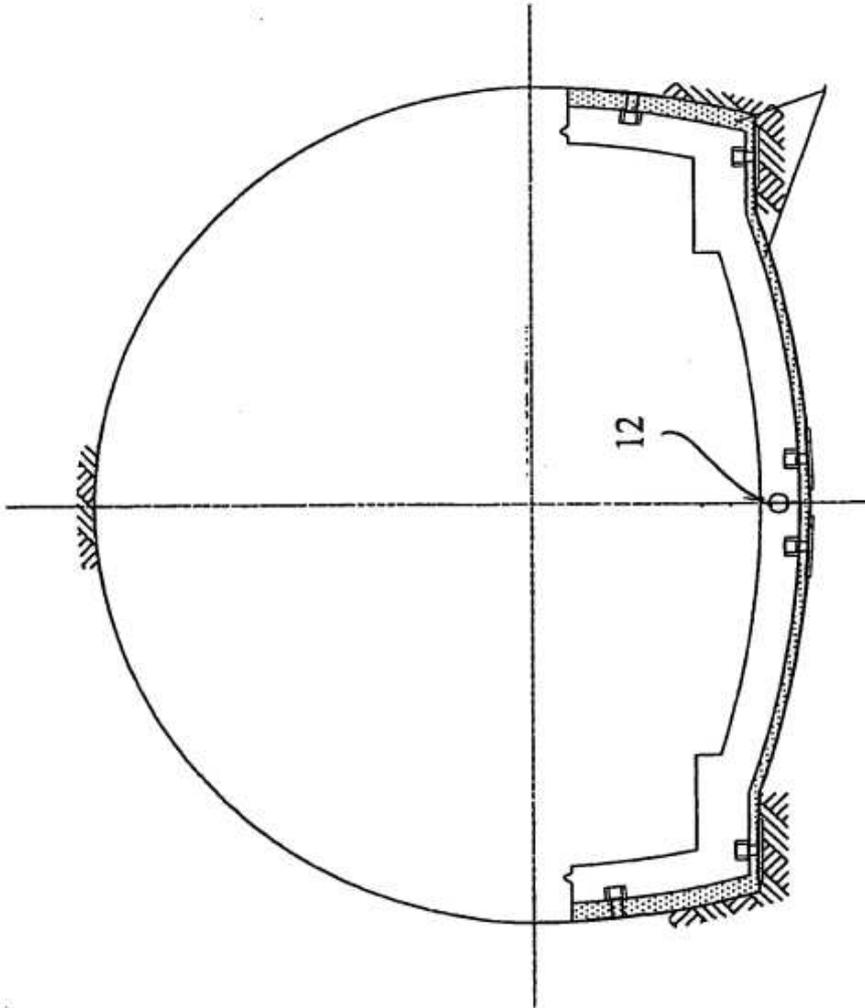


Fig.6

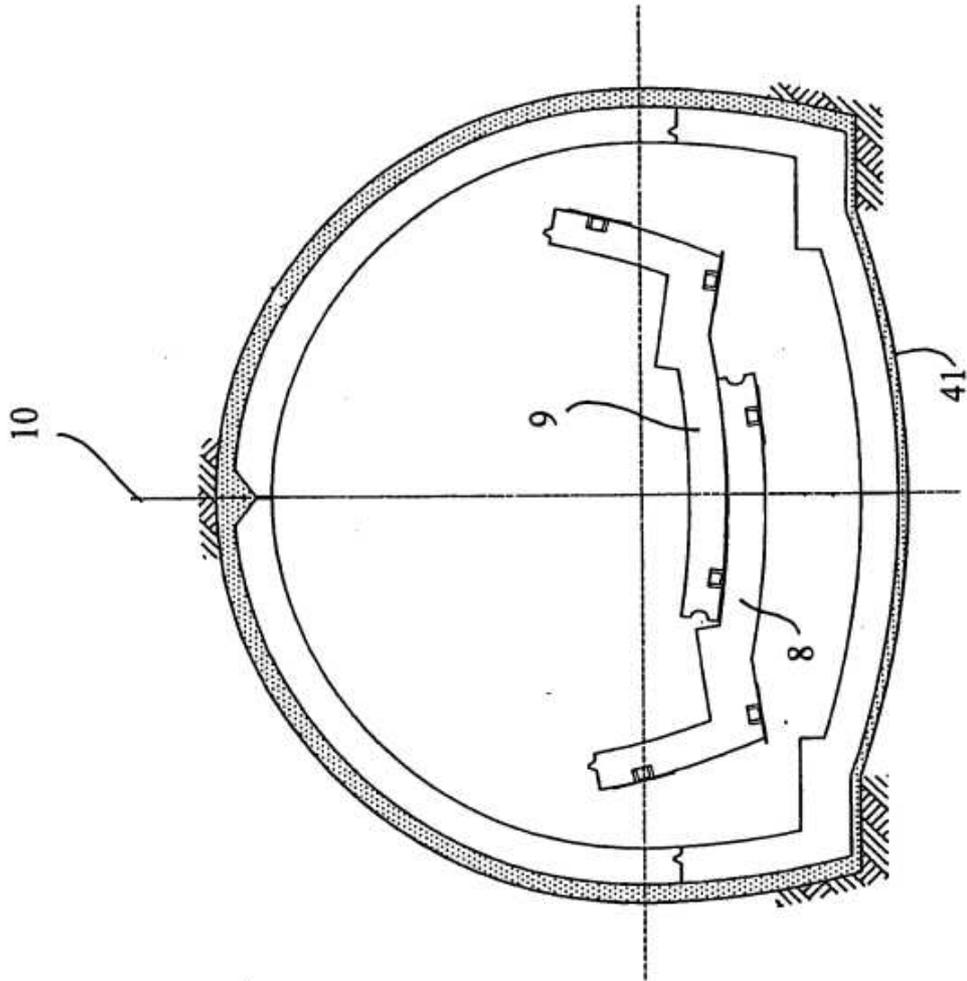


Fig. 7

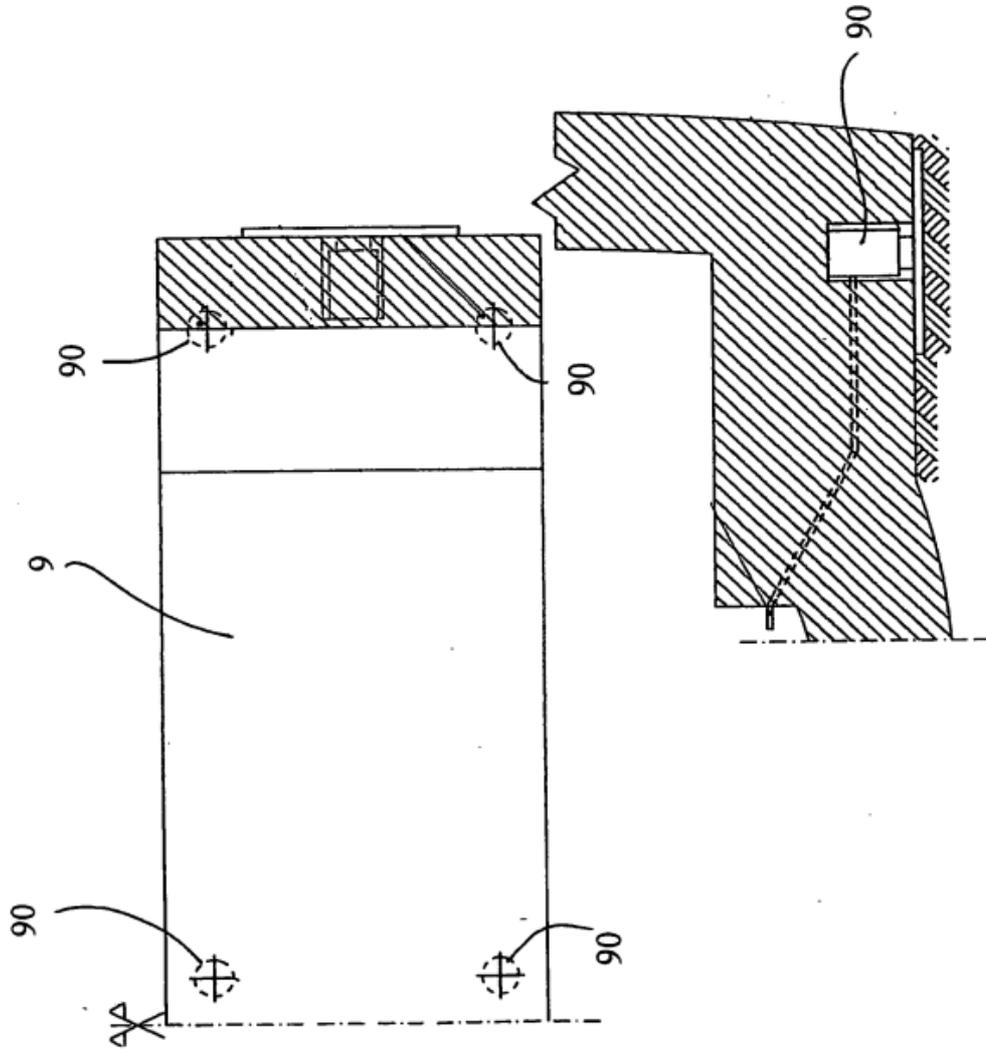


Fig. 8

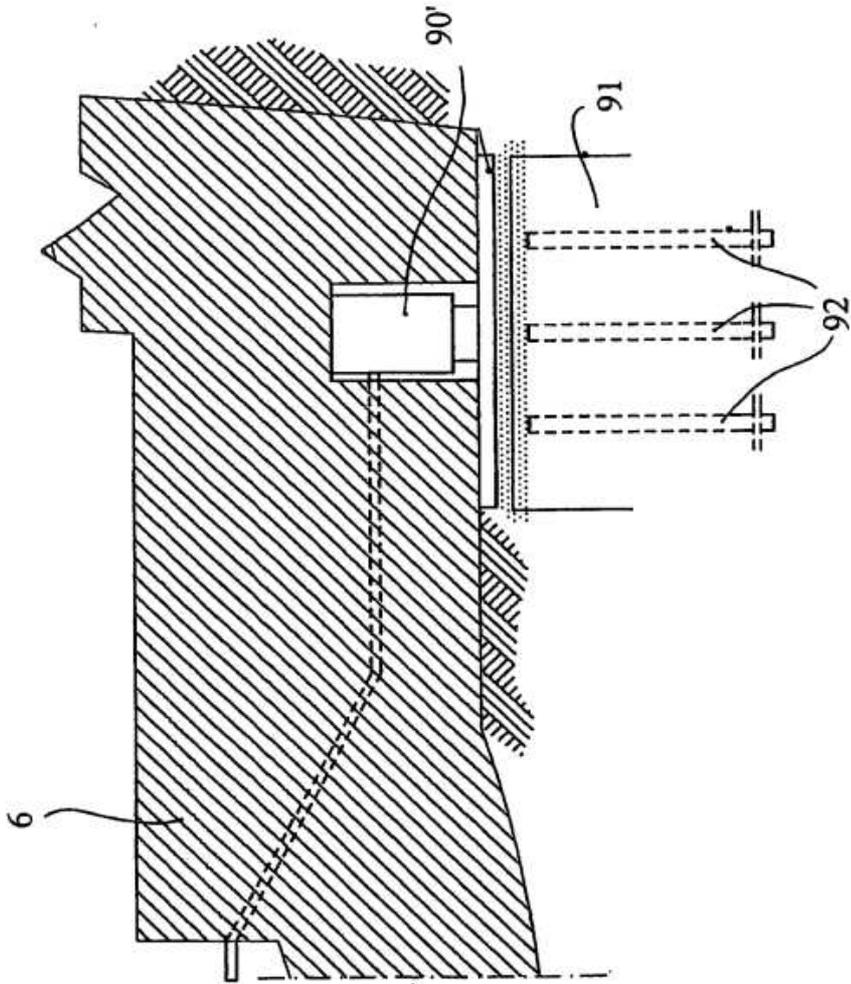


