



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 367**

51 Int. Cl.:

E04C 3/08 (2006.01)

E04B 5/10 (2006.01)

E04B 5/29 (2006.01)

E04B 5/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06743938 .0**

96 Fecha de presentación : **19.05.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1888857**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.02.2008**

54 Título: **Procedimiento y sistema de construcción de suelo.**

30 Prioridad: **31.05.2005 GB 0510975**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.07.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.07.2011

73 Titular/es: **ASD WESTOK LIMITED**
Charles Roberts Office Park Charles Street
Horbury Wakefield WF4 5FH, GB

72 Inventor/es: **Holmes, Andrew y**
Hawes, Michael

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 362 367 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 y sistema de construcción de suelo

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un sistema de construcción de suelo, y más en particular a un procedimiento para producir sistemas de suelo de acero poco profundos y ultra poco profundos. Los sistemas de suelo de acero ultra poco profundos pueden ser definidos como aquellos que tiene profundidades comprendidas en la gama de 100 mm a 350 mm.

10 En edificaciones multi-planta ha resultado ser cada vez más importante minimizar la altura total de suelo-a-suelo, y por consiguiente la profundidad asumida por cualquier estructura de suelo necesita ser minimizada. Esta necesidad está impulsada por niveles incrementados de instalaciones de servicio albergadas en el interior de las zonas de techo y suelo modernos, y el deseo de albergar tantos suelos como sea posible sin contravenir las limitaciones de planificación sobre la altura global admisible de la edificación. Históricamente, se conseguía una construcción muy compacta utilizando bloque estructural de hormigón con columnas separadas de forma cercana.

15 En los años recientes, los ingenieros han buscado procedimientos para construir suelos igualmente compactos de acero en vez de hormigón. Esta invención es una forma de construcción de ese tipo, que es de menor profundidad, más práctica, más económica y más flexible que la tecnología existente, con el beneficio añadido de conseguir vanos más grandes.

20 En la construcción de acero multi-planta tradicional, no de poca profundidad, vigas de acero en I o en H cruzan horizontalmente entre soportes, con solado de hormigón colocado sobre la parte superior de la viga de acero que cruza entre vigas adyacentes. De ese modo, el acero forma el esqueleto del edificio y el hormigón horizontal forma el suelo. En una construcción de poca profundidad, en vez de que el hormigón asiente sobre la parte superior de la viga en I o en H de acero, se acomoda en el interior de la profundidad de la propia viga, reduciendo de ese modo significativamente el espesor del suelo global.

25 Para la construcción de suelo poco profundo es muy difícil usar una sección en H estándar debido a que la unidad de solado de hormigón no puede ser descendida de forma segura a su lugar sin la obstrucción de la proyección de la pestaña superior de la sección en H.

30 Es por lo tanto preferible utilizar una viga de acero asimétrica, en la que la pestaña superior sea sustancialmente más estrecha que la pestaña inferior. La diferencia entre las dos anchuras de pestaña ha de ser suficiente para permitir que la unidad de hormigón pueda ser descendida de forma fácil y segura hasta la pestaña inferior más ancha. Se conocen diversas formas de vigas de acero asimétricas poco profundas, pero cada una de ellas tiene inconvenientes importantes.

Las vigas SLIMDEK ASB (RTM) son vigas de acero asimétricas, laminadas por Corus. La pestaña superior es 110 mm más estrecha que la pestaña inferior. Sin embargo, estas vigas tienen varios inconvenientes:

- 35 a) Existe una gama muy limitada de tamaños de sección, consistente en 10 profundidades por incrementos, entre 272 mm y 342 mm;
- b) La menos profunda, 272 mm de profundidad, es demasiado profunda para muchos suelos ultra poco profundos;
- c) Con el fin de conseguir una acción compuesta, se debe colocar una cobertura suficiente de hormigón y refuerzo sobre la pestaña superior de la Slimdek, lo que incrementa adicionalmente la profundidad;
- 40 d) Debido al pequeño número de vigas de la gama, el incremento de peso de una a la siguiente más fuerte es muy sustancial, haciendo que la construcción sea innecesariamente pesada.

Las vigas SLIMFLOR (RTM) son vigas en H laminadas estándar con una placa ancha soldada al lado inferior de la pestaña inferior para generar un perfil asimétrico. Esto tiene la ventaja de proporcionar una gama más grande de profundidades de viga, pero aún está restringida por la gama limitada de vigas en H disponibles en cualquier mercado.

45 Las vigas de Placa Soldada pueden ser producidas soldando entre sí dos placas horizontales separadas por una placa vertical para formar una viga en I o en H. Se consigue un perfil asimétrico utilizando placas horizontales de diferentes anchuras. El beneficio de esto consiste es que la profundidad de la viga en H es totalmente flexible, puesto que la placa-alma vertical puede ser realizada con cualquier profundidad requerida. Sin embargo, la mayor parte de los sistemas de soldadura automatizados comercialmente disponibles, no pueden tener acceso para soldar una viga de menos de 300 mm de profundidad. Además, a menos que las soldaduras que unen las placas vertical y horizontales sean soldaduras a tope totalmente resistentes, las cuales son prohibitivamente caras, una viga en H de placa es significativamente inferior respecto a la de sección laminada en cuanto a su capacidad de transporte de carga.

Cada uno de los tipos mencionados anteriormente de vigas de acero, tiene otro importante inconveniente práctico. En los edificios modernos, se requieren numerosos servicios (tal como cables de potencia, líneas de comunicación, conducciones de agua, conductos de aire) para cada suelo del edificio. Resulta ventajoso localizar cada una de las estructuras de servicio en el interior de la propia construcción de suelo.

- 5 Las vigas estructurales con abertura en el alma, son conocidas a partir de, por ejemplo, el documento US-A-3.066-394. Éstas son relativamente complejas de fabricar.

- 10 La presente invención proporciona un procedimiento de construcción de suelo que permite la construcción de solado robusto y que permite que diversas estructuras de servicio puedan ser localizadas en el interior de la estructura de suelo. La presente invención proporciona también una viga estructural con aberturas en el alma, y un procedimiento de producción de tal viga estructural, siendo la viga estructural adecuada para su uso en el procedimiento de construcción de suelo de la presente invención.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de construcción de un suelo de acuerdo con la reivindicación 1 anexa.

Un sistema de suelo puede comprender:

- 15 una pluralidad de vigas en forma de I o de H, que comprenda al menos una viga pre-formada con aberturas localizadas en el alma, dispuestas de modo que forme una estructura de soporte para las unidades de suelo, y
- unidades de suelo dispuestas entre las vigas, estando las unidades de suelo acomodadas entre las pestañas horizontales de las vigas.

- 20 Con preferencia, las vigas son asimétricas, siendo más preferiblemente la pestaña superior más estrecha que la pestaña inferior.

