



19

OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 117 271**

51 Int. Cl.<sup>6</sup>: E01C 19/40

E04G 21/06

B28B 1/08

12

TRADUCCION DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **94913683.2**

86 Fecha de presentación : **22.04.94**

87 Número de publicación de la solicitud: **0 698 153**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **28.02.96**

54 Título: **Método y aparato para la vibración escalonada de hormigón.**

30 Prioridad: **30.04.93 US 55004**

73 Titular/es: **Samuel Allen Face Jr.**  
**427 West 35TH Street**  
**Norfolk, VA 23508, US**

45 Fecha de la publicación de la mención BOPI:  
**01.08.98**

72 Inventor/es: **Face, Samuel Allen Jr.**

45 Fecha de la publicación del folleto de patente:  
**01.08.98**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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 (artº 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCION

La presente invención se refiere en general a un método y a un aparato para introducir energía vibratoria en estructuras de hormigón plástico que están orientadas en general horizontalmente (tales como losas, plataformas, carreteras de hormigón y estructuras de hormigón similares o afines), en etapas o incrementos sucesivos.

El término "vibración escalonada", tal como se utiliza aquí, significa, a continuación del vertido de una masa de hormigón, la introducción de vibraciones en la masa de hormigón de tal manera que las partes inferiores de la masa se consolidan primero, y la modificación sustancial del carácter de las vibraciones para hacer que se consoliden sucesivamente partes más altas de la masa de hormigón, hasta que toda o casi toda la masa de hormigón está consolidada en una sola masa de densidad uniforme.

Colateral con la consolidación de la masa de hormigón en una densidad uniforme, la "vibración escalonada" produce también una estructura de hormigón cuya superficie final (parte superior descubierta) es uniforme y puede producirse a un régimen uniforme.

Esencialmente, la presente invención se refiere a un método de colocar el hormigón utilizando la vibración escalonada del hormigón por medio de un aparato productor de vibraciones que está en contacto con una masa de hormigón (mediante dispositivos sumergidos o mediante dispositivos que están en contacto con la superficie de la masa de hormigón, o por medio de ambos), en una secuencia escalonada, progresiva o por fases. En la presente invención, se introducen vibraciones en una masa de hormigón en "etapas" sincronizadas en secuencia, siendo variables el número de etapas, la amplitud y la frecuencia de las vibraciones, la duración temporal de cada etapa y la orientación relativa de los dispositivos productores de vibraciones, dependiendo de las características físicas de la masa de hormigón. Las características físicas pertinentes de la masa de hormigón incluyen, pero no se limitan necesariamente a ellas, las características físicas del hormigón que se está utilizando, el grosor de la losa (u otra estructura) que se está colocando, y los materiales específicos incorporados en el hormigón durante la formación de la masa de hormigón.

La determinación de las variables que han de ser alteradas, la cantidad de alteración y la ejecución de las alteraciones deseadas se realizan y se vigilan por medio de sensores y controles asociados que determinan el lugar de la capa límite entre esa parte de la masa de hormigón que se ha consolidado satisfactoriamente mediante vibración y la parte que no se ha consolidado satisfactoriamente.

### Descripción de la técnica anterior

Al construir estructuras de hormigón, tales como losas de hormigón y similares, ciertos procedimientos convencionales llevan consigo colocar simplemente la masa de hormigón en un encofrado y acabar la superficie superior de diversas maneras bien conocidas y permitir que el hormigón se endurezca sin vibraciones de ningún tipo. Otros procedimientos entrañan el uso de vi-

bradores colocados temporalmente dentro o sobre la masa de hormigón en diversos lugares, siendo acabada la superficie utilizando diversas combinaciones de operaciones de enrasado de la superficie y/o de aplicación de llana, incluyendo el uso de llanas manuales, llanas giratorias movidas mecánicamente y similares.

Un problema de los métodos anteriores de colocar hormigón utilizando vibradores está asociado con la carencia de control de los vibradores. Cuando una sección cualquiera de una losa de hormigón vertido es hecha vibrar demasiado, produce puntos duros en la losa de hormigón aproximadamente en el lugar del contacto con el vibrador. Además, una vibración excesiva del hormigón puede producir también separación de los agregados en las cercanías del vibrador. La separación de agregados y "puntos duros" dan por resultado una losa final no uniforme y debilitada. Por estas razones, las operaciones anteriores de colocación de hormigón típicamente, por prudencia, "hacen vibrar deficientemente" la masa de hormigón o pueden no hacer vibrar la masa de hormigón en absoluto.

Otro procedimiento conocido lleva consigo el uso de encofrados deslizantes en que la masa de hormigón colocada en los encofrados puede o no puede ser hecha vibrar mediante un encofrado de movimiento continuo dentro del cual o delante del cual, el hormigón es vertido y dotado con una configuración específica que es mantenida después de que el encofrado se mueve progresivamente, siendo acabado luego el hormigón utilizando procedimientos convencionales.

La principal finalidad de hacer vibrar el hormigón plástico en este contexto es la de hacer que se consolide prontamente la masa de hormigón hasta el máximo y con una densidad lo más uniforme posible fomentando y facilitando la emigración ascendente del agua y del aire que, de otro modo, emigrarían lentamente o no lo harían en absoluto. El aprisionamiento de aire y agua debilita el hormigón y la emigración lenta de estos materiales aumenta el tiempo requerido para colocar y acabar la masa. Los procedimientos existentes para la aplicación de vibraciones a la masa de hormigón no prevén virtualmente ningún medio para controlar o modificar las características vibratorias de los vibradores (distintas de la conexión y desconexión manuales del vibrador), ni medios para controlar o modificar la duración de tiempo en que los vibradores actúan sobre la masa de hormigón, en que los medios de control se basan en el grado de consecución del resultado final deseado. Por consiguiente, los procedimientos existentes producen una masa de hormigón en la que el grado de consolidación varía de un lugar a otro y en la que el tiempo requerido para que se evapore el agua desde la superficie varía de un lugar a otro.

Otro fenómeno asociado con la consolidación y el curado naturales (es decir, sin vibraciones) del hormigón es el aprisionamiento de la humedad dentro de la masa que se está curando. Cuando son vertidas, las mezclas de hormigón comprenden corrientemente una cantidad de agua que excede bastante de la cantidad que es realmente necesaria para efectuar un curado apropiado y con-

seguir una resistencia máxima de la masa de hormigón. El exceso de agua se añade intencionalmente a la mezcla de hormigón a fin de facilitar las operaciones de transporte, vertido, encofrado y acabado. Si se permite que se estanque, la presión del peso de la masa de hormigón impulsa lentamente al principio algo del exceso de agua hacia arriba a través de la masa de hormigón, induciendo así inicialmente a la emigración de algo del exceso de agua hacia la superficie de la losa y efectuando, al propio tiempo, la consolidación de la masa de hormigón cerca de la parte inferior de la losa. A medida que se seca esta masa de hormigón, el hormigón comienza a fraguar, aun cuando la masa de hormigón pueda no haberse todavía consolidado de manera óptima. Este fraguado de la masa hormigón retarda la emigración del agua hacia la superficie de la losa. Al mismo tiempo, en muchos casos (en particular cuando la losa se vierte a sol, en un día ventoso de poca humedad), el agua puede evaporarse tan rápidamente de la superficie superior de la losa que el hormigón en la parte superior se seca prematuramente y comienza a fraguar. Esto da por resultado el fraguado del hormigón en o cerca de la superficie de la losa, lo que retarda aún más la emigración del exceso de agua desde la masa de hormigón desde abajo hasta la superficie. Por último, este fenómeno da por resultado el aprisionamiento de la humedad dentro de la losa de hormigón. Con el tiempo, las burbujas de humedad se secan, dejando pequeñas bolsas de aire a través de toda la losa de hormigón macizo. Tales bolsas de aire reducen la resistencia final de la losa de hormigón.

En las anteriores operaciones de colocación de losas de hormigón, se utilizan técnicas de deshidratación en las que la masa de hormigón se vierte y se transforma en una estructura que tiene una superficie superior, y la masa se deshidrata luego aplicando un sistema de extracción de agua por vacío sobre la superficie de hormigón húmeda. Alternativamente, la superficie de la masa de hormigón se deshidrata colocando material absorbente (tal como arpillera o similar) sobre la superficie de hormigón húmeda, y extendiendo luego un desecante (tal como cemento seco) sobre la arpillera. La superficie se acaba convencionalmente después de que se ha completado el proceso de deshidratación, y se retira la arpillera o el sistema de extracción de agua por vacío. Los procedimientos de acabado de hormigón existentes necesitan mucha mano de obra y requieren un uso extensivo de mano de obra experta y gastos considerables de tiempo para su ejecución apropiada.

Los esfuerzos que se han realizado para controlar automáticamente dispositivos de acabado mecánicos han sido menos que satisfactorios debido a la falta de uniformidad de las características físicas de la masa de hormigón en el momento en que se introducen en la masa los dispositivos de acabado automáticamente controlados, y debido a la imposibilidad de controlar las características físicas de la masa de hormigón justo antes de la operación de acabado. Por tanto, han sido necesarios operadores humanos para tomar decisiones y realizar ajustes en el

equipo de acabado. Los ajustes tienen que realizarse en general sobre una base continua durante todo el tiempo de la operación de acabado ya que las variaciones en el carácter de la humedad o de la falta de consolidación de la superficie de hormigón prevalecen en la superficie de hormigón inmediatamente antes de la operación de acabado y continúan durante la misma, y ningún elemento mecánico de la operación de acabado tiene la capacidad de moderar o reducir estas variaciones en número o intensidad.

