



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 350 318**

51 Int. Cl.:
E02D 3/12 (2006.01)
E21B 33/138 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05799084 .8**
96 Fecha de presentación : **24.10.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1809817**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.07.2007**

54 Título: **Procedimiento para la saturación de las cavidades presentes en una masa de suelo o en un cuerpo en general.**

30 Prioridad: **09.11.2004 IT MI04A2149**

73 Titular/es: **Uretex S.R.L.**
Via Dosso del Duca 16
37021 Bosco Chiesanuova, Verona, IT

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.01.2011

72 Inventor/es: **Canteri, Carlo**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.01.2011

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 350 318 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

Procedimiento para la saturación de las cavidades presentes en una masa de suelo o en un cuerpo en general.

Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento para saturar las cavidades presentes en una masa de suelo o en un cuerpo en general, tal como un cuerpo de una estructura construida, de tal modo que se produzca opcionalmente un estado de tensión permanente en las paredes de dicha cavidad tal como para provocar, si resulta necesario, la deformación de las paredes. Más particularmente, el procedimiento según la presente invención permite crear un contacto mutuo entre los elementos que constituyen el material utilizado para llenar una cavidad y, si resulta necesario, permite aplicar a las paredes de dicha cavidad un estado de tensión permanente que puede producir opcionalmente una expansión del volumen de la cavidad saturada. De un modo más general, el procedimiento según la presente invención se puede utilizar para producir continuidad entre distintos volúmenes de suelo interrumpidos por cavidades naturales o artificiales (los ejemplos más frecuentes se refiere a cavidades kársticas grandes, túneles o minas que ya no se utilizan, depósitos subterráneos, criptas antiguas, etc.) y para llenar cavidades al descubierto (grietas estructurales, recipientes, etc.).

Antecedentes de la técnica

Las cavidades subterráneas al descubierto pueden constituir un problema en lo que se refiere a la distribución de las tensiones en el interior de una masa de suelo o de un modo más general en el interior de un cuerpo. Dichas cavidades constituyen, de hecho, una discontinuidad que, en sí, no coopera en la distribución de las tensiones en el interior de un volumen.

Considérese, por ejemplo, una cavidad en una masa de suelo que se encuentra en el lecho de cimentación de un edificio elevado. Según las leyes de ingeniería geotécnica, en dicha situación la carga del edificio se transfiere al suelo irregularmente, concentrándose en la proximidad de la superficie que rodea la cavidad. En casos extremos, dicha concentración de carga puede alcanzar e incluso superar la resistencia máxima del suelo, con el consiguiente derrumbamiento del volumen entero y, por lo tanto, de todo lo que se encuentra sobre el mismo.

Son conocidos diversos procedimientos para llenar cavidades subterráneas utilizando diversos tipos de materiales.

En general, dichos procedimientos tienen como objetivo llenar el volumen entero de la cavidad mediante el endurecimiento de sustancias líquidas mezcladas opcionalmente con un material de relleno sólido inerte.

En particular, la solicitud de patente europea n.º 0114448 da a conocer un procedimiento para llenar parcial o totalmente cavidades bombeando un material espumante basado en el cemento, que comprende un material inorgánico expandido tal como la perlita y la vermiculita. Dicho procedimiento, a pesar de ser muy costoso, no garantiza el llenado completo de las cavidades subterráneas con superficies convexas que presenten una configuración geométrica irregular, ya que la expansión del material inorgánico tiene lugar antes de realizar el vertido para llenar y, por lo tanto, la distribución final de la mezcla solidificada en el

interior de la cavidad sigue una configuración geométrica controlada únicamente por la fuerza de la gravedad.

Las patentes japonesas n.º 09-228371 y n.º 11-323904 dan a conocer unos procedimientos para llenar cavidades que se basan en la utilización por separado de un material sólido granular, opcionalmente con la adición de agentes espumantes lubricantes, para llenar los espacios fácilmente accesibles y, a continuación, de mortero de cemento u otros materiales en estado fluido, que se vierten en la cavidad a fin de saturar los espacios intergranulares del material sólido depositado anteriormente y llenar las partes de la cavidad que no se han alcanzado todavía. Incluso con dichos procedimientos, no resulta posible la saturación de la bóveda de la cavidad, ya que el mortero u otro material en estado fluido, debido a la fuerza de la gravedad, tiende a asentarse en el fondo antes de solidificarse. Además, los costes de ejecución de dicho procedimiento pueden resultar muy elevados, ya que la saturación completa de los espacios intergranulares puede implicar la utilización de grandes cantidades de mortero u otro material en estado fluido. Por último, no se ha de ignorar el considerable aumento de peso que provoca la mezcla de relleno en el suelo debajo de la cavidad que se ha rellenado.

Otra técnica para llenar cavidades se da a conocer en la patente japonesa n.º 2002-348849, según la cual se inyecta la mezcla de relleno en la cavidad hasta que se registran unas presiones de inyección predeterminadas y en cualquier caso hasta que dicha mezcla sale por los orificios dispuestos adyacentes al conducto de inyección. Dicha técnica, además de adolecer de las desventajas ya indicadas con respecto a los procedimientos descritos anteriormente, puede implicar, en el caso de las cavidades subterráneas con roturas en las paredes, unos costes de ejecución muy elevados, debido a una utilización desproporcionada de la mezcla con respecto al volumen de la cavidad a saturar.

Otro procedimiento que adolece de la desventaja de no poder saturar el volumen en la dome es el que se da a conocer en la solicitud de patente US n.º 2002/0015619. Dicho procedimiento comprende llenar las cavidades subterráneas utilizando únicamente un material sólido inerte con un agente espumante lubricante que facilite su disposición en los espacios.