- El material de cubierta puede estar dispuesto entre las pestañas inferiores de las vigas, estando las unidades de suelo dispuestas sobre la parte superior del material de cubierta. El material de cubierta puede consistir en láminas planas, por ejemplo láminas metálicas. El material de cubierta puede tener ondulaciones, por ejemplo depresiones.
- 25 El material de cubierta puede estar fijado a la viga.

Las unidades de suelo pueden ser losas de hormigón preformadas, por ejemplo prefabricadas. Alternativamente, las unidades de suelo de hormigón pueden ser formadas in situ. Alternativamente, las unidades de suelo pueden ser una combinación de unidades de suelo de hormigón preformadas y formadas in situ.

- 30 Con preferencia, el material de cubierta se dispone entre las pestañas inferiores de las vigas y el hormigón vertido sobre la material de cubierta con el fin de formar las unidades de suelo de hormigón.

- De acuerdo con una realización preferida de la invención, el procedimiento comprende una unidad de suelo dispuesta entre las pestañas de la viga con material formado in situ que pone en contacto la unidad de suelo y la viga. Con preferencia, el material formado in situ se introduce como material fluente. Con preferencia, el material formado in situ es hormigón. Con preferencia, el material formado in situ se extiende a través de las aberturas del alma.
- 35

De acuerdo con una realización de la invención, el procedimiento comprende una superficie soportada por encima de la unidad de suelo. Con preferencia, se proporciona un espacio entre la superficie y la unidad de suelo. Con preferencia, el espacio conecta con una o más de las aberturas del alma. Las estructuras de servicio pueden estar situadas en el espacio.

- 40 Las unidades de suelo pueden ser viguetas de madera. Las unidades de suelo pueden estar hechas de plástico. Las unidades de suelo pueden ser unidades de solado híbridas.

Las unidades de suelo pueden ser unidades de suelo de cavidad hueca. Las unidades de suelo pueden ser unidades de suelo del tipo de bloque y viga.

- 45 Las unidades de suelo adyacentes pueden estar sujetas unas con otras. Con preferencia, las losas de hormigón adyacentes se sujetan entre sí idealmente mediante medios de refuerzo, tales como varillas de acero. En el caso de losas de hormigón preformadas, los medios de refuerzo pueden estar conectados a losas de hormigón adyacentes. En el caso de losas de hormigón formadas in situ, los medios de refuerzo están incrustados en las losas de hormigón adyacentes. Las viguetas de madera adyacentes pueden estar atornilladas entre sí, o unidas mediante otros medios mecánicos tales como placas con clavos de refuerzo, varillas o hebillas vueltas, o secciones de madera más pequeñas que pasan a través de las aberturas y que se fijan por cualquiera de los lados. Medios de refuerzo, pernos u otros medios mecánicos, pueden extenderse entre unidades de suelo adyacente a través de las aberturas localizadas en el alma de la viga.
- 50

En realizaciones de la invención en las que las unidades de suelo de hormigón se forman in situ, el hormigón fluye

preferentemente a través de las aberturas de la viga con el fin de formar una estructura compuesta.

Las estructuras de servicio, tales como los cables de potencia, líneas de comunicación, tuberías de agua y/o conductos de aire, pueden estar dispuestas en el interior del suelo. Con preferencia, las estructuras de servicio pasan a través de las aberturas de la, o de cada, viga.

- 5 Las aberturas localizadas en el alma, pueden ser preformadas en el punto de generación de las vigas estructurales. Las aberturas pueden ser preformadas con anterioridad al posicionamiento de la viga estructural en la estructura de soporte para las unidades de suelo.

10 Las aberturas localizadas en el alma de la viga pueden ser preformadas de modo que tengan cualquier configuración deseada. Las aberturas pueden ser preformadas para que tengan cualesquiera dimensiones deseadas. Las aberturas pueden ser preformadas de modo que tengan cualquier posicionamiento deseado cada una con respecto a las otras. Las aberturas pueden ser específicamente preformadas de modo que sean compatibles con el modo de sujeción de unidades de suelo adyacentes cada una con la otra. Las aberturas pueden estar preformadas de modo que sean compatibles con las estructuras de servicio que pasan a través de las mismas. Las aberturas pueden estar preformadas de modo que se optimice el flujo de hormigón a través de las mismas cuando se forman las unidades de suelo de hormigón in situ.

15 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de fabricación de una viga estructural de acuerdo con la reivindicación 15 anexa.

También se puede proporcionar un procedimiento de fabricación de una viga estructural con aberturas situadas en el alma, que comprende las etapas de:

- 20 (a) tomar una viga en forma de I o de H, realizar un corte generalmente longitudinal a lo largo del alma de la misma, realizar un segundo corte generalmente longitudinal a lo largo del alma de la misma, siendo su trayectoria diferente de la primera trayectoria del primer corte, definiendo las dos trayectorias secciones rectilíneas que se extienden por lados alternos de una línea longitudinal central del alma, y secciones al menos parcialmente curvas que unen los extremos más cercanos de las secciones rectilíneas adyacentes,
- 25 separando las dos partes de la viga;
- (b) tomar una segunda viga en forma de I o de H, realizar un corte a lo largo del alma de la misma paralelo al eje longitudinal, separando las dos partes de la viga, y
- (c) soldar una parte de la primera viga a una parte de la segunda viga.

La viga en forma de I o de H puede comprender un alma que une dos pestañas.

- 30 Con preferencia, la primera y la segunda vigas tienen diferentes anchuras de pestaña de modo que la viga estructural acabada es asimétrica, siendo una pestaña más estrecha que la otra.

El corte a lo largo del alma de la primera viga puede ser tal que pueden obtenerse aberturas de diferentes formas. El corte a lo largo del alma de la primera viga puede ser tal que pueden obtenerse aberturas de diferentes tamaños. El corte a lo largo del alma de la primera viga puede ser tal que pueden obtenerse aberturas en cualquier posición.

- 35 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona una viga estructural cuando se fabrica mediante el procedimiento del aspecto anterior de la presente invención.

Con preferencia, la viga estructural posee una abertura en la parte superior del alma. Con preferencia, la sección curva de la abertura está por encima de la sección rectilínea. Con preferencia, la viga estructural comprende un alma que une dos pestañas. Con preferencia, la pestaña superior es más estrecha que la pestaña inferior.