En la construcción de carreteras, la superficie no requiere generalmente un acabado suave, siendo todo lo que usualmente se requiere vibraciones y enrasado. Aunque ésta es esencialmente una operación para ejecutar con máquinas, el producto final (la losa de hormigón) no es un uniforme a causa de que los materiales entregados que forman la masa de hormigón no son uniformes y el equipo productor de vibraciones y enrasado no se ajusta de ningún modo para compensar esta falta de uniformidad. Típicamente, el hormigón de carreteras es deshidratado sólo por gravedad (y evaporación). Por consiguiente, la retirada de agua desde losas de carreteras es típicamente un proceso lento, irregular y descontrolado. La retirada de agua desde losas de carreteras de la manera descrita lenta, irregular y descontrolada da por resultado una contracción irregular de la losa cuando se cura, y da por resultado finalmente la aparición de grietas y una estructura debilitada.

Las siguientes patentes de EE.UU. se refieren a desarrollos en la introducción de vibraciones en una masa de hormigón mediante el uso de dispositivos vibratorios que se sumergen o se asocian de otro modo con la masa de hormigón: 2.015.217, 2.223.734, 2.269.109, 2.293.962 y 2.332.687.

Aunque las anteriores patentes se refieren a la vibración de una masa de hormigón, ninguna de ellas sugiere una vibración escalonada o paso a paso de una losa, plataforma o similar de hormigón, en que cada etapa de la vibración introducida sobre o dentro de la masa de hormigón afecta a la masa de hormigón hasta profundidades deseadas específicas en la masa de hormigón; tampoco ninguna de ellas describe medios para determinar la profundidad a que la masa de hormigón ha sido consolidada o deberá hacerse vibrar.

#### Sumario de la invención

Por consiguiente, un objeto principal de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para colocar losas de hormigón, o estructuras similares, mediante el uso de operaciones realizadas con máquina, en las que el hormigón es colocado utilizando vibración escalonada de la masa de hormigón plástico, sin curar.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para colocar losas de hormigón del carácter descrito, en que, durante cada etapa de vibración, se hace que emigren agua y aire hacia arriba a través de la masa de hormigón sin curar, formando de este modo una capa límite, definible y sustancialmente horizontal limitada, por debajo de cuya capa límite la masa de hormigón puede definirse como estando suficientemente consolidada, y por encima de cuya capa límite la masa de hormigón puede definirse como no estando todavía suficientemente

consolidada.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para colocar losas de hormigón, o estructuras similares, del carácter descrito, en que la masa de hormigón sin curar se consolida en secuencia desde la parte inferior hacia arriba hasta la superficie superior, para conseguir una estructura colocada de densidad sustancialmente uniforme desde la parte inferior hasta (o cerca de) la parte superior, en que la consolidación e integración de las capas horizontales adyacentes de la masa de hormigón se efectúan mediante un aparato vibrador que comunica ventajosamente vibraciones dentro de la masa de hormigón sin curar.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para colocar losas de hormigón, o estructuras similares, del carácter descrito, en que las características vibratorias de frecuencia, amplitud y tiempo en contacto con la masa de hormigón sin curar son vigiladas y controladas cada una, de manera que la elevación de dicha capa límite sustancialmente horizontal (entre la masa de hormigón suficientemente consolidada y la todavía no suficientemente consolidada) puede regularse y ajustarse de manera muy exacta por medio de dicho aparato.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para colocar losas de hormigón que tiene el carácter descrito, en que las características de dichas vibraciones comunicadas ventajosamente dentro de la masa de hormigón sin curar son controladas mediante sensores colocados delante, debajo y/o detrás del aparato vibrador a medida que avanza a través de la masa de hormigón.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para colocar losas de hormigón que tiene el carácter descrito, en que los sensores determinan el lugar de elevación de dicha capa límite delante, detrás y/o debajo del aparato vibrador, con relación al lugar de elevación de la sub-base sobre la que se está colocando la masa de hormigón o la superficie superior de la masa de hormigón.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para colocar losas de hormigón, o estructuras similares, mediante el uso de operaciones realizadas con máquinas, en que el régimen de endurecimiento de la masa de hormigón es controlado algo mediante una pluralidad de "etapas" (o serie de vibraciones de la masa de hormigón), afectando cada "etapa" solamente a una parte del grosor total de la masa de hormigón.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para colocar losas de hormigón del carácter descrito, en que la "etapa" final de vibración produce una superficie de la masa de hormigón que es sustancialmente uniforme en cuanto a humedad y otras características que son críticas para el proceso de acabado.

Otro objetivo de la invención es proporcionar un método y un aparato para aplicar vibraciones escalonadas a hormigón, en que se introducen vibraciones variablemente controladas en o sobre la masa de hormigón en etapas sucesivas

a fin de producir la elevación de dicha capa límite (o más específicamente, la altura de la masa de hormigón, sin curar, relativamente más seca, suficientemente consolidada) para aumentar en cada "etapa", siendo determinado el número de etapas de vibraciones aplicadas a una masa de hormigón particular por el grosor de la masa y por otras características físicas de la misma.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para colocar una losa de hormigón del carácter descrito, en que la primera "etapa" de vibraciones produce la formación de una capa de hormigón relativamente más seco, relativamente más rígido y relativamente más consolidado que se extiende desde junto a la sub-base de la masa de hormigón hasta una elevación definible y finita sobre dicha sub-base; en que la segunda "etapa" de vibraciones, si se requiere, hace que aumente el grosor de dicha capa de hormigón relativamente más seco, relativamente más rígido y relativamente más consolidado, moviendo con ello la capa límite en sentido ascendente hacia la superficie de la masa de hormigón y disminuyendo correspondientemente el grosor del hormigón relativamente menos seco, relativamente menos rígido y relativamente menos consolidado entre la capa límite y la superficie de la masa de hormigón; y en que las "etapas" sucesivas adicionales, si se requieren, producen un engrosamiento adicional de la capa de hormigón suficientemente consolidado, hasta que casi toda la masa de hormigón se convierte esencialmente en una masa homogénea consolidada.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato del carácter descrito en que el número "etapas" de vibraciones requerido para efectuar una sola masa de hormigón homogénea, consolidada depende del grosor y de las características físicas de la losa que se está construyendo, requiriendo generalmente las losas más gruesas más "etapas" de vibraciones que las losas menos gruesas.

Un objetivo más de la invención es proporcionar un método y un aparato para determinar el lugar de la capa límite entre el hormigón relativamente seco, firme y consolidado en la parte más baja de la masa de hormigón y el hormigón relativamente húmedo y blando en la parte superior de la masa de hormigón, de manera que las características vibratorias, tales como la frecuencia, la amplitud y la duración, pueden regularse a fin de hacer que la capa límite adopte una profundidad uniforme por debajo de la superficie de la masa de hormigón.

Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un método y un aparato para aplicar vibraciones escalonadas a hormigón de acuerdo con los objetivos precedentes, en que el procedimiento de aplicación de vibraciones escalonado, por pasos o fases descrito en los objetos precedentes da por resultado la emigración de agua hacia la superficie de la masa de hormigón, y en que el agua acumulada en la superficie de la masa de hormigón puede ser retirada por medios mecánicos (tal como aplicando vacío), proporcionando así una superficie uniforme a la losa que permite que se realicen ventajosamente de manera automática operaciones de acabado de superficie por medio de

máquina.

Otro objeto de la invención es proporcionar un método y un aparato del carácter descrito que son eficaces para uso en cualquier losa de hormigón de grosor convencional en diversas condiciones, incluidas lasas interiores para edificios, lasas que pueden utilizarse a ras de suelo o elevadas, lasas para carreteras, puentes, aceras y similares, y lasas de un solo grosor o rematadas integral o monolíticamente, permitiendo así que se utilice el método singular con muchas estructuras de hormigón.

Estos y otros objetivos y ventajas que resultarán subsiguientemente evidentes residen en los detalles de construcción y funcionamiento como se describen y reivindican de manera más completa en lo que sigue, haciéndose referencia a los dibujos que se acompañan que forman parte de los mismos, en que números similares se refieren a partes similares en todos ellos.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en sección esquemática de una losa de hormigón en construcción inmediatamente después de que se ha vertido la masa de hormigón;

La figura 2 es una vista en sección esquemática de la losa de hormigón de la figura 1 mostrada un poco después de que se ha vertido el hormigón;

La figura 3 es una vista en sección esquemática de la losa de hormigón de la figura 1 mostrada durante la primera etapa de aplicación de vibraciones utilizando la presente invención;

La figura 4 es una vista en sección esquemática de la losa de hormigón de la figura 1 mostrada inmediatamente después de la primera etapa de aplicación de vibraciones utilizando la presente invención;

La figura 5 es una vista en sección esquemática de la losa de hormigón de la figura 1 mostrada durante la segunda etapa de aplicación de vibraciones utilizando la presente invención;

La figura 6 es una vista en sección esquemática de la losa de hormigón de la figura 1 mostrada durante la etapa final de aplicación de vibraciones utilizando la presente invención;

La figura 7 es una vista en perspectiva que muestra un aparato vibrador de placa utilizado en la presente invención;

La figura 8 es un alzado lateral que muestra una sonda mecánica utilizada en una modificación de la presente invención;

La figura 9 es un alzado lateral que muestra una sonda de trineo utilizada en una modificación de la presente invención;

La figura 10 es una vista en perspectiva del aparato de la presente invención que muestra el aparato vibrador soportado desde arriba;

La figura 11 es un alzado lateral de la modificación del aparato vibrador de la presente invención que muestra una placa vibratoria sumergida; y

La figura 12 es un alzado lateral de una modificación de la presente invención que muestra una estructura de vibrador ajustable.