Fig. 9

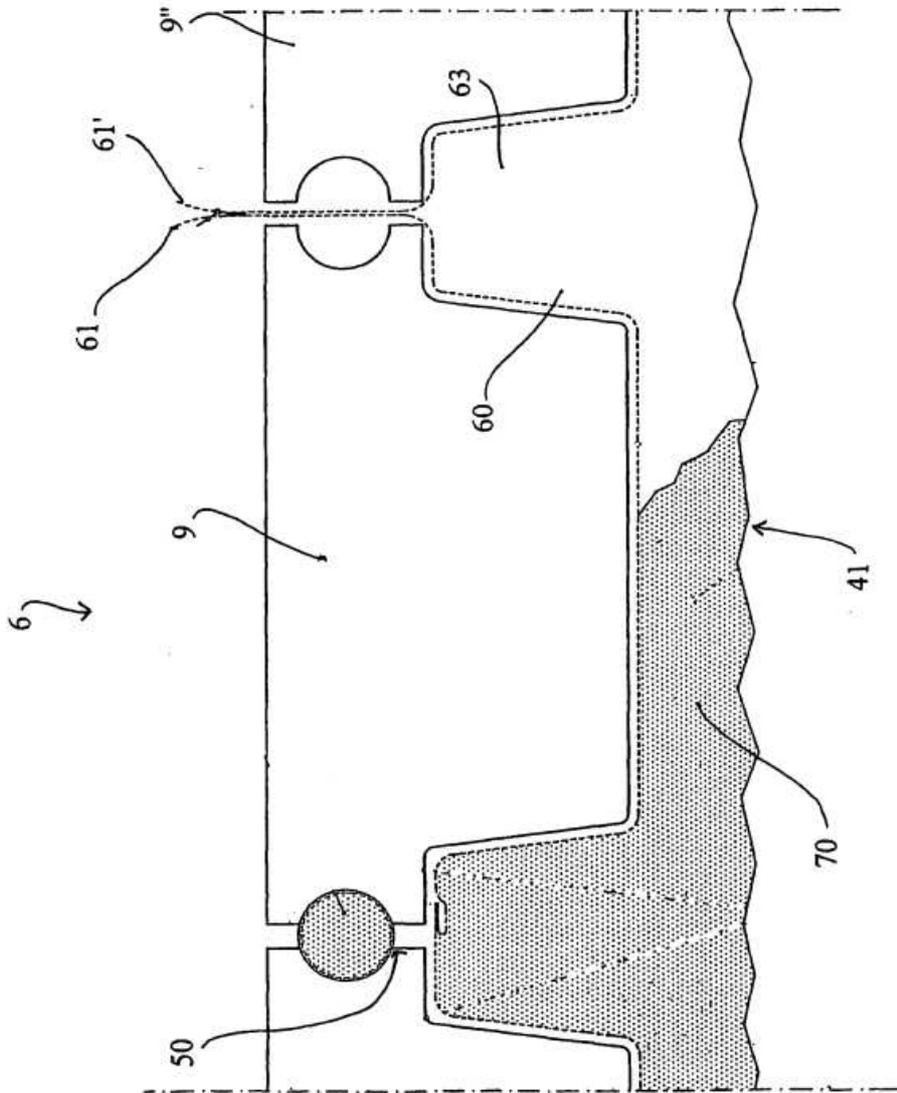


Fig. 10

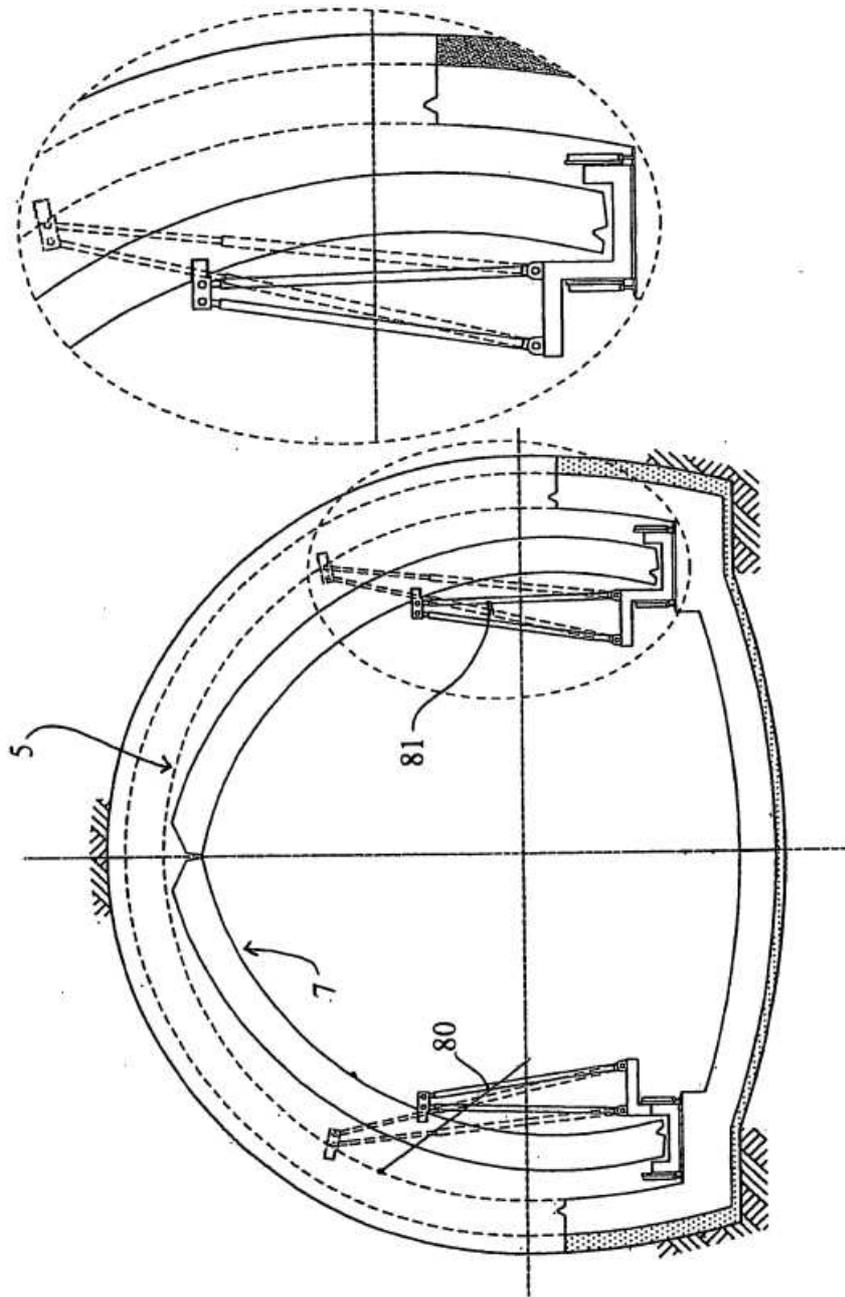


Fig. 11

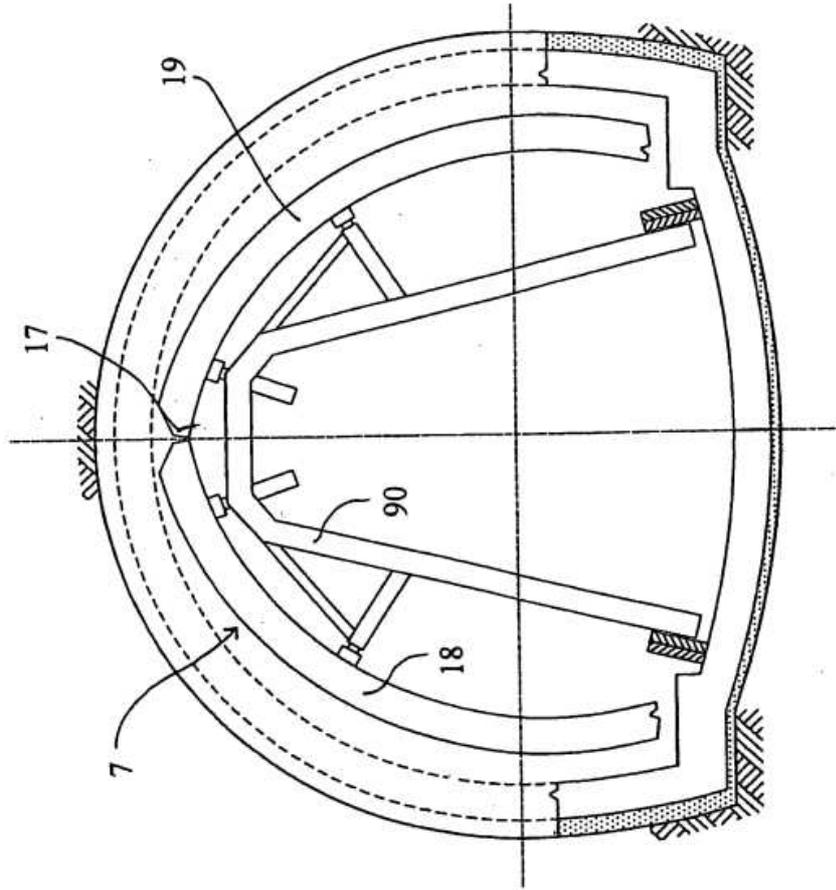


Fig. 12