- 40 Ahora se hará referencia, a título de ejemplo, a los dibujos que se acompañan, en los que:

Las Figuras 1a y 1b corresponden a las Figuras 1a y 1b del documento EP 0324206 e ilustran una viga celular acabada y un patrón de corte, respectivamente;

las Figuras 2a y 2b ilustran una viga celular acabada y un patrón de corte, respectivamente, producidos de acuerdo con el procedimiento del documento PCT/GB2004/005016;

- 45 las Figuras 3a y 3b ilustran otra viga celular acabada y un patrón de corte, respectivamente, producidos de acuerdo con el procedimiento del documento PCT/GB2004/005016;

las Figura 4a y 4b ilustran una vista extrema y una vista lateral, respectivamente, de una viga celular acabada producida de acuerdo con una realización de la presente invención;

- 50 las Figuras 5-7 ilustran sistemas de construcción de suelo en los que las unidades de suelo son hormigón preformado;

las Figuras 8, 9a y 9b ilustran sistemas de construcción de suelo en los que las unidades de suelo están formadas in situ;

las Figuras 10a-c ilustran sistemas de construcción de suelo conocidos, en los que las unidades de suelo son viguetas de madera;

- 5 las Figuras 11a, 11b, 12 y 13 ilustran sistemas de construcción de suelo en los que las unidades de suelo son viguetas de madera.

La presente invención utiliza vigas estructurales con aberturas en las almas, mencionadas como "vigas celulares". Las vigas celulares son bien conocidas en el estado de la técnica, y las fabricadas de acuerdo con el procedimiento del documento EP 0324206 son particularmente adecuadas. Las Figuras 1a y 1b corresponden a las Figuras 1a y 1b del documento EP 0324206 e ilustran una viga celular acabada y un patrón de corte, respectivamente.

El procedimiento conforme al documento EP 0324206 comprende las etapas de tomar una viga universal, realizar un corte generalmente longitudinal a lo largo del alma de la misma, separar las mitades cortadas de la viga, desplazar cada una de las mitades con respecto a la otra y soldar las mitades entre sí, caracterizado porque: se realiza un segundo corte a lo largo del alma, cuya trayectoria difiere de la primera trayectoria del primer corte, definiendo las dos trayectorias secciones rectilíneas que se extienden por lados alternos de una línea longitudinal central del alma, y secciones al menos parcialmente curvilíneas que unen los extremos más próximos de las secciones rectilíneas adyacentes.

Según se muestra en las Figuras 1a y 1b, una viga celular (10) tiene pestañas (12, 14) entre las que se extiende un alma (16). La viga (10) ha sido producida a partir de una viga universal (Figura 1(b)), que tiene una profundidad d que es los dos tercios de la profundidad D de la viga (10) acabada mostrada en la Figura 1(a). El alma (16) de la viga universal ha sido cortada a lo largo de dos líneas de corte (18, 20) continuas, y el material (22, 23) entre las líneas (18, 20) ha sido retirado. Después de haberse formado los dos cortes, las dos mitades de la viga se separan y una se desplaza longitudinalmente con relación a la otra con el fin de yuxtaponer las secciones (24, 26) rectilíneas que son soldadas entre sí para producir la viga celular (10) acabada que se ilustra en la Figura 1(a).

Las vigas celulares producidas de acuerdo con el procedimiento del documento PCT/GB2004/005016, son también particularmente adecuadas para su uso en la presente invención. Las Figuras 2a,b y 3a,b ilustran vigas celulares y patrones de corte producidos de acuerdo con el procedimiento del documento PCT/GB2004/005016.

El procedimiento conforme al documento PCT/GB2004/005016 comprende las etapas de tomar una viga universal, realizar un corte generalmente longitudinal a lo largo del alma de la misma, realizar un segundo corte a lo largo del alma por una trayectoria diferente de la primera trayectoria del primer corte, separar las mitades cortadas de la viga, y soldar las mitades entre sí, caracterizado porque se define una anchura de material o banda mediante los dos cortes en una cantidad igual a la reducción de profundidad deseada de la viga celular acabada.

Según se muestra en las Figuras 2a y 2b, los cortes (18, 20) están más separados uno del otro y definen una banda (28) de material entre ambos. Las vigas son separadas y movidas longitudinalmente cada una en relación con la otra, las porciones rectilíneas (24, 26) adyacentes soldadas entre sí como en lo que antecede. El espesor de la viga producida de acuerdo con el procedimiento del documento PCT/GB2004/005016 es menor que el espesor D de la viga producida de acuerdo con el procedimiento del documento EP 0324206 en una cantidad " x ", la anchura de las porciones más estrechas de la banda (28). Puesto que " x " puede variar según se desee, el espesor de la viga acabada puede ser especificado de forma precisa.

Según se muestra en las Figuras 3a y 3b, la banda (28) contiene mucho más material y puesto que las porciones (24, 26) rectilíneas ya son opuestas unas con otras, las dos mitades de la viga no necesitan ser desplazadas entre sí con anterioridad a la soldadura. Esto produce una viga de espesor $d - x$, es decir, menor que el espesor de la viga original en la cantidad " x " de la Figura 3(b). Es decir, en esta realización del documento PCT/GB2004/005016, la viga celular producida tiene una profundidad menor que la viga universal a partir de la cual se ha fabricado. En algunas circunstancias, se prefiere esta construcción de viga a la producción de una viga celular a partir de una viga universal inicial más pequeña, ya sea debido a que ésta no se encuentre disponible o ya sea debido a que el espesor de sección (del alma y/o de las pestañas) de una viga más pequeña no es suficiente para cumplir con los requisitos de resistencia necesarios.

Aunque los procedimientos de los documentos EP 0324206 y PCT/GB2004/005016 han sido descritos en relación con la fijación entre sí de dos partes de una viga universal de corte único, se prefiere de acuerdo con la invención utilizar partes de diferentes vigas universales cortadas con el fin de producir vigas celulares asimétricas.

Las Figuras 4a y 4b ilustran un viga celular (1) acabada, producida de acuerdo con una realización de la presente invención. La viga celular (1) comprende dos partes, en particular una sección (2) superior celular en T, y una sección (3) inferior compacta en T. Las dos partes se sueldan entre sí para formar un empalme (4).

El procedimiento de producción de una viga según se muestra en las Figuras 4a y 4b incluye tomar una primera viga universal y corarla de acuerdo con el procedimiento del documento EP 0324206 descrito en lo que antecede (véase

la Figura 1b). Una segunda viga se corta a continuación a lo largo del alma, en paralelo con el eje longitudinal. Una parte de la primera viga universal se suelda a continuación a una parte de la segunda viga universal para producir la viga celular acabada mostrada en las Figuras 4a y 4b.

Una viga celular de ese tipo tiene una mayor capacidad de cizallamiento vertical si se compara con otras vigas celulares. Otras ventajas estructurales proporcionadas por tales vigas celulares consisten en que la menor sección (3) compacta en T aumenta la capacidad de post-pandeo del alma y curvado de Vierendeel. Cuando la viga se diseña para que sea compuesta con una losa de suelo, una sección inferior en T de corte recto incrementa el área de tracción útil de la sección inferior. Adicionalmente, el corte recto en la abertura puede ser formado también de tal modo que la superficie de nivel proporciona soporte para el refuerzo, o tendones de post-tensado. Esto ayuda a la construcción y asegura que los tendones y el refuerzo no están situados demasiado bajos.