### Descripción de las realizaciones preferidas

La figura 1 de los dibujos ilustra una masa de hormigón (indicada generalmente "M" en las figuras que puede tener la forma de una losa cuando

el hormigón ha sido vertido en un encofrado (no mostrado) o similar desde cualquier fuente adecuada sobre una sub-base de losa B. La masa de hormigón M incluye típicamente agregados, cemento, agua y otros aditivos que pueden emplearse convencionalmente en lasas de hormigón.

Cuando la masa de hormigón M se vierte inicialmente, como se ilustra en la figura 1, los agregados, el cemento, el agua y otros materiales incorporados en el hormigón se distribuyen típicamente al azar a través de todo el grosor de la masa de hormigón M entre la sub-base B de la superficie superior descubierta 1 de la losa de hormigón. En el instante en que se vierte por primera vez masa de hormigón M, virtualmente nada de la masa de hormigón está lo suficientemente consolidada y seca para fines de acabado de la superficie superior 1 de la losa. Asimismo, en el instante en que la masa de hormigón M se vierte por primera vez, hay típicamente variaciones en el contenido de humedad y grado de consolidación (es decir, densidad) de la masa de hormigón M desde un punto a otro sobre todo el volumen de la masa de hormigón M. Tal variación en la consistencia del hormigón vertido no es crucial para la ejecución de la presente invención, pero, como apreciarán los versados en la técnica, es una propiedad inherente del hormigón aleatoriamente mezclado.

Haciendo ahora referencia a la figura 2, después de que la masa de hormigón M se ha vertido sobre la sub-base B en el encofrado de una losa, el peso de los agregados que forman la masa de hormigón empujan de manera natural hacia abajo en dirección a la sub-base B. Los agregados, que tienen una densidad relativamente alta, comienzan a exprimir el agua y el aire atrapado hacia afuera de la masa de hormigón M. A causa de que cerca de la parte inferior 2 de la losa no hay más presión que cerca de la superior 1 de la losa, inicialmente son exprimidos hacia afuera de la masa de hormigón más agua y aire atrapado cerca de la parte inferior de la losa que cerca de la parte superior de la losa, dando así por resultado un hormigón M1 relativamente más consolidado, relativamente más firme y relativamente más seco cerca de la parte inferior 2 de la losa, y un hormigón M2 relativamente menos consolidado, relativamente menos firme y relativamente menos seco más cerca de la parte superior 1 de la losa.

En la superficie 1 de la losa de hormigón se desarrolla una zona de acabado 7 que preferiblemente no tiene más de 1/4 de pulgada (6,35 mm) de grosor. En la zona de acabado 7 el agua emigrada puede reunirse en toda la operación de colocación. Asimismo, pueden utilizarse operaciones de acabado (que se describirán con más detalle después) que efectúan una concentración relativamente más alta de "finos" y "superfinos", y una concentración relativamente más baja de agregados en la zona de acabado 7 que en el resto de la masa de hormigón M.

Entre el hormigón M1 relativamente más consolidado, relativamente más firme y relativamente más seco cerca de la parte inferior 2 de la losa y el hormigón M2 relativamente menos consolidado, relativamente menos firme y relativamente menos seco cerca de la parte superior 1 de la losa, hay una capa límite L. Para fines de entendi-

miento de la presente descripción, la capa límite L puede interpretarse como que representa la línea (o zona) por debajo de la cual la masa de hormigón M1 está suficientemente consolidada, firme y seca para lograr el régimen y propiedades de curado de hormigón deseadas, e inmediatamente por encima de cuya línea la masa de hormigón M2 no está suficientemente consolidada, firme y seca para lograr el régimen y propiedades de curado de hormigón deseados. Asimismo, deberá entenderse que la capa límite L representa una línea (o zona) a través de la masa de hormigón M, en la que la masa de hormigón en todos los puntos a lo largo de la capa límite L es de consolidación, firmeza y sequedad sustancialmente similares. En la práctica, la capa límite L puede ser una línea muy estrecha (por ejemplo, como la existente después de que se hace vibrar una masa de hormigón plástico) o una zona que tiene una anchura vertical mensurable (por ejemplo, como la existente en el instante en que se vierte inicialmente una losa de hormigón).

Como será apreciado por los versados en la técnica, a causa de las contradicciones inherentes al mezclado y vertido del hormigón, la capa límite L que se produce de manera natural en una losa recién vertida es notoriamente irregular, como se ilustra en la figura 2. La irregularidad de la capa límite M puede variar debido a concentraciones irregulares de agregados o a bolsas de agua, etc., en la masa de hormigón vertida M. Los versados en la técnica apreciarán además que el régimen de curado (y, por consiguiente, la resistencia y la consistencia) de la masa de hormigón M variará normalmente dependiendo de la profundidad de la capa límite L debajo de la superficie superior 1 de la losa. Más específicamente, en un segmento vertical dado de la losa de hormigón, cuanto mayor sea la profundidad por debajo de la superficie 1 hasta la parte inferior de la masa de hormigón insuficientemente consolidada, insuficientemente firme e insuficientemente seca M2, tanto más largo será el tiempo de curado para ese segmento vertical particular de la losa de hormigón.

Haciendo ahora referencia a la figura 3, un aparato vibrador 3 capaz de introducir vibraciones en la masa de hormigón M se mueve a través de la superficie superior 1 de la losa en el sentido de avance (indicado por la flecha 4 en las figuras). Cuando el aparato vibrador 3 es activado, introduce vibraciones en la masa de hormigón M debajo del aparato vibrador, lo que hace que el agua y el aire aprisionado dentro de la masa de hormigón M emigren hacia arriba en dirección a la superficie superior 1 de la losa.

Cuando el agua y el aire emigran hacia arriba debido a las vibraciones, aumenta la profundidad del hormigón relativamente más consolidado, relativamente más firme y relativamente más seco M1 cerca de la parte inferior 2 de la losa y, aumenta correspondiente la elevación de la capa límite La. Tal como se ilustra en la figura 3, la capa límite L por delante del aparato vibrador 3 permanece sustancialmente invariable (es decir, irregular y con una elevación relativamente más baja). Se ha encontrado que debido a la fricción interna dentro de la masa de hormigón

M así como también a la difusión geométrica de la energía vibratoria, cuanto más lejos del aparato vibrador, tanto menos vibraciones serán percibidas y tanto menor será el efecto del aparato vibrador. Por consiguiente, las vibraciones afectan más profundamente a la masa de hormigón debajo del aparato vibrador 3 que a la masa de hormigón distante del aparato vibrador 3. Ajustándose ventajosamente la frecuencia de la vibración, la amplitud de la vibración, y/o la duración de la vibración (es decir, variando la velocidad de avance del aparato vibrador 3) a fin de efectuar selectivamente la consolidación de la masa de hormigón, pueden ajustarse correspondientemente la profundidad de la capa límite La debajo del aparato vibrador 3.

Sensores 5 en comunicación con el aparato vibrador 3 vigilan y controlan la profundidad instantánea de la capa límite L debajo del aparato vibrador 3. En el funcionamiento, los sensores 5 proporcionan datos de realimentación a una unidad de tratamiento 6 que determina la profundidad y el perfil de la capa límite L y que ajusta la frecuencia de la vibración, la amplitud de la vibración y/o la duración de la vibración (es decir, variando la velocidad de avance del aparato vibrador 3) cuando sea necesario para lograr el perfil deseado de la capa límite La.

La figura 4 ilustra la condición o estado de la losa de hormigón después de que el aparato vibrador ha completado una primera pasada o primera "etapa" de vibración de la masa de hormigón M. Como contraste con la característica de la losa antes de la primera etapa (como se ilustra en la figura 2), el volumen de la masa de hormigón suficientemente consolidada, suficientemente firme y suficientemente seca M1 es mayor, y el perfil de la capa límite La es más plano, después de que se completa la primera etapa de vibración (como se ilustra en la figura 4).

Haciendo ahora referencia a la figura 5, después de que la capa límite La ha sido elevada y nivelada algo por la primera pasada o "etapa" de vibración, puede utilizarse luego el aparato vibrador 3 para una segunda pasada o "etapa" de vibración, como se muestra en la figura 5, para elevar aún más la capa límite Lb. Como será apreciado por los versados en la técnica, introduciendo vibraciones controladas en la masa de hormigón M de la manera anteriormente descrita, se acelera la consolidación y el secado de la masa de hormigón M con relación a lo que sucedería de manera natural por sedimentación estacada de la masa de hormigón. Además de consolidarse y secarse más rápidamente la masa de hormigón M, se mejora la integridad estructural de la losa. La integridad estructural de la losa se mejora mediante el uso de la presente invención debido a la consistencia mejorada de la consolidación (representada por la orientación sustancialmente horizontal de la capa límite Lb), y debido a la emigración acelerada (y subsiguiente retirada) de agua desde la masa de hormigón que da por resultado ventajosamente menos agua atrapada y bolsas de aire en la losa de hormigón.

Haciendo ahora referencia a la figura 6, en la realización preferida de la invención, al completarse una "etapa" final de vibración o una pasada

final del aparato vibrador a través de la superficie 1 de la losa de hormigón, la profundidad del hormigón suficientemente consolidado, suficientemente firme y suficientemente seco M1 se extiende desde la parte inferior de la losa 2 hasta (o cerca de) la zona de acabado 7 en la superficie superior de la losa de hormigón 1. Típicamente, el agua que ha emigrado hacia la parte superior de la losa 1 puede acumularse en la zona de acabado 7 y puede a continuación evaporarse simplemente, escurrirse por la losa debido a la gravedad, ser expulsada fuera de la losa por el aparato vibrador 3, aspirada o de otra manera retirada.

