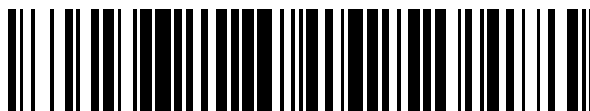


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 154**

51 Int. Cl.:

E02D 27/34 (2006.01)

E02D 37/00 (2006.01)

E02D 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08001690 .0**

96 Fecha de presentación: **30.01.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **1956147**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.08.2008**

54 Título: **Método de protección sísmica local para obras de construcción existentes y/o posibles destinado a las zonas de cimentación y las que rodean la construcción de la edificación**

30 Prioridad:
09.02.2007 IT RE20070014

45 Fecha de publicación de la mención BOPÍ:
09.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.10.2012

73 Titular/es:
**GEOSEC S.R.L.
VIA FEDERICO II, 10
43100 PARMA, IT**

72 Inventor/es:
**Occhi, Marco;
Occhi, Andrea y
Gualerzi, Daniele**

74 Agente/Representante:
Arias Sanz, Juan

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).

ES 2 388 154 T3

DESCRIPCIÓN

Método de protección sísmica local para obras de construcción existentes y/o posibles destinado a las zonas de cimentación y las que rodean la construcción de la edificación.

5 Esta invención se refiere a un método para la protección sísmica local destinado a oponerse a posibles daños que resultan de acciones mecánicas activadas de eventos sísmicos en zonas edificables y/o edificadas en general, en particular, en cimentaciones o en las zonas que rodean las edificaciones.

10 La solicitud de patente alemana n.º DE 4304816 da a conocer una punta de desplazamiento diseñada como guía de deslizamiento de sección decreciente en el extremo de un tubo introducido en el terreno. Cuando se retira el tubo, se abre un hueco anular a través del que penetra una pasta granular o un polvo seco en la cavidad producida por la retirada. Cuando se hace avanzar de nuevo el tubo, se desplaza el granulado y se compacta junto con el subsuelo circundante; vibraciones axiales y torsionales ayudan a esta acción sin alterar el entorno sensible. El instrumento se presiona hacia dentro mediante un tubo protector y de guía y se retira y se hace avanzar repetidamente para la inyección y compactación del granulado en diversas posiciones de trabajo. Se configura el instrumento como una bomba con elementos de accionamiento y control. El mismo instrumento también sirve como sonda de modo que pueden adaptarse el tipo y la cantidad del granulado. Puede alimentarse un grupo de varillas de inyección de este tipo de manera que se produzca una estabilización cuidadosa, fiable y óptima desde el punto de vista económico. Pueden insertarse posteriormente varillas o tubos para una mejora adicional, refuerzo o monitorización de prueba en las zonas mejoradas en forma de columna.

Este documento describe un equipo para medir vibraciones en condiciones estáticas.

20 La solicitud de patente internacional n.º WO 2004044335 describe un método en el que se perforan pozos (1) en el terreno para la inyección de lechadas sumamente expansivas (5), de modo que se rellenan los vacíos del subsuelo y éste se compacta y por tanto se reduce el potencial de licuación bajo fuerzas de vibración y terremotos.

En esta solicitud de patente, se describe un control basado en la distancia que se realiza durante la inyección.

25 Se sabe que cuando se produce un terremoto, la energía elástica acumulada se libera en el terreno, parcialmente en forma de ondas sísmicas elásticas que se propagan con velocidad variable según el medio que cruzan. En particular, durante un evento sísmico, las ondas que se propagan sobre la superficie "S" son responsables de los daños más graves a edificaciones en general, y son las que deben tenerse más en cuenta para los problemas sísmicos locales. Estos efectos sobre obras son particularmente importantes en la sección vertical del terreno (por ejemplo, dentro de los primeros 30 metros desde el nivel de superficie) y especialmente en zonas urbanas en las que, durante los terremotos, tienden a concentrarse la mayoría de los daños en zonas en las que, por ejemplo, una fuerte heterogeneidad estructural y subterránea favorecen complejos fenómenos de interferencia de ondas sísmicas que pueden producir localmente considerables amplificaciones del movimiento del terreno.