La primera y la segunda vigas universales tienen las mismas anchuras de pestaña, dando como resultado la producción de una viga celular simétrica. Con preferencia, la primera y la segunda vigas universales tienen diferentes anchuras de pestaña, lo que da como resultado la producción de una viga celular asimétrica, según se muestra en la Figura 4a. La proyección (S) de la pestaña (5) inferior más allá de la pestaña (6) superior se consigue eligiendo partes (2, 3) superior e inferior adecuadas.

Las vigas celulares pueden ser preparadas de acuerdo con cualquiera de los procedimientos anteriores, con el fin de producir vigas que tengan diferentes dimensiones y formas. En cada variante, la viga acabada se produce con la profundidad requerida, y con una serie de aberturas de forma semicircular o de otra forma a lo largo de su longitud. En las realizaciones preferidas de la invención, en las que las vigas celulares son asimétricas (véase por ejemplo la Figura 4a), las dimensiones de las pestañas superiores e inferiores se eligen de acuerdo con los requisitos particulares del sistema.

Las vigas pueden ser fabricadas en cualquier tamaño y forma adecuados, dependiendo de los requisitos del sistema de construcción de suelo. Las vigas pueden ser producidas con almas que tengan una profundidad comprendida en la gama de 100 mm a 2500 mm, a incrementos de 1 mm. Los suelos construidos a partir de tales vigas son mencionados en la presente descripción como que son ultra poco profundos. La gama de anchura de pestaña está solamente limitada por el material disponible. Las anchuras de pestaña preferidas están comprendidas en la gama de 100 mm a 600 mm. Se pueden suministrar vigas que tengan celdas/ aberturas de diversas formas y dimensiones. Por ejemplo, se pueden proporcionar vigas con celdas sustancialmente circulares que tengan diámetros comprendidos en la gama de 50 a 2000 mm. La distancia entre celdas ("pasos de celda") puede variar desde 1,15x el diámetro de la célula en adelante. Con preferencia, el paso de celda es de 1,2x el diámetro de celda a 3x el diámetro de celda.

Las Figuras 5-7 ilustran sistemas de construcción de suelo en los que las unidades de suelo son hormigón preformado. En el sistema mostrado en la Figura 5, una viga (30) celular asimétrica forma parte de la estructura de soporte para unidades de suelo en forma de unidades (34) de hormigón prefabricadas. La viga (30) celular tiene una pestaña (31) superior y una pestaña (32) inferior. La pestaña (31) superior tiene una anchura más pequeña que la pestaña (32) inferior, lo que permite que las unidades (34) de hormigón prefabricadas sean descendidas hacia su posición sobre la pestaña (32) inferior sin estorbo de la pestaña (31) superior. Las unidades (34) de hormigón prefabricadas están vinculadas entre sí por medio de varillas (35) de refuerzo u otros medios mecánicos, que se extienden a través de las aberturas (33) de la viga (30) de modo que satisfagan las normas de la construcción y/o se consiga la acción compuesta. Las unidades (34) de hormigón prefabricadas pueden ser unidades de núcleo compacto o hueco. Según se muestra en la Figura 5, la construcción puede utilizar material (36) de cobertura superior, rellenando el material de cobertura superior las aberturas (33) de la viga. El material de cobertura superior puede ser material de cobertura superior de hormigón estructural o de cobertura superior no estructural.

En el sistema mostrado en la Figura 6, una viga (30) celular asimétrica forma parte de la estructura de soporte para unidades de suelo en forma de unidades (34) de hormigón prefabricadas que tienen extremos en chaflán. Las unidades (34) de hormigón prefabricadas están vinculadas entre sí por medio de varillas (35) de refuerzo o de otros medios mecánicos que se extienden a través de las aberturas (33) de la viga (30) de modo que se satisfagan las normas de la construcción y/o se consiga la acción compuesta. Las unidades (34) de hormigón prefabricadas pueden ser unidades de núcleo compacto o hueco. Según se ha mostrado en la Figura 5, la construcción puede hacer uso de material (36) de relleno superior, rellenando el material de cobertura superior las aberturas (33) de la viga. El material de cobertura superior puede ser material de cobertura superior de hormigón estructural o de cobertura superior no estructural.

El sistema tiene ventajas significativas cuando se combina con ThermoDeck (RTM). El ThermoDeck (RTM) hace uso de orificios continuos formados en el interior de unidades prefabricadas para que pase el aire y otros servicios, proporcionando un sistema de calefacción, refrigeración y distribución extremadamente eficiente en cuanto a energía. La profundidad de ThermoDeck (RTM) varía con el vano y la carga, al igual que lo hacen los tamaños y las posiciones de los orificios. La presente invención tiene la ventaja de que se pueden fabricar vigas que se emparejen con la profundidad del ThermoDeck (RTM), con el tamaño del orificio y con la posición del orificio. Si no se necesita que por cada orificio pasen servicios, la acción compuesta puede ser incluso conseguida mediante selección cuidadosa de las aberturas para la colocación del refuerzo vinculante y del hormigón in situ. La continuidad y el paso

mejorados de los servicios se puede conseguir proporcionando manguitos adecuados entre unidades ThermoDeck (RTM) que pasen a través de las aberturas de las vigas de la presente invención. Esto proporciona la solución más compacta y eficiente.

5 La Figura 7 muestra un sistema en el que un suelo elevado (41) está soportado por medio de soportes (42) por encima de una unidad (39) de hormigón prefabricada que tiene una cobertura superior (40) estructural, la cual está a su vez soportada por una viga (37) que tiene aberturas (38). Las unidades (39) de hormigón prefabricadas están vinculadas entre sí por medio de varillas (43) de refuerzo u otros medios mecánicos que se extienden a través de las aberturas (38) de la viga. Las estructuras (44) de servicio, tal como un cable de potencia, están dispuestas en el espacio entre el suelo (41) elevado y la cobertura superior (40) estructural, extendiéndose las estructuras (44) de servicio a través de las aberturas (38) de la viga (37). La abertura (38) puede estar desviada para conseguir el detalle más favorable. La realización de la Figura 7 permite vanos más largos entre vigas o pesos de vigas más ligeros.

15 En el caso de unidades de hormigón prefabricadas, la inserción de varillas de vinculación/ refuerzo, estructuras de servicio y manguitos de conducción, puede ser efectuada mediante la provisión de extremos pre-achaflanados en las unidades prefabricadas de núcleo hueco, o rompiendo localmente la parte superior de la unidad prefabricada de núcleo hueco en la fase o en el lugar de producción. Esto permite un acceso fácil al núcleo hueco para la colocación tanto del refuerzo como del hormigón in situ. Las estructuras de servicio pueden también entrar y salir en el sistema de solado en las posiciones requeridas.