De un entendimiento de lo que antecede puede apreciarse que utilizando un método y un aparato para colocar hormigón de acuerdo con la invención descrita, la capa límite L (o más específicamente la parte superior de la masa de hormigón suficientemente consolidada, firme y seca M1) es arrastrada uniformemente hacia la superficie superior de la losa de hormigón 1. A causa de la capa límite L (o más específicamente a causa de que la parte superior de la masa de hormigón suficientemente consolidada, firme y seca M1 está uniformemente elevada hacia la superficie superior de la losa de hormigón 1), toda la parte superior de la losa 1 (o más específicamente, la zona de acabado 7) se halla en condiciones para realizar las operaciones de acabado en sustancialmente el mismo momento. En la realización preferida de la invención, la capa límite L es elevada de este modo uniformemente hacia la superficie superior de la losa de hormigón 1 de manera que la profundidad de la capa límite Lc no varía en más de 1 pulgada (2,5 cm) después de haberse completado la etapa final de vibración.

La presente invención no sólo acelera la consolidación y el secado de las bolsas relativamente profundas de humedad y el hormigón no consolidado aplicando energía vibratoria directamente encima de tales áreas, sino que restringe también el secado y el endurecimiento prematuros de las áreas relativamente someras de humedad y el hormigón no consolidado reduciendo la energía vibratoria comunicada a tales áreas someras. Los versados en la técnica pueden apreciar que si se comunicaran por igual fuerzas vibratorias constantes a todas las áreas de una masa de hormigón heterogénea, la capa límite se aproximaría a la superficie de la losa en ciertas áreas antes que en otras, produciendo así el efecto indeseable de "puntos duros" en la masa de hormigón. Los puntos duros del hormigón producen típicamente un curado irregular y el agrietamiento de la losa, aumentan la dificultad de las operaciones de acabado, impiden virtualmente el uso de equipo de acabado automático y reducen en grado importante la resistencia estructural de la losa. Ajustando la energía vibratoria comunicada a las diversas áreas de la masa de hormigón M de manera que se lleve uniformemente la capa límite L hacia la superficie de la losa 1, una losa de hormigón hecha según el método y el aparato de la presente invención tiene menos puntos duros (o ninguno), es acabada más fácilmente, tiene menos grietas y es estructuralmente más robusta que las losas de hormigón producidas utilizando vibraciones no controladas o usando una entrada no vibratoria.

Puede disponerse un sistema de retirada de agua por vacío (no mostrado) que comprenda un dispositivo aspirador que emplee un dispositivo rodante o a manera de pista unido al aparato vibratorio. Dicho dispositivo aspirador incluye preferiblemente medios para imponer un vacío dentro de un cilindro rodante, siendo la superficie exterior del cilindro porosa y estando compuesta de un material a través del cual puede pasar libremente el agua, pero no los otros materiales que componen el hormigón. La superficie exterior del cilindro envolvente de vacío es mantenida libre de materiales acumulados por una rasqueta que está en contacto con la superficie en algún momento durante cada rotación del cilindro. Se aplica el vacío a la superficie porosa sólo cuando esa superficie está en contacto con la superficie de la masa de hormigón. La velocidad de la superficie del cilindro rodante se hace preferiblemente que coincida con la velocidad del aparato vibrador con relación a la superficie de la masa de hormigón.

De un entendimiento de la anterior descripción se apreciará que una losa de hormigón colocada de acuerdo con el método y el aparato de la presente invención produce una superficie superior 1 y una zona de acabado 7, de carácter físico uniforme sobre toda el área de la losa. Además, a causa de la consistencia del carácter físico de toda el área de la superficie de la losa, pueden realizarse operaciones de acabado automáticamente por medio de máquina. Por lo tanto, este método y este aparato para colocar hormigón mediante vibración escalonada producen de manera singular una condición de superficie uniforme que permite que el acabado de la superficie superior sea realizado automáticamente por medio de máquina sin los problemas que se oponen típicamente a los esfuerzos de acabado automático anteriores en losas de hormigón colocadas según métodos y aparatos anteriores.

El método y el aparato de vibración escalonada descritos para colocar hormigón son eficaces debido a la reacción del hormigón a la vibración. Durante la vibración, el agua, el aire y ciertos materiales más finos y más ligeros emigran hacia arriba, siendo afectada la emigración de los materiales por las características de la vibración, incluida la amplitud, la frecuencia y la duración de la vibración. Las características de la vibración se regulan en la presente invención para consolidar el hormigón relativamente menos consolidado, relativamente menos firme y relativamente menos seco M2 cerca de la parte superior 1 de la losa en un régimen controlado.

Además de controlar el perfil de la capa límite La y Lb mediante ajustes a la frecuencia, amplitud y duración de la vibración, el efecto de la vibración depende también de la forma, orientación y configuración de una superficie (o superficies) del aparato vibrador 3 que está en contacto con masa de hormigón M y que comunica las vibraciones al hormigón.

Utilizando esta invención, cuando se deposita una masa de hormigón horizontalmente colocación M sobre una superficie preparada (es decir, una sub-base B), se produce consolidación de la masa de hormigón M en etapas para llevar el agua hasta la superficie para retirada de manera que

las operaciones de acabado, si fueran necesarias, (o el curado, si no se requiere ninguna operación de acabado), puedan seguirse inmediatamente a continuación de las operaciones de colocación de hormigón a un régimen uniforme.

A causa de que se acelera la consolidación de la masa de hormigón M y a causa de que la losa tiene una solidificación y un secado sustancialmente uniformes desde la parte superior de la sub-base B hasta la parte inferior de la zona de acabado 7, utilizando el método y el aparato de acuerdo con la presente invención una losa de hormigón puede colocarse sin utilizar tela metálica de alambre (que corrientemente se empotra dentro de las losas de hormigón para reducir los efectos indeseables de los regímenes irregulares de secado y curado entre la parte inferior y la parte superior de las losas).

La vibración produce una capa límite La y Lb entre las partes relativamente consolidada y relativamente no consolidada de la masa M1 y M2, respectivamente, manteniéndose preferiblemente la capa límite lo más cerca posible de una profundidad uniforme debajo de la superficie superior 1 de la losa.

El aparato vibrador utilizado en la realización preferida de esta invención difiere de los vibradores anteriores porque incluye una estructura (es decir, sensores 5) que permite que la ubicación de la capa límite L con relación a la superficie de la losa 1 se determine con un sistema de control de realimentación asociado (es decir, una unidad procesadora 6). Pueden estar montados sensores en o cerca del aparato vibrador 3. Los sensores 5 perciben la profundidad de la capa límite L, La o Lb y, a través del equipo adecuado de tratamiento de datos de realimentación (es decir, la unidad procesadora 6), se ajustan las características controlables del aparato vibrador 3, cuando sea necesario, para dejar detrás una capa límite La y Lb a una profundidad sustancialmente uniforme debajo de la superficie superior 1 de la losa.

Los sensores 5 pueden estar situados ventajosamente para determinar la ubicación vertical de la capa límite L, La y Lb en lugares situados delante, detrás y directamente debajo del vibrador. Los sensores 5 están montados preferiblemente de tal manera que las vibraciones no afectarán adversamente al rendimiento de los sensores 5. Además, los sensores 5 están preferiblemente previstos en cantidades suficientes y en lugares suficientes para percibir la ubicación de la capa límite L en tantos lugares con relación al aparato vibrador 3 como pueda ser necesario para producir la ubicación deseada y el perfil de la capa límite La y Lb.

Las características del aparato vibrador 3 que son controladas incluyen la frecuencia, la amplitud y el enfoque o dirección de la energía vibratoria. Además, puede controlarse la velocidad de avance de todo el aparato vibrador 3. El aparato vibrador 3 puede comprender medios para ajustar el carácter de las vibraciones a fin de permitir que las vibraciones sean enfocadas hasta una profundidad particular mediante ajuste independiente de vibradores individuales o mediante ajuste de una pluralidad de vibradores combinados unos con otros, proporcionando así control adicional de

la profundidad de la consolidación del hormigón por el aparato vibrador.

Un tipo de aparato vibrador que puede utilizarse es un vibrador de placa 3a (como se muestra en la figura 7) que tiene uno o una pluralidad de pistones móviles o vibradores excéntricos giratorios 8 montados en él, siendo controlado individualmente cada vibrador 8 por su propio sensor 5a y unidad procesadora 6a (o por una sola unidad procesadora multifuncional, no mostrada) que lee las condiciones delante de la placa 9. Cuando los vibradores 8 vibran, se imponen las fuerzas dinámicas desequilibradas de los vibradores 8 sobre la placa 9, que transmite la fuerza directamente a la masa de hormigón M en forma de vibraciones. Sensores adicionales 5b pueden estar montados detrás del vibrador de placa 3a a fin de percibir los resultados de la vibración. El vibrador de placa 3a puede ser arrastrado o movido mediante un torno que se desplaza a una velocidad que es también controlada por los datos del sensor (5).

El sensor 5 puede basarse en pruebas mecánicas, trineos sumergidos o esquís, o en características acústicas, radar penetrante o tecnología similar para determinar la profundidad de la capa límite. Típicamente, los sensores mecánicos son menos costosos que sondas más sofisticadas.

Son adecuadas varias disposiciones alternativas para soportar el aparato vibrador por encima o sobre la superficie superior de la losa de hormigón 1, incluyendo, pero sin que quede limitado, los siguientes: soporte desde encofrados de hormigón; soportes desde brazos de soporte montados sobre diversos tipos de equipo periférico; soportes de esquís que se deslizan sobre pistas; soportes desde esquís o trineos sumergidos en la masa de hormigón y que corren sobre la capa límite L entre las partes de hormigón superior e inferior M2 y M1, respectivamente; o el aparato vibrador 3 puede estar soportado por cualquier medio que le permita moverse de manera que produzca la vibración escalonada deseada.