35 Considerando que el peligro sísmico se define como el nivel probable de temblor del terreno asociado con que se produzca un terremoto, con el fin de cumplir con los reglamentos actuales cada territorio se ha dividido en categorías de peligrosidad según un procedimiento denominado macrozonación sísmica; sin embargo, se sabe que tal división no tiene en cuenta los posibles efectos de amplificación debidos al paso del movimiento sísmico a través de las capas sedimentarias más próximas a la superficie, y por tanto puede ser inadecuada para representar situaciones locales que, debido a sus características particulares, pueden mostrar niveles de peligrosidad sísmica muy diferentes. Este es el motivo por el que es esencial referirse a la microzonación sísmica del territorio en la que los valores de peligrosidad reflejan más estrictamente las condiciones locales. En este caso, el análisis de respuesta sísmica local constituye la parte fundamental de las actividades de microzonación: requiere un enfoque multidisciplinar que integra contribuciones proporcionadas por la sismología, geofísica, geotécnica e ingeniería de estructuras.

El objeto de esta invención se basa en estas suposiciones.

45 Se sabe que actualmente se adoptan diversas técnicas de defensa/control con el fin de proteger edificaciones en general frente a la acción sísmica, principalmente aplicadas a estructuras de edificación. Estas intervenciones se planifican de manera pasiva tomando "el contexto del terreno" a nivel de peligrosidad sísmica y centrando principalmente la atención en la estructura de las edificaciones.

50 Por tanto, existen varios tipos diferentes de intervención sobre estructuras soportadas. Los tipos activos (más complejos y caros) ejercen una fuerza contraria dinámica frente a la acción sísmica cuando se produce el evento, mientras que los tipos de control pasivo (más recientes) en algunos casos buscan efectos de aislamiento que prevén la interposición de elementos de desconexión con fuerte deformabilidad (horizontal) y fuerte rigidez axial (vertical) entre cimentaciones y superestructuras, en un intento por desvincular el movimiento del terreno del de las estructuras que se encuentran por encima del terreno, como alternativa a los efectos de disipación que prevén la inserción de arriostramientos frente a viento de disipación en las estructuras de edificación adecuados para absorber por su parte la energía sísmica.

También se sabe que es posible oponerse a los efectos sísmicos también a través de controles híbridos, es decir, combinaciones de técnicas de control activo y pasivo; como consecuencia, por tanto, en determinados casos es muy complejo y caro planificar y llevar a cabo trabajos de adaptación sísmica en edificaciones existentes.

5 El método para la protección sísmica según esta invención tiene como objetivo centrarse principalmente en el terreno bajo y alrededor de las edificaciones, con el objetivo de lograr un mayor nivel de respuesta sísmica local en ese terreno, modificando adecuadamente sus características físicas y químicas.

Sólo en una fase posterior, tras haber obtenido una mejor respuesta sísmica local, será posible proporcionar a los diseñadores de estructuras los parámetros de proyecto sísmicos y geotécnicos básicos para una intervención adecuada y más precisa en las edificaciones, con gran ventaja para la seguridad y los costes de las obras.

10 Para ello, se sabe que la propagación de ondas sísmicas superficiales en el terreno se produce en un medio heterogéneo según modos dispersivos, y también teniendo en cuenta que diferentes frecuencias corresponden a diferente velocidad de fase; en particular, la dispersión geométrica, en oposición a la dispersión intrínseca de los materiales, depende de las geometrías (grosor) de las capas atravesadas. De hecho, en un terreno no homogéneo o estratificado que tiene propiedades mecánicas variables, la heterogeneidad también se refleja en la propagación de
15 ondas superficiales.

Diferentes longitudes de onda, relacionadas con diferentes profundidades, afectan a materiales con propiedades mecánicas desiguales y se propagan según la velocidad de fase, dependiendo de las propiedades mecánicas (módulos de elasticidad). Como resultado, las ondas superficiales son las que son más fiables para proporcionar una información precisa sobre las características mecánicas del terreno atravesado porque, tal como se mencionó
20 anteriormente, no se propagan en fluidos sino sólo en el armazón sólido. Por este motivo, además de introducir nuevos métodos de cálculo, recientes normas técnicas para el diseño de proyectos a prueba de sismos en adaptación a normas europeas y mundiales, también han introducido una nueva clasificación de terrenos para definir la acción sísmica del proyecto basándose en el parámetro V_{s30} . Este último representa la velocidad de propagación promedio de las ondas "S" dentro de los primeros 30 metros de profundidad (bajo los niveles de cimentación de la edificación) y depende del grosor en metros y de la velocidad de las ondas de cizalla a través de la capa, de orden n por un total de N capas en las que se divide tal profundidad.

25 Un aumento en la medición de V_{s30} conduce a un aumento en las propiedades mecánicas del medio atravesado con el consiguiente aumento en su rigidez. De manera similar, una reducción en el valor de V_{s30} correspondería a menos rigidez del propio medio.

