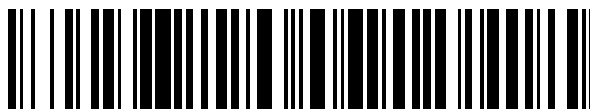


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 851**

51 Int. Cl.:

G01M 5/00 (2006.01)

G01N 27/02 (2006.01)

G01R 31/11 (2006.01)

G01N 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2013** **PCT/FR2013/053169**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014** **WO14096706**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2013** **E 13818350 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019** **EP 2936108**

54 Título: **Procedimiento para supervisar una obra de ingeniería civil**

30 Prioridad:

20.12.2012 FR 1262393

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.05.2020

73 Titular/es:

SOLETANCHE FREYSSINET (50.0%)
280 avenue Napoléon Bonaparte
92500 Rueil Malmaison, FR y
INSTITUT FRANÇAIS DES SCIENCES ET
TECHNOLOGIES DES TRANSPORTS, DE
L'AMÉNAGEMENT ET DES RÉSEAUX (50.0%)

72 Inventor/es:

TAILLADE, FRÉDÉRIC;
HOVHANESSIAN, GILLES y
FREITAG, NICOLAS

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 762 851 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 supervisar una obra de ingeniería civil

5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere a los procedimientos y sistemas para supervisar una obra de ingeniería civil, en particular, una obra que incluye unos armazones de refuerzo metálicos.

10 Estado de la técnica

El uso de armazones metálicos es muy corriente en las obras de ingeniería civil. Por ejemplo, se utilizan unos cables metálicos bajo tensión para mejorar las propiedades mecánicas de ciertas obras de hormigón. Otro ejemplo consiste en colocar unas tiras metálicas o unas mallas metálicas en unas obras de tipo suelo reforzado. Otro ejemplo también

consiste en utilizar unos tirantes de anclaje metálicos para mantener o tensar una estructura o un edificio.

Los armazones metálicos de acero presentan unas muy buenas propiedades mecánicas, pero tienen como inconveniente que están sometidos a los ataques de la corrosión. Se conoce que se protegen unos armazones metálicos de acero de este tipo por una galvanización, por una metalización, por una protección catódica o por otro método de pasivación o de uso de revestimiento. Sin embargo, aparece necesario supervisar, en el transcurso del tiempo, el estado de salud de unos armazones metálicos de este tipo, en concreto, para las obras cuya duración de utilización puede exceder varias decenas de años. Es preferible poder proceder a una supervisión de este tipo de manera no intrusiva, es decir, sin intervenir directamente en el cuerpo de la obra.

Ya se han propuesto unos métodos no intrusivos para supervisar el estado de salud de los armazones metálicos, en concreto, a partir del documento FHWA-NHI-09-087, basados en la toma de muestra de pruebas testigo o en unas mediciones resistivas. Sin embargo, los métodos de mediciones resistivas no permiten identificar un defecto estructural local, como una pérdida de materia local o una muesca que pueden manifestarse en uno o varios armazones de la obra. Por su parte, la toma de muestra de pruebas testigo no aporta más que una información fragmentaria y unas numerosas obras que existen no están provistas de unas pruebas de este tipo.

Por lo tanto, ha aparecido una necesidad de mejorar las soluciones no intrusivas conocidas para supervisar el estado de salud de los armazones metálicos y poder detectar un defecto estructural eventual relacionado con la corrosión y/o con el envejecimiento, por ejemplo.

El documento FR2972264 describe un método para determinar y localizar unos defectos eléctricos por reflectometría en una red de estructura metálicas. El documento DE10102577 describe un método similar aplicado a una estructura de hormigón. En el documento JPH08201324 se propone un método para medir la impedancia del hormigón para determinar el estado de dicho hormigón.

Objeto de la invención

A estos efectos, según la presente invención, se propone un procedimiento para supervisar una obra de ingeniería civil, que comprende al menos un primer armazón metálico que contribuye al aguante mecánico de dicha obra y un elemento conductor de referencia, que forma con el primer armazón un par de dos conductores, estando dichos dos conductores separados por material dieléctrico sobre una parte de su longitud, estando dicho material dieléctrico formado por un material de construcción o de relleno, teniendo el primer armazón y el elemento conductor de referencia cada uno un primer extremo eléctricamente accesible, comprendiendo el procedimiento:

- A- inyectar al menos una señal eléctrica incidente aplicada en diferencial entre los primeros extremos del primer armazón y del elemento conductor de referencia,
- B- capturar unas señales reflejadas que regresan a lo largo de los conductores, medidas entre los primeros extremos del primer armazón y del elemento conductor de referencia,
- C- analizar las señales reflejadas, para deducir de ello un la presencia de un defecto estructural eventual localizado del primer armazón, así como la localización de este defecto a lo largo del primer armazón, en el que el elemento conductor de referencia está formado por un segundo armazón.

Gracias a estas disposiciones, se utilizan las propiedades de propagación de las señales a lo largo de los conductores y es posible identificar un defecto estructural, incluso muy puntual o localizado sobre la longitud del armazón; también se puede identificar la posición de un defecto eventual de este tipo a lo largo del armazón; además, se puede identificar una alteración de la longitud del armazón, por ejemplo, debido a un corte o a una porción totalmente corroída.

En diversos modos de realización de la invención, eventualmente, se puede recurrir, además, a una y/o a la otra de las siguientes disposiciones, tomada aisladamente o en combinación:

- se comparan las señales reflejadas con unas señales de referencia; mediante lo cual se utilizan unas señales de referencia sin utilizar unos elementos de comparación absolutos;
- el elemento conductor de referencia puede estar formado por un elemento no sometido a la corrosión; mediante lo cual este elemento no sometido a la corrosión es un testigo inalterable y un defecto eventual revelado por las señales reflejadas se puede atribuir sin ambigüedad al primer armazón;
- el elemento conductor de referencia está formado por un segundo armazón; de modo que el procedimiento se puede implementar en unas obras preexistentes, utilizando, entonces, el procedimiento únicamente los armazones metálicos de refuerzo de origen;
- se comparan las señales reflejadas con unas señales reflejadas anteriormente registradas; de modo que se puede efectuar un seguimiento en el tiempo de las características y del estado de salud del armazón en función del envejecimiento de la obra;
- se comparan las señales reflejadas con unas señales reflejadas relativas a otro par de conductores; mediante lo cual es posible efectuar un seguimiento en el espacio de la obra y, en particular, es posible utilizar unas mediciones relativas para identificar los armazones más dañados de entre una pluralidad de armazones, pero también para apreciar el estado de envejecimiento de la obra a partir del nivel de heterogeneidad de estas mediciones comparativas;
- se puede utilizar un método de reflectometría temporal para el análisis y la comparación de las señales reflejadas; mediante lo cual es posible determinar la posición de un defecto estructural sobre la longitud del armazón;
- la señal eléctrica incidente puede comprender varios componentes de frecuencia predeterminados y se procede a un análisis de los componentes de frecuencia de las señales reflejadas; mediante lo cual un análisis de frecuencia de este tipo es un método más robusto que un método temporal puro;
- el método puede comprender, además, una etapa previa antes de la etapa A-: A0- proporcionar un acceso para establecer un contacto eléctrico con cada uno de los primeros extremos del primer armazón y del elemento conductor de referencia; mediante lo cual el procedimiento se puede utilizar en unas obras existentes, comprendidas unas obras antiguas;
- el método puede comprender, además, una etapa complementaria en la que se proporciona un acceso a los segundos extremos de los dos conductores, se capturan unas señales transmitidas a lo largo de conductores hasta dichos segundos extremos y se analizan dichas señales transmitidas con referencia a unas señales transmitidas de referencia; mediante lo cual se puede hacer fiable la detección de defecto estructural localizado por la complementariedad del análisis de las señales reflejadas y de las señales transmitidas;
- la obra es una obra en suelo reforzado, estando el material dieléctrico formado por el suelo, extendiéndose los armazones principalmente según una dirección longitudinal desde un paramento de obra y estando sustancialmente paralelos espaciados por una distancia D, siendo dichos armazones, por ejemplo, unos clavos geotécnicos o unos tirantes de anclaje; de modo que el procedimiento se puede aplicar a un número de obras en suelo reforzado, comprendidas las ya existentes;
- la obra puede comprender un paramento y un relleno y puede comprender una sucesión de lechos de armazones de los que al menos una parte está conectada al paramento y de capas de suelo colocadas por relleno y que forman dicho relleno, siendo dichos armazones, por ejemplo, unas tiras metálicas lisas o provistas de nervaduras; mediante lo cual la aplicación del procedimiento está particularmente adaptada a las obras en suelo reforzado a base de paramento y de suelo relleno;
- los armazones están conectados mecánicamente al paramento y un conductor eléctrico auxiliar permite unir eléctricamente cada armazón a un contacto eléctrico accesible desde la superficie exterior del paramento; de modo que las placas de paramento pueden estar predisuestas para una fácil implementación del procedimiento;
- los armazones presentan una longitud comprendida entre 2 m y 20 m y la distancia D está comprendida entre 0,2 m y 3,0 m; de modo que el procedimiento se puede utilizar para una gran variedad de armazones y de obras;
- la obra puede comprender un revestimiento de pretensado que comprende al menos un cable metálico de pretensado que forma el primer armazón y un conductor eléctrico que forma el conductor de referencia, separados por una lechada de llenado, siendo dicho conductor eléctrico, por ejemplo, un hilo eléctrico revestido; de este modo, el procedimiento se puede aplicar a unos sistemas de cables de pretensado para las obras de hormigón pretensado.

Descripción de las figuras

- Otros aspectos, finalidades y ventajas de la invención aparecerán a la lectura de la siguiente descripción de sus modos de realización de la invención, dados a título de ejemplos no limitativos. La invención se comprenderá mejor, igualmente, respecto a los dibujos adjuntos en los que:
- la figura 1 es una vista esquemática en corte de una obra de tipo suelo reforzado en la que se puede implementar el procedimiento según la invención,
 - la figura 2 es una vista más detallada de la obra de la figura 1,
 - la figura 3 es una vista esquemática en corte de una obra de tipo estructura de hormigón pretensado que representa un segundo modo de realización en el que se puede implementar el procedimiento según la invención,
 - la figura 4 muestra un detalle en corte transversal según la línea de corte IV-IV en la Figura 3,

- la figura 5 muestra un almacén afectado por un defecto estructural,
- la figura 6 muestra un ejemplo de cronogramas de las señales implementadas,
- la figura 7 muestra una vista detallada en corte de un elemento de paramento de la obra de la Figura 1,
- la figura 8 ilustra el procedimiento objeto de la invención,
- 5 - la figura 9 es una vista esquemática en corte de una obra estabilizada por unos tirantes geotécnicos que representa un tercer modo de realización en el que se puede implementar el procedimiento según la invención,
- la figura 10 es una vista esquemática en corte de una obra estabilizada por clavado geotécnico que representa un cuarto modo de realización en el que se puede implementar el procedimiento según la invención.

10 Descripción detallada de la invención

En las diferentes figuras, las mismas referencias designan unos elementos idénticos o similares.

- 15 La figura 1 muestra una obra **10** de tipo suelo reforzado, que comprende un paramento **5**, construido, por ejemplo, a base de placas de hormigón **50** prefabricadas y una zona de relleno **3** constituido de tierra, arenas, gravas o cualesquiera materiales de construcción disponibles para formar la zona de relleno **3**.

Dicha zona de relleno está reforzada por unos armazones metálicos **1**, como se conoce en la técnica, pudiendo los armazones metálicos estar conectados al paramento **5** de manera conocida.

20 En la práctica, este género de obra se edifica por capas sucesivas; se instalan unas placas prefabricadas de paramento sobre una cierta altura, se instala una pluralidad de armazones **1** al mismo nivel horizontal, lo que se llama un "lecho" de armazones, que se anclan cada uno en la placa de paramento frente por frente; luego, se llega a aportar material de relleno **3** por encima de los armazones metálicos instalados hasta una altura cercana a la porción superior de las placas de paramento instaladas; llegado el caso, el material de relleno se compacta con un artefacto de compactación. Luego, se reiteran las operaciones anteriores, capa después de capa hasta la altura prevista para la obra.