Un tipo de sensor que puede utilizarse en la presente invención es una sonda mecánica 5c, como se ilustra en la figura 8. Un pistón 11 está conectado a pivotamiento a un brazo de pivotamiento 12, estando dotada la parte inferior del brazo de pivotamiento con una placa plana 13 que comprende la superficie sensora de la sonda 5c. La placa plana C determina el lugar de la capa límite L entre el hormigón relativamente más consolidado, relativamente más firme y relativamente más seco M1 cerca de la parte inferior 2 de la losa y el hormigón relativamente menos consolidado, relativamente menos firme y relativamente menos seco M2 cerca de la parte superior de la losa. Se mide la fuerza requerida para empujar la placa plana 13 hacia abajo hasta el lugar de la capa límite L. El calibrado de la fuerza indicativa de la capa límite L puede basarse preferiblemente en una determinación de la fuerza requerida para empujar contra una masa de hormigón suficientemente consolidada, suficientemente firme y suficientemente seca, y estos datos forman preferiblemente la base del sistema de control de realimentación.

Un sensor alternativo que puede utilizarse con



la presente invención es una sonda de trineo 5d, como se ilustra en la figura 9. El trineo 14 está montado en un brazo de soporte pivotante 15 que se extiende desde la viga 16. El trineo tiene una superficie inferior sustancialmente plana 14a que es retirada por la viga de movimiento hacia adelante 16. La fuerza requerida para mantener el trineo 14 en la penetración correcta dentro de la capa límite L se determina y forma el punto de referencia para el sistema de control de realimentación.

Se apreciará que empleando vibración escalonada de acuerdo con la invención anteriormente descrita, se proporciona un sistema que induce al agua desde la masa de hormigón hacia la superficie de la losa de tal manera que el secado de la superficie avanza a un régimen uniforme. Los versados en la técnica apreciarán que dicho régimen uniforme de secado de la losa es una primera medida esencial hacia la facilitación del acabado automático o robótico de losas de hormigón.

Además, esto permite que se complete la colocación del hormigón mucho más rápidamente que con los métodos anteriores de colocación de hormigón, dependiendo de las condiciones de temperatura y meteorológicas.

Como se apreciará a través de una revisión de la anterior descripción, la presente invención proporciona un método y un aparato para colocar losas de hormigón que eliminan la necesidad de diversos aditivos (tales como agentes de secado, aceleradores, plastificantes, etc.), que da por resultado una densidad más uniforme de las losas, que tiene una superficie acabada más plana, menor contracción, menor ondulación y menos grietas y que requiere el uso de menos mano de obra de lo que es típicamente necesario con métodos y aparatos de colocación de hormigón anteriores. Este método y este aparato descritos para colocar losas de hormigón pueden utilizarse en unión de sistemas de encofrado corrientes o de enrasado por láser.

El aparato vibratorio 3 puede correr sobre barras de refuerzo, sobre una base independiente, sobre encofrados de metal (como se ilustra en la figura 10), o sobre otros medios de soporte.

Si bien la realización preferida de la invención comprende un aparato vibratorio 3 que aplica fuerzas vibratorias directamente a la superficie 1 de la losa de hormigón (por ejemplo, mediante la placa 9 del vibrador de placa 3a, como se muestra en la figura 7), en los casos en que la masa de hormigón M sea particularmente gruesa, puede ser deseable imponer las fuerzas vibratorias directamente sobre la masa de hormigón M a una distancia definida debajo de la superficie 1 de la losa de hormigón. La figura 11 ilustra un aparato vibrador modificado 3b que es capaz de aplicar vibraciones directamente a la masa de hormigón M debajo de la superficie 1 de la losa de hormigón. El aparato vibrador modificado 3b está provisto de ruedas 18 que corren sobre carriles 19. Un brazo vibratorio 20 está conectado a pivotamiento a un motor de accionamiento excéntrico 21 en un extremo, y está fijado a un vástago apisonador 22 que se extiende debajo de la superficie 1 de la losa de hormigón en su extremo opuesto. Una placa vibratoria en esencia horizontalmente orientada

23 está fijada a la parte inferior del vástago apisonador 22. Cuando el motor de accionamiento excéntrico 21 es activado, la placa vibratoria 23 vibra, aplicando con ello fuerzas vibratorias directamente a la masa de hormigón M debajo de la superficie 1 de la losa de hormigón.

De un entendimiento de la descripción anterior se apreciará que, con independencia de si se aplican las fuerzas vibratorias directamente a la superficie 1 de la losa de hormigón (como se ilustra en las figuras 3, 5, 6 y 7) o directamente a la masa de hormigón M debajo de la superficie 1 de la losa de hormigón (como se ilustra en la figura 11), el método y el aparato descritos para aplicar vibraciones a la masa de hormigón M tienen que utilizarse aunque la masa de hormigón M sea de plástico (es decir, aunque la masa de hormigón M esté sin curar).

En la realización preferida de la invención, la superficie de hormigón acabada final de la losa está relacionada dimensionalmente con un dispositivo o sistema de referencia. Dicho sistema de referencia puede comprender los carriles fijos (tales como los carriles 19 de la figura 11) o encofrados fijos (tal como el encofrado de metal 17 de la figura 10), o un sistema de láser en relación fija con la sub-base B (no mostrada), o medios similares.

En la figura 12 se ilustra un aparato vibratorio modificado 3c. El aparato vibratorio 3c mostrado en la figura 12 comprende una estructura flexible 30 que se mueve vertical y/u horizontalmente con relación a la superficie sobre la que descansa, estando soportada típicamente la estructura por ruedas 81 que se desplazan sobre la sub-base B, o por patines (no mostrados) que se apoyan sobre el acero estructural o la armazón 31 de la instalación. Los lugares verticales de los sensores 5 y la superficie vibratoria 32 (o superficies) con relación a la estructura 30 están preferiblemente fijas. Toda la estructura 30 ajusta verticalmente en respuesta a los datos suministrados a la unidad procesadora 6 por un sensor óptico 40 u otro instrumento que detecte el lugar vertical del dispositivo o sistema de referencia con relación (por ejemplo, la armazón 31) a la estructura 30, manteniendo una relación predeterminada vertical con ese dispositivo o sistema.

La unidad procesadora 6 recibe datos desde los sensores 5 respecto de la elevación de la capa límite L, así como también datos correspondientes a la elevación relativa del dispositivo de referencia (es decir, la armazón 31) desde el sensor óptico 40, y ajusta las características de vibración del aparato vibratorio 3c, la velocidad de avance de la estructura 30 y los lugares relativos de las superficies vibratorias 32 a fin de producir una capa límite L que sea casi tan paralela a la superficie deseada 1 de la losa de hormigón como sea posible.

Aunque en lo que antecede se describe el uso del aparato y del método de la presente invención para colocar una losa de hormigón horizontal de grosor sustancialmente constante utilizando un solo vertido de hormigón, deberá entenderse que la aplicación de este método y aparato a la colocación de losas que tienen superficies superiores inclinadas sustancialmente planas, y a la co-

locación de losas encima de sub-bases irregulares o inclinadas caen dentro del alcance de la presente invención. Además, el método y aparato descritos tienen también aplicación en la colocación de losas de hormigón que tengan revestimientos superiores integralmente unidos, en que puede introducirse un segundo vertido de hormigón (es decir, revestimientos superiores) encima de un primer vertido de hormigón. En la colocación de una losa de hormigón que tenga un revestimiento superior integralmente unido, el segundo vertido de hormigón se hace preferiblemente después de que se haya introducido una serie inicial de vibraciones escalonadas en el hormigón primeramente vertido de acuerdo con la presente invención, pero antes de que la capa límite se aproxime demasiado a la parte superior de la masa de hormigón primeramente vertida.

Lo que antecede se considera ilustrativo solamente de los principios de la invención. Son posibles otras muchas variaciones, por ejemplo:

un solo aparato vibrador 3 puede estar dotado con placas vibratorias de superficie (como se ilustra en la figura 7) y con placas vibratorias sumergidas (como se ilustra en la figura 11);

un solo aparato vibrador 3 puede estar dotado con un solo sensor 5 o con múltiples sensores 5;

la superficie vibratoria 9 ó 23 puede comprender una placa plana de cualquier configuración que esté en contacto con la superficie de la masa de hormigón o esté sumergida en ella;

la superficie vibratoria 9 ó 23 puede comprender una placa que tenga una sola cara en contacto con la superficie de la masa de hormigón, o puede comprender un objeto de cualquier configuración que esté sumergido dentro de la masa de hormigón;

cuando se usen superficies migratorias múltiples 9 ó 23 en un solo aparato vibratorio 3, pueden construirse de tal manera que permitan un ajuste independiente unas con relación a otras;

el aparato vibrador 3 puede ser de cualquier tipo, siempre que puedan controlarse las caracte-

terísticas de amplitud, frecuencia, o duración de vibración, o cualquier combinación de las mismas, sobre los márgenes que sean necesarios para el control apropiado de la consolidación de hormigón;

el aparato vibrador 3 puede accionarse eléctrica, hidráulica o neumáticamente;

cuando se emplea un sensor del tipo de pistón 5c, la placa sensora 13 puede ser una superficie plana o curvada, y el pistón puede ser accionado eléctrica, mecánica, neumático o hidráulicamente;

cuando se emplea un sensor del tipo de trineo o esquí 5d, la sonda puede ser accionada eléctrica, mecánica, neumática o hidráulicamente;

pueden emplearse como sensores 5 radares ultrasónicos, acústicos o penetrantes en el suelo u otros sistemas electrónicos similares;

los aparatos vibratorios 3 pueden estar soportados por ruedas sobre el asiento firme del suelo, sobre el encofrado o sobre reglones; o pueden estar soportados directamente por el encofrado y deslizarse sobre él; y

el dispositivo o sistema de referencia puede ser cualquier dispositivo o sistema que pueda dotar al aparato vibrador con medios para determinar el lugar vertical de la superficie deseada de la losa de hormigón; dicho dispositivo o sistema de referencia puede comprender una cadena tensa, un haz de láser, un encofrado de madera o metal o un reglón de tubo o cualquier otro dispositivo o sistema que pueda proporcionar información similar.