30 También se sabe que, en condiciones particulares de tensión mecánica desde el exterior, cuanto más rígido mecánicamente es un medio, más fuerte es su resistencia a la acción sísmica, hasta su punto de rotura final, en el que inevitablemente se colapsa.

Por tanto, en la hipótesis de una acción antrópica sobre el terreno que favorezca un aumento en la velocidad de las ondas "S", denominada V_s , esto daría como resultado un aumento de la rigidez del medio atravesado, con la mejora
35 consiguiente de las características mecánicas del volumen del terreno referido.

Por tanto, en algunos casos en los que puede ser necesario, un aumento en la rigidez del medio podría dar como resultado una reducción en los efectos sísmicos potencialmente peligrosos sobre edificaciones.

Por tanto, el objeto de esta invención es proponer un nuevo método de intervención antrópica no invasivo y eficaz, que puede actuar directamente no sobre las estructuras sino sobre los terrenos de cimentación de edificaciones
40 existentes, en zonas edificables en general y en terrenos circundantes, inyectando productos, también de expansión, tal como para modificar las características químicas y físicas, y por consiguiente, las propiedades mecánicas de los propios terrenos, favoreciendo la atenuación de cualquier efecto sísmico dirigido a las edificaciones de maneras que son diferentes y personalizadas según su contexto.

El problema se resuelve mediante un método según la reivindicación 1.

45 La invención resuelve el problema mediante un método que varía las características físicas y químicas y por consiguiente, las características mecánicas de los terrenos de cimentación en general, que consiste en inyecciones dirigidas de productos, también de expansión, en el terreno, eficaces incluso en presencia de agua y/o humedad, realizadas a través de tubos de inyección especiales y con objeto de actuar sobre las partes del terreno que requieren una reducción en el posible efecto sísmico hacia las estructuras suprayacentes, con una mejora de la
50 respuesta sísmica local.

Se localizan y monitorizan tales partes del terreno con una frecuencia y geometrías predeterminadas antes, durante y después de dichas intervenciones de inyección dirigida, a través de una serie de fuentes sísmicas (activadores) y series de receptores (transductores) para la medición instrumental geofísica conectada a sistemas de adquisición multicanal (sismógrafos/acelerómetros) y de procesamiento electrónico informático que pueden analizar y verificar
55 las características de los propios terrenos y de establecer la extensión de las intervenciones de inyección que han de

realizarse para oponerse a los efectos generados por posibles fenómenos sísmicos a un nivel local. Esto es para crear condiciones uniformes en las mismas partes del terreno correspondientes a las presentes en las zonas en las que están atenuándose de forma natural fenómenos sísmicos locales de manera satisfactoria.

5 Un objeto principal de la invención es obtener la atenuación de los efectos sísmicos potencialmente peligrosos sobre terrenos de edificación y sobre edificaciones existentes y zonas circundantes actuando directamente sobre el terreno, modificando con la inyección dirigida de productos, también de expansión, eficaz incluso en presencia de agua y/o humedad, las correlaciones de peso/volumen de las diversas fases: sólida, líquida y gaseosa, considerando que estas correlaciones pueden ser variables y diferentes según los componentes que constituyen los terrenos en cuestión, tales como: turba, arcilla, limo, arena, grava, roca, fracciones mixtas de los mismos o según se clasifican por normas recientes.

10 Otro objeto de este método, destinado a garantizar tanto una atenuación satisfactoria de los efectos sísmicos como una estabilidad eficaz con el tiempo de las intervenciones llevadas a cabo, es realizar una monitorización que también tenga en cuenta la distribución correcta de los productos inyectados, y sobre todo, los efectos que tienen en el terreno, con el fin de seleccionarlos según las características más adecuadas de los mismos, tales como: densidad, nivel de estabilidad dimensional con el tiempo, iteración con humedad o agua con el tiempo, resistencia a la cizalla, módulo de elasticidad, etcétera, según las aplicaciones específicas que parecen ser necesarias en cada punto de intervención.

15 Con fines de investigación adicional, puede ser útil integrar la etapa de inyección en el terreno con una tomografía eléctrica de profundidad o superficie o con pruebas cuantitativas puntuales (CPT) y toma de muestras de testigos.

20 Además, gracias a la monitorización también durante el funcionamiento, es posible modificar adecuadamente tanto los parámetros del sistema de inyección en el sitio, tales como temperatura de producto y mezclado correcto de las fórmulas usadas, como las características químicas, físicas y mecánicas durante la mutación del terreno.