Otros tipos conocidos de procedimientos para llenar cavidades subterráneas utilizan materiales de relleno sintéticos expansibles. Por ejemplo, los procedimientos que se dan a conocer en las patentes US n.º 3.478.520 y n.º 4.744.700 utilizan un material sintético expansible tal como el poliestireno, que aumenta su volumen si se dispone en contacto con fuentes de calor. Los procedimientos para aplicar calor al material sintético expansible pueden ser de diversos tipos. Dicho procedimiento, que sin duda alguna resulta muy costoso, es difícil de aplicar tanto en lo que se refiere a proporcionar, si se necesita, una fuente de calor suficiente como en lo que se refiere a distribuir uniformemente el calor en el interior de la cavidad, permitiendo una expansión homogénea del material sintético expansible que se encuentra en la misma.

La utilización de poliuretano expansible para llenar un estrato poroso que a continuación se penetra mediante la perforación de un pozo se da a conocer en la patente US n.º 3.637.019.

La patente US n.º 2.958.905 da a conocer el llenado de un molde con un material termoplástico granu-

lar expansible que se expande en el molde mediante el calor producido con la adición de una sustancia exotérmica con autorreacción.

Exposición de la invención

El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento para saturar las cavidades presentes en una masa de suelo o en un cuerpo en general a fin de restablecer su continuidad que permita resolver los problemas descritos anteriormente haciendo referencia a los tipos conocidos de procedimientos.

Con esta finalidad, un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento que permita crear un contacto mutuo entre los elementos que constituyen el material utilizado para llenar una cavidad, compactando el mismo, y permita aplicar a las paredes de dicha cavidad un estado opcional de tensión permanente, que pueda provocar, si se requiere de este modo, la expansión de dichas paredes.

Otro objetivo adicional de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento que se puede realizar en un tiempo corto de tiempo y con un equipo compacto.

Otro objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento que se puede realizar de un modo completamente seguro y en la proximidad inmediata de viviendas y con un espacio disponible limitado.

Dicha finalidad y estos objetivos y otros adicionales, que se pondrán más claramente de manifiesto a continuación en la presente memoria, se alcanzan mediante un procedimiento para saturar las cavidades presentes en una masa de suelo o en un cuerpo en general, según la presente invención, que comprende las etapas definidas en la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas adicionales de la presente invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción de una forma de realización preferida pero no limitativa del procedimiento según la presente invención, ilustrada a título de ejemplo no limitativo en los dibujos adjuntos, en los que:

Las figuras 1 a 4 son vistas esquemáticas de la puesta en práctica del procedimiento según la presente invención para saturar una cavidad subterránea.

Formas de realización de la invención

Haciendo referencia a las figuras, el procedimiento según la presente invención comprende sustancialmente por lo menos una etapa de llenado de por lo menos parcialmente la cavidad 1 introduciendo en la cavidad 1 un material de relleno 3, que está constituido por un material inerte en estado sólido, preferentemente en forma granular, o por un material en estado fluido que se puede solidificar, y por lo menos una etapa de saturación de la cavidad 1 introduciendo en dicha cavidad 1 una sustancia sintética fluida 4 que se expande y se endurece mediante una reacción química y se adapta para producir, como consecuencia de su expansión, por lo menos la saturación de la cavidad 1 y una compactación y/o carga del material de relleno 3 introducido en la cavidad 1 durante la etapa de relleno.

El término "saturación" haciendo referencia a la función realizada por la sustancia sintética 4 se utiliza con la intención de que sustancia sintética 4 llene los espacios de la cavidad 1 que el material de relleno

3 no ha alcanzado durante la etapa de relleno y cualquiera de los espacios macroscópicos presentes en el material de relleno 3, sin que por ello se afecte necesariamente asimismo a todos los espacios mínimos, tales como los espacios intergranulares del material 3, si dicho material está constituido por material inerte en forma granular.

La cantidad de sustancia sintética 4 introducida en la cavidad 1 durante la etapa de saturación y su grado de expansión mediante reacción química se adaptan preferentemente para producir, como consecuencia de la expansión de la sustancia sintética 4, un estado de tensión permanente en las paredes 2 que delimitan la cavidad 1, hasta el punto de producir opcionalmente, si se requiere, una deformación hacia el exterior de dichas paredes 2 de la cavidad 1.

Más particularmente, antes de la etapa de relleno, el procedimiento según la presente invención comprende una primera etapa de preparación, en la que se realizan unos primeros orificios 5 destinados a conectar la cavidad 1 con el exterior (ver la figura 1) en la zona de la masa de suelo o del cuerpo en general que se encuentra entre la cavidad 1 y una superficie de trabajo 10 dispuesta en el exterior de la masa de suelo o del cuerpo en general.

En la forma de realización preferida ilustrada en las figuras, que se refiere a una puesta en práctica particularmente ventajosa del procedimiento según la presente invención en el llenado de una cavidad subterránea 1, la superficie de trabajo 10 se dispone encima de la cavidad 1 y los primeros orificios 5 se encuentran sustancialmente verticales o inclinados con respecto a una dirección vertical.

En cualquier caso, puede suceder que la superficie de trabajo más conveniente no se encuentre encima de la cavidad sino que se disponga lateralmente o incluso debajo de la misma.

Los primeros orificios 5 se disponen de tal modo que la distancia entre dos orificios contiguos 5 se encuentra comprendida preferentemente entre 1 m y 20 m.

El diámetro de los primeros orificios 5 se encuentra comprendido preferentemente entre 15 mm y 300 mm.