20 Las Figuras 8, 9a y 9b ilustran sistemas de construcción de suelo en los que se han formado unidades de suelo de hormigón in situ. La Figura 8 muestra una viga (45) celular asimétrica que soporta material de cubierta (49) sobre su pestaña (47) inferior. Según se muestra, el material de cubierta (49) puede estar sujeto a la pestaña (47) inferior por medio de tachones (50) que están soldados o fijados mecánicamente en su lugar. La pestaña (47) inferior se ha hecho suficientemente ancha como para permitir que el material de cubierta (49) sea manejado con seguridad en su posición, y proporcionar el apoyo/ soporte requerido. El hormigón se vierte sobre el material de cubierta (49) y se permite que fragüe de modo que se forme una unidad (51) de hormigón in situ. Durante la producción, el hormigón fluye a través de las aberturas (48) de la viga (45). Cuando se vierte hormigón in situ y se proyecta, el paso de hormigón en su estado líquido a través de las aberturas de alma, proporciona la acción compuesta necesaria entre la viga de acero y el hormigón una vez que éste ha fraguado. De ese modo se evita el pandeo posterior de alma, se incrementa significativamente la capacidad frente a cizallamiento horizontal entre celdas, al igual que la capacidad frente a cizallamiento vertical, la capacidad frente a pandeo de Vierendeel, la capacidad frente a curvatura global, la inercia, la resistencia inherente al fuego, y la masa térmica.

Según se muestra en la Figura 8, los medios (52) de refuerzo pueden extenderse a través de las aberturas (48) y proporcionar transferencia adicional de cizallamiento horizontal entre la losa (51) de hormigón in situ y la viga (45). Esto puede aumentar la acción compuesta.

35 La viga puede ser utilizada con losas de hormigón post-tensadas mediante la colocación de los tendones de refuerzo longitudinalmente a través de alguna o de todas las aberturas de la viga, proyectando una losa de hormigón alrededor de los tendones y tensando a continuación los tendones según se requiera.

40 Las Figuras 9a y b son vistas extrema y lateral, respectivamente, de un sistema en el que un material de cubierta (55) metálica de depresión profunda que tiene nervios (59), está soportado por una viga (53) celular asimétrica que tiene aberturas (54). El hormigón se vierte en el material de cubierta (55) y se permite que fragüe con el fin de que forme una unidad (56) de suelo de hormigón in situ. Según se muestra en la Figura 9a, un manguito (57) de conducto puede estar dispuesto en la abertura (54). Las estructuras de servicio pueden extenderse a través de las aberturas (54). Varillas (58) de refuerzo pueden extenderse entre unidades (56) de suelo in situ adyacentes a través de las aberturas (54), según se requiera.

45 Cuando se utiliza material de cubierta (55) metálica de depresión profunda con una separación grande entre nervios (59), el paso y la forma de las aberturas (54) de las vigas (53) pueden ser elegidos cuidadosamente para que se emparejen con la geometría del material de cubierta. Una abertura (54) de tamaño suficiente se localiza en cada nervio como, y en caso de que, se requiera. Una abertura (54) de tamaño suficiente está situada entre cada nervio para el paso de conducciones, servicios, iluminación, etc., como, y en caso de que, se requiera. Esta realización de la invención permite que se pueda conseguir el sistema de suelo más compacto, que incorpore servicios, estructura y aislamiento térmico y acústico.

55 Las Figuras 10a-c ilustran un sistema de construcción de suelo conocido en el que las unidades de suelo son viguetas de madera. En cada una de las Figuras 10a-c, la viga (70) es asimétrica y tiene un alma (71) compacta. Según se muestra en la Figura 10a, cuando no se requieren sistemas de suelo poco profundo, las viguetas (72) de madera están soportadas por encima de la viga (70). Sin embargo, cuando se requieren sistemas de suelo poco profundo, los sistemas conocidos basados en vigas (70) asimétricas que tienen almas (71) compactas, tienen una cantidad de limitaciones, tal y como se muestra en las Figuras 10a y 10b. Debido a que el alma (71) es compacta, no existe ninguna vía para el paso de estructuras de servicio a través de la viga. Además, las viguetas adyacentes no pueden ser sujetadas entre sí a través de la viga.

Las vigas (70) existentes no pueden ser realizadas con cualquier profundidad requerida. Por consiguiente, si la profundidad de una vigueta (72) de madera es menor que la profundidad de la viga (70), entonces, según se muestra en la Figura 10b, se requieren modificaciones adicionales de modo que la superficie (74) superior de la vigueta esté a nivel con la superficie (75) superior de la sección superior en T de la viga (70). Una opción mostrada en la Figura 10b consiste en cortar una muesca (76) en la vigueta (72) y soportar la vigueta sobre una única placa (77). Otra opción mostrada en la Figura 10b consiste en soportar la vigueta (72) en un colgador (78) de vigueta sujeto a la sección superior en T de la viga (70) mediante una fijación (79) adecuada. Tales modificaciones adicionales incrementan los tiempos y los costes constructivos.

Según se muestra en la Figura 10c, si la profundidad de la vigueta (72) es mayor que la profundidad del alma (71) de la viga (70), entonces, con el fin de que la vigueta sea soportada en la pestaña (80) inferior de la viga, se debe formar una muesca (81) en la superficie superior de la vigueta. Esto incrementa los tiempos y los costes constructivos.

Las Figuras 11a y b ilustran un sistema de construcción de suelo en el que las unidades de suelo son viguetas de madera. Las Figuras 11a y b son vistas extrema y lateral, respectivamente, que muestran una vigueta (62) de madera soportada por una viga (60) celular asimétrica que tiene aberturas (61). Según se muestra en la Figura 11a, se ha dispuesto una cubierta (63) sobre la parte superior de la viga (60) y la vigueta (62) de madera. Se puede disponer un acabado (64) sobre la cubierta (63) según se requiera. Según se muestra en la Figura 11b, los conductos de aire (65), el suministro de agua (66) y el suministro de potencia (67) pueden pasar a través de las aberturas (61). El paso de las aberturas se elige de modo que se adapte al paso de las viguetas..

La viga puede estar dimensionada de modo que cumpla cualquier requisito, incluyendo la normativa contra el fuego, de tal modo que la viga tenga masa y resistencia suficientes para que aguante el período de incendio requerido sin necesidad de protección contra el fuego. Según se muestra en la Figura 12, la profundidad variable de las vigas preparadas de acuerdo con la presente invención tiene la ventaja de que se pueden proporcionar vigas que se emparejen con la profundidad de la vigueta de madera, evitando con ello las modificaciones adicionales requeridas en los sistemas conocidos, tales como las mostradas en las Figuras 10a-c. Adicionalmente, la pestaña inferior de la viga (60) puede estar dimensionada de modo que proporcione el apoyo requerido para las viguetas (62) de madera. La pestaña superior de la viga (60) puede estar dimensionada para permitir un posicionamiento optimizado de las viguetas, así como proporcionar soporte para una estructura de pared (69). La presente invención permite por lo tanto que se consiga una construcción más compacta.