25 Para lograr la reducción/atenuación de los posibles efectos sísmicos en el terreno y mejorar la respuesta sísmica local, es posible ventajosamente y de manera rentable intervenir usando un sistema de acción integrada, con inyecciones dirigidas, y un control directo durante el funcionamiento, con lecturas geofísicas, y realizar los cambios adecuados al proyecto inicial basándose en datos medidos de manera constante en la monitorización total, finalización y/o corrección de cualquier deficiencia en los elementos primitivos disponibles.

30 Un objeto adicional consiste en el hecho de usar un método para medir y controlar el sistema de inyección en el terreno, no simplemente puntual, sino basado en el análisis global y en la comparación de referencias cruzadas de los parámetros principales del terreno durante la mutación; esto se obtiene con un sistema integrado de inyección y monitorización que permite gestionar las diferentes etapas de intervención: planificación, ejecución y validación final, determinando la distribución de parámetros geotécnicos precisos bajo tierra y su variación con el tiempo; la monitorización geofísica adoptada puede lograr diferentes niveles de restitución gráfica/interpretativa incluso a nivel tridimensional (3D) y permite medir las condiciones del terreno en cuestión, los efectos inducidos por las inyecciones en el mismo y la consiguiente atenuación de ondas sísmicas, incluso bajo la huella de las edificaciones, sin tener que realizar trabajos de excavación o demolición con fines de inspección y diagnóstico convencionales.

35 Esencialmente, al atenuar los efectos sísmicos locales en las proximidades de edificaciones, interviniendo directamente sobre el terreno mediante el método de esta invención, es posible obtener también una optimización considerable de los costes y beneficios finales, definiendo ventajosamente una microzonación sísmica exacta de ese terreno tratado, modificando adecuadamente y según se necesite la respuesta sísmica local relativa con la consecución de las siguientes ventajas principales:

- reducción de cualquier adaptación y mejora estructural de las edificaciones;
- aumento real de la seguridad sísmica según la respuesta sísmica local relativa y la consiguiente limitación de los daños proporcionados por posibles terremotos a las estructuras;
- 45 - definición localizada y dirigida de volúmenes de terreno en los que es necesario intervenir.

Además, la monitorización de los efectos encontrados en el volumen del terreno durante el funcionamiento también proporciona las siguientes ventajas adicionales:

- definición dirigida de las cantidades y características requeridas de los productos, también de expansión, que van a inyectarse;
- 50 - optimización de los tiempos de intervención.

La invención se describe en detalle según una realización no limitativa con referencia al dibujo adjunto, en el que:

la figura muestra el sistema de inyección-monitorización según la invención, aplicado en un terreno típico en las proximidades de una edificación.

Con referencia a la figura y a la realización de ejemplificación de la invención a una edificación F con cimentaciones (3), establecido en un terreno, que sobre un sustrato compacto (1), tiene características de terreno (2) (capa 1, capa 2) favorables para la amplificación de los posibles efectos de fenómenos sísmicos hacia la misma edificación a diferencia de las capas más profundas, el objeto es monitorizar el comportamiento del terreno en cuestión antes, durante y después de las intervenciones de inyección, y se logra disponiendo en el mismo terreno, sobre la superficie con redes sísmicas o en profundidad a través de pozos de sondeo verticales (no mostrados), al menos una serie de elementos transmisores fuente (6) (activadores) de ondas elásticas simuladas, y al menos una serie alineada de receptores (4) (transductores) que, tras la generación controlada de ondas sísmicas simuladas en un punto del terreno predeterminado, por medio de cargas explosivas, cañones sísmicos, martillo de picar o similar, reciben la llegada de las mismas en otros puntos geométricos predeterminados.

Los activadores y transductores se conectan a al menos un sistema de adquisición de datos multicanal (5) (sismógrafo/acelerómetro) que detecta los datos medidos para permitir que al menos un procesador electrónico (PC, 7) trace modelos del terreno caracterizados por una velocidad de propagación/aceleración diferentes de las ondas elásticas, para determinar las geometrías y la distribución espacial de los mismos, para obtener con precisión todos los parámetros mecánicos importantes que caracterizan el medio atravesado. El número de mediciones de los elementos transmisores y receptores (4) es cada vez mayor según el nivel de precisión necesario que haya que lograr. Las diversas combinaciones de mediciones realizadas, así como la disposición geométrica de los elementos de monitorización se seleccionan entonces de modo que se garantice una cobertura específica del volumen del terreno en cuestión y de la estructura en reposo. Las técnicas de medición operativas puede ser diferentes según el nivel de precisión requerido; de hecho, es posible funcionar tanto al nivel natural del terreno, disponiendo receptores y transmisores en líneas y a distancias predeterminadas, como usando uno o más pozos perforados en los que se insertan tanto los receptores como los transmisores.