La longitud de los primeros orificios 5 puede variar según las condiciones del suelo y según las necesidades de funcionamiento y ha de ser por lo menos de tal modo que permita alcanzar, desde la superficie de trabajo, la superficie que delimita la cavidad subterránea 1.

A continuación se realiza la etapa de relleno; durante dicha etapa, el material de relleno 3 se introduce en la cavidad 1, preferentemente mediante una bomba P (véase la figura 3) a través de los primeros orificios 5.

Preferentemente, durante dicha etapa de relleno, el material de relleno 3 se introduce en la cavidad 1 a través de primeros conductos 6 introducidos de antemano en los primeros orificios 5.

Los primeros conductos 6 presentan preferentemente un diámetro comprendido sustancialmente entre 10 mm y 250 mm.

Los primeros conductos 6 se pueden realizar de acero, PVC u otro material apropiado y se conectan, en el extremo que sobresale del suelo, hasta el tubo flexible que procede de la bomba.

El material de relleno 3 puede estar constituido por un material en estado fluido, que se solidifica con

el transcurso del tiempo, o por un material inerte en estado sólido, preferentemente en forma granular, que se transporta a través de los primeros conductos 6 con la ayuda de un fluido de transporte tal como aire, agua, un agente espumante u otros.

Si el material de relleno 3 está constituido por un material en estado fluido, dicho material puede presentar una densidad comprendida sustancialmente entre 20 kg/m^3 y 2.400 kg/m^3 .

El tiempo de solidificación del material de relleno fluido 3 se encuentra comprendido entre 30 segundos y 24 horas.

La resistencia a la compresión simple del material de relleno fluido 3, una vez se ha solidificado, se encuentra comprendida entre $1,50 \text{ kg/cm}^2$ y 500 kg/cm^2 .

El módulo de deformación del material de relleno fluido 3, una vez se ha solidificado, se encuentra comprendido entre 30 kg/cm^2 y 400.000 kg/cm^2 .

Únicamente a título indicativo, se puede utilizar hormigón o cualquier otro compuesto químico como material de relleno fluido 3.

Los ejemplos de compuesto químico apropiado son los aminoplastos-duroplastos, tales como la espuma de urea-melamina-aldehído.

Si el material de relleno 3 está constituido por un material inerte en estado sólido en forma granular, presenta preferentemente una densidad comprendida sustancialmente entre 200 kg/m^3 y 2000 kg/m^3 .

La resistencia a la compresión simple de la forma granular individual o de los elementos que constituyen el material sólido de relleno 3 se encuentra comprendida preferentemente entre 5 kg/cm^2 y 2000 kg/cm^2 .

El ángulo de fricción interior del material sólido de relleno 3 se encuentra comprendido entre 20° y 45° .

El módulo de deformación del material sólido de relleno 3 se encuentra comprendido entre 250 kg/cm^2 y 800.000 kg/cm^2 .

El tamaño de los gránulos que constituyen el material sólido de relleno 3 se encuentra comprendido entre $0,001 \text{ mm}$ y 50 mm .

Únicamente a título de ejemplo, se pueden utilizar arenas y/o gravas, arcilla expandida o residuos de procedimientos industrial como materiales inertes en forma granular.

Tras la etapa de relleno y antes de la etapa de saturación, el procedimiento según la presente invención puede comprender una segunda etapa de preparación, durante la que, partiendo de la superficie de trabajo 10, se disponen unos segundos orificios 7 que se dirigen hacia la cavidad 1 encima del material de relleno 3 y/o en el material de relleno 3.

Los segundos orificios 7 se encuentran sustancialmente verticales o en una dirección inclinada con respecto a una dirección vertical en el volumen de suelo comprendido entre la superficie de trabajo 10 y la superficie que delimita la cavidad subterránea 1 que se debe saturar, y puede afectar asimismo al material de relleno 3 introducido anteriormente en la cavidad 1.

Preferentemente, la distancia entre dos orificios contiguos de los segundos orificios 7 se encuentra comprendida sustancialmente entre 1 m y 20 m .

El diámetro de los segundos orificios 7 se encuentra comprendido preferentemente entre 10 mm y 100 mm .

Durante la etapa de saturación, la sustancia sintética 4 se introduce en la cavidad 1 a través de los

segundos orificios 7, pero resulta posible utilizar asimismo parcial o completamente los primeros orificios 5 con dicha finalidad. Preferentemente, la sustancia sintética 4, durante la etapa de saturación, se inyecta en la cavidad 1 bombeándose a través de los segundos conductos 8, que se introducen, antes de bombear la sustancia sintética 4, en los segundos orificios 7 y/o en los primeros orificios 5 (véase la figura 4).

Los segundos conductos 8 presentan preferentemente un diámetro comprendido sustancialmente entre 6 mm y 50 mm .

Si los segundos conductos 8 presentan un diámetro muy inferior al de los orificios 5 ó 7 en los que se introducen, se disponen en los orificios 5 ó 7 utilizando una bolsa de bloqueo, que se adapta para evitar la circulación inversa de la sustancia sintética 4 hacia la superficie y para sujetar el conducto 8 en el orificio 5 ó 7.

Los segundos conductos 8 se pueden realizar en cobre, acero, PVC u otro material apropiado que resulte compatible con los materiales utilizados y las condiciones de bombeo.

La sustancia sintética 4 utilizada en la etapa de saturación tras la expansión por reacción química presenta preferentemente un aumento potencial de volumen comprendido sustancialmente entre 2 y 30 veces, preferentemente entre 10 y 30 veces, su volumen, inicial, es decir, su volumen antes de expansión. Debe apreciarse que la expresión "expansión potencial" se refiere a la expansión que la sustancia sintética 4 experimentará si su expansión tiene lugar libremente en la atmósfera. La expansión real de la sustancia sintética 4 es inversamente proporcional a la resistencia que el material de relleno 3 y las paredes 2 de la cavidad 1 oponen a dicha expansión cuando la sustancia sintética 4 se bombea hacia la cavidad 1.