Según se muestra en la Figura 13, las viguetas (63) de madera adyacentes pueden ser sujetadas entre sí por medio de una riostra (68), que se extiende a través de la abertura (61) de la viga (60). Esto hace que el solado sea más robusto.

Se puede adoptar alguna de, o todas, las etapas siguientes cuando se construye un sistema de suelo. La primera etapa consiste en establecer el tipo de unidad de suelo requerido y el espesor de suelo requerido. A continuación se establece la profundidad de viga celular desde la parte superior de la pestaña inferior para que se empareje con el detalle de unidad de suelo. Por ejemplo, el apoyo mínimo para una unidad de hormigón prefabricada es de 75 mm, lo que indica que la pestaña superior debe ser idealmente al menos 150 mm más estrecha que la anchura de la pestaña inferior. Si se está usando material de cubierta metálico o de madera, el apoyo mínimo es normalmente de 50 mm (aunque puede ser tan bajo como 35 mm), lo que impone la condición de que la pestaña superior debe ser idealmente al menos 100 mm más estrecha que la anchura de la pestaña inferior.

La seguridad del sitio de construcción es de primordial importancia. Las unidades de hormigón prefabricadas han de ser posicionadas mediante grúa. Un apilamiento de láminas de material de cubierta metálico deberá ser descendido de forma similar mediante grúa, pero a continuación, cada una de las láminas es separada y posicionada a mano. Con independencia de que la construcción de placa de suelo sea de madera, las unidades de hormigón prefabricadas o el material de cubierta metálico, con o sin hormigón in situ, la asimetría de la viga celular permite una manipulación más segura de los materiales dado que no pueden caer fácilmente a través de, o dañar, la pestaña superior.

Si se utilizan las celdas (aberturas/ orificios) para permitir el paso de servicios físicos o permitir el flujo de aire, entonces la forma y las dimensiones de la celda deberán ser seleccionadas de modo que cumplan el conjunto de demandas. El paso de las celdas se selecciona de acuerdo con las consideraciones siguientes. Si se utiliza material de cubierta metálico perfilado, el paso puede ser establecido de modo que se empareje mejor con la forma de la cubierta (véase la Figura 9b). Si se utilizan viguetas de madera, el paso puede emparejar los centros de las viguetas de modo que solamente existan orificios entre las viguetas. Si se utilizan unidades prefabricadas de núcleo hueco, el paso de los orificios puede estar establecido de modo que se emparejen mejor los núcleos huecos (véanse las Figuras 5-7). En otro caso, el paso se establece de modo que se adapte a cualesquiera barras de refuerzo de acero que estén incorporadas en el sistema, o simplemente aseguren que la soldadura se reduce al mínimo requerido (cuanto más cercanas estén posicionadas las celdas entre sí, menos soldadura se proporciona), reduciendo además con ello los costes de producción.

Se pueden utilizar los criterios anteriores, o cualesquiera otros criterios relevantes para las circunstancias

específicas, para establecer la profundidad de viga, la forma de celda, el paso de celda, y cuánto debe ser la pestaña inferior más ancha que la pestaña superior.

5 Teniendo en cuenta los vanos y las fuerzas de carga, se establece el espesor de pestaña/ alma requerido y la resistencia para cumplir todas las fases de la vida de la construcción y el diseño para la viga. En caso de que las fuerzas internas sean inusualmente altas, el ingeniero debe adoptar una sección en T compacta tanto para la parte superior como para la inferior de la viga celular, con aberturas solamente en la sección en T opuesta (véanse las Figuras 4a y 4b). Esto incrementa significativamente la resistencia de la viga.

10 La viga celular puede estar diseñada para que actúe estructuralmente junto con el suelo de hormigón, lo que se conoce como acción compuesta, o para que resista todas las fuerzas, por derecho propio, lo que se conoce como acción no compuesta. El diseño compuesto es el uso estructuralmente más eficiente del material. La acción compuesta se consigue proporcionando una transferencia de cizallamiento horizontal apropiada y adecuada entre el acero y el hormigón. La construcción tradicional se consigue utilizando alguna forma de perno de cizallamiento soldado. Esto es un procedimiento secundario caro realizado por lo general en el sitio. La soldadura de pernos en el sitio no puede tener lugar si el acero está mojado.

15 Corus Slimdek (RTM) consigue transferencia de cizallamiento compuesta mediante laminación en caliente de una llave cortante adecuada en la pestaña superior. Esto tiene un inconveniente importante. El hormigón debe ser colocado sobre la pestaña superior de la viga de Slimdek (RTM) para conseguir la acción compuesta. La profundidad mínima de hormigón sobre la pestaña superior es de 30 a 60 mm. Puesto que las vigas solamente están disponibles de una profundidad desde 272 mm a una profundidad de 343 mm, esto hace que las posibilidades de construcción estén muy restringidas.

20 La presente invención consigue la acción compuesta utilizando principalmente la llave cortante entre el hormigón y el metal cuando el hormigón pasa a través de las aberturas del alma. Esto tiene ventajas estructurales significativas. El ingeniero tiene libertad para establecer cualquier profundidad de construcción adecuada, reduciendo además el uso de material a un mínimo. Además, la llave cortante entre el hormigón y el acero se consigue sin necesidad de llaves cortantes adicionales soldadas o fijadas mecánicamente, reduciendo además los costes de fabricación y el trabajo in situ.

25 Para fuerzas muy elevadas de llave cortante horizontal compuesta, la resistencia inherente de llave cortante de las vigas conforme a la presente invención puede ser suplementada con la adición de llaves cortantes mecánicas de la manera tradicional.

30 Si la solución más eficiente se ve obstaculizada por una deflexión excesiva, un ingeniero tiene normalmente pocas opciones para elegir una viga más pesada/ más grande, a menos que opte por disponer de una viga arqueada mediante laminación especializada o por levantar hidráulicamente la viga para proporcionar un pre-establecimiento permanente. Ambas opciones son caras, y de aplicación compleja. La precisión tiende a estar en incrementos de 20 mm, más o menos 1 mm por m de longitud de viga.

35 Por el contrario, se pueden suministrar vigas conforme a la presente invención con arqueos de una precisión de un milímetro sin ningún coste extra. Esto puede conseguirse en virtud del proceso de fabricación único. Después de que las secciones en T superior e inferior han sido preparadas adecuadamente, las mismas se unen sobre una plantilla que o bien es recta, o bien es arqueada, o bien es curva, o cualquier combinación de los tres. Cuando se sueldan, se mantiene la forma deseada en la sección.