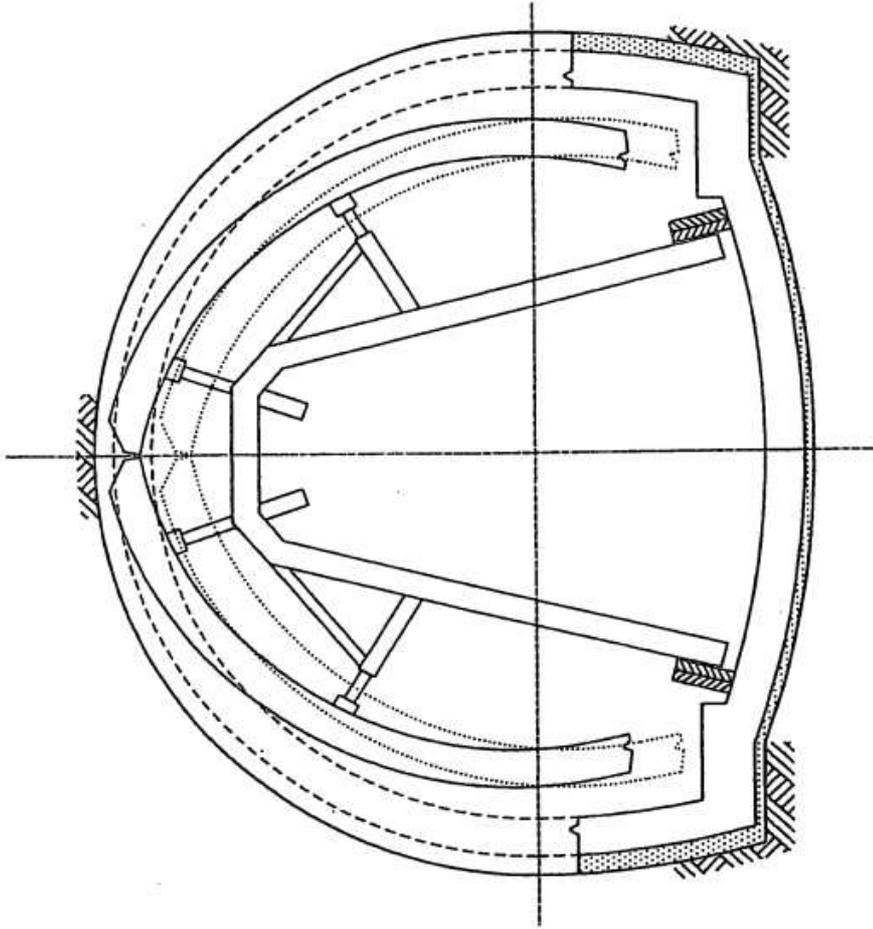


Fig. 12a

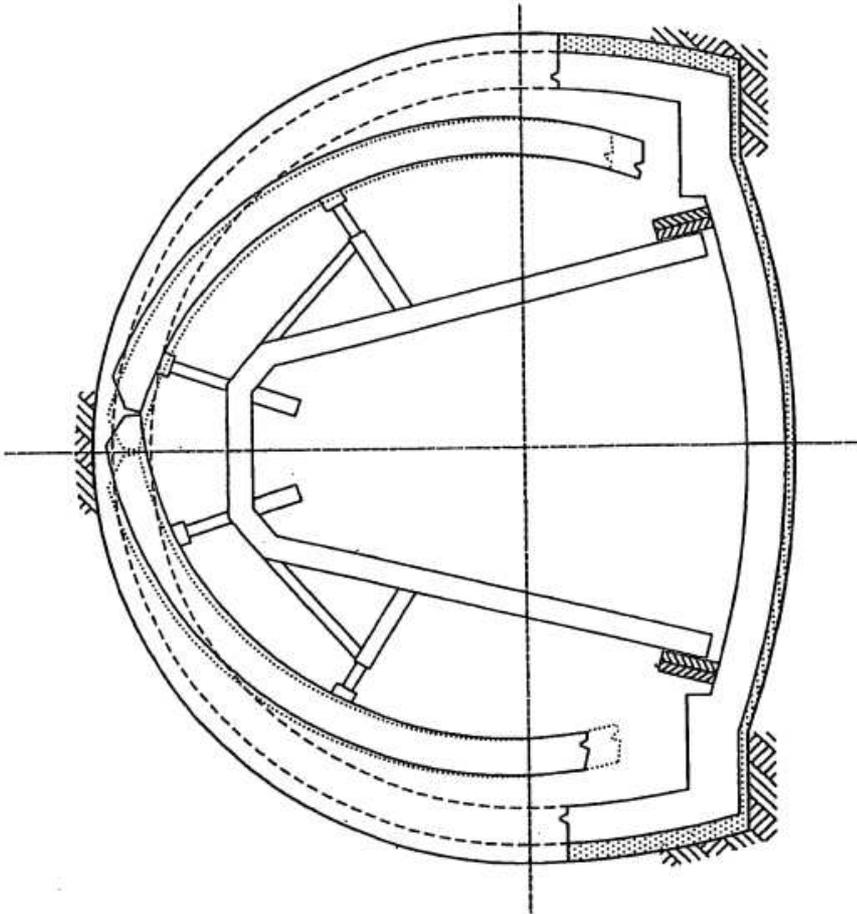


Fig. 12b

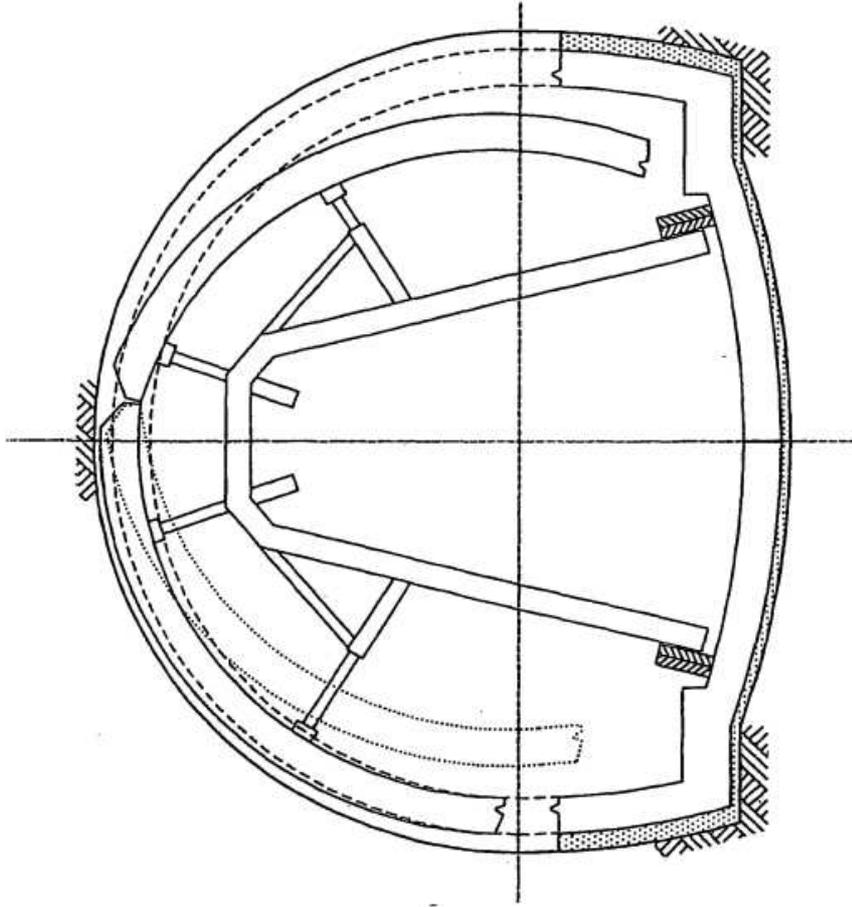


Fig. 12c

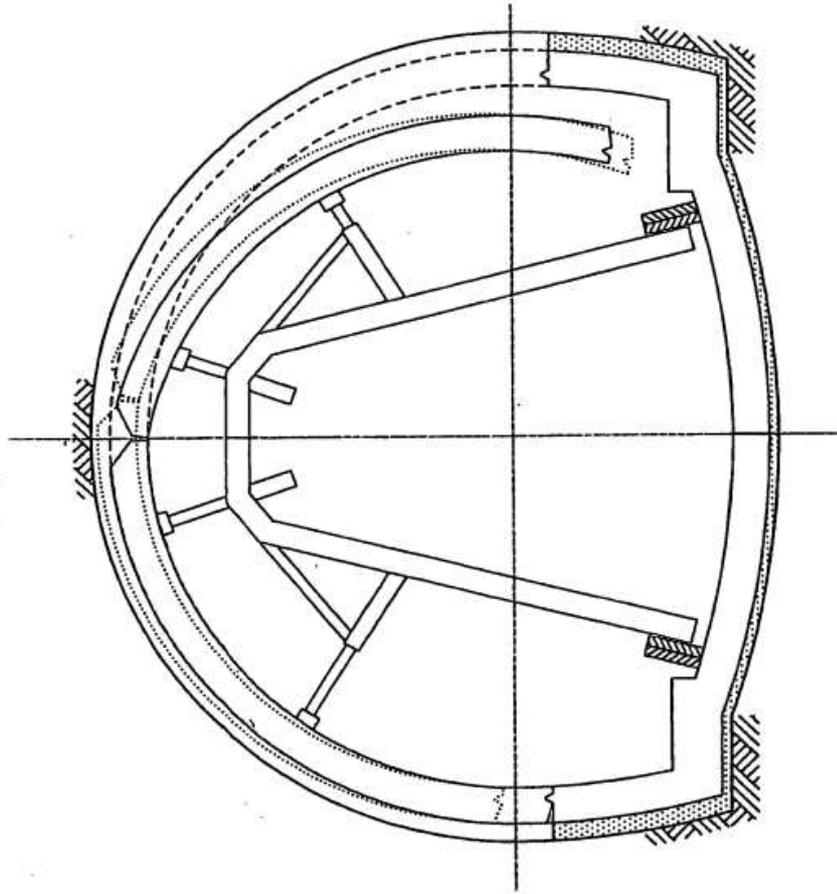