La presión de expansión máxima originada por la sustancia sintética 4 durante la expansión es superior a la presión producida por el peso del material de relleno que se encuentra presente encima de la salida de los segundos conductos 8 en la cavidad, de tal modo que se alcanza, mediante la expansión de la sustancia sintética 4, una buena compactación y/o carga del material de relleno 3 contra todas las paredes 2 de la cavidad 1, rellenando completamente cualquier espacio de la bóveda y provocando un estado de tensión en las paredes 2, con la posible deformación hacia el exterior de dichas paredes 2. La presión de expansión máxima de la sustancia sintética 4 depende de la composición de la sustancia sintética y aumenta con la resistencia que oponen el material de relleno 3 y las paredes 2 de la cavidad 1 contra dicha expansión.

La presión de expansión máxima de la sustancia sintética en condiciones de confinamiento total se encuentra comprendida ventajosamente entre 200 kPa y 20.000 kPa , preferentemente es superior a 500 kPa .

La expansión de la sustancia sintética 4 provoca una compactación y/o carga del material de relleno 3, alcanzando además, si dicho material de relleno 3 está constituido por material en forma granular, el contacto mutuo entre los gránulos que la componen.

La sustancia sintética 4 es una sustancia compuesta por lo menos por dos compuestos, que se mezclan en un dispositivo apropiado y se bombean hacia los segundos conductos 8, preferentemente con una presión comprendida entre 5 y 30 bares.

La sustancia sintética 4 presenta preferentemente un tiempo de reacción, comprendido como el intervalo de tiempo entre cuando se mezclan los compuestos y cuando se inicia la expansión, que se encuentra comprendido sustancialmente entre 2 y 80 segundos, preferentemente entre 2 y 15 segundos.

El tiempo de reacción de la sustancia sintética 4 es tal que permite que dicha sustancia circule correctamente a través de los segundos conductos 8 sin bloquear los mismos y al mismo tiempo limita considerablemente la dispersión de dicha sustancia antes de la expansión en los intersticios que existen entre los granulos o elementos que constituyen el material de relleno 3. Ello permite, gracias a la expansión de la sustancia sintética 4, compactar el material de relleno 3 y ejercer una presión uniforme hacia la bóveda o hacia los intersticios de la cavidad 1 y/o llenar directamente los mismos, rellenando de este modo completa y totalmente la cavidad 1, permitiendo al mismo tiempo un ahorro considerable de sustancia expansible 4, que resulta muy costosa, y en los tiempos de producción. Se ha de considerar, de hecho, que el volumen total de todos los intersticios que existen entre los granulos o elementos que constituyen el material de relleno 3 (si dicho material está constituido por material sólido en forma granular), tras el llenado completo de una cavidad 1, crea un estado opcional de tensión permanente en las paredes 2 que delimitan la cavidad 1 hasta el punto de producir, si resulta necesario, una deformación de dichas paredes 2, que puede equivaler incluso a de un 20 a un 30% del volumen total de dicha cavidad 1.

De nuevo, con esta finalidad, la viscosidad de la sustancia sintética 4 antes de la reacción química para la expansión, se encuentra comprendida preferentemente entre 100 mPa·s y 700 mPa·s a la temperatura de 25°C.

Además, la viscosidad de la sustancia sintética 4 pasa de dicho valor a un valor que tiende al infinito en un intervalo de tiempo comprendido entre 5 segundos y 80 segundos partiendo del inicio de la reacción química para la expansión.

La sustancia sintética 4 está constituida preferentemente por una espuma de poliuretano de celdas cerradas.

Dicha sustancia sintética 4 está constituida preferentemente por un isocianato de MDI y por una mezcla de polioles.

Únicamente a título de ejemplo, el isocianato de MDI puede estar constituido por el producto URESTYL® 10, fabricado por la empresa holandesa Resina Chemie, mientras que la mezcla de polioles comprende un poliéter poliólico y/o un poliéster poliólico, un catalizador y agua, tal como el producto RESINOL® AL 1409 fabricado por la misma empresa.

La mezcla de dichos dos compuestos produce una espuma de poliuretano expansible cuya densidad, cuando finaliza su expansión en la atmósfera, es decir, sin confinamiento alguno, es aproximadamente de 30 kg/m³ y varía en función de la resistencia contra la expansión a la que se somete, hasta un máximo de 1200 kg/m³ en condiciones de confinamiento total. Generalmente, la densidad de la sustancia sintética 4, tras su inyección en la cavidad 1 y en el material de relleno 3, tras la expansión, se encuentra comprendida entre 50 kg/m³ y 200 kg/m³.

La sustancia sintética 4, once inyectada y endurecida, presenta preferentemente una resistencia a la tracción comprendida sustancialmente entre 0,3 MPa y 1,9 MPa y una resistencia a la compresión comprendida sustancialmente entre 0,2 MPa y 2,4 MPa, a las densidades de 50 kg/m³ y 200 kg/m³ respectivamente.

Además, el módulo de elasticidad de la sustancia sintética 4 tras su expansión y endurecimiento puede ser del mismo orden de magnitud que el módulo de elasticidad del suelo que rodea la cavidad 1 y del material de relleno 3, de tal modo que se garantice la cooperación completa entre ambos materiales que se encuentran en la cavidad 1 y entre el llenado de la cavidad 1 y el suelo circundante en cualquier estado de deformación que se produzca en la zona, es decir, con un valor comprendido sustancialmente entre 10 MPa y 50 MPa, a las densidades de 50 kg/m³ y 200 kg/m³, respectivamente.