Procesando los datos adquiridos por el PC y el software dedicado, se ejecuta una reconstrucción gráfica que permite realizar inyecciones controladas y dirigidas de los productos requeridos, en las proporciones y combinaciones determinadas específicamente. El/los calculador(es) de PC electrónico(s) puede(n) configurarse, sin distinción, directamente en el sitio o en ubicaciones separadas y conectarse a través de una red, por ejemplo a través de Internet.

Los sistemas de inyección (11) y las unidades de adquisición y procesamiento de datos pueden situarse sobre el terreno o sobre medios autopropulsados. El número de referencia (8) indica ejemplos de colocación dirigida de tubos de inyección para los productos, también de expansión, que van a inyectarse, el número de referencia (9) la zona que va a recuperarse, el número de referencia (10) un terminal de inyección conectado a una unidad de inyección móvil, no ilustrada.

El procedimiento de funcionamiento de este método se articula sustancialmente en las siguientes etapas principales de funcionamiento:

a) Disposición de al menos una serie de receptores (4) anclados al terreno virgen y/o a la estructura que va a examinarse y conectados a al menos una unidad de adquisición de datos multicanal (5) (sismógrafo/ acelerómetro) y al menos un procesador electrónico (PC 7), ubicado en el sitio o en una ubicación separada, con conexión a través de una red.

b) Disposición de una o más fuentes de activación (6) de ondas elásticas en el terreno.

c) Activación del terreno por medio de cargas explosivas o martillos de picar o equivalentes y medición preliminar de los valores de velocidad de propagación de las ondas sísmicas simuladas en el medio atravesado.

d) Procesamiento por ordenador con software dedicado de los datos medidos y consiguiente representación gráfica (mapeo) incluso en múltiples dimensiones de las características halladas en el terreno inspeccionado (respuesta sísmica local antes de la intervención) lo que permite fijar el primer nivel de proyecto de inyección dirigida; más específicamente: posible geometría de las intervenciones de inyección, número y niveles y horizontales y verticales de los puntos de inyección, tipo y características del producto o productos que van a inyectarse.

e) Perforación de pozos en el terreno, destinada a lograr los volúmenes litológicos que requieren una mejora de la respuesta sísmica local también según el nivel de atenuación requerido de los efectos mecánicos del seísmo sobre la edificación.

f) Inserción de tubos de inyección (8) en los pozos anteriores, dotados preferiblemente aunque no de manera limitada de mezcladoras estáticas, y ejecución de la inyección dirigida en el terreno según secuencias establecidas basándose en los datos monitorizados y procesados por el calculador electrónico (PC, 7); siendo los productos de inyección, también de expansión, a modo de ejemplo no exhaustivo espumas de poliuretano bicomponente que consisten en fórmulas químicas especializadas u otros, o bien con células abiertas o bien con células cerradas para las acciones prevalentemente mecánicas, y preferiblemente zeolitas naturales o sintéticas, tamices moleculares o alternativamente, gel de sílice y similares, para "paralizar" las acciones del volumen de terreno tratado, con el fin de reducir los efectos de hinchamiento y hundimiento de la litología tratada, y para garantizar un aumento en la

duración de los beneficios de compactación mecánica con el tiempo, gracias a la acción de captura hidrófoba de las moléculas de agua intersticiales que pueden estar presentes en el terreno, o alternativamente, cristalizar los enlaces de las mismas con el propio terreno.

5 Dicha “paralización” de mezclas de productos químicos puede introducirse incluso en múltiples niveles de inyección, en pozos perforados en el terreno tanto verticalmente como inclinados, y a cualquier distancia entre dos adyacentes, en una única disolución o por separado para cada componente de la misma, o bien con aire comprimido o bien en forma líquida mediante permeación lenta o a presión, usando sistemas de inyección dotados o no de boquillas terminales para controlar la dirección de flujo.

10 g) En el caso de saturación de agua de media a alta en la zona subterránea que está tratándose, cuando se considere necesario, es posible activar también un efecto de drenaje eficaz para favorecer al menos una expulsión parcial de la misma, impidiendo así que se confine o concentre accidentalmente tras las inyecciones en otras partes del terreno circundante. Tales acciones pueden desarrollarse opcionalmente usando tubos especiales insertados en canales de inyección no usados aún y colocados adecuadamente según las imágenes obtenidas a partir de las lecturas del terreno.

