

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 801**

21 Número de solicitud: 201100179

51 Int. Cl.:

G01N 1/28 (2006.01)

G01N 33/42 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

18.02.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

05.02.2013

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE BURGOS (100.0%)
HOSPITAL DEL REY S/N
09001 BURGOS ES**

72 Inventor/es:

**VICENTE CABRERA, Miguel Angel;
GONZALEZ CABRERA, Dorys Carmen;
GONZALO ORDEN, Hernán y
LINARES UNAMUNZAGA, Alaitz**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA LA COMPACTACION DE PROBETAS PRISMATICAS PARA LA CARACTERIZACION DE MATERIALES GRANULARES TRATADOS CON CONGLOMERANTES HIDRAULICOS PARA SU USO EN CARRETERAS.**

57 Resumen:

La invención consiste en un nuevo procedimiento y dispositivo de ensayo para la compactación de probetas prismáticas de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos para uso en carreteras, permitiendo variar la cantidad de carga (mediante el empleo del dispositivo diseñado a tal fin) y el tiempo de aplicación de la misma hasta ajustarlos a los requerimientos normativos (generalmente alcanzar el 98% de la densidad máxima obtenida mediante el ensayo Proctor modificado).

El dispositivo o contrapeso propuesto presenta la peculiaridad de permitir variar la cantidad de carga a aplicar en función de la exigencia del material a emplear. Dicho dispositivo se define geométricamente por un soporte básico al que pueden ser acopladas tantas chapas metálicas sean necesarias, de manera que la carga aplicada y el tiempo establecido aseguren los requerimientos normativos.

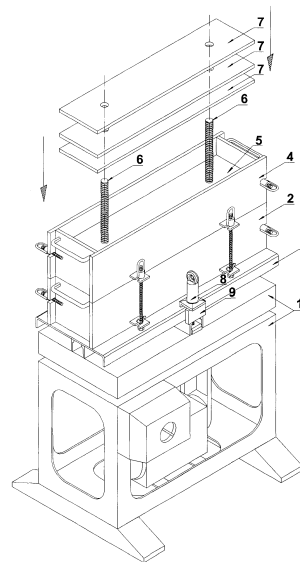


Fig. 1

DESCRIPCIÓN

PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA LA COMPACTACIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES GRANULARES TRATADOS CON CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS PARA SU USO EN CARRETERAS

5 Campo de la invención

La presente invención se encuadra en el sector de la investigación de las propiedades mecánicas de los materiales sólidos por aplicación de una incitación mecánica (clasificación Internacional G01N 3/00).

10 Antecedentes de la invención

Existen procedimientos estandarizados de compactado de probetas cilíndricas de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos, a partir de las cuales se pueden determinar las resistencias de la mezcla a compresión simple y tracción indirecta. Sin embargo, un adecuado diseño de vías de éste tipo de material requiere el conocimiento de la resistencia a flexotracción y la resistencia a fatiga en flexotracción que se realiza a partir del ensayo de probetas prismáticas.

Existe un procedimiento estandarizado de compactación para probetas prismáticas de hormigón recogido en la norma UNE-EN 12390-2 "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia", en el que se emplea como medio de compactación uno de los cuatro siguientes elementos: un vibrador interno con una frecuencia mínima de 120Hz, una mesa vibrante con una frecuencia mínima de 40 Hz, una barra compactadora de acero de sección circular o una maza para compactar de sección cuadrada. Los dos primeros elementos podrían ser empleados en un procedimiento de compactado mecánico y los otros dos en un procedimiento manual. Ninguno de los dos procedimientos actualmente empleados, para el compactado de probetas de hormigón, es aplicable en materiales granulares tratados con conglomerantes hidráulicos puesto que las mezclas de este tipo de material presentan una consistencia mucho más seca que la de las mezclas de hormigón. Este tipo de materiales requieren, para su compactado, aunar los resultados obtenidas de la compactación por medio de la vibración mecánica con la compactación por impacto.