Fig. 12d

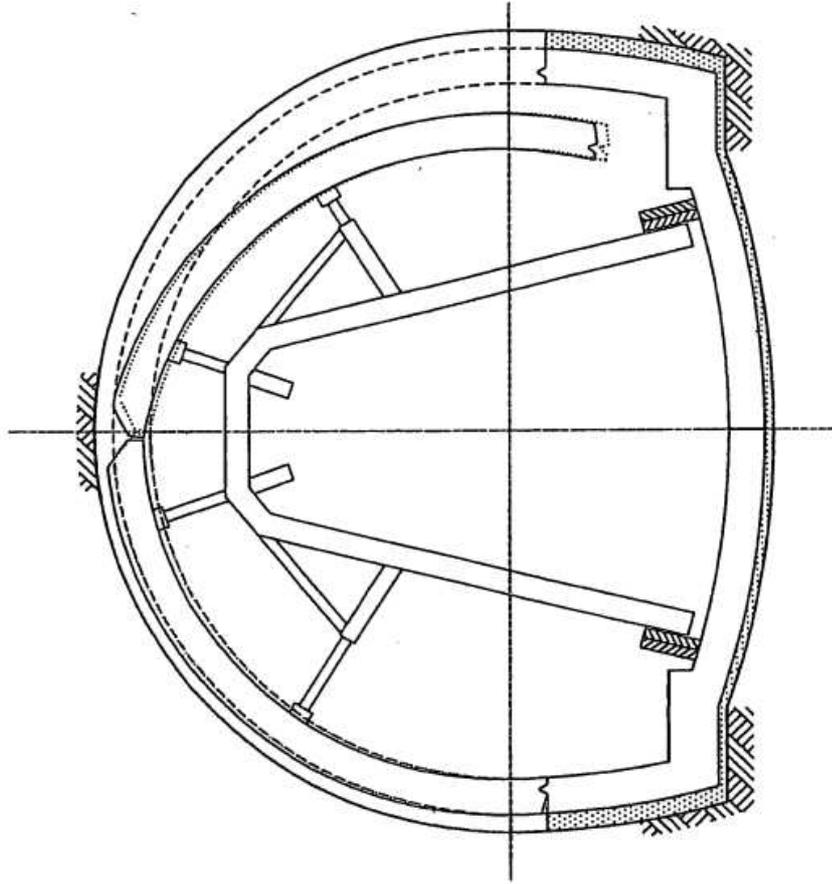


Fig. 12e

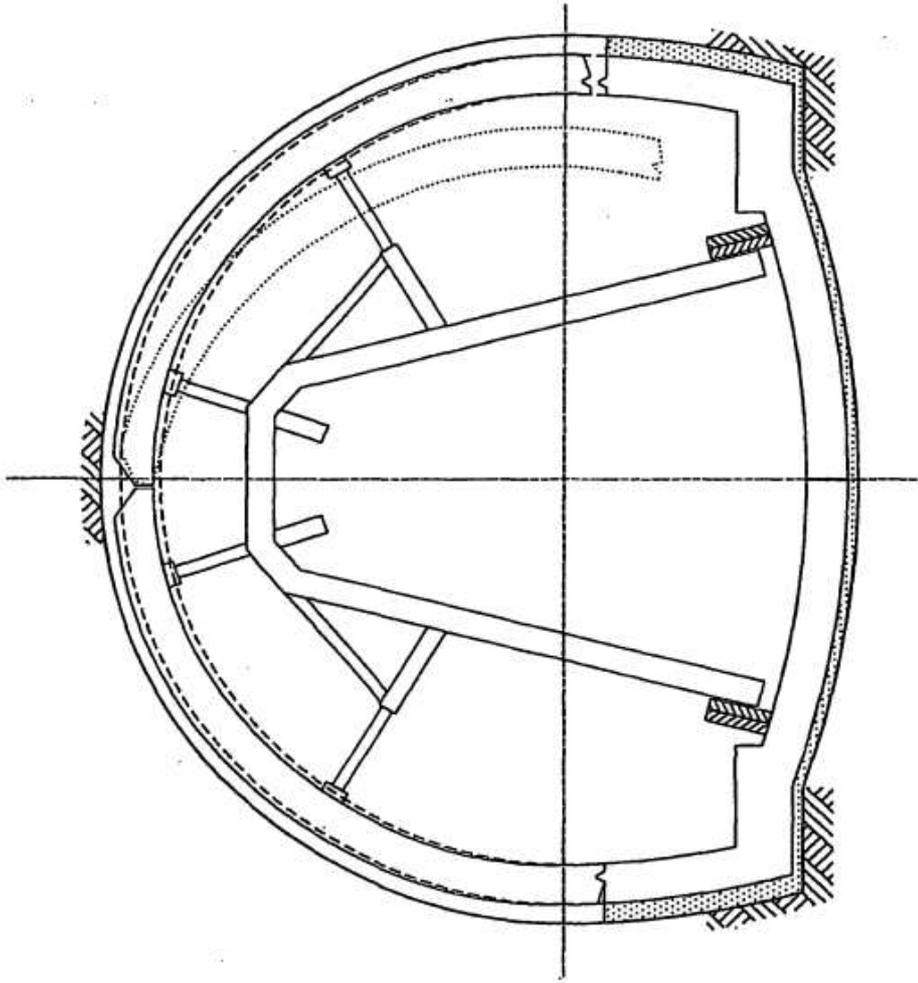


Fig. 12f

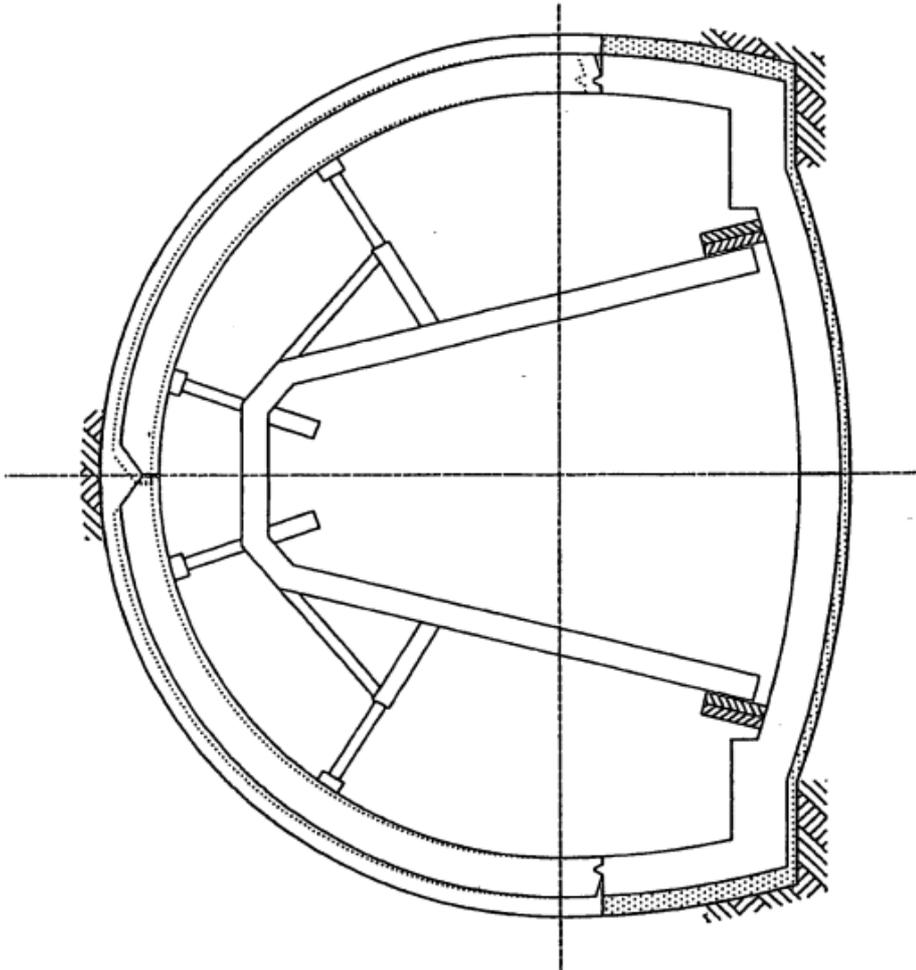


Fig. 12g

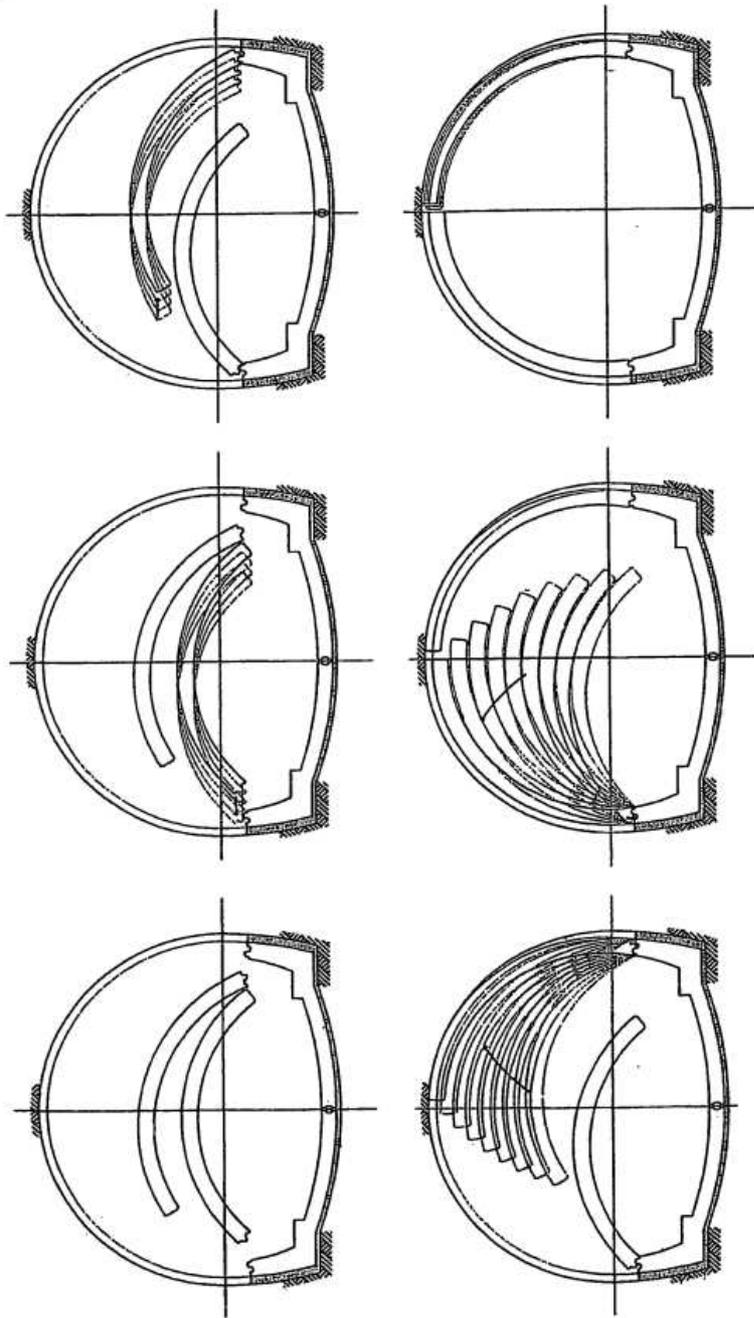