30 Este tipo de obra puede ser, a título de ejemplo, una barrera, un dique, un estribo de puente, un basamento de vía de ferrocarril o de vía de carretera, una rivera de canal, una obra de retención de diversos fluidos y/o materias emisores de lixiviados, una construcción destinada a ampliar o levantar una obra existente, un talud circunscrito por un paramento o, más generalmente, cualquier otra obra de ingeniería civil.

35 Este tipo de obra se puede recubrir sobre su porción superior por una cubierta **30** destinada a impedir la penetración de fluidos de escorrentía o de precipitación directamente en el relleno **3** de la obra.

40 Los armazones **1** antes mencionados están realizados en la práctica de acero galvanizado, que demuestra ser el mejor compromiso en términos de propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión. No obstante, este tipo de obra tiene, en general, una vida útil muy importante, típicamente superior a varias decenas de años. Esta vida útil es, generalmente, sin degradación del nivel de seguridad, pero en ciertos casos unos factores exteriores pueden alterar la durabilidad de los reforzamientos.

45 Los armazones metálicos de acero galvanizado pueden estar sujetos, entonces, a unos ataques de corrosión que pueden variar en el espacio de la obra y en el tiempo. En particular, la zona próxima **31** del paramento **5** puede estar sometida a unas agresiones de corrosión más importantes que el cuerpo del relleno. Asimismo, según las condiciones meteorológicas y/o las estaciones, la obra puede estar sometida a escorrentía de sales de deshielo o a otros productos químicos particularmente corrosivos, en particular, en los casos donde la cubierta **30** está ausente o no desempeña su papel correctamente.

50 De ello resulta que la corrosión puede no ser homogénea en el espacio y en el tiempo y puede provocar unos defectos muy localizados.

Por consiguiente, aparece importante supervisar el buen estado de los armazones metálicos **1**, con el fin de asegurarse de que su estado pueda garantizar las propiedades mecánicas de la obra a todo lo largo de su vida útil.

55 Ventajosamente según la presente invención, se procede a la supervisión del estado de los armazones por un procedimiento no intrusivo.

60 Como se representa en la figura 2, que muestra un par de armazones cercanos de entre la pluralidad de armazones contenidos en la obra, se utiliza un aparataje electrónico **4** vinculado eléctricamente a los dos armazones representados, de los que al menos uno participa en el aguante mecánico de la obra. Los dos armazones representados pueden estar uno por encima del otro, uno al lado del otro, en desvío o cualquier otra disposición, incluso no paralelos entre sí o no perpendiculares al paramento.

65 El aparataje electrónico **4** está destinado a inyectar al menos una señal eléctrica incidente en los terminales de un par de armazones **1**, **2** cercanos en la zona de relleno, haciéndose la inyección de señal preferentemente en modo

diferencial. El material de relleno **3** o de construcción que separa los dos armazones **1, 2** constituye un material dieléctrico cuya permitividad relativa varía con la consistencia y/o la humedad del material de relleno y/o de otros parámetros secundarios.

- 5 En el ejemplo ilustrado, cada uno de los dos armazones **1, 2** se extiende según la dirección axial **X** perpendicular a la superficie del paramento, entre un primer extremo **11, 12** al nivel del paramento y un segundo extremo **21, 22** opuestos al primero y situado en el cuerpo del relleno

- 10 Los dos armazones **1, 2** están separados por una distancia **D**, que se puede situar típicamente en un intervalo de 0,2 m a 3 m, preferentemente entre 0,5 m y 1 m y de manera todavía más preferente entre 0,7 m y 0,8 m. Cabe señalar que, una vez construida la obra, la posición relativa de los dos armazones **1, 2** no evoluciona en el tiempo.

- 15 Los dos armazones **1, 2** pueden presentar unas longitudes diferentes o de manera preferente una longitud semejante, pudiendo el procedimiento implementarse en los dos casos. Los armazones pueden presentar como unas tiras metálicas lisas o provistas de nervaduras, con un espesor de algunos milímetros, por ejemplo, 5 mm y una anchura de algunos centímetros, por ejemplo, 5 cm.

- 20 Los dos armazones **1, 2** son eléctricamente conductores y forman un par de conductores. Este par de conductores forma con el material dieléctrico **3** del relleno una línea de transmisión eléctrica a la que se aplica un método de reflectometría.

Más precisamente, con referencia a la figura 6, el procedimiento comprende típicamente las etapas:

- 25 **A-** inyectar una señal eléctrica incidente **61** aplicada en diferencial entre los primeros extremos **11, 21** de los armazones **1, 2**,
B- capturar unas señales reflejadas **62, 63** que regresan a lo largo de los conductores, medidas entre dichos primeros extremos,
C- analizar las señales reflejadas, para deducir de ello un defecto estructural eventual **9** localizado del primer armazón.

- 30 En la etapa **C-**, ventajosamente, se pueden comparar las señales reflejadas con unas señales de referencia, sin referencia a unos elementos de comparación absolutos.

- 35 Por lo demás, se puede deducir de ello la presencia de un defecto estructural eventual **9** localizado del primer armazón, así como la localización de este defecto a lo largo del primer armazón.

- 40 El hecho de trabajar sobre un par de armazones, es decir, sobre un par de conductores, en modo diferencial, se demuestra fructuoso, mientras que unos intentos hechos inyectando una señal sobre un solo armazón no ha conducido a unos resultados satisfactorios.

- 45 El aparataje electrónico **4** puede estar compuesto por una asociación de un generador de pulsos y de un analizador de señales (osciloscopio digital más tratamiento posterior), por ejemplo, en caso de utilización de la reflectometría temporal o bien el aparataje electrónico **4** puede estar formado por un analizador de red, por ejemplo, en el caso de utilización de la reflectometría de frecuencia.

- 50 Las señales de referencia mencionadas en la etapa **C-** pueden corresponder a unas señales reflejadas por un par de armazón en estado nuevo, para una pluralidad de valor de permitividad relativa del material de relleno, por ejemplo, para unos valores de permitividad relativa que van de 1 a 80 (por ejemplo, de valor 7 para una lechada de cemento). Según una alternativa, dichas señales de referencia pueden ser unas señales medidas sobre este par de armazones particular, mientras que la obra estaba en su estado inicial y el efecto de la variación de permitividad relativa se puede tener en cuenta por cálculo o extrapolación basada en unos resultados anteriores.