40 Típicamente, se levantará completamente un suelo sobre un lado de la primera viga. Como resultado, las vigas conforme a la presente invención y sus conexiones están diseñadas para que resistan las fuerzas torsionales. La ventaja de esta realización consiste en que evita la necesidad de apuntalar el sitio durante la construcción, reduciendo además los costes en el sitio y minimizando la exposición del operario a riesgos innecesarios. Sin embargo, para vanos, separación de vigas o cargas muy grandes, puede ser preferible apuntalar la construcción.

45 Esto también se puede acomodar.

Una vez que el sistema de cubierta ha sido posicionado, se pueden instalar las barras de refuerzo de acero u otra sujeción mecánica adecuada para cumplir con los reglamentos de construcción en cuanto a conseguir la robustez de la estructura.

50 La presente invención posee beneficios importantes en comparación con los sistemas de acero de suelo poco profundos existentes:

- a) Se pueden hacer suelos con cualquier profundidad exacta;
- b) Los suelos pueden ser significativamente menos profundos que las soluciones de acero laminado existentes;
- c) Las vigas tienen, inherentes a su fabricación, numerosas aberturas en las almas. Éstas permiten que el refuerzo pueda pasar a través de las aberturas del alma, o proporcionan la transferencia de cizallamiento

55

requerida entre el acero y el hormigón proyectado in situ para producir la acción compuesta, aumentando significativamente la resistencia y la rigidez. Estas aberturas son mucho más grandes que los orificios taladrados, de modo que pueden usarse también para el paso de conductos de servicio por el interior de la profundidad del sistema. El vano de viga y la capacidad de carga se incrementan significativamente mediante una gama infinitamente variable de combinaciones de sección posibles, profundidad, tamaño de celda/ abertura y configuración de paso, y la elección de cubiertas metálicas, dependiendo de las propiedades de suelo deseadas. Las vigas conforme a la presente invención pueden ser utilizadas con cualquier cubierta de metal comercialmente disponible diseñada específicamente para el mercado de suelo ultra poco profundo. El diámetro, el paso y la posición de celda pueden ser ajustados para que se adapten a las ondulaciones de cada cubierta, permitiendo que las estructuras de servicio sean albergadas por debajo, y en el interior, de los vacíos de la cubierta, reduciendo así además significativamente la profundidad global de la construcción. Estas aberturas de alma pueden ser utilizadas también para que pase el refuerzo por encima, y por el interior, de las depresiones de la cubierta.

- d) Las vigas de acero usadas en la presente invención son significativamente más ligeras de peso que las soluciones de acero laminado conocidas debido a la amplia gama de secciones que pueden ser utilizadas para que comprendan secciones en T superior e inferior.
- e) Las vigas pueden ser arqueadas o curvadas para formar una elevación o un arco, ajustando el tamaño y la forma del perfil de corte de la sección en T superior en relación con el perfil de la sección en T inferior, en proporción directa al radio y la longitud de viga requeridos, de tal modo que cuando se juntan las secciones en T para la soldadura con el radio requerido, todos los orificios se alinean para proporcionar la geometría requerida. Cuando los límites de deflexión imponen el tamaño de la viga, el arqueado de esta manera permite que se utilice una viga con inercia más baja, ahorrando costes/ peso de la viga y/o profundidad de construcción.
- f) El sistema es susceptible de ser combinado con material de cubierta metálico, unidades prefabricadas, hormigón in situ, material de cubierta de madera y con otros sistemas de solado y conformadores de moldeo de suelo. La viga puede actuar de manera compuesta y de manera no compuesta donde el sistema de solado previsto lo permita.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un procedimiento de construcción de un suelo, que comprende las etapas de:
- 5 (a) disponer una pluralidad de vigas (1) en forma de I o de H que comprende al menos una viga (1) preformada con aberturas localizadas en el alma de modo que forma una estructura de soporte para unidades de suelo, en el que la, o cada, viga preformada es, o ha sido, obtenida mediante un proceso que comprende las etapas de:
- 10 (b) tomar una primera viga en forma de I o de H, realizar un corte (24) generalmente longitudinal a lo largo del alma de la misma, realizar un segundo corte (26) generalmente longitudinal a lo largo del alma de la misma, siendo la trayectoria diferente de la primera trayectoria del primer corte, definiendo las dos trayectorias secciones rectilíneas que se extienden por lados alternos de una línea longitudinal central del alma, y secciones (18, 20) al menos parcialmente curvilíneas que unen los extremos más próximos de las secciones rectilíneas adyacentes, separando las dos partes de la viga;
- 15 (c) tomar una segunda viga en forma de I o de H, realizar un corte a lo largo del alma de la misma paralelo al eje longitudinal, separando las dos partes de la viga, y
- (d) soldar (4) una parte de la primera viga a una parte de la segunda viga, y
- (e) disponer unidades (34), (62), (56) de suelo entre las vigas, estando las unidades de suelo acomodadas entre las pestañas (32) horizontales de las vigas.
- 2.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las vigas son asimétricas, siendo la pestaña (31) superior más estrecha que la pestaña (32) inferior.
- 20 3.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que las unidades de suelo son losas (34) de hormigón preformadas.
- 4.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que las unidades de suelo son viguetas (62) de madera.
- 25 5.- Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además la etapa de disponer material de cubierta (55) entre las pestañas inferiores de las vigas, estando las unidades (56) de suelo dispuestas sobre la parte superior del material de cubierta.
- 6.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además la etapa de verter hormigón sobre el material de cubierta (55) con el fin de formar unidades de suelo de hormigón in situ.
- 30 7.- Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que las unidades de suelo adyacentes son sujetadas entre sí a través de las aberturas (54).
- 8.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 cuando es dependiente de la reivindicación 3 ó 6, en el que las unidades de suelo de hormigón adyacentes son sujetadas entre sí con medios (58) de refuerzo.
- 9.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 cuando es dependiente de la reivindicación 4, en el que las viguetas (62) de madera adyacentes se atornillan entre sí.
- 35 10.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 cuando es dependiente de la reivindicación 6, en el que el hormigón fluye a través de las aberturas (54) de las vigas de modo que se forma una estructura compuesta.
- 11.- Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que las estructuras (57) de servicio están dispuestas en el interior del suelo, pasando a través de las aberturas de la, o de cada, viga.
- 40 12.- Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que las aberturas (54) están preformadas de modo que tienen cualquier configuración deseada.
- 13.- Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que las aberturas (54) están preformadas de modo que tienen cualesquiera dimensiones deseadas.
- 14.- Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que las aberturas (54) están preformadas de modo que tienen cualquier posicionamiento deseado unas con respecto a las otras.
- 45 15.- Un procedimiento de producción de una viga (1) estructural con aberturas (54) localizadas en el alma, que comprende las etapas de:
- (a) tomar una primera viga en forma de I o de H, realizar un corte (24) generalmente longitudinal a lo largo del alma de la misma, realizar un segundo corte (26) generalmente longitudinal a lo largo del alma de la misma, siendo la trayectoria diferente de la primera trayectoria del primer corte, definiendo las dos

trayectorias secciones rectilíneas que se extienden por los lados alternos de una línea longitudinal central del alma, y secciones (18, 20) al menos parcialmente curvilíneas que unen los extremos más cercanos de las secciones rectilíneas adyacentes, separando las dos partes de la viga;

5 (b) tomar una segunda viga en forma de I o de H, realizar un corte a lo largo del alma de la misma en paralelo con el eje longitudinal, separando las dos partes de la viga, y

(c) soldar (4) una parte de la primera viga a una parte de la segunda viga.