15 h) Durante las siguientes inyecciones dirigidas de productos también de expansión, eficaces incluso en presencia de agua y/o humedad, y con objeto de actuar sobre las partes identificadas del terreno (2) que requieren una reducción del posible efecto sísmico hacia las estructuras suprayacentes, el sistema de monitorización continúa midiendo, según frecuencia temporizada e incluso con posibles geometrías de instalación diferentes, las variaciones de los parámetros geofísicos sobre la parte del terreno en cuestión, permitiendo la comparación continua y directa en el
20 sitio con las mediciones anteriores adquiridas.

i) Los datos adquiridos entonces se invierten/modelan/procesan mediante el PC electrónico que, por medio de software dedicado que comprende algoritmos simuladores de las características de velocidad y/o aceleración variables para el análisis mediante sistema matemático, determina y dispone directamente en el sitio restituciones interpretativas gráficas en múltiples dimensiones hasta el nivel 3D, de los volúmenes del terreno que está
25 tratándose, según sus características geofísicas en ese momento.

l) Basándose en las comparaciones entre las mediciones llevadas a cabo en tiempos diferentes y secuenciales, es posible corregir y/o modificar los parámetros de inyección del proyecto durante el funcionamiento, comparar los últimos datos adquiridos e intervenir con inyecciones dirigidas adicionales y de más precisión, actuando sobre los parámetros físico-mecánicos de los sistemas de inyección, tales como: niveles de inyección, temperaturas,
30 presiones, cantidades de productos inyectados, tipos de productos de inyección, grado de cualquier mezclado, densidad, etcétera, hasta que se logra el nivel de respuesta sísmica local requerido.

El sistema de inyección/monitorización según la invención puede integrarse opcionalmente, además de como ya se ha mencionado anteriormente con inspecciones de calidad mediante tomografía eléctrica, también con pruebas cuantitativas puntuales tradicionales sin apartarse del alcance y objeto de la misma.

35 En las etapas de inyección referentes específicamente a la superficie de contacto: terreno de cimentación, y volúmenes por debajo de la estructura de cimentación y su perímetro, es necesario integrar la monitorización sobre el terreno, preferiblemente con uno o más sensores de movimiento de precisión fijados adecuadamente tanto al terreno como a la estructura de la edificación (vertical y horizontal) también con el fin de anticipar y por consiguiente evitar posibles daños a las estructuras durante las inyecciones de resinas de expansión. Esencialmente, con el fin de
40 trabajar cerca de las edificaciones, el método se lleva a cabo de manera segura colocando previamente una serie de sensores de movimiento adicionales x, y, z sobre el terreno y sobre la estructura referida. Dichos sensores de movimiento, diferentes de los anteriores para la monitorización del terreno, se disponen en relación unos con otros para formar una malla de cuadrícula geométrica adecuada y se conectan por cable o de manera inalámbrica con procesadores de PC que procesan los datos adquiridos en tiempo real y devuelven valores de movimiento, rotación
45 e inclinación posteriormente a las acciones antrópicas sobre el terreno a la pantalla de visualización y globalmente.