- 55 El segundo armazón **2** puede estar formado por un elemento conductor de referencia que no participa necesariamente en el aguante mecánico. En un caso particular, este conductor de referencia se puede elegir para no estar sometido a la corrosión y, de este modo, formar un testigo inalterable, en cuyo caso los defectos eventuales se asignarán de manera no ambigua al primer armazón metálico **1**.

- 60 Con referencia a la figura 6, que ilustra un ejemplo de cronógrafos relativos a un método de reflectometría temporal, la señal eléctrica incidente **61** se inyecta en el instante **T1**. En tiempo normal, la señal reflejada por el par de armazón comprende simplemente un eco **63** que regresa al nivel de los primeros extremos en el instante **T3**, lo que corresponde a la reflexión sobre el segundo extremo **12**. En el caso de la presencia de defecto estructural localizado **9**, tal como se ilustra en la figura 5, unos ecos suplementarios **62** (dibujados en trazo discontinuo) regresan hacia los primeros extremos en el instante **T2** en el ejemplo ilustrado, generalmente, antes del eco principal normal. La posición temporal del eco en el instante **T2** permite identificar y localizar la presencia de un defecto **9** a lo largo del armazón **1**. Por otro lado, la posición temporal del eco principal en el instante **T3** permite verificar que la longitud del armazón (o de los dos armazones) no se ha modificado.

La señal eléctrica incidente **61** puede ser una trama corta que comprende varios componentes de frecuencia o puede asimilarse a un pulso de tipo 'Dirac', también a un tren de pulsos de monofrecuencia, no siendo esta lista limitativa.

5 En una alternativa de método de reflectometría de frecuencia (no representada en las figuras), la señal eléctrica incidente **61** comprende una pluralidad de componentes de frecuencia diferentes. El análisis espectral de las señales reflejadas, en comparación con unos espectros de referencia permite detectar una condición anormal del armazón y deducir de ello la presencia de una o varias anomalías.

10 En particular, la captación de las señales reflejadas se puede producir de manera simultánea con la inyección de la señal incidente.

15 A título de ejemplo no limitativo, se podrán utilizar unos componentes de frecuencia comprendidas entre 5 kHz y 9 GHz. Esta elección se puede hacer más precisamente si la naturaleza del material dieléctrico es bien conocida o no evoluciona en el tiempo.

La presencia de defecto(s) provoca una modificación del espectro de frecuencia; unos picos de absorción esperados se pueden haber desplazado en frecuencia o pueden aparecer unos nuevos picos de absorción.

20 Unos espectros de referencia que se hayan medido sobre la obra mientras que esta era nueva pueden servir de referencia; por lo demás, unas modificaciones de tipo de espectro relacionadas con unos defectos 'simples' (corte) se pueden integrar, igualmente, en una base de datos de espectros de referencia.

25 La aparición de rayas espectrales no esperadas permite identificar un eventual defecto estructural; la intensidad y la expansión de esta raya no esperada permite localizar la presencia de un defecto 9 a lo largo del armazón 1.

Un aparato de tipo analizador de red se utiliza convencionalmente para hacer unas adquisiciones de espectros.

30 Por supuesto, se podrá utilizar una combinación de los dos métodos, temporal y de frecuencia, con el fin de incrementar la precisión de las mediciones efectuadas.

El método se puede implementar para unas obras existentes recientes o antiguas de varios años. En este caso de figura, se podrá perforar la placa de hormigón 50 desde la fachada para alcanzar la pieza de anclaje, con el fin de vincular eléctricamente el aparataje electrónico 4 al armazón alojado en el relleno.

40 El método en cuestión se puede aplicar, igualmente, sobre una obra nueva, en cuyo caso se preverá una predisposición de las placas de hormigón **50**, como se ilustra esto en la figura 7. Más precisamente, el armazón **1** está destinado a estar acoplado mecánicamente a un anclaje **8** insertado en la colada de la placa de hormigón **50**. Por lo demás, una vinculación eléctrica en forma, en el presente documento, de un conductor **7** pone en conexión eléctrica la pieza de anclaje **8** con un terminal de vinculación **70** dispuesto en la cercanía de la fachada exterior **51** del paramento **5**. Este terminal de vinculación **70** puede estar alojado en un conector protegido del entorno y, en concreto, de las inclemencias del tiempo, que se puede recibir en un hueco habilitado en la fachada del paramento **5**. La pieza de anclaje **8** está vinculada eléctricamente al armazón **1** gracias a la unión con pernos **81**.

45 En otro modo de realización representado en las figuras 3 y 4, se utiliza el procedimiento descrito más arriba aplicado a un dispositivo de pretensado de una obra de hormigón pretensado. Un revestimiento de pretensado **6** incluye una pluralidad de cables metálicos, pudiendo dichos cables metálicos estar revestidos o no.

50 Cada cable metálico revestido comprende un núcleo metálico **1'**, llegado el caso, en el interior de un revestimiento protector **72**, **3a** de material sintético, que se puede llenar de grasa según los casos de aplicación. El revestimiento de pretensado **6** incluye, por lo demás, al menos un conductor metálico de referencia **2'**, en este caso concreto, un hilo de cobre revestido de un aislante sintético protector. Después de inserción de los cables metálicos y del (o de los) conductor(es) de referencia, se inyecta una lechada de cemento **3b** en el interior del revestimiento que se solidifica después de un cierto tiempo, una lechada de cemento **3b** de este tipo constituye, con el revestimiento protector **3a** si está presente, un material dieléctrico **3'** que separa los cables metálicos revestidos **1'** y el (o los) controlador(es) de referencia **2'**.

60 En cada uno de los extremos del revestimiento de pretensado, **6** está dispuesta una placa de apoyo **45** sobre la que se llegan a apoyar unos sistemas de mordaza **48** anclados sobre los cables metálicos puestos en tensión, como se conoce en la técnica.