Existe otro procedimiento estandarizado para probetas cilíndricas de mezclas bituminosas UNE- EN 12697-30 "Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en

caliente. Parte 30 Preparación de la muestra mediante compactador de impactos”, pero se trata de un procedimiento empleado en un material de diferentes características y funciones. En una sección del firme el material que se pretende compactar quedaría situado en un nivel inmediatamente inferior al de las mezclas bituminosas.

Por tanto, el estado de la técnica actual no permite realizar un correcto compactado de las probetas prismáticas de materiales granulares tratados con conglomerantes hidráulicos, haciendo necesario el desarrollo de un nuevo procedimiento y el dispositivo específico empleado para su ejecución.

Descripción de la invención

La invención consiste en un nuevo procedimiento y dispositivo de compactación de probetas prismáticas, fabricadas a partir de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos, entre los que se encuentran los suelocementos, gravacimientos y los firmes reciclados, como consecuencia de la aplicación de una carga, variable, durante un reducido periodo de tiempo.

El reciclado de firmes in situ con cemento es una técnica que permite la sustitución de firmes agotados, reutilizando los residuos generados en su retirada como parte de la materia prima. El aporte de nuevos materiales es mínimo, siendo necesario su empleo en las capas superiores bituminosas y en el caso de que la muestra no satisficiera los criterios granulométricos exigidos. Por tanto, esta técnica presenta múltiples ventajas de tipo económico y medioambiental, convirtiéndose en una alternativa beneficiosa compatible y comprometida con un desarrollo sostenible.

El dimensionamiento de los firmes reciclados in situ con cemento, dada la juventud de la técnica, suele realizarse a partir de la suposición de similitud del material al suelocemento y la gravacemento, debido a la falta de caracterización del mismo. Por tanto, el procedimiento descrito permite la realización de probetas prismáticas sobre las que se realizarán los ensayos de caracterización del material.

El procedimiento permite determinar la cantidad de peso a aplicar y el tiempo que ha de estar actuando dicha carga con una frecuencia de actuación de 40 Hz ó 2400 rpm, a fin de alcanzar al menos el 98% de la densidad máxima de compactación obtenida a

partir del ensayo Proctor Modificado (valor requerido en obra).

Con objeto de poder ejecutar dicho procedimiento ha sido necesario el desarrollo de un nuevo dispositivo, en adelante "contrapeso", que dadas sus características permite,
5 mediante elementos de bajo coste, adaptar la cantidad de carga de compactación a las necesidades del material.

El procedimiento para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras de la
10 invención presenta una serie de ventajas sobre el estado de la técnica:

- permite la variación de la carga y el tiempo de aplicación de la carga para la correcta compactación del material.
- permite la realización de ensayos estáticos y dinámicos sin la necesidad de realizar la simplificación de asimilar el comportamiento de los firmes reciclados al
15 suelocemento o la gravacemento, como consecuencia de la ausencia de datos hasta la fecha.
- es sencillo y basado en el principio de compactación mediante la aplicación de una carga dinámica.

20 El dispositivo para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras de la invención presenta una serie de ventajas sobre el estado de la técnica:

- permitir la compactación de las probetas prismáticas en un corto periodo de tiempo.
- 25 - precisar un bajo consumo energético.
- el bajo coste de los elementos necesarios en la invención suponiendo una inversión asequible.

Breve descripción de los dibujos

30 Como complemento a la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de la invención, se acompañan como parte integrante de dicha descripción, un conjunto de dibujos con carácter ilustrativo y no limitativo.

La Fig. 1 muestra el conjunto de elementos necesarios para poder ejecutar el
35 procedimiento de compactado propuesto

La Fig. 2 muestra la forma de fijar la base desmontable del molde metálico (3) a la mesa vibrante (1),

- 5 Las figuras Fig. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 detallan los elementos que forman el "contrapeso".

Descripción detallada de un modo de realización

- 10 La invención se refiere a un nuevo procedimiento y dispositivo de compactación de probetas prismáticas de materiales granulares tratados con conglomerantes hidráulicos.