Asimismo, como a los versados en la técnica se les ocurrirán fácilmente numerosas modificaciones y cambios, no se desea limitar la invención a la construcción y funcionamiento exactos mostrados y descritos y, por consiguiente, todas las modificaciones y equivalentes adecuadas pueden considerarse que caen dentro del alcance de la invención. Por consiguiente, el alcance de la invención deberá ser determinado no por la realización ilustrada, sino por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes legales.

## REIVINDICACIONES

1. Un método de colocar hormigón, que comprende las siguientes operaciones: depositar una masa de hormigón plástico para formar una estructura de hormigón (M), teniendo dicha estructura de hormigón una superficie inferior (B) y una superficie superior sustancialmente plana (1); introducir en dicha estructura de hormigón una primera serie de vibraciones para hacer que un primer segmento de dicha masa de hormigón plástico (M1) consiga ponerse relativamente más denso que un segundo segmento de dicha masa de hormigón plástico (M2), extendiéndose dicho primer segmento (M1) desde dicha superficie inferior de dicha estructura de hormigón (B) hasta una capa límite definible manipulable (L), extendiéndose dicho segundo segmento (M2) desde dicha capa límite definible manipulable (L) hasta dicha superficie superior de dicha estructura de hormigón (1) en que dicha primera serie de vibraciones hace que dicha capa límite definible manipulable se sitúe en una primera posición (La) entre dicho primer segmento (L1) y dicho segundo segmento (M2); determinar el lugar de dicha primera posición de dicha capa límite definible manipulable (La); introducir en dicha estructura de hormigón una segunda serie de vibraciones a continuación de dicha primera serie de vibraciones para hacer que dicha capa límite definible manipulable se sitúe en una segunda posición (Lb) más próxima a la superficie superior (1) que dicha primera posición (La); y controlar una característica física de dicha segunda serie de vibraciones para hacer que dicha capa límite definible manipulable sea paralela de manera más apretada a dicha superficie superior de dicha estructura de hormigón (1) en dicha segunda posición (Lb) que en dicha primera posición (La).

2. Un método según la reivindicación 1, en el que dicha operación de introducir dicha primera serie de vibraciones en dicha estructura de hormigón comprende las operaciones de hacer vibrar un primer miembro apisonador (9) dispuesto en contacto con dicha masa de hormigón plástico (M) y por encima de dicha capa límite definible manipulable (L); y hacer mover dicho primer miembro apisonador (9) a lo largo de dicha estructura de hormigón durante la vibración de dicha estructura de hormigón.

3. Un método según la reivindicación 2, en el que dichas operaciones de determinar el lugar de dicha primera posición de dicha primera capa límite definible manipulable (La) y de ajustar dicha característica física de dicha segunda serie de vibraciones son realizadas cada una concurrentemente con dicha operación de hacer mover dicho primer miembro apisonador (9).

4. Un método según la reivindicación 2 ó 3, que comprende la operación de sumergir al menos una parte de dicho primer miembro apisonador dentro de dicho segundo segmento de dicha masa de hormigón plástico (M2).

5. Un método según cualquier reivindicación

precedente, en el que la operación de determinar el lugar de dicha primera posición (La) de dicha capa límite definible manipulable comprende generar datos de realimentación; y dicha operación de controlar una característica física de dicha segunda serie de vibraciones comprende las operaciones de procesar dichos datos de realimentación y ajustar dicha característica física de dicha segunda serie de vibraciones en respuesta a dichos datos de realimentación.

6. Un método según cualquier reivindicación precedente en el que dicha característica física controlada de dicha segunda serie de vibraciones comprende frecuencia, amplitud o duración.

7. Aparato para colocar una masa de hormigón plástico para formar una estructura de hormigón (M) que tiene una superficie inferior (B), una superficie superior sustancialmente plana (1) y un área dentro de un perímetro definible, comprendiendo dicho aparato un miembro apisonador (9) operante para vibrar a una primera frecuencia y a una primera amplitud a fin de introducir en dicha estructura de hormigón una primera serie de vibraciones para hacer que un primer segmento de dicha masa de hormigón plástico (M1) consiga ponerse relativamente más denso que un segundo segmento de dicha masa de hormigón plástico (M2), extendiéndose dicho primer segmento (M1) desde dicha superficie inferior de dicha estructura de hormigón (B) hasta una capa límite definible manipulable (L), extendiéndose dicho segundo segmento (M2) desde dicha capa límite definible manipulable (L) hasta dicha superficie superior de dicha estructura de hormigón (1), en que dicha primera serie de vibraciones está destinada a hacer que dicha capa límite definible manipulable esté situada a una primera elevación (La) de tal manera que dicho primer segmento (M1) esté debajo de dicha primera elevación (La) y dicho segundo segmento (M2) esté por encima de dicha primera posición (La); siendo dicho miembro apisonador (9) operante para vibrar a una segunda frecuencia o a una segunda amplitud a fin de introducir en dicha estructura de hormigón una segunda serie de vibraciones a continuación de dicha primera serie de vibraciones para hacer que dicha capa límite definible manipulable se sitúe a una segunda elevación (Lb) más cerca de dicha superficie superior que dicha primera elevación (La); un sensor (5) para determinar el lugar de dicha primera elevación de dicha capa límite definible manipulable (La); y medios procesadores (6) acoplados a dicho sensor (5) y a dicho miembro apisonador (9) para controlar la frecuencia, la amplitud o la duración de dicha segunda serie de vibraciones.

8. Aparato según la reivindicación 7, que comprende medios móviles (10) para mover dicho miembro apisonador (9) a lo largo de dicha estructura de hormigón durante la vibración de dicha estructura de hormigón.

9. Aparato según la reivindicación 8, en el que dichos medios procesadores (6) están destinados a procesar señales provenientes de dicho

sensor durante el movimiento de dicho miembro apisonador y para ajustar dicha primera amplitud o dicha primera frecuencia a dicha segunda

amplitud o a dicha segunda frecuencia, respectivamente, en respuesta a dichas señales del sensor.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

---

**NOTA INFORMATIVA:** Conforme a la reserva del art. 167.2 del Convenio de Patentes Europeas (CPE) y a la Disposición Transitoria del RD 2424/1986, de 10 de octubre, relativo a la aplicación del Convenio de Patente Europea, las patentes europeas que designen a España y solicitadas antes del 7-10-1992, no producirán ningún efecto en España en la medida en que confieran protección a productos químicos y farmacéuticos como tales.

65

Esta información no prejuzga que la patente esté o no incluida en la mencionada reserva.