Aunque se ha descrito e ilustrado esta invención según realizaciones de la misma, proporcionadas a modo de un ejemplo no limitativo únicamente, resultará evidente para los expertos en la técnica que es posible realizar cambios a las etapas de funcionamiento, mediciones, adquisición y procesamiento de datos e intervenciones de inyección
50 dirigida con el fin de modificar las características físicas y químicas de los terrenos con el fin de atenuar los efectos sísmicos potencialmente peligrosos, sin apartarse del alcance y objeto de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para la protección sísmica local de zonas edificables y/o edificadas dirigido a terrenos de cimentación y/o terreno circundante de dichas zonas edificables y/o edificadas que consiste en inyecciones integradas y/o simultáneas de productos químicos, también de expansión, en el terreno, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:
 - i. disponer una pluralidad de receptores (4) sobre dichos terrenos de cimentación y/o terreno circundante o sobre la estructura que va a examinarse, conectándose dichos receptores a un procesador electrónico (PC 7);
 - ii. disponer una o más fuentes sísmicas (6) sobre el terreno;
 - iii. realizar una generación controlada de ondas sísmicas por medio de dichas fuentes sísmicas (6);
 - iv. medir los valores de velocidad de las ondas sísmicas simuladas y otros parámetros geofísicos indicativos de la respuesta sísmica del terreno de cimentación y/o del terreno circundante a dicha generación de ondas sísmicas;
 - v. procesar por ordenador dichos parámetros geofísicos medidos fijando un primer proyecto de inyección;
 - vi. inyectar en el terreno dichos productos químicos de expansión, que son resinas de poliuretano, según dicho primer proyecto de inyección;
 - vii. medir de manera continua dichos parámetros geofísicos durante dicha inyección de dichos productos químicos de expansión;
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha primera etapa de inyecciones actúa para reducir la tendencia plástica de la litología tratada a dar efectos de hinchamiento y hundimiento, según la acción de captura hidrófoba de las moléculas de agua intersticiales en contacto, según la generación de enlaces nuevos y más fuertes destinados a aumentar los beneficios mecánicos de compactación y rigidez con el tiempo que resultan de posteriores inyecciones de mezclas de productos químicos de expansión.
3. Método según reivindicaciones 1 a 2, caracterizado porque la definición de la posición de puntos de inyección, la cantidad de productos o mezclas de productos químicos, y las características de reacción de tales productos, se determinan y se modifican basándose en los efectos identificados durante el funcionamiento en los volúmenes del terreno antes y durante las inyecciones dirigidas, y porque las condiciones de los volúmenes tratados se comparan secuencialmente con las condiciones antes de la última inyección realizada, hasta que se logra un nivel de respuesta sísmica local más seguro, también obtenidas mediante comparación con volúmenes de terreno circundante que tienen parámetros sísmicos adecuados.
4. Método según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque usa mediciones y controles de las inyecciones dirigidas en el terreno basándose en el análisis global y en la comparación de los parámetros principales del terreno durante la fase dinámica de reequilibración mediante un sistema integrado de inyección y monitorización geofísica que gestiona las diversas etapas de intervención.
5. Método según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque comprende una etapa de monitorización para controlar los efectos obtenidos durante operaciones de "sobre el terreno" a "subterráneas" en los volúmenes del terreno tratados con inyecciones de mezclas de productos químicos por medio de barridos geofísicos tomográficos hasta el nivel 3D.
6. Método según las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque dichos productos químicos de expansión se introducen en el terreno o bien con aire comprimido o bien en forma líquida para una permeación lenta o a presión usando sistemas de inyección.
7. Método según las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque dichos productos químicos de expansión se introducen en el terreno en una única disolución o por separado para cada componente de la misma.
8. Método según las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque dichos productos químicos de expansión para la fase preliminar se componen según el contexto litológico de zeolitas sintéticas y/o naturales, tamices moleculares en general, o alternativamente gel de sílice.

9. Método según las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque dichos productos químicos de expansión se introducen en el terreno también en múltiples niveles de inyección.
- 5 10. Método para la protección sísmica local de zonas edificables y/o edificadas dirigido a terrenos de cimentación y/o a los que rodean las edificaciones según las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque dichos productos químicos de expansión se inyectan simultáneamente a través de pozos perforados en el terreno que pueden ser tanto verticales como inclinados y a cualquier distancia entre dos adyacentes.
- 10 11. Método según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dichas intervenciones de inyección dirigida se basan en correcciones y/o modificaciones de los parámetros del primer proyecto de inyección durante el funcionamiento y se obtienen y se realizan basándose en las comparaciones entre las mediciones llevadas a cabo en tiempos diferentes y secuenciales, basándose en las evaluaciones de las últimas mediciones y basándose en intervenciones realizadas en los parámetros físico-mecánicos de los sistemas de inyección, tales como: niveles de inyección, temperaturas, presiones, tiempos, cantidades de productos inyectados, tipos de productos de inyección, grado de cualquier mezclado, densidad, viscosidad.
- 15 12. Método según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la monitorización, llevada a cabo con frecuencias y geometrías predeterminadas antes, durante y después de dichas intervenciones de inyección dirigida comprende activadores (6) simuladores de ondas sísmicas, y al menos una serie de receptores de medición de instrumentos geofísicos (4), situados sobre el terreno o insertados en pozos de sondeo y/o fijados a la estructura que va a protegerse y conectados a al menos un componente multicanal (5) para adquirir series de mediciones; conectándose dicha unidad multicanal (acelerómetro/sismógrafo) a al menos un procesador electrónico (PC-7), dotado de software dedicado que comprende algoritmos simuladores de las características sísmicas de los terrenos que estén tratándose, directamente necesario para determinar las configuraciones gráficas multidimensionales de los mismos.
- 20 13. Método según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque para llevar a cabo intervenciones en las proximidades de edificaciones, se lleva a cabo el método de manera segura situando previamente una serie de sensores de movimiento adicionales x, y, z sobre el terreno y sobre la estructura en cuestión; dichos sensores, diferentes de los anteriores para la monitorización del terreno, se conectan entre sí para formar una malla de cuadrícula geométrica adecuada y se conectan a través de una red por cable o de manera inalámbrica a procesadores de PC que pueden devolver el conjunto de datos medidos en tiempo real.
- 25