- 15 La Fig. 1 muestra una mesa vibrante (1), un molde metálico (2) con base desmontable (3), un collarín (4) y el "contrapeso" propuesto, que a su vez está compuesto por un soporte básico (5), varas roscadas M20 (6) y un conjunto de chapas metálicas (7) que se irán acoplando a demanda según lo especificado en el apartado "Modo de realizar la invención".

- 20 La Fig. 2 muestra la forma de fijar la base desmontable del molde metálico (3) a la mesa vibrante (1), con objeto de transmitir la frecuencia de vibración a la probeta y contribuir a su compactado. Dicha fijación se realiza mediante una mordaza metálica (8) y unos elementos rigidizadores (9).

- 25 En la Fig. 3.1 puede verse un alzado del soporte básico, compuesto por una base o soporte básico (5) de dimensiones 595x145x20 mm y dos barras corrugadas M20 (6). Las figuras 3.2 y 3.3 muestran, respectivamente, el perfil y la planta del soporte básico descrito.

- 30 Las figuras 3.4 y 3.5 muestran la planta y el perfil de las chapas metálicas (7) de dimensiones 595x145x10 mm, con perforaciones de Ø22 mm creadas a partir de chapas de acero de dimensiones estándar, que se irán acoplando al soporte básico (5) deslizándose a través de las barras roscadas (6) por los agujeros dispuestos hasta posarse sobre el soporte básico (5).

- 35 El procedimiento, compuesto por una serie de etapas, incluye el uso de un dispositivo

específico diseñado para la compactación, denominado "contrapeso". El contrapeso (ver Fig. 3) está formado por una serie de elementos como son el soporte básico (5) de dimensiones 595x145x20 mm, dos varas roscadas M20 (6) y por un conjunto de pesas de dimensiones 595x145x10 mm y 6,10 kg de peso por pesa creadas a partir de chapa de acero de dimensiones estándar. Dichas chapas tienen unas perforaciones de Ø22 mm que permiten que estas deslicen por las barras roscadas (6) acoplándose al soporte básico (5).

El contrapeso, que realiza las labores de compactación mediante la aplicación de una carga dinámica, se coloca (ver Fig. 1) en el interior de un molde para la fabricación de probetas prismáticas de dimensiones 150x150x600mm, apoyado sobre la capa de material que se desea compactar. La base desmontable del molde para la fabricación de probetas prismáticas de dimensiones 150x150x600 mm se une al collarín (4) de iguales dimensiones al encofrado perimetral de los moldes diferenciándose de éstos por carecer de una base. Dicha unión se realiza a partir de unas palomillas que se roscan a 4 varillas de 10 mm de diámetro que están atornilladas a la base del molde y a los orificios dispuestos en el collarín. Este conjunto, molde-collarín, a su vez, ha de ser fijado (ver Fig. 2) a la mesa vibrante (1) capaz de proporcionar una vibración de 40 Hz ó 2400 rpm (conectada a la corriente trifásica), mediante una mordaza metálica (8) y un rigidizador metálico de dimensiones 12x35x65 mm (9) que favorece que la unión mordazabase del molde (3) se produzca en un plano y no en una línea. Estas uniones favorecen que la frecuencia de vibración generada por la mesa vibrante sea transmitida al conjunto molde-collarín.

Una vez montado el conjunto de elementos (Fig 1) necesarios, se procede al preparado de la superficie interior de los moldes, mediante la aplicación de un desencofrante, vertido de la primera capa de material sobre el molde prismático, colocación del contrapeso y compactado mediante la aplicación de la carga y transmisión de la vibración durante un determinado tiempo.

Compactada la primera capa, se retira el contrapeso, se vierte una segunda capa de material, se vuelve a colocar el contrapeso y se compacta la segunda capa.

Con el compactado de la segunda capa se considera finalizado el proceso de compactado por lo que se procede a la retirada del contrapeso, desmontaje del collarín

(4) y al acabado superficial de la probeta.

Se libera el molde de la mesa vibrante, se determina la densidad seca de la probeta fabricada y se valida la densidad obtenida con la densidad máxima seca obtenida mediante el ensayo Proctor modificado.

El procedimiento que a continuación se va a describir es de aplicación para cualquier material granular tratado con conglomerante hidráulico que vaya a ser empleado en carreteras. Sin embargo, a modo de ejemplo se particularizará para el caso de la fabricación de probetas a partir de firmes reciclados.