---

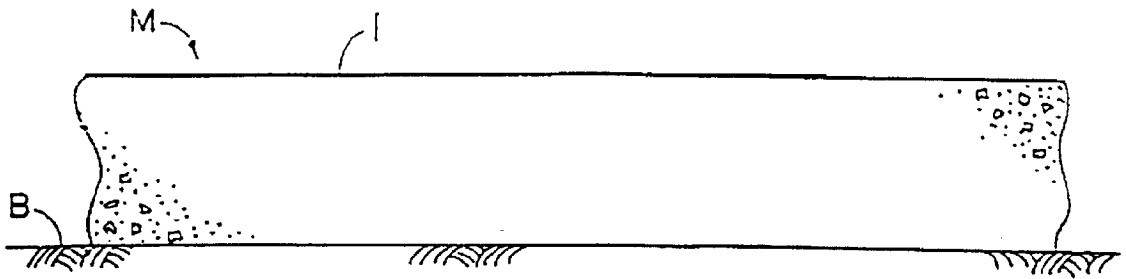


Fig. 1

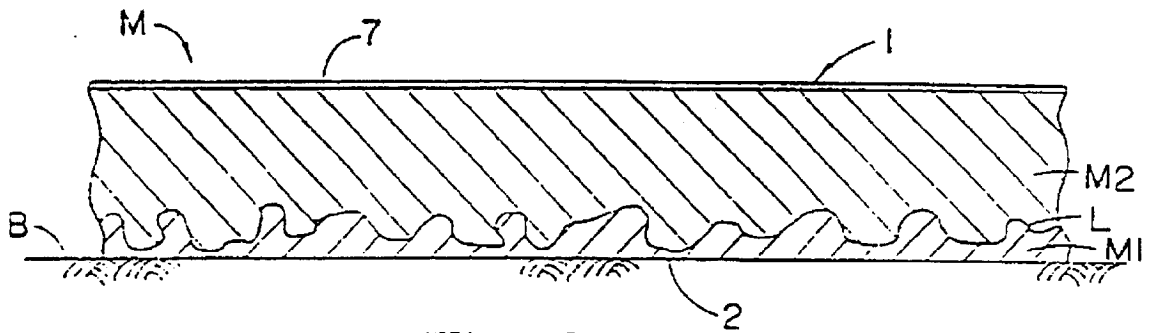


Fig. 2

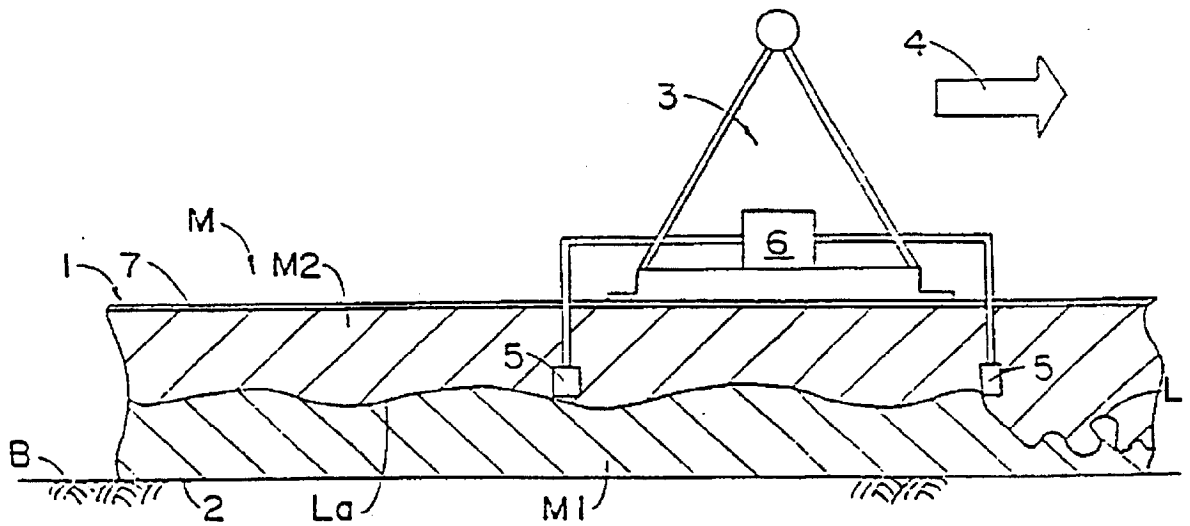


Fig. 3

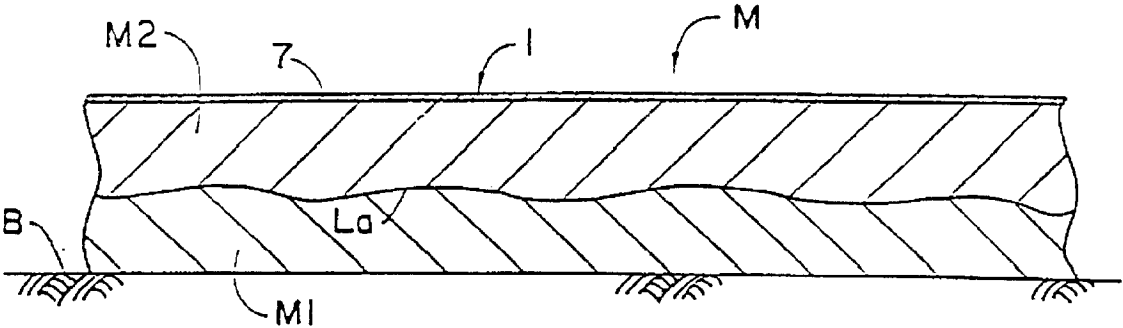


Fig. 4

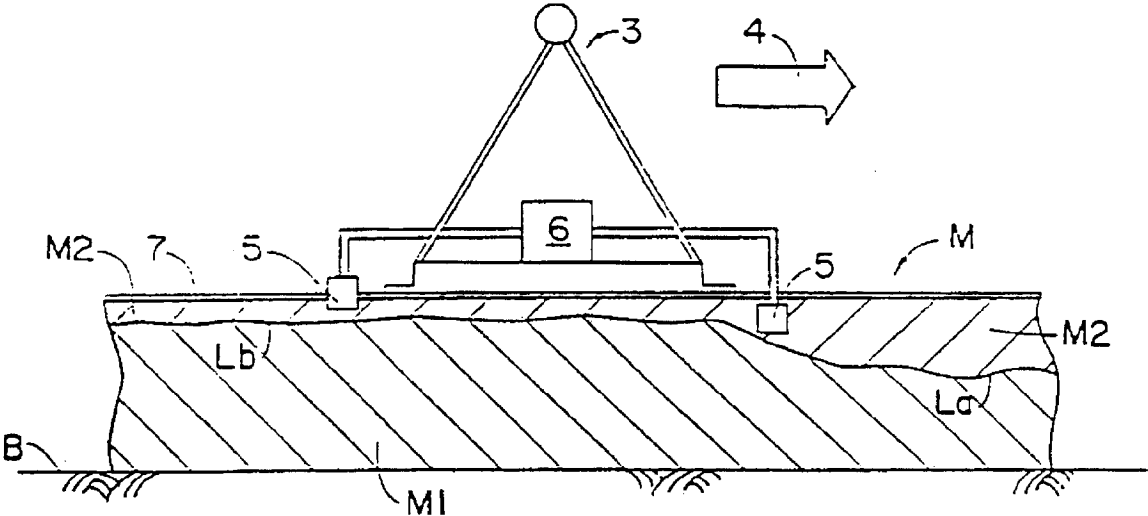


Fig. 5

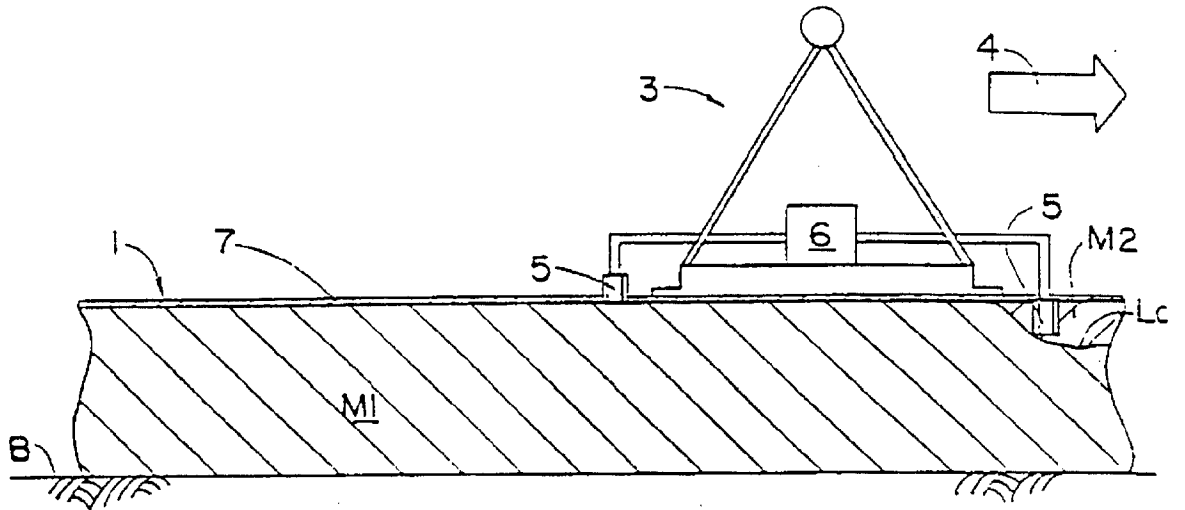


Fig. 6