16.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, en el que la primera y la segunda vigas tienen diferentes anchuras de pestaña de modo que la viga estructural acabada es asimétrica, siendo una pestaña (6, 31) más estrecha que la otra pestaña (5, 32).

10 17.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15 ó 16, en el que el corte a lo largo del alma de la primera viga es tal que se pueden obtener aberturas (54) con formas diferentes.

18.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, en el que el corte a lo largo del alma de la primera viga es tal que se pueden obtener aberturas (54) de diferentes tamaños.

15 19.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, en el que el corte a lo largo del alma de la primera viga es tal que se puede obtener cualquier posición de aberturas (54).

20.- Una viga (1) estructural producida mediante cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19 de procedimiento.

20

25

30

35

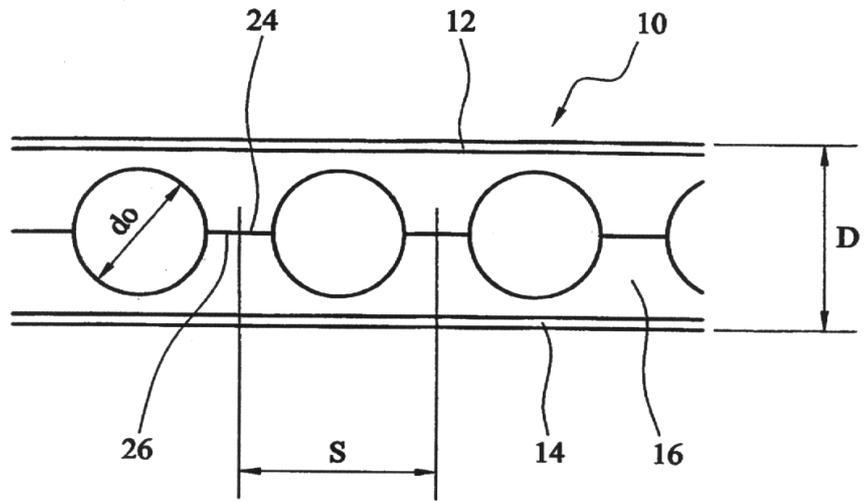


FIG. 1a

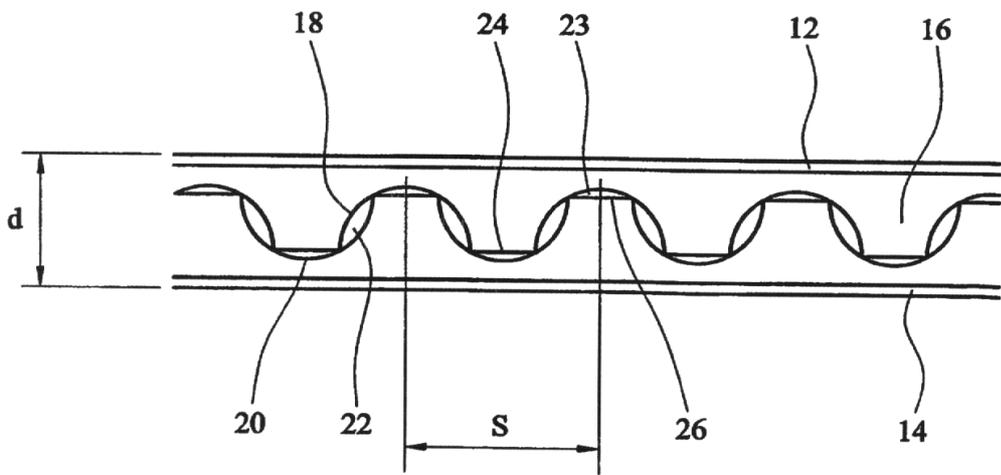


FIG. 1b

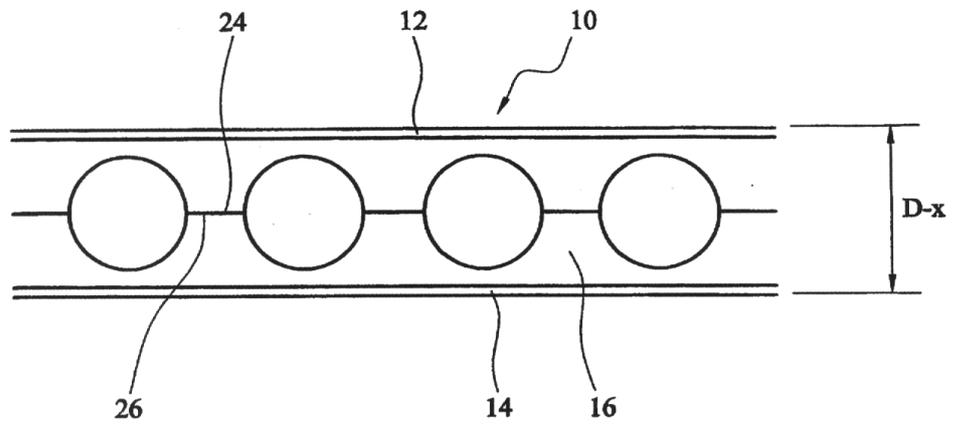


FIG. 2a

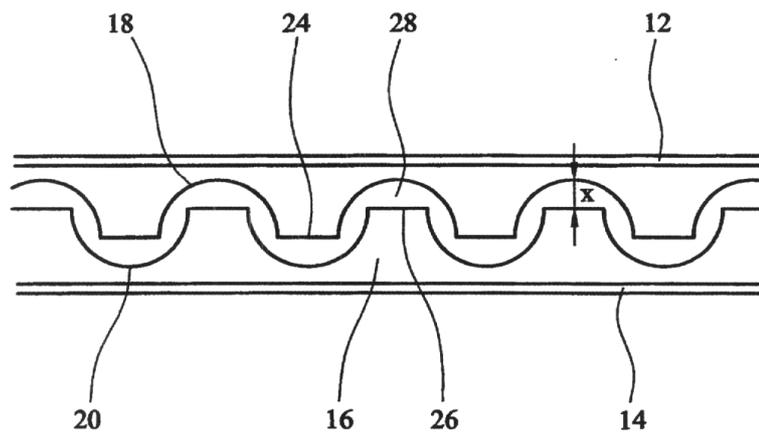


FIG. 2b