65 En este modo de realización, el acceso a los segundos extremos de los armazones 21, 22 es posible y, por consiguiente, el método puede comprender una etapa de análisis de las señales transmitidas hasta este segundo extremo. Al igual que en el caso de señales reflejadas hacia el primer extremo 11, 12, el análisis de las señales transmitidas hasta el segundo extremo 21, 22, en particular, el análisis de las diferencias con respecto a unas

señales transmitidas de referencia permiten identificar la presencia de defecto eventual, incluso muy localizado, en el armazón metálico 1, 2.

5 En ciertos casos particulares, como los de un recinto de confinamiento nuclear, los segundos extremos 21, 22 y los primeros extremos 11, 12 se pueden encontrar en la proximidad, lo que facilita en la práctica la implementación del aspecto antedicho.

10 Cabe señalar que el material dieléctrico **3'** no es forzosamente homogéneo sobre la longitud de los armazones: en el ejemplo de la figura 3, el revestimiento de pretensado comprende una porción rodeada de hormigón **46** y otra porción rodeada de aire **47**.

15 Por supuesto, en este modo de realización, el conductor de referencia **2'** también puede ser un cable metálico y el método se puede aplicar a cualquier par de cables metálicos de pretensado existentes en un revestimiento de pretensado ya instalado en una obra.

20 En otro modo de realización representado en la figura 9, se puede acudir a un sistema de reforzamiento geotécnico, para el que se instalan unos tirantes metálicos **92** que forman unos armazones en una obra a consolidar. Dichos tirantes están colocados a distancia unos de los otros no forzosamente de manera paralela entre sí; el primer extremo es accesible en la fachada del paramento o de la pared de la obra: en efecto, se emperna el tirante en apoyo sobre una placa de apoyo. Alrededor del segundo extremo del tirante se cuela un cemento **94** de sellado que solidificándose asegura un anclaje en la estructura del entorno.

25 En otro modo de realización no representado en las figuras, los armazones se pueden presentar como unos tirantes que atraviesan una obra a consolidar. En este caso, el acceso es posible en los dos extremos, lo que permite trabajar a la vez sobre las señales reflejadas y sobre las señales transmitidas, como ya se ha indicado más arriba en el caso del revestimiento de pretensado.

30 En también otro modo de realización representado en la figura 10, se puede acudir a un sistema de clavado geotécnico, para el que se instalan unas varillas metálicas llamadas 'clavos' geotécnicos; estos clavos forman unos armazones metálicos **1, 2** de forma análoga a la descripción de los ejemplos anteriores y están separados por el relleno o cuerpo de obra que forma un material dieléctrico. Sobre dichos clavos están fijadas unas bridas **95** que se extienden radialmente a partir de la varilla metálica. Una lechada de cemento **97** se inyecta en las cavidades donde están instalados los clavos. Una placa de presión **96** está dispuesta en el exterior del paramento 5, esta placa está puesta a presión contra el paramento por un sistema de atornillado **98**, en el presente documento, en forma de una tuerca que se llega a atornillar sobre la rosca prevista sobre el extremo 11 del clavo.

35 Cabe señalar que incluso si los segundos extremos 21, 22 de los armazones están en contacto eléctrico, el procedimiento para la implementación de la invención se puede utilizar de todas formas.

40 Cabe señalar que en el caso donde solamente se utilizan unos armazones metálicos que contribuyan al aguante mecánico (sin testigo inalterable), el procedimiento puede acudir a una comparación sucesiva de varios pares de armazones, con vistas a discriminar si un defecto encontrado se puede atribuir al primer o al segundo armazón de un par considerado.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para supervisar una obra de ingeniería civil (10), que comprende al menos un primer armazón (1, 1') metálico que contribuye al aguante mecánico de dicha obra y un elemento conductor de referencia (2, 2'), que
5 forma con el primer armazón un par de dos conductores, estando dichos dos conductores separados por material dieléctrico (3) sobre una parte de su longitud, estando dicho material dieléctrico formado por un material de construcción o de relleno, teniendo el primer armazón (1) y el elemento conductor de referencia (2) cada uno un primer extremo (11, 21) eléctricamente accesible, comprendiendo el procedimiento:
10 **A-** inyectar al menos una señal eléctrica incidente 61 aplicada en diferencial entre los primeros extremos 11, 21 del primer armazón (1) y del elemento conductor de referencia (2),
B- capturar unas señales reflejadas 62, 63 que regresan a lo largo de los conductores, medidas entre los primeros extremos del primer armazón (1) y del elemento conductor de referencia (2),
15 **C-** analizar las señales reflejadas, para deducir de ello la presencia de un defecto estructural eventual (9) localizado del primer armazón, así como la localización de este defecto a lo largo del primer armazón, estando el procedimiento **caracterizado por que** el elemento conductor de referencia está formado por un segundo armazón.
20
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que en la etapa C-, se comparan las señales reflejadas con unas señales de referencia.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el elemento conductor de referencia está
25 formado por un elemento no sometido a la corrosión.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que se comparan las señales reflejadas con unas señales reflejadas anteriormente registradas.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que se comparan las señales reflejadas con unas señales reflejadas relativas a otro par de conductores en la misma obra.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que se utiliza un método de reflectometría temporal para el análisis o la comparación de las señales reflejadas.
35
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la señal eléctrica incidente comprende varios componentes de frecuencia predeterminados y se analizan los componentes de frecuencia de las señales reflejadas.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende, además, una etapa previa antes de la
40 etapa A-:
A0- proporcionar un acceso para establecer un contacto eléctrico con cada uno de los primeros extremos del primer armazón (1) y del elemento conductor de referencia (2).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8 en el que, además, se proporciona un acceso a los
45 segundos extremos (21, 22) de los dos conductores, se capturan unas señales transmitidas a lo largo de conductores hasta dichos segundos extremos (21, 22) y se analizan dichas señales transmitidas con referencia a unas señales transmitidas de referencia.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la obra es una obra en suelo reforzado, estando el material dieléctrico (3) formado por el suelo, extendiéndose los armazones principalmente según una
50 dirección longitudinal (X) desde un paramento (5) de obra y estando sustancialmente paralelos espaciados por una distancia D, siendo dichos armazones, por ejemplo, unos clavos geotécnicos o unos tirantes de anclaje.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la obra comprende un paramento (5) y un
55 relleno (3) y comprende una sucesión de lechos de armazones de los que al menos una parte está conectada al paramento y de capas de suelo colocadas por rellenado y que forman dicho relleno, siendo dichos armazones, por ejemplo, unas tiras metálicas lisas o provistas de nervaduras.
12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, en el que los armazones están conectados mecánicamente al
60 paramento y un conductor eléctrico auxiliar (7) permite unir eléctricamente cada armazón a un contacto eléctrico (70) accesible desde la superficie exterior del paramento;
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 12, en el que los armazones presentan una longitud
65 comprendida entre 2 m y 20 m y la distancia D está comprendida entre 0,2 m y 3,0 m.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la obra comprende un revestimiento de

pretensado que comprende al menos un cable metálico de pretensado (1') que forma el primer armazón y un conductor eléctrico (2') que forma el conductor de referencia, separados por una lechada de llenado, siendo dicho conductor eléctrico, por ejemplo, un hilo eléctrico revestido.

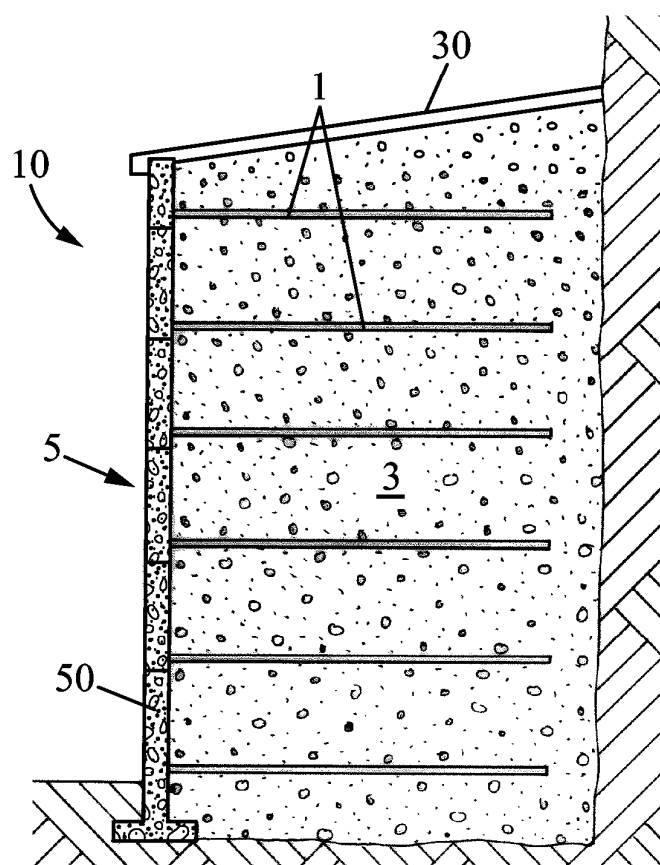


FIG. 1

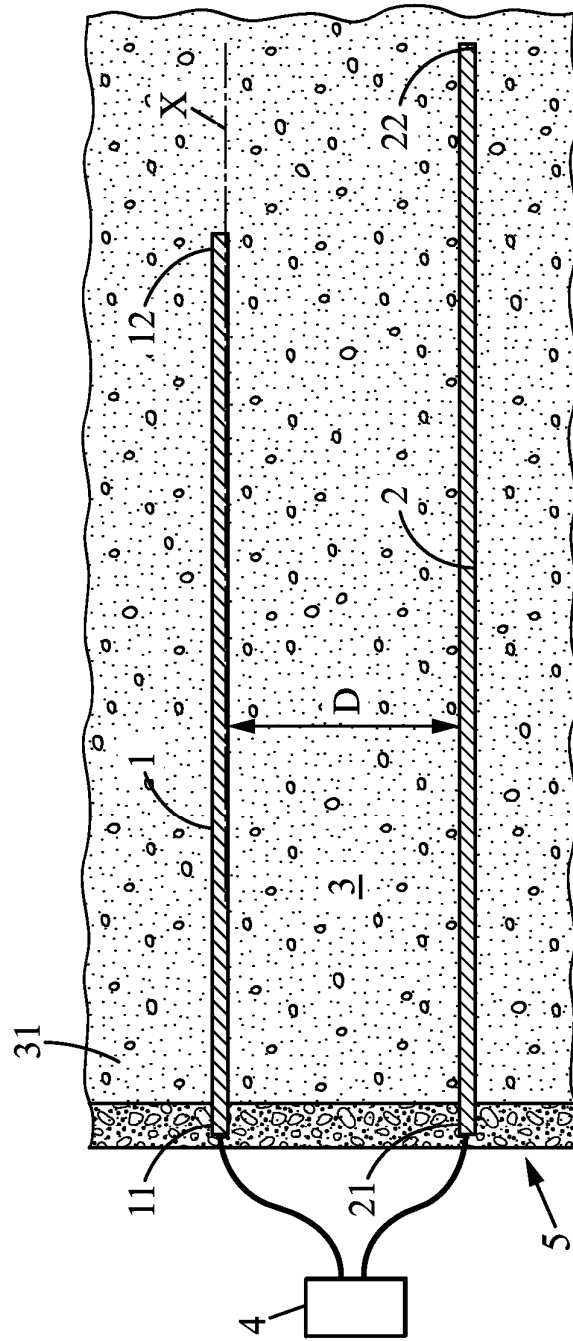
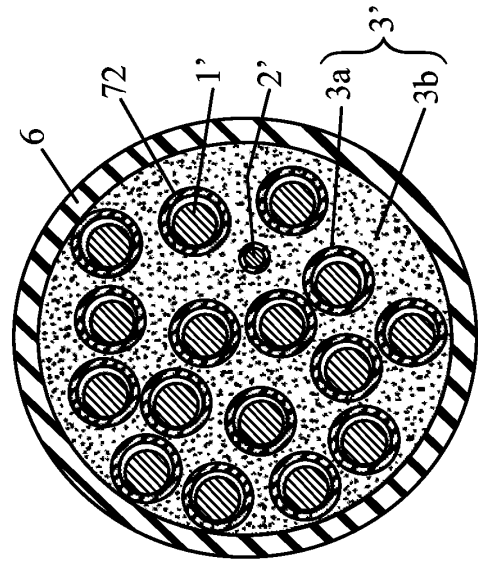
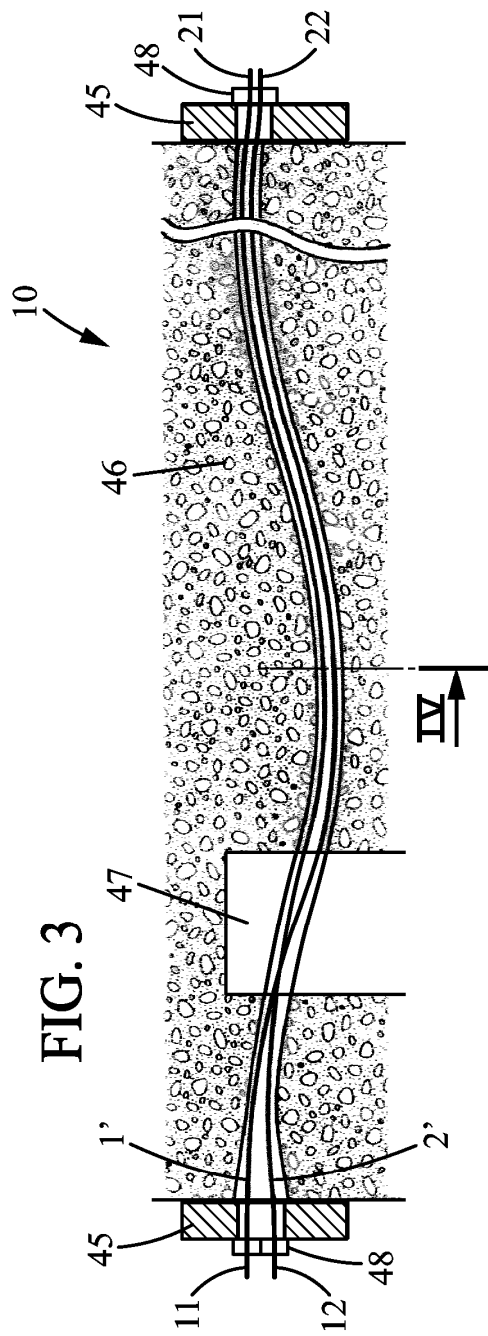


FIG. 2



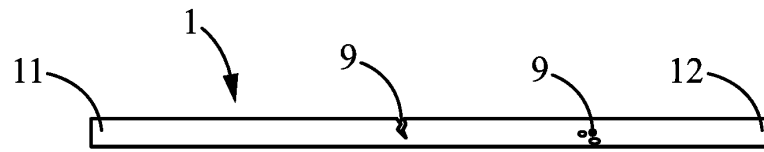


FIG. 5

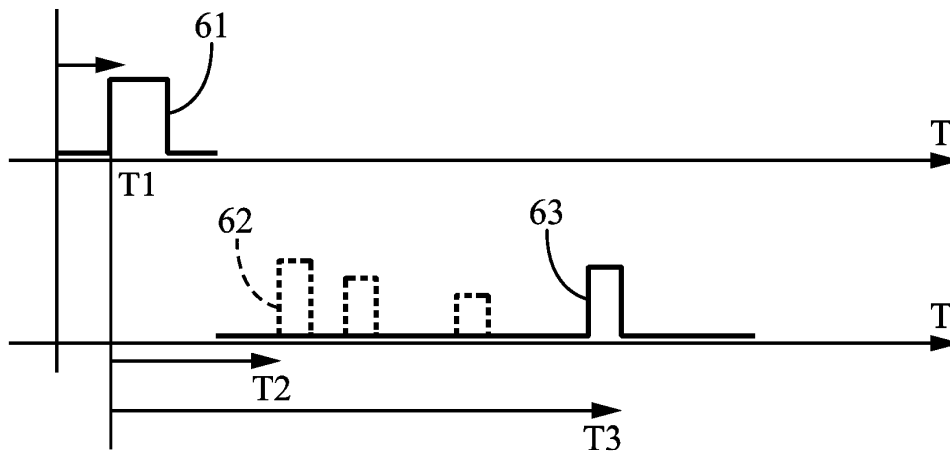


FIG. 6

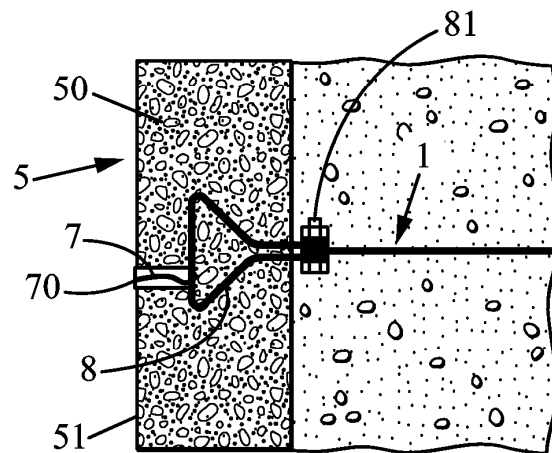


FIG. 7

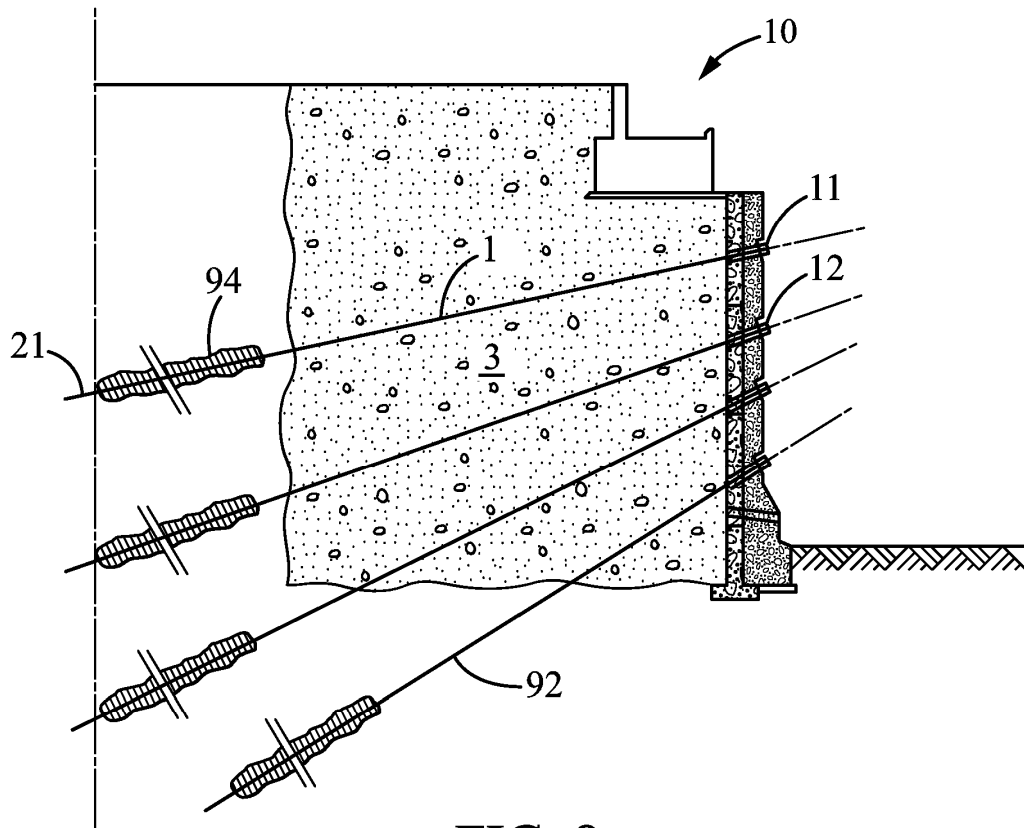


FIG. 8

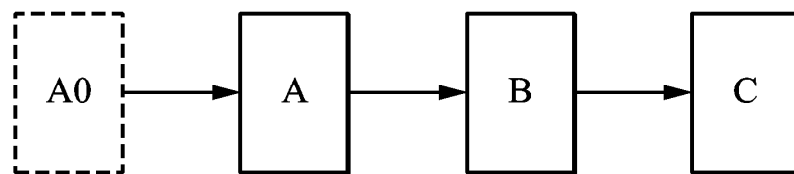


FIG. 9

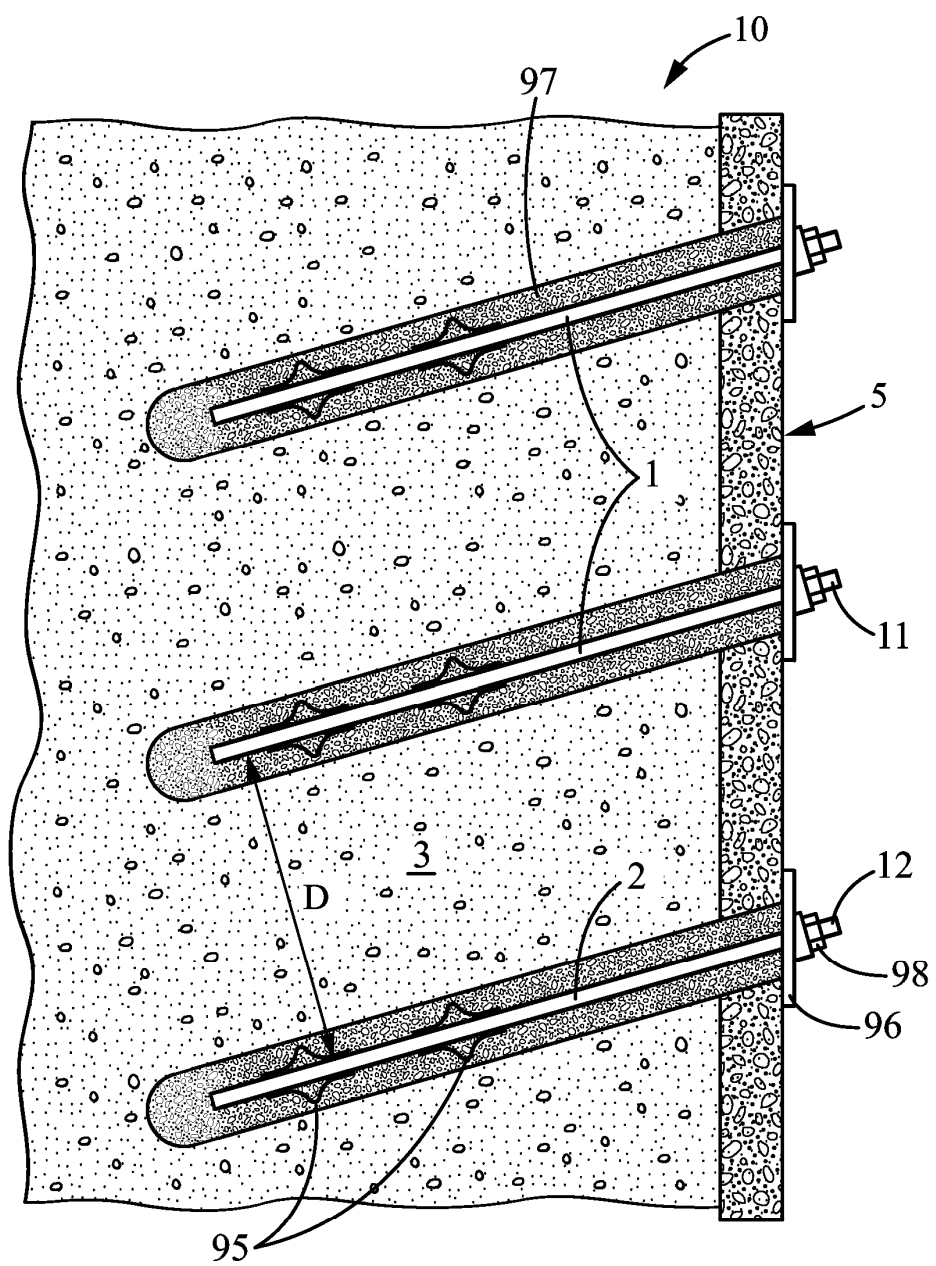


FIG. 10