El resultado del procedimiento según la presente invención se puede valorar instalando, en el intradós de la cavidad 1, en puntos seleccionados, unas unidades de determinación de la presión 9, que detecten el aumento del estado de tensión entre el material de relleno 3 y las paredes 2 de la cavidad durante la realización de la etapa de saturación.

En particular, las unidades de determinación de la presión 9 se pueden disponer en la cavidad 1, antes de realizar la etapa de saturación, a través de los primeros orificios 5 utilizados para introducir el material de relleno 3 durante la etapa de relleno.

El volumen de la cavidad 1 a saturar se puede observar de antemano mediante una cámara de televisión 11, opcionalmente de tipo infrarrojo, y determinarse con un instrumento de medición mediante rayo láser, tal como un telémetro láser. Ambos instrumentos, dispuestos opcionalmente en una varilla rígida 12, se disponen provisionalmente en la cavidad 1 a través de los primeros orificios 5 y se giran en el interior de la cavidad 1 de tal modo que se desplacen a lo largo de las direcciones principales (ver la figura 2).

En su utilización, se ha descubierto que el procedimiento según la presente invención alcanza totalmente el objetivo pretendido, ya que permite garantizar el llenado completo de las cavidades y la tensión opcional de las paredes que delimitan dichas cavidades, eliminando el efecto anterior de discontinuidad estructural provocado por la presencia de las cavidades.

Además, el procedimiento según la presente invención se puede realizar con unos costes notablemente inferiores y unos tiempos más reducidos que los requeridos por los tipos conocidos de procedimientos y se puede realizar con un equipo compacto y uniforme e incluso en la proximidad inmediata de viviendas y si el espacio disponible es limitado.

Una ventaja particular del procedimiento según la presente invención es que requiere la utilización de unas cantidades muy pequeñas de la sustancia expansible sintética, ya que la sustancia sintética, gracias a su viscosidad antes de la expansión, de su tiempo de expansión y de su gran aumento de viscosidad desde cuando empieza a expandirse, se dispersa muy poco entre los intersticios del material de relleno que se utiliza en la etapa de relleno y en cualquier grieta de las paredes que delimitan la cavidad que se debe saturar, además de poder alcanzar una compactación y/o carga del material de relleno excelentes y la tensión opcional de las paredes que delimitan la cavidad.

Aunque el procedimiento según la presente invención se ha concebido particularmente para saturar cavidades subterráneas, se puede utilizar asimismo en cualquier caso para saturar cavidades que se encuentren encima del suelo, tales como por ejemplo huecos estructurales, depósitos, etcétera, o en cuerpos en general, tales como elementos construidos que comprenden los garajes subterráneos, sótanos de almacenamiento, etc.

Pueden introducirse en el procedimiento así concebido varias modificaciones y variaciones, compren-

didadas en su totalidad dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas; todos los detalles se pueden sustituir posteriormente con otros elementos técnicamente equivalentes.

5 La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente italiana n.º MI2004A002149.

10 Cuando las características técnicas mencionadas en cualquiera de las reivindicaciones van seguidas por unos símbolos de referencia, dichos símbolos de referencia se han incorporado únicamente para aumentar la inteligibilidad de las reivindicaciones.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para saturar las cavidades presentes en una masa de suelo o en un cuerpo construido en general con el fin de restablecer su continuidad estructural, **caracterizado** porque comprende, en secuencia:

- una primera etapa de preparación, durante la que están previstos en la zona de la masa de suelo o cuerpo en general comprendida entre la cavidad (1) y una superficie de trabajo (10) que se encuentra en el exterior de la masa de suelo o cuerpo construido en general unos primeros orificios (5) para conectar una cavidad (1) con el exterior;
- por lo menos una etapa de por lo menos llenado parcial de la cavidad (1) introduciendo un material de relleno (3) en la cavidad (1) a través de dichos primeros orificios (5), estando constituido dicho material de relleno (3) por un material en estado fluido que solidifica tras un tiempo prefijado o por un material inerte en estado sólido;
- por lo menos una etapa de saturación de la cavidad (1) introduciendo en dicha cavidad una sustancia sintética fluida (4) que se expande y se endurece mediante reacción química y se adapta para generar, como consecuencia de su expansión, por lo menos la saturación de la cavidad (1) y una compactación y/o carga de dicho material de relleno (3) introducido en la cavidad (1) en dicha etapa de relleno.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética fluida (4) presenta una viscosidad y un tiempo de reacción química de expansión que están adaptados para producir únicamente el llenado parcial de cualquier intersticio presente en dicho material de relleno (3) y/o cualquier grieta presente en las paredes (2) que delimitan la cavidad (1).

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la cantidad de dicha sustancia sintética fluida (4) introducida en la cavidad (1) durante dicha etapa de saturación y su grado de expansión por reacción química están adaptados para producir, como un efecto de la expansión de dicha sustancia sintética fluida, un estado de tensión permanente en las paredes (2) que delimitan la cavidad (1).

4. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha superficie de trabajo (10) está dispuesta por encima de dicha cavidad (1) y porque dichos primeros orificios (5) se extienden sustancialmente verticalmente o a lo largo de unas direcciones inclinadas con respecto a la vertical.

5. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque durante dicha etapa de relleno dicho material de relleno (3) es introducido en la cavidad (1) a través de unos primeros conductos (6) insertados en dichos primeros orificios (5).

6. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la distancia entre dos orificios contiguos de dichos primeros orificios (5) se encuentra comprendida sustancialmente entre 1 m y 20 m.

7. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos primeros orificios (5) presentan un diámetro comprendido sustancialmente entre 15 mm y 300 mm.

8. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos primeros conductos (6) presentan un diámetro comprendido sustancialmente entre 10 y 250 mm.

9. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el tiempo de solidificación de dicho material de relleno (3) se encuentra comprendido sustancialmente entre 30 segundos y 24 horas.

10. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho material de relleno (3) en estado fluido presenta una densidad comprendida sustancialmente entre 20 kg/m³ y 2.400 kg/m³.

11. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho material de relleno (3), tras la solidificación, presenta una resistencia a la compresión simple comprendida sustancialmente entre 1,5 kg/cm² y 500 kg/cm².

12. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho material de relleno (3), tras la solidificación, presenta un módulo de deformación comprendido sustancialmente entre 30 kg/cm² y 400.000 kg/cm².

13. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho material de relleno (3) está constituido por hormigón.

14. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque dicho material de relleno (3) está constituido por material inerte en estado sólido en gránulos.

15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dicho material de relleno (3) se introduce en la cavidad mezclándose con un fluido de transporte.

16. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dicho material de relleno presenta una densidad comprendida sustancialmente entre 200 kg/m³ y 2.000 kg/m³.

17. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque la resistencia a la compresión simple de gránulos de dicho material de relleno (3) se encuentra comprendida sustancialmente entre 5 kg/cm² y 2.000 kg/cm².

18. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque el ángulo de fricción interior de dicho material de relleno (3) se encuentra comprendido sustancialmente entre 20° y 45°.

19. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque el módulo de deformación de dicho material de relleno (3) se encuentra comprendido sustancialmente entre 250 kg/cm² y 800.000 kg/cm².

20. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque el tamaño de los gránulos de dicho material de relleno (3) se encuentra comprendido sustancialmente entre 0,001 mm y 50 mm.

21. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dicho material de relleno (3) está constituido por arena y/o grava.

22. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dicho material de relleno (3) está constituido por arcilla expandida.

23. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dicho material de relleno (3) está constituido por residuos de procedimientos industriales.

24. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque comprende, antes de dicha etapa de saturación, una segunda etapa de preparación durante la que se conforman unos segundos orificios (7), partiendo de dicha superficie de trabajo (10), y se dirigen hacia dicha cavidad (1) encima de dicho material de relleno (3) y/o hacia dicho material de relleno (3).

25. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos segundos orificios (7) se extienden sustancialmente verticales y/o a lo largo de la dirección que está inclinada con respecto a la vertical.

26. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque durante dicha etapa de saturación, dicha sustancia sintética (4) se introduce en la cavidad (1) a través de dichos primeros orificios (5) y/o a través de dichos segundos orificios (7).

27. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque durante dicha etapa de saturación, dicha sustancia sintética (4) se introduce en la cavidad (1) bombeándose a través de unos segundos conductos (8) introducidos en dichos primeros orificios (5) y/o a través de dichos segundos orificios (7).

28. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la distancia entre dos orificios contiguos de dichos segundos orificios (7) se encuentra comprendida sustancialmente entre 1 m y 20 m.

29. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos segundos orificios (7) presentan un diámetro comprendido sustancialmente entre 10 mm y 100 mm.

30. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos segundos conductos (8) presentan un diámetro comprendido sustancialmente entre 6 mm y 50 mm.

31. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética (4) presenta una expansión potencial de volumen comprendida sustancialmente entre 2 y 30 veces su volumen antes de la expansión.

32. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética (4) presenta una expansión potencial de volumen comprendida sustancialmente entre 10 y 30 veces su volumen antes de la expansión.

33. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la presión de expansión máxima generada por dicha sustancia sintética (4) es superior a la presión producida por el peso del material de relleno (3) que se encuentra presente encima de la salida de dichos segundos conductos (8).

34. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la presión de expansión máxima de dicha sustancia sintética, en condiciones de confinamiento total, se encuentra comprendida sustancialmente entre 200 kPa y 20.000 kPa.

35. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la presión de expansión máxima de dicha sustancia sintética (4), en condiciones de confinamiento total, es superior a 500 kPa.

36. Procedimiento según una o más de las rei-

vindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética (4) es una sustancia con dos componentes que se mezclan previamente y se bombean hacia la cavidad (1).

37. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la presión con la que dicha sustancia sintética (4) se bombea hacia dicha cavidad (1) se encuentra comprendida sustancialmente entre 5 bares y 30 bares.

38. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el tiempo de reacción de dicha sustancia sintética (4) se encuentra comprendido sustancialmente entre 2 segundos y 80 segundos.

39. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el tiempo de reacción de dicha sustancia sintética (4) se encuentra comprendido sustancialmente entre 2 segundos y 15 segundos.

40. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la viscosidad de dicha sustancia sintética (4), antes de la reacción química para la expansión, se encuentra comprendida sustancialmente entre 100 mPa·s y 700 mPa·s a la temperatura de 25°C.

41. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la viscosidad de dicha sustancia sintética (4) alcanza un valor que tiende al infinito en un intervalo de tiempo comprendido sustancialmente entre 5 segundos y 80 segundos partiendo del inicio de la reacción química para la expansión.

42. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética (4) está constituida por una espuma de poliuretano de celdas cerradas.

43. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética (4) está constituida por un isocianato de MDI y por una mezcla de polioles.

44. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética (4) presenta una densidad, al final de la reacción química para la expansión y el endurecimiento, sin confinamiento, sustancialmente de 30 kg/m³.

45. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética (4) presenta una densidad, al final de la reacción química para la expansión y el endurecimiento, en condiciones de confinamiento total, de 1.200 kg/m³.

46. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética (4) presenta una densidad, al final de la reacción química para la expansión y el endurecimiento, en las condiciones de confinamiento que se producen durante su utilización, comprendida sustancialmente entre 50 kg/m³ y 200 kg/m³.

47. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética (4), tras la reacción química para la expansión y el endurecimiento, en las condiciones de confinamiento que se producen durante su utilización, presenta una resistencia a la tracción comprendida sustancialmente entre 0,3 MPa y 1,9 MPa para unas densidades comprendidas sustancialmente entre 50 kg/m³ y 200 kg/m³.

48. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética, tras la reacción química para la expansión y el endurecimiento, en las condiciones de confinamiento que se producen durante su utilización, presenta una resistencia a la compresión comprendida sustancialmente entre 0,2 MPa y 2,4 MPa para unas densidades comprendidas sustancialmente entre 50 kg/m³ y 200 kg/m³.

49. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha sustancia sintética (4), tras la reacción química para la expansión y el endurecimiento, en las condiciones de confinamiento que se producen durante su utilización, presenta un módulo de elasticidad comprendido sustancialmente entre 10 MPa y 50 MPa para unas densidades comprendidas sustancialmente entre 50 kg/m³ y 200 kg/m³.

50. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque durante la realización de dicha segunda etapa, se mide la presión aplicada a las paredes (2) de la cavidad (1) por dicha sustancia sintética (4) durante su expansión.

51. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha

medición de la presión se realiza mediante unas unidades de medición de la presión (9), que se introducen en dicha cavidad (1) a través de dichos primeros orificios (5) y se disponen en un intradós de la cavidad.

52. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque comprende una etapa preliminar para medir la cavidad (1) que se debe rellenar.

53. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha etapa de medición preliminar comprende una etapa de inspección de la cavidad (1) mediante una cámara de televisión (11).

54. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha etapa de medición preliminar comprende una medición de la cavidad (1) que se debe rellenar mediante un telémetro láser.

55. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha etapa de medición preliminar se realiza antes de dicha etapa de relleno introduciendo los instrumentos de medición (11) en la cavidad a través de dichos primeros orificios (5).