Fig. 13

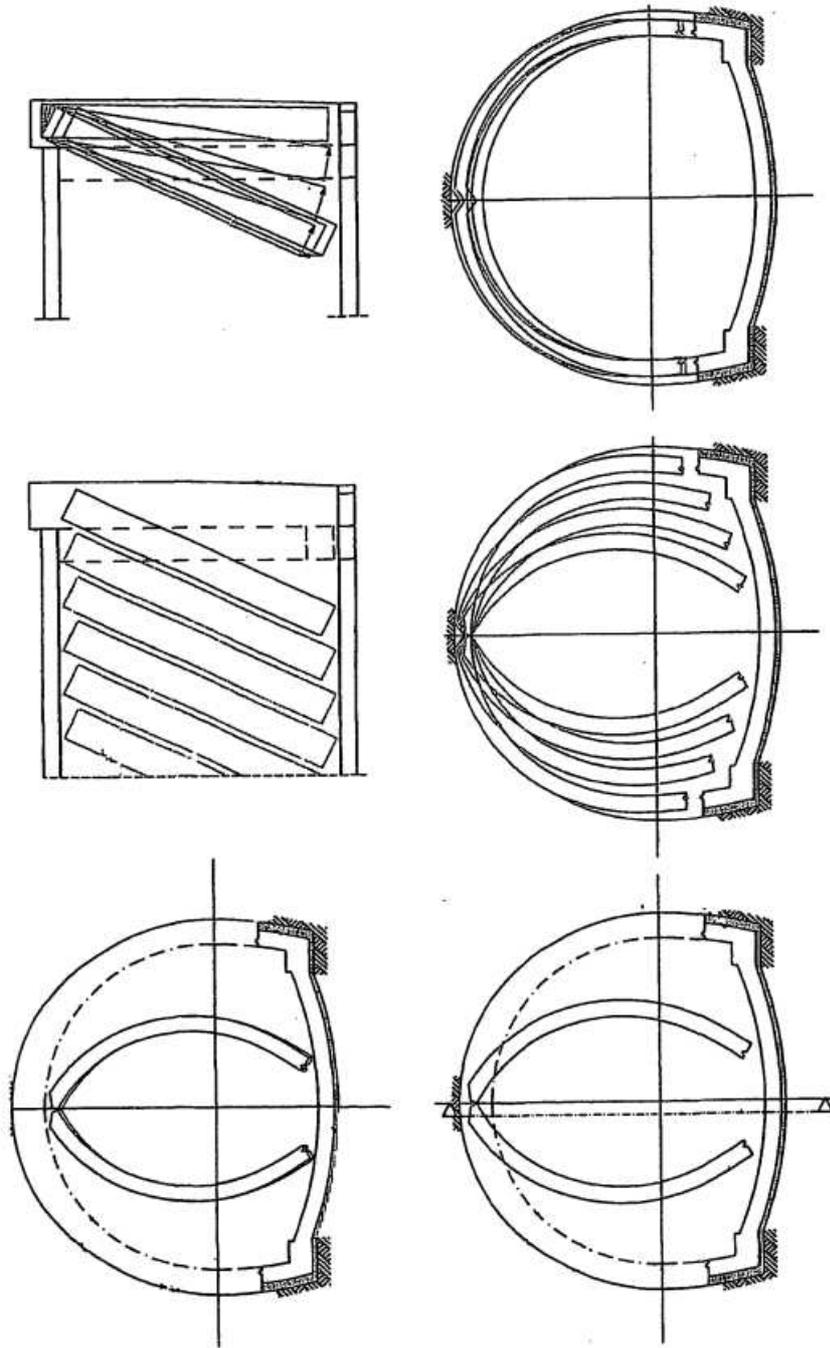


Fig. 14

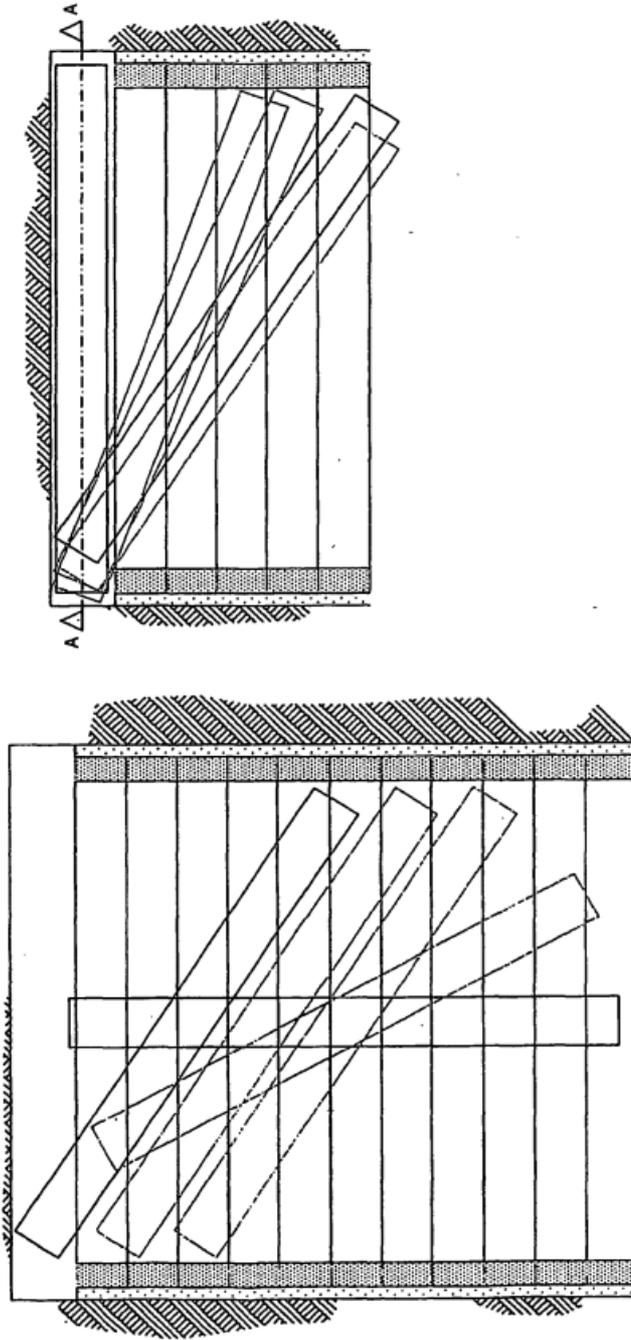


Fig. 15a

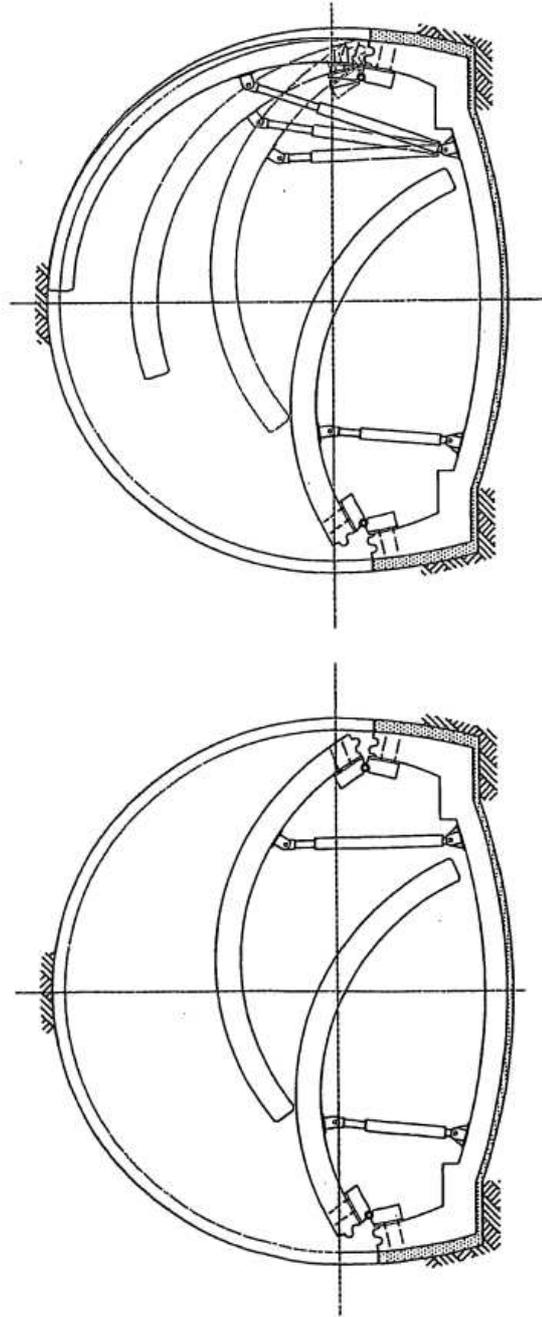


Fig. 15b