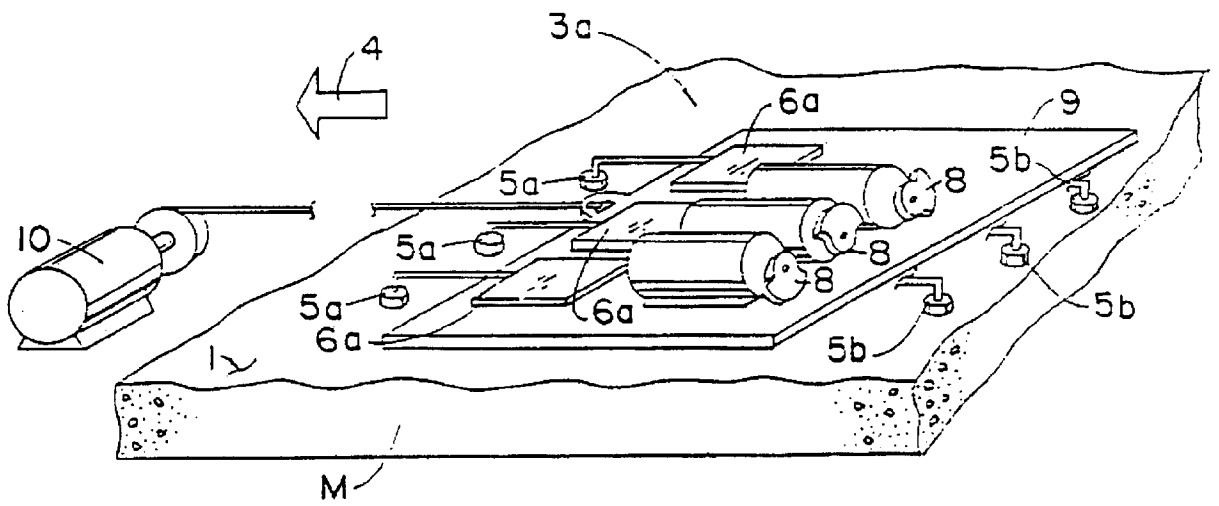


Fig. 7

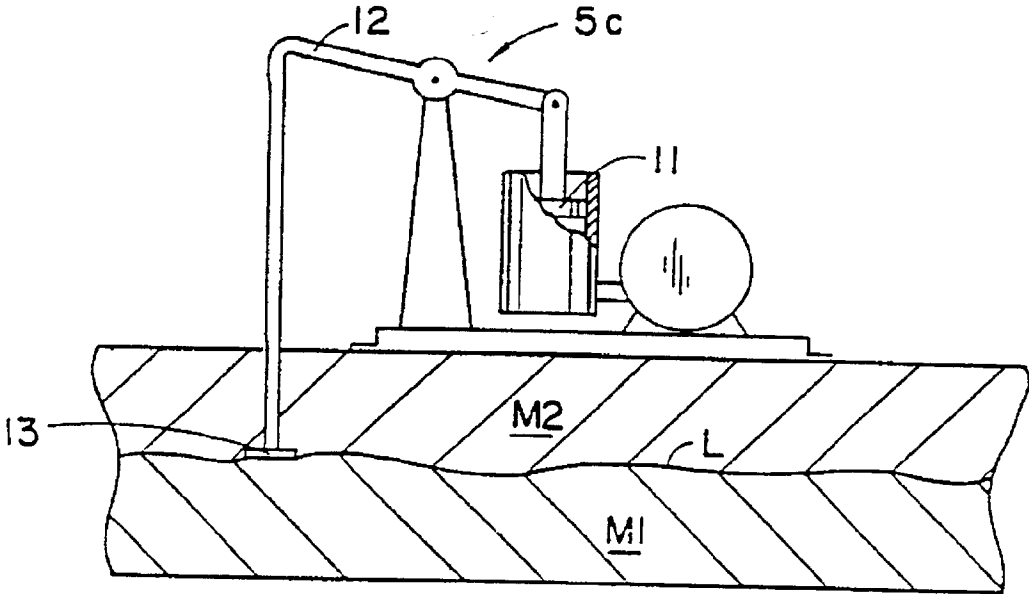


Fig. 8

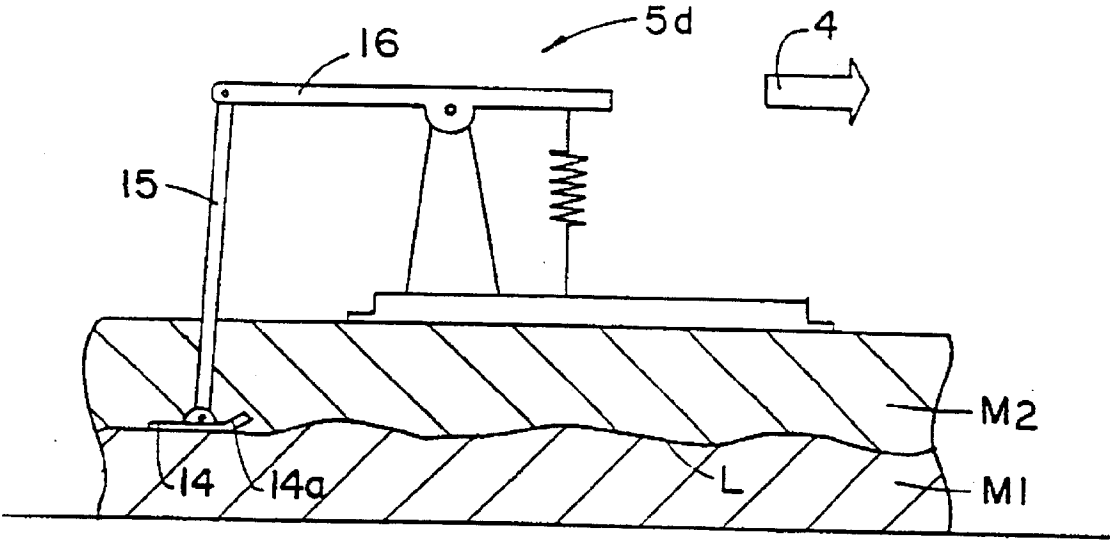


Fig. 9



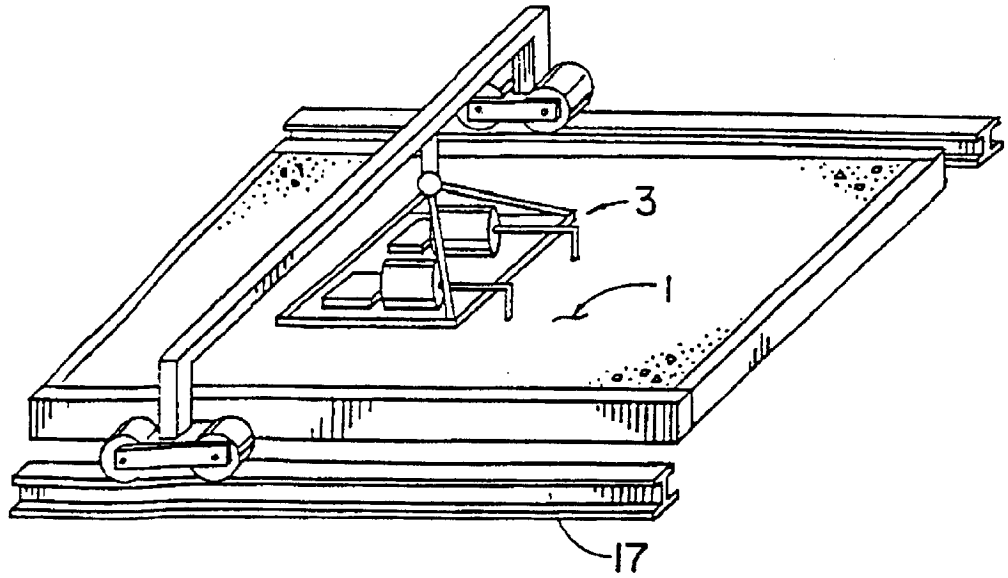


Fig. 10

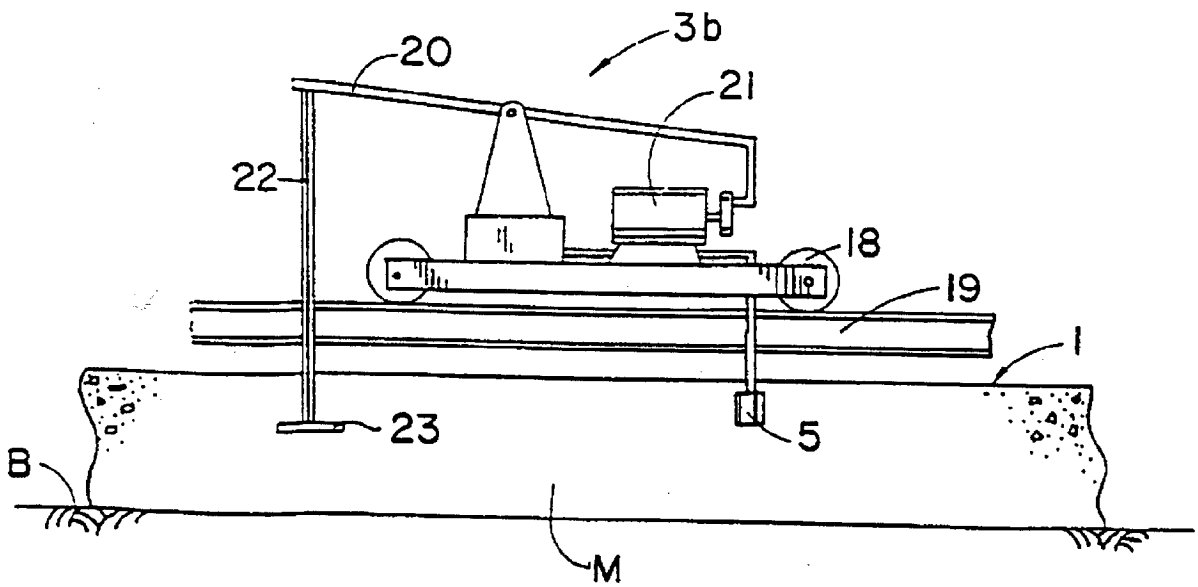


Fig. 11

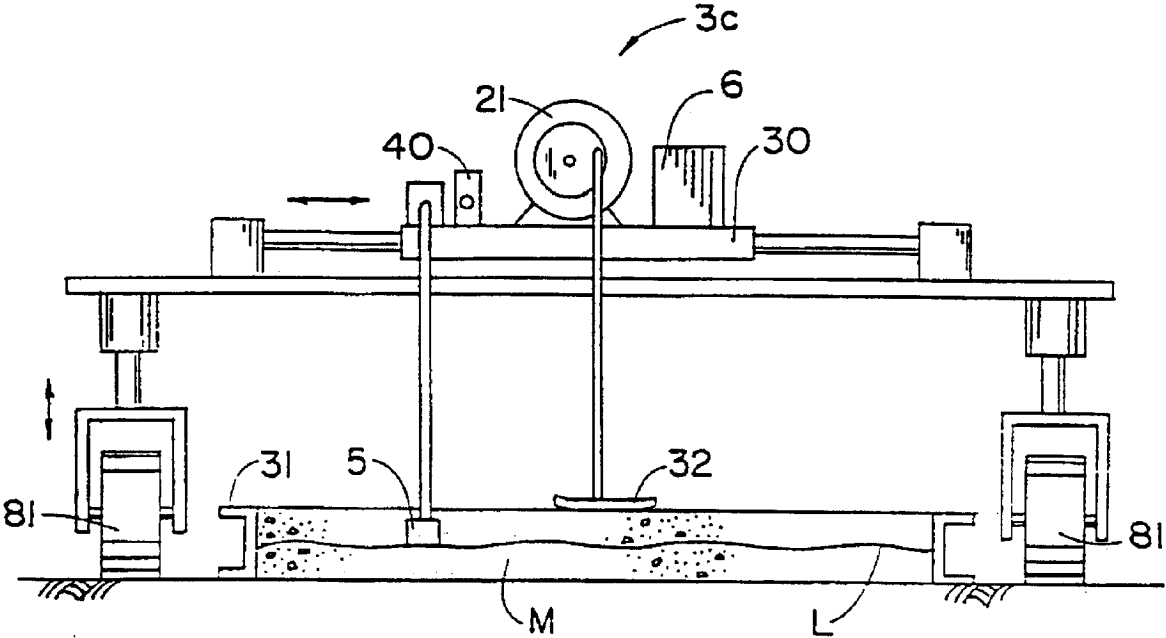


Fig. 12