A continuación se describe un ejemplo de aplicación para el caso de compactado de probetas prismáticas realizadas con un material proveniente de un firme reciclado de 30 cm de espesor compuesto por 10 cm de mezcla bituminosa y 20 cm de suelo.

15

Paso 1: Fijación del conjunto

Con objeto de proporcionar una vibración a las probetas para su compactado, se comienza uniendo (ver Fig. 1) mediante mordazas (8) y rigidizadores (9), la base desmontable (3) del molde metálico (2) a la mesa vibrante (1). Una vez unido el molde a la mesa vibrante es necesario acoplar el collarín metálico (4) que servirá como guía del contrapeso a la vez que recogerá el exceso de material vertido en el molde metálico (2) garantizando que las dimensiones finales de la probeta resultante sean de 150x150x600 mm.

Paso 2: Preparado del molde, vertido de la primera capa de material y compactado de la misma

Las probetas se realizarán en dos capas, puesto que este tipo de material admite diámetros máximos de árido de 4 cm.

Con objeto de evitar que la mezcla de adhiera al molde, antes de proceder al llenado de las capas, es necesario aplicar sobre el interior del molde una película de desencofrante no reactivo.

La primera capa es vertida hasta aproximadamente 2/3 de la altura del molde metálico (2). Sobre esta se coloca el contrapeso compuesto por el soporte básico (5), las barras

corrugadas (6) y dos chapas metálicas (7). A continuación, se acciona la mesa vibrante y se transmite la vibración durante 15 s.

Paso 3: Vertido de la segunda capa y compactado de la misma

- 5 Una vez vibrada la primera capa, se extrae el contrapeso y se vierte una segunda capa sobre la primera ya compactada. Ésta deberá tener un espesor mayor que la primera para garantizar que tras el compactado la altura de la probeta prismática sea de al menos 150mm. Por ello, se añade material hasta alcanzar una altura igual a la mitad de la altura del collarín metálico (4). Una vez añadida la segunda capa, es
- 10 necesario colocar el contrapeso sobre esta volviendo a accionar la mesa vibrante, transmitiendo la vibración durante 15 s.

Paso 4: Extracción del contrapeso, desmontaje del collarín y acabado de la probeta

- Tras el compactado de la segunda capa, se procede a la extracción del contrapeso y
- 15 del collarín metálico (4), y la retirada del material sobrante y alisado de la superficie superior de la probeta prismática mediante una espátula.

Paso 5: Liberación del molde de la mesa vibrante

- A continuación se procede a soltar la fijación de las mordazas (8) y rigidizadores (9)
- 20 liberando así el molde metálico (2) de la mesa vibrante (1).

Paso 6: Determinación de la densidad seca de la probeta fabricada

- Se procede al pesado del molde metálico (2) que contiene la probeta húmeda y la determinación de la densidad seca de la misma.

25

Paso 7: Validación de la densidad obtenida mediante la compactación y acabado

- Puesto que la densidad seca obtenida es inferior al 98% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo Proctor modificado, la probeta obtenida se desecha y es preciso comenzar la fabricación de una nueva probeta, desde el paso 1.

30

Para la compactación de esta nueva probeta, en el paso 1, se empleará la misma configuración de contrapeso con dos chapas metálicas (7) pero se aumenta el tiempo de vibrado de los pasos 2 y 3 a 20 sg.

- 35 Una vez alcanzado el paso 7 (validación de densidad), se obtiene que la densidad

seca es inferior al 98% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado, por tanto la probeta obtenida se desecha y es preciso comenzar de nuevo la fabricación de una nueva probeta, desde el paso 1, aumentando en una chapa el contrapeso (en total tres chapas) y manteniendo en 20 sg el tiempo de vibrado en los pasos 2 y 3.

5

Llegado el paso 7 (validación de la densidad), se obtiene que la densidad seca es superior al 98% del ensayo Proctor modificado, por lo que esta es la configuración a adoptar en la compactación del resto de probetas que se fabriquen de este material en concreto.