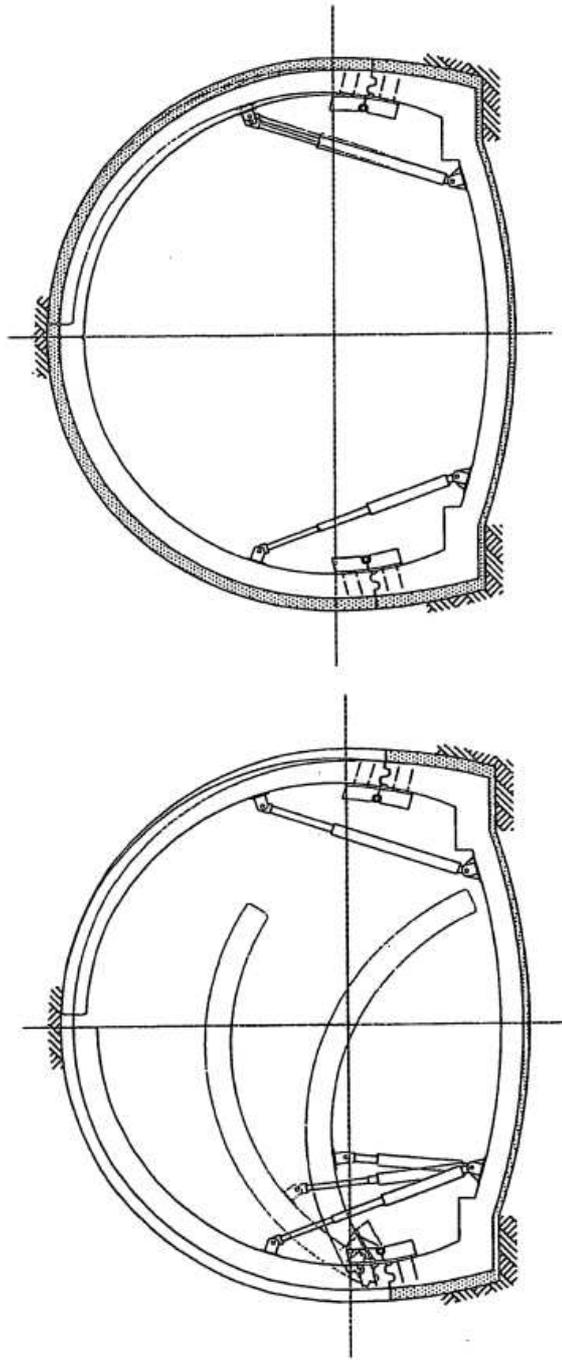


Fig. 15c

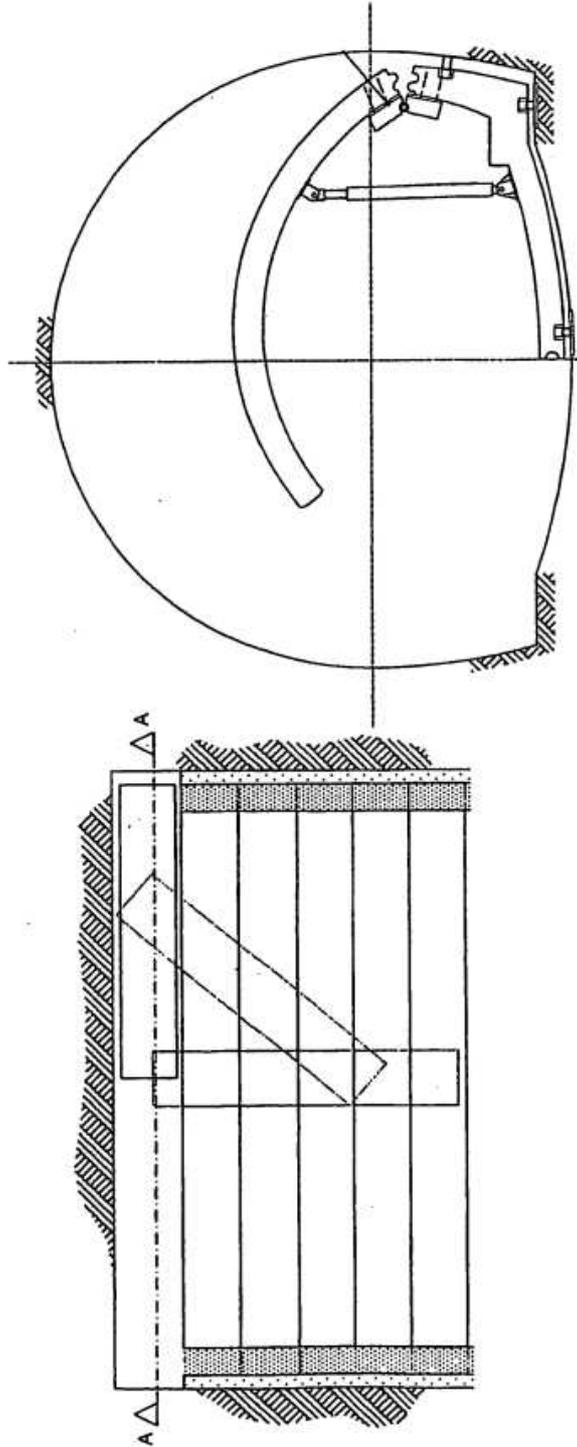


Fig. 16a

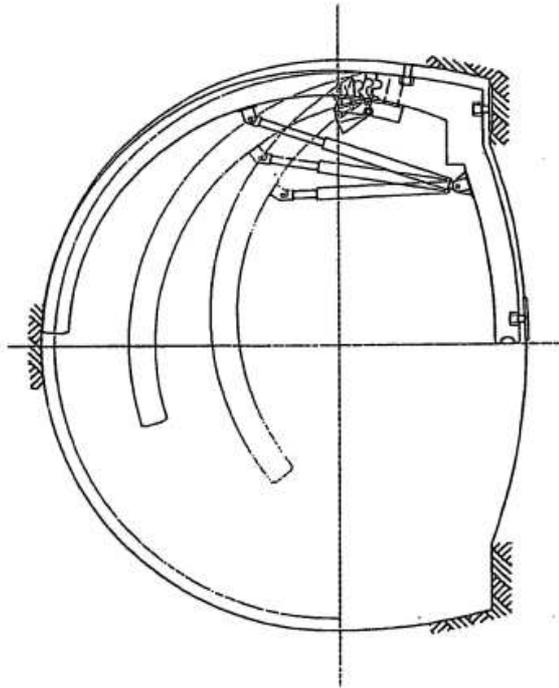
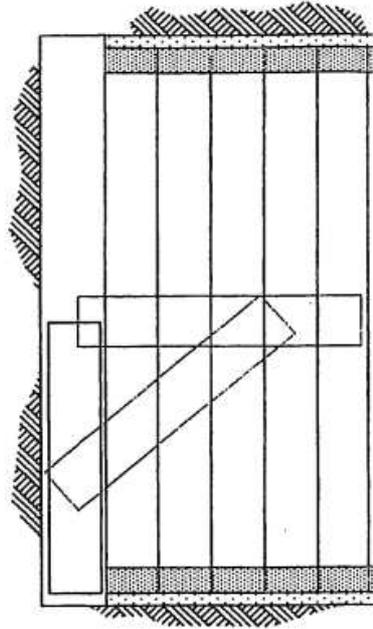