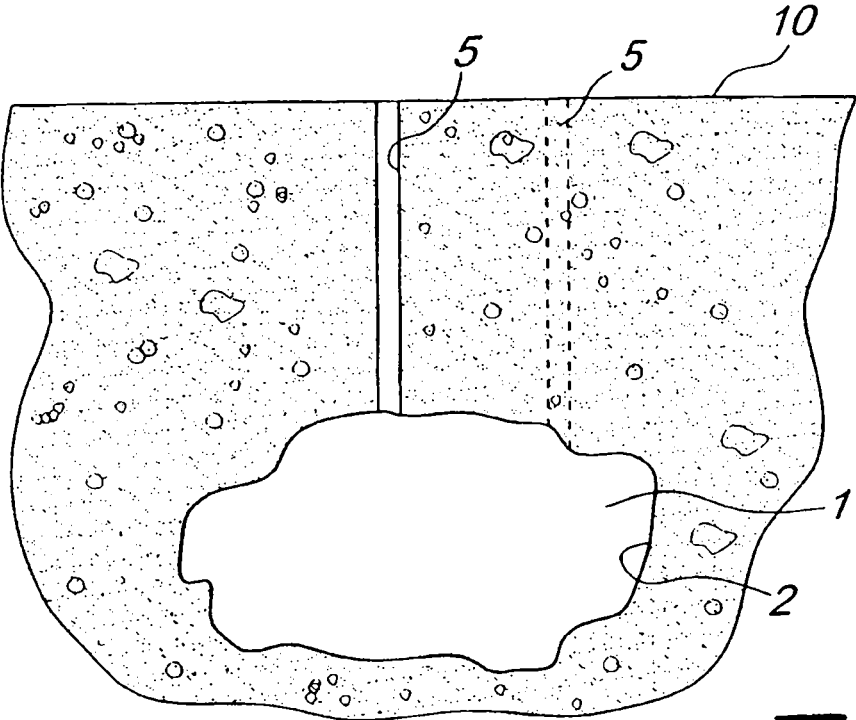


Fig. 1

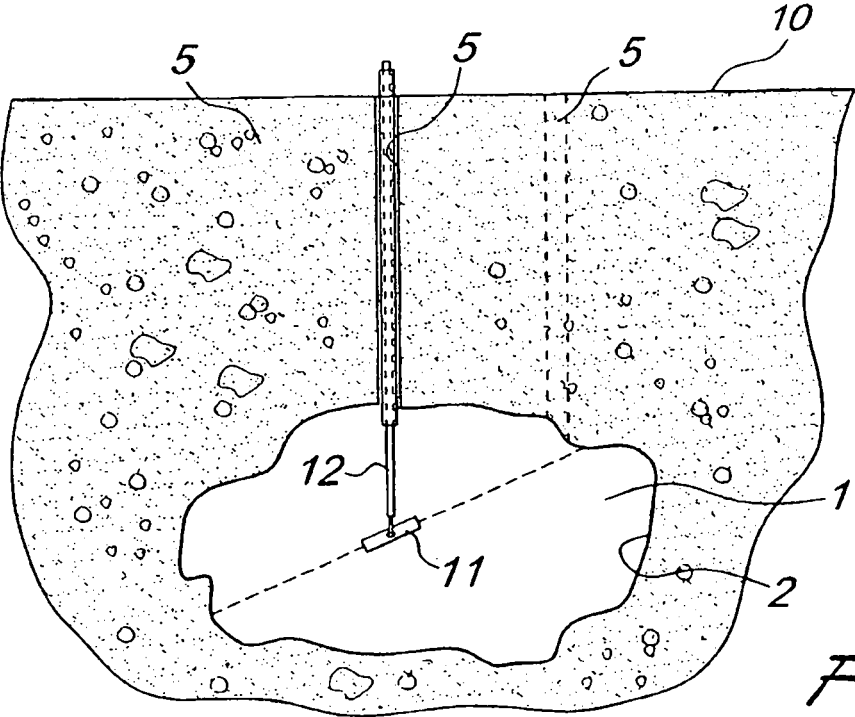


Fig. 2

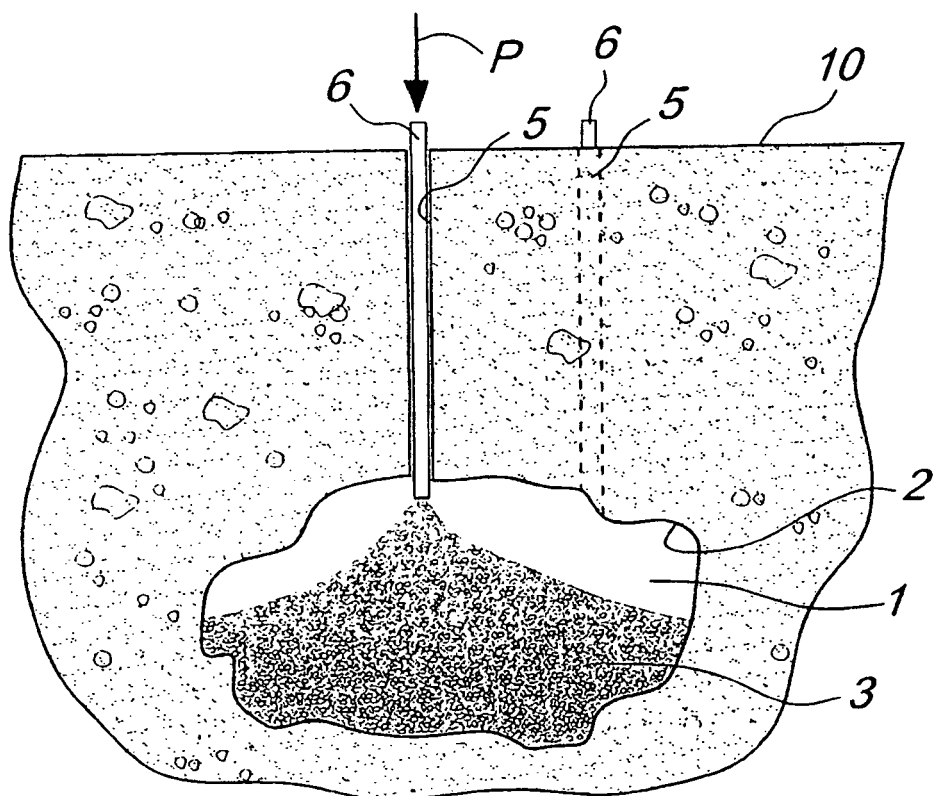


Fig. 3

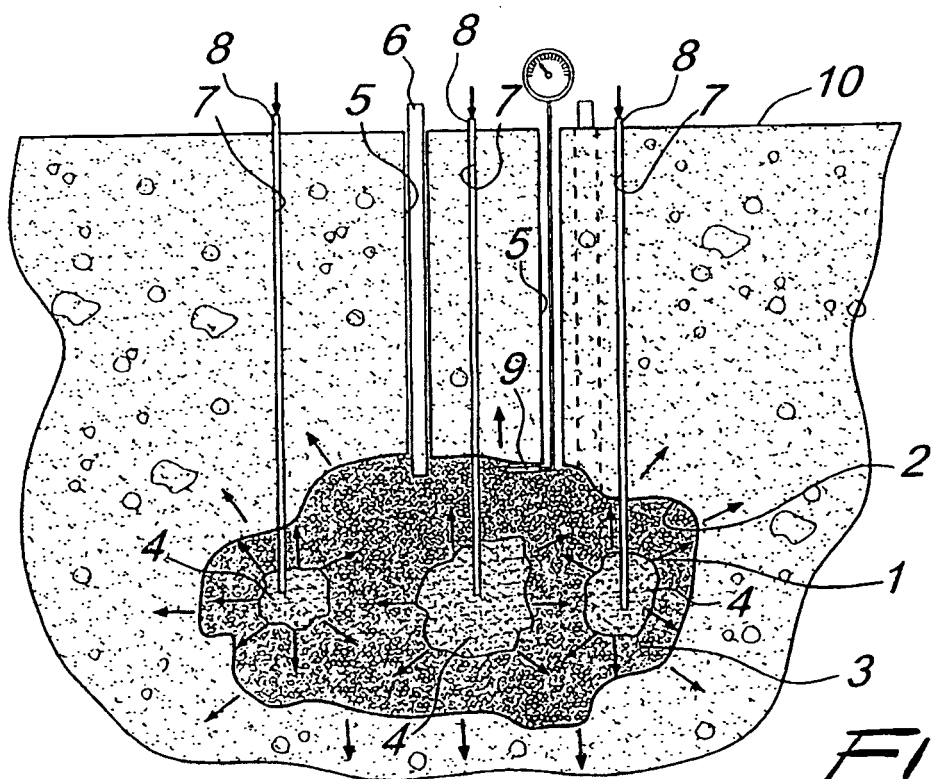


Fig. 4