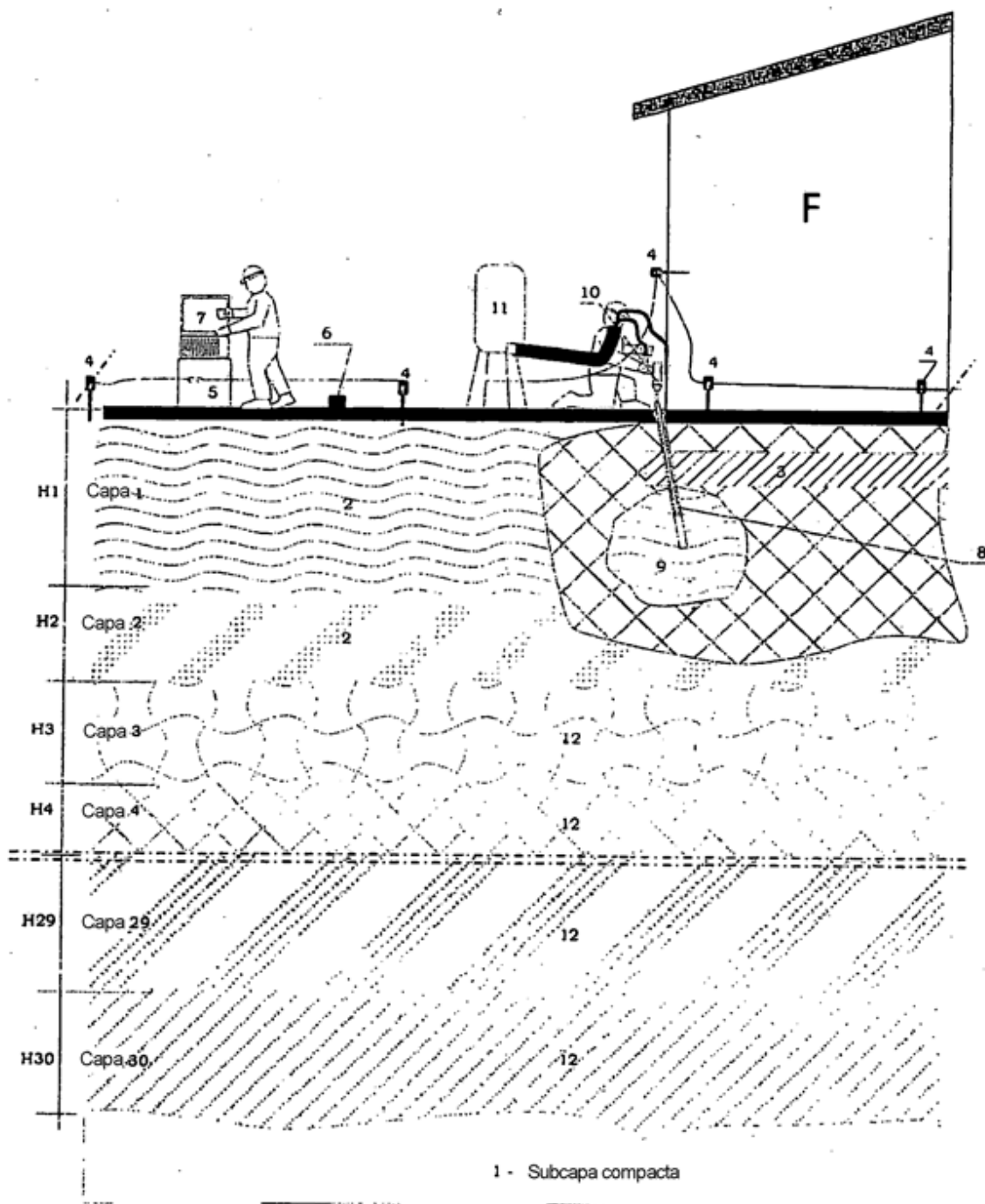


FIG. 1