Fig. 16b

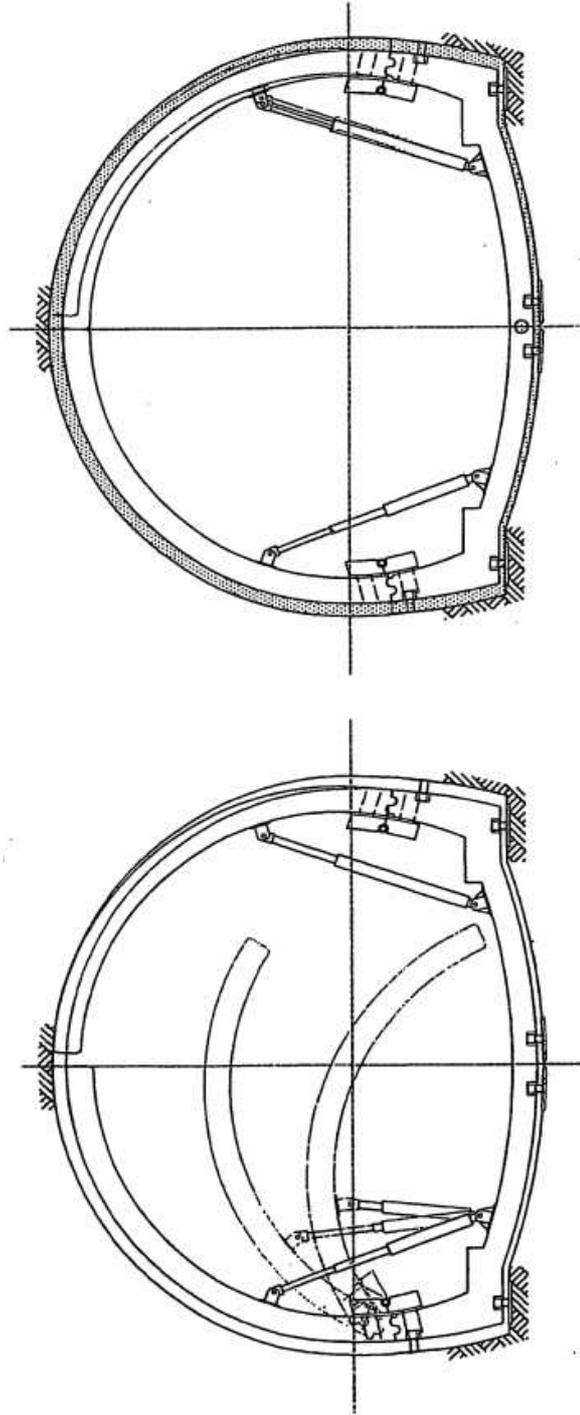


Fig. 16c

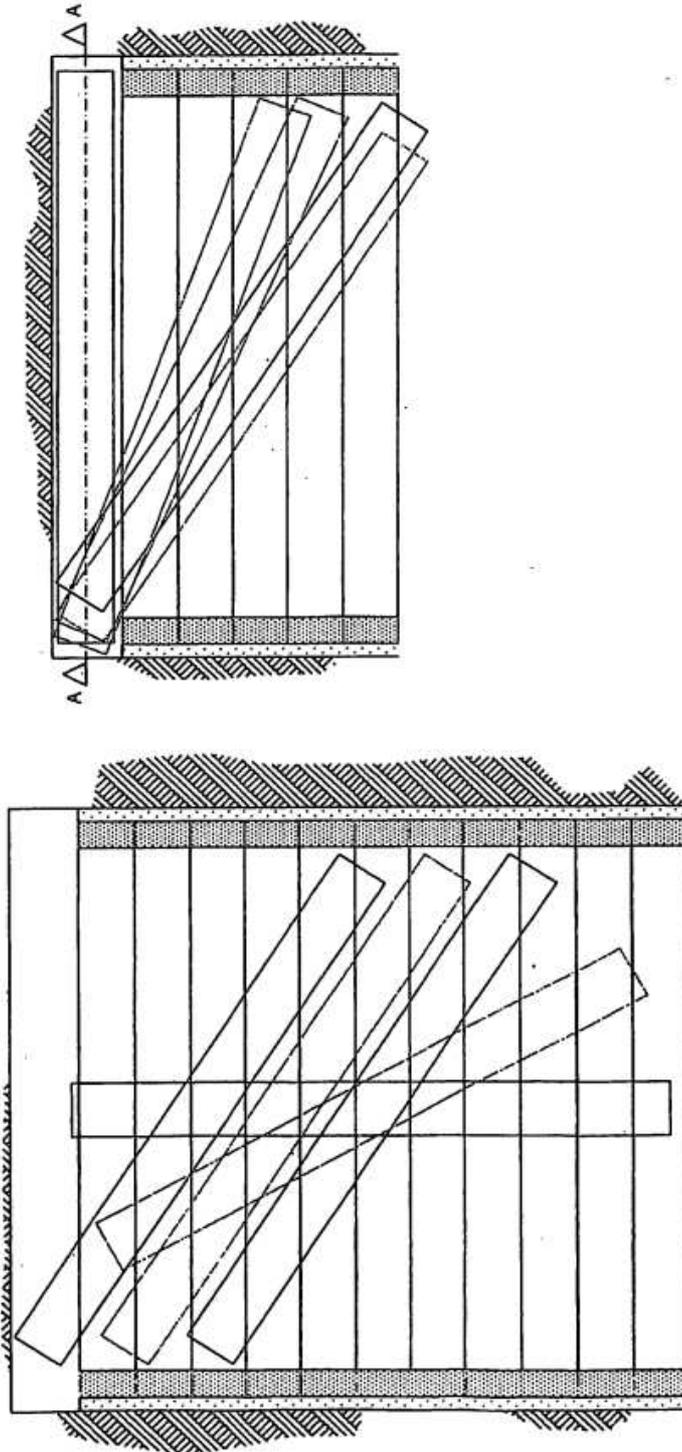


Fig. 17a

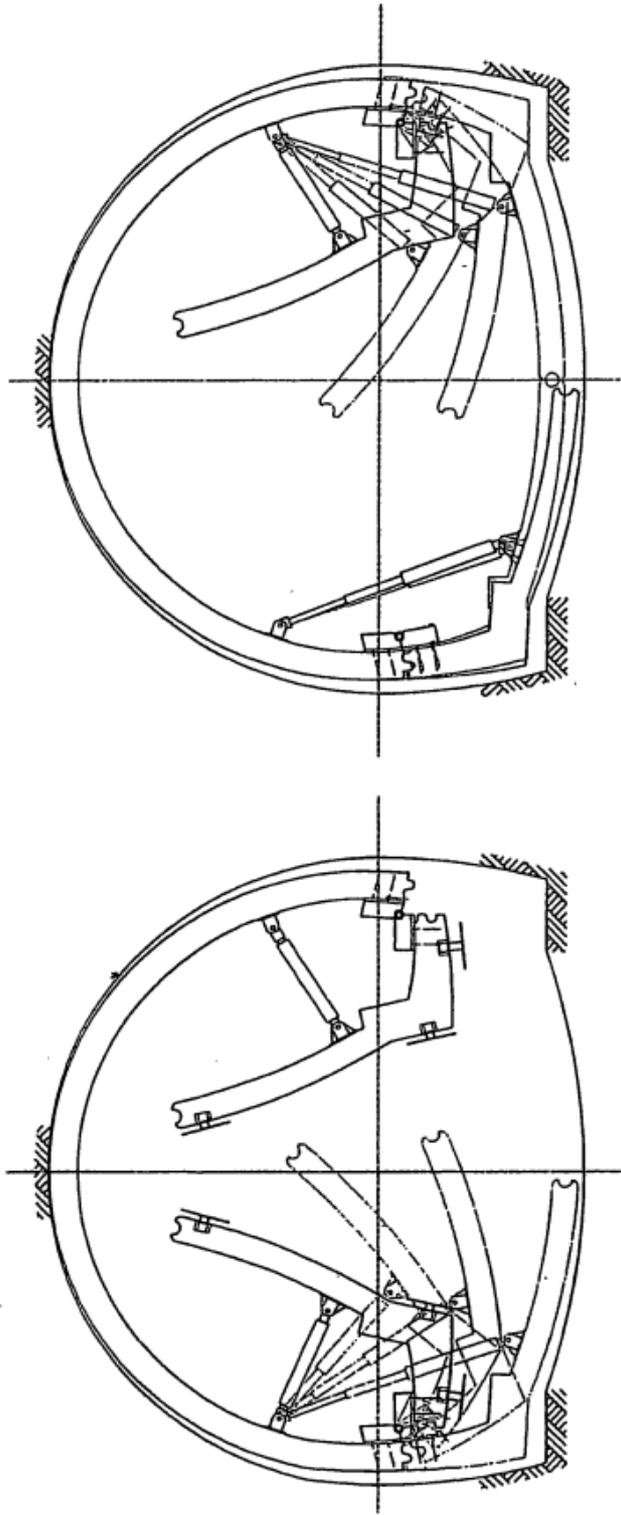


Fig. 17b

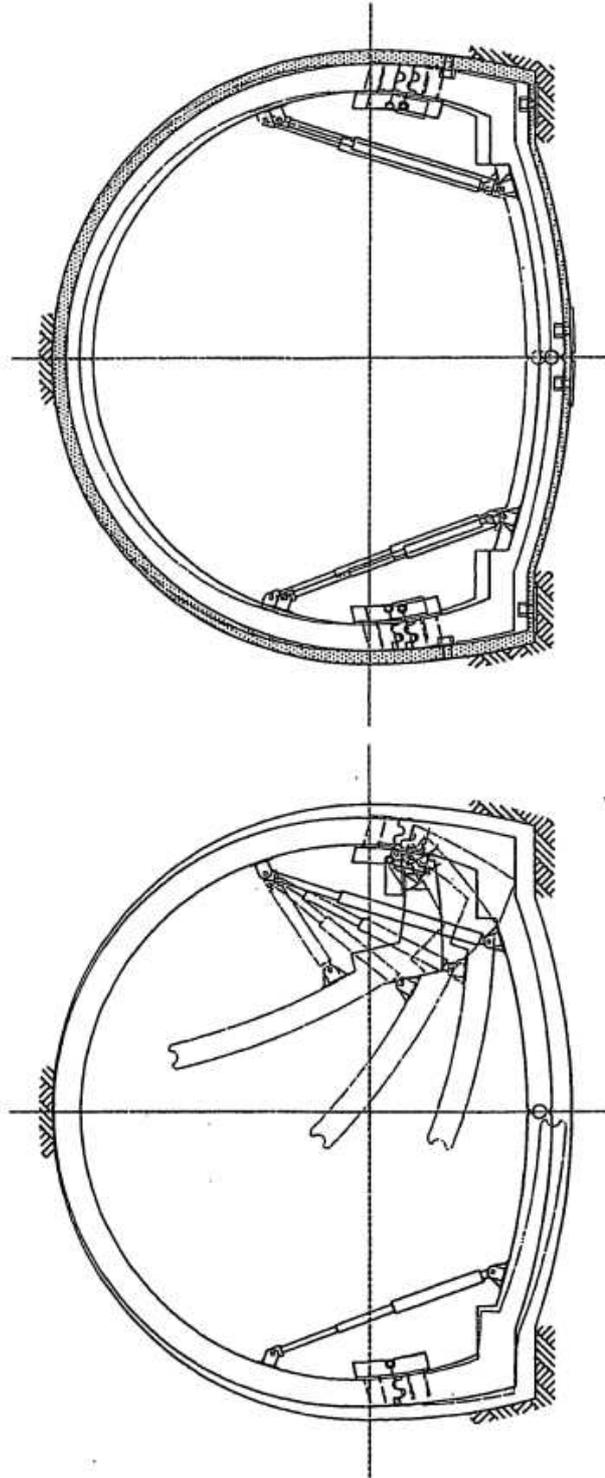