10

Si llegado este punto aún no se hubiera alcanzado el valor de densidad necesario, es preciso realizar parejas de ensayos de probetas, una con un incremento de tiempo de compactado y la otra con un incremento de cantidad de chapas, hasta que la mayor densidad seca obtenida supere el 98% del valor de densidad máxima obtenido en el ensayo Proctor modificado. Alcanzado ese valor, la configuración que proporcione el máximo valor de densidad seca será la configuración a emplear en el compactado del resto de probetas.

15

Una vez adoptada la configuración del contrapeso y realizada la compactación de las probetas se procede al acabado de las mismas mediante el nivelado de la cara superior de la probeta. Para ello, se procede a la retirada del material sobrante mediante una llana de acero y la aplicación de un mortero de consistencia fluida. Transcurridas 24 horas desde la fabricación de la probeta se retira el encofrado perimetral del molde metálico dejando que la probeta descanse sobre la base metálica durante 7 días antes de retirar la base.

20

25

Con objeto de caracterizar este material en particular, las probetas fabricadas mediante este método de compactación fueron posteriormente ensayadas a flexotracción, compresión simple y tracción indirecta, obteniendo los siguientes valores medios:

30

Resistencia media a flexotracción (MPa)= 0,691

Resistencia media a compresión simple (MPa)= 3,525

35

Resistencia media a tracción indirecta (MPa)= 0,417

Estos valores medios presentan diferencias con los valores obtenidos en
suelocementos y gravacimientos, luego la premisa inicial de similar comportamiento
5 no es válida.

Por tanto, el procedimiento y dispositivo presentados tienen especial relevancia, en los
resultados de los ensayos realizados para la caracterización de este material.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras,
5 **caracterizado porque** comprende los siguientes pasos:
 - colocación y ajuste de una base de un molde metálico (2) para fabricación de probetas prismáticas sobre una mesa vibrante (1) mediante mordazas (8) y rigidizadores (9) y posterior colocación de un collarín metálico (4) sobre el molde metálico (2);
 - 10 - preparado del molde metálico (2), mediante la aplicación de un desencofrante en las caras interiores del molde metálico (2), y llenado de una primera capa de la probeta prismática con el material tratado con conglomerantes hidráulicos;
 - colocación de un dispositivo de compactación denominado contrapeso sobre la primera capa de la probeta y aplicación de una frecuencia de vibración, realizando
15 una compactación mediante carga dinámica;
 - retirada del contrapeso y posterior llenado de una segunda capa de la probeta prismática;
 - colocación del contrapeso sobre la segunda capa de material y aplicación de una frecuencia de vibración, realizando una compactación mediante carga dinámica;
 - 20 - retirada del contrapeso, desmontaje del collarín y acabado de la probeta prismática mediante la eliminación del material sobrante con una llana de acero;
 - determinación de la densidad seca para la comprobación de la correcta compactación.
- 25 2. Procedimiento para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras, **caracterizado porque** la probeta prismática es de dimensiones 150x150x600mm.
3. Dispositivo para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de
30 materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras, según el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-2, **caracterizado porque** consiste en un soporte básico (5), dos varas roscadas (6), un conjunto de pesas creadas a partir de chapa de acero (7) que disponen de unas perforaciones de que permiten su deslizamiento por las barras roscadas (6) acoplándose al soporte básico
35 (5); estando el soporte básico (5) configurado para ser colocado sobre una capa de

material vertida en un interior de un molde metálico (2), configurado para ser acoplado a una mesa vibrante (1), mediante unas mordazas (8) y rigidizadores (9).