Fig. 17c

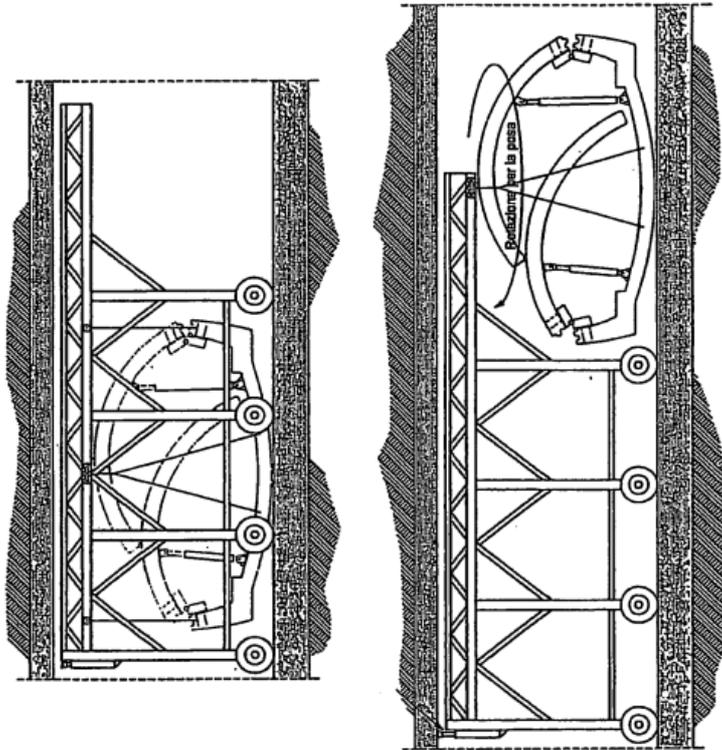


Fig. 18

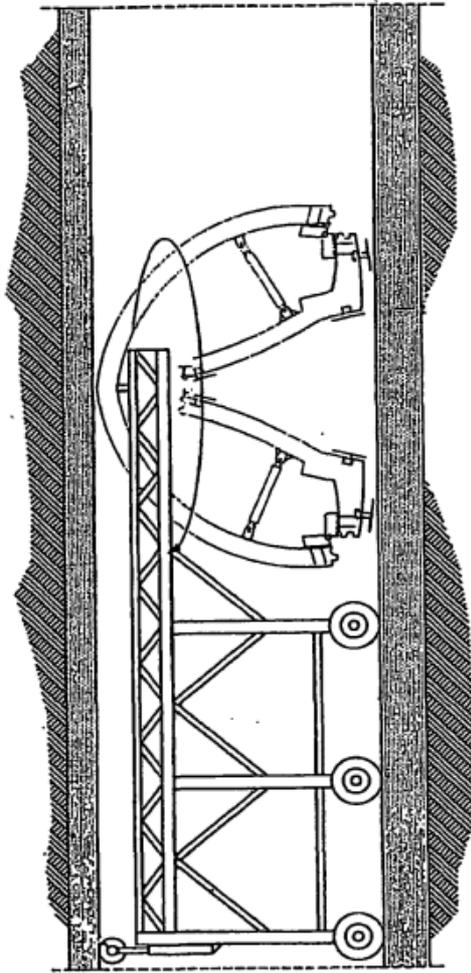


Fig. 19

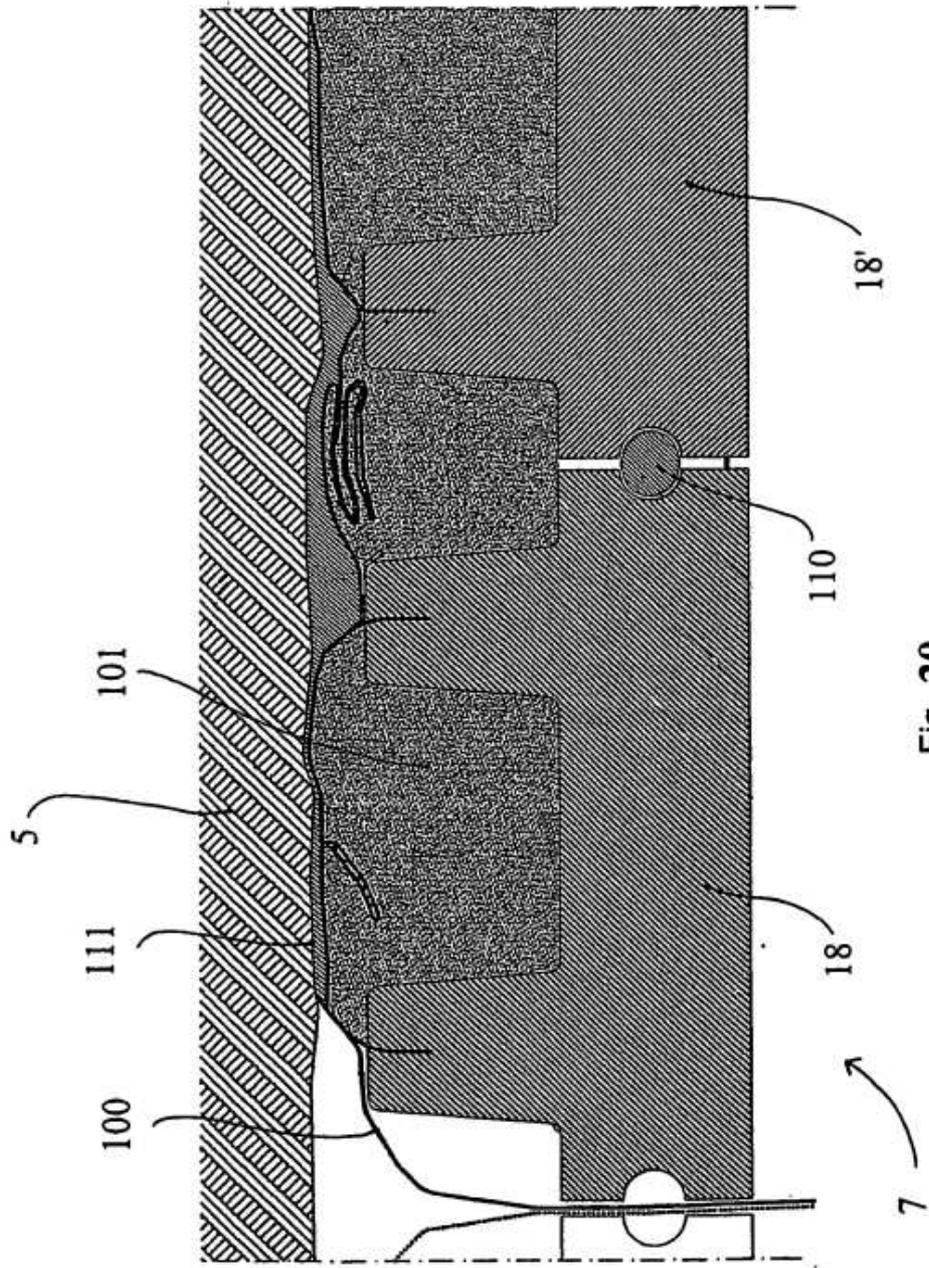


Fig. 20

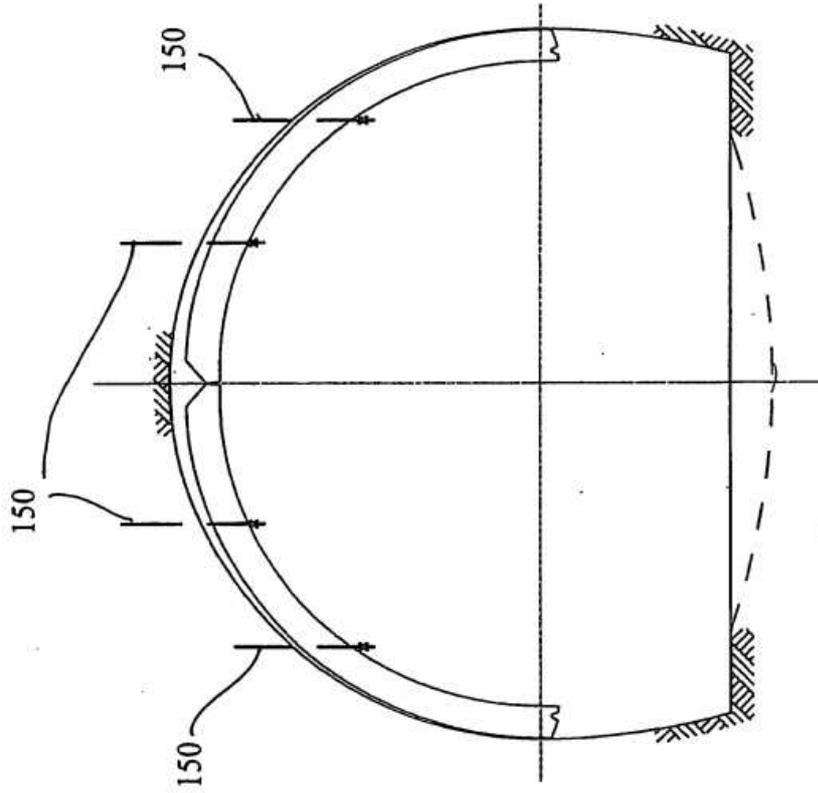


Fig. 21