4. Dispositivo para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras, según el procedimiento de la reivindicación 3, **caracterizado porque** el soporte básico (5) es de dimensiones 595x145x20mm.
5. Dispositivo para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras, según el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 3-4, **caracterizado porque** la chapa de acero (7) es de dimensiones 595x145x10mm.
6. Dispositivo para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras, según el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 3-5, **caracterizado porque** el conjunto de pesas es de 6,10kg de peso.
7. Dispositivo para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras, según el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 3-6, **caracterizado porque** las perforaciones son de Ø22mm.
8. Dispositivo para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras, según el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 3-7, **caracterizado porque** las varas roscadas (6) son M20.
9. Dispositivo para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras, según el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 3-8, **caracterizado porque** la mesa vibrante está configurada para proporcionar una vibración de 40 Hz ó 2400 rpm (conectada a la corriente trifásica).
10. Dispositivo para la compactación de probetas prismáticas para la caracterización

de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos de uso en carreteras, según el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 3-9, **caracterizado porque** los rigidizadores (9) son de dimensiones 12x35x65mm.

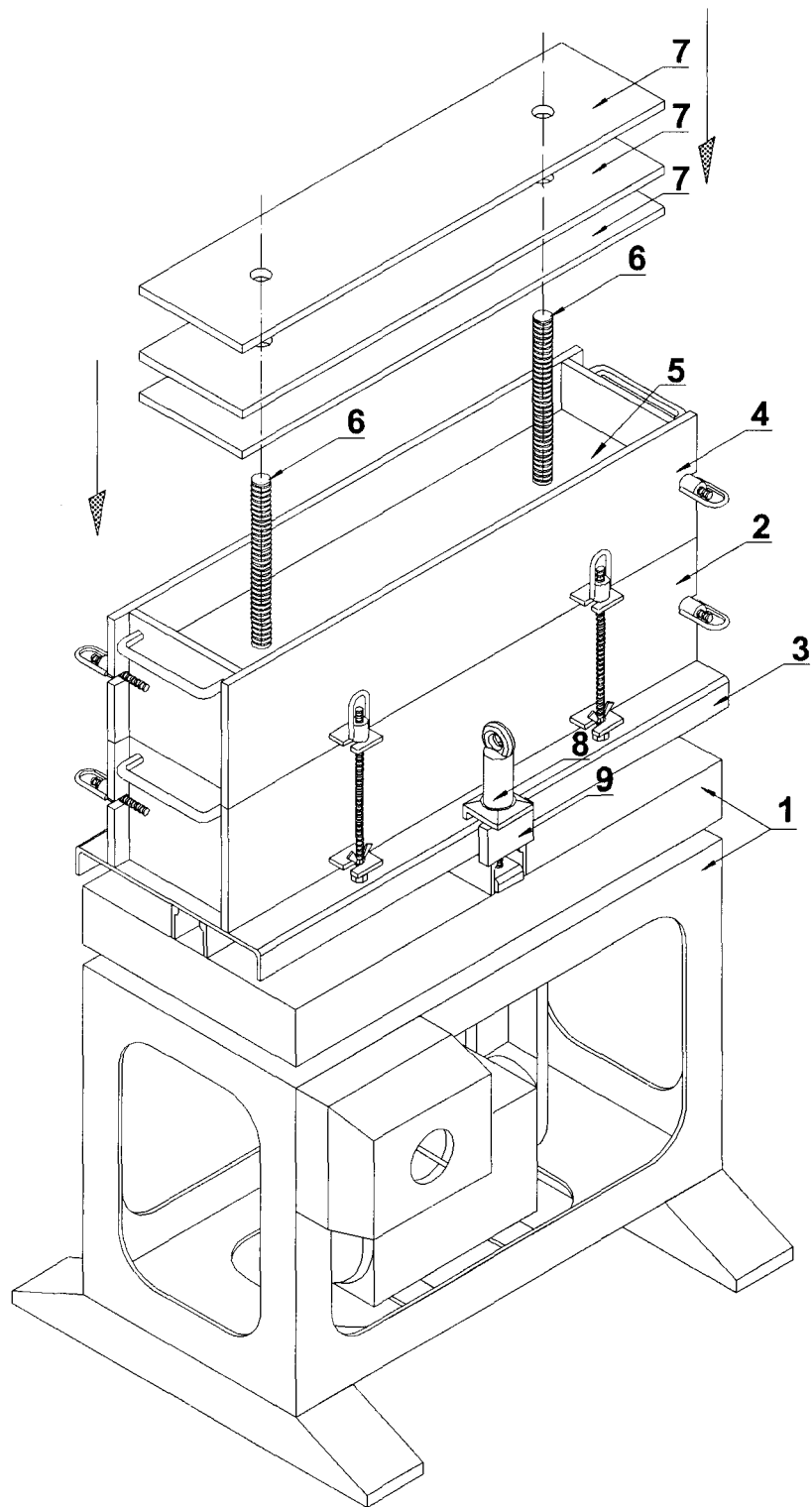


Fig. 1

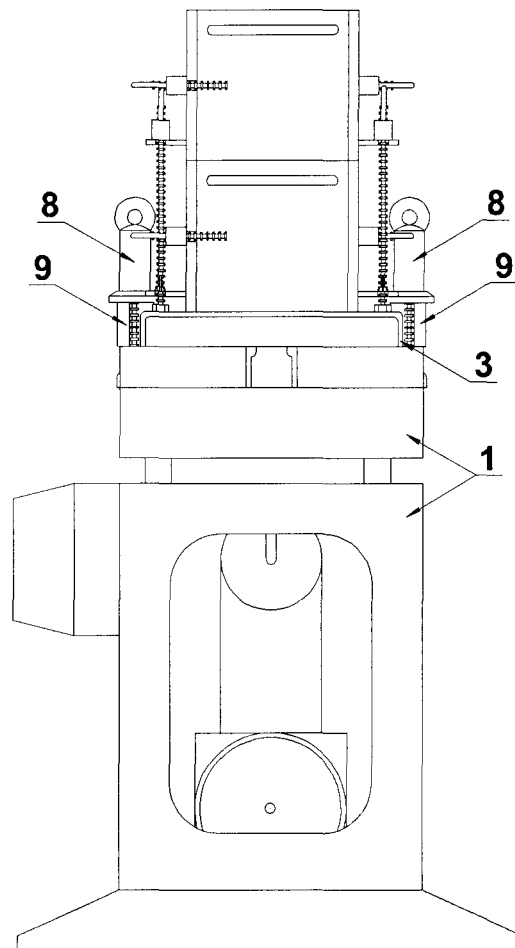


Fig. 2

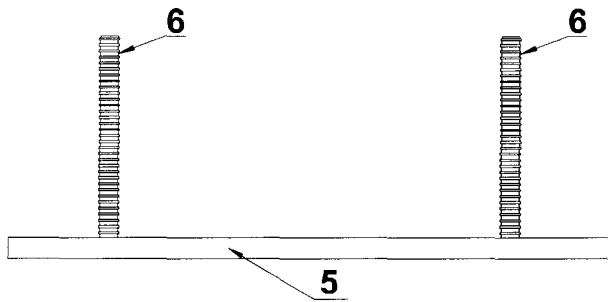


Fig. 3.1

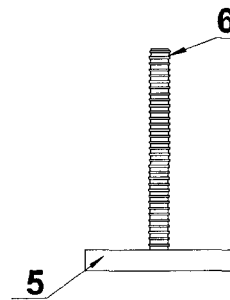


Fig. 3.2

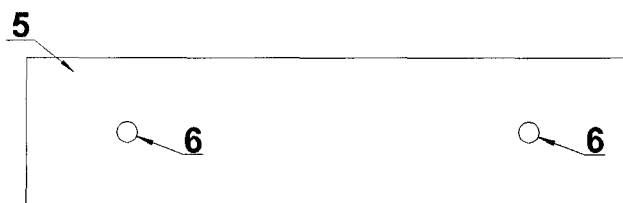


Fig. 3.3

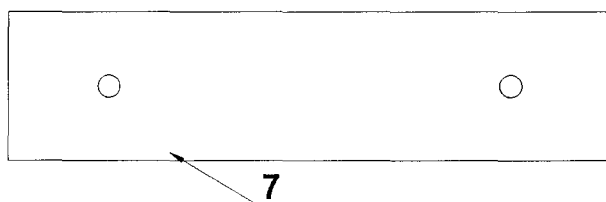


Fig. 3.4

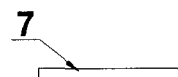


Fig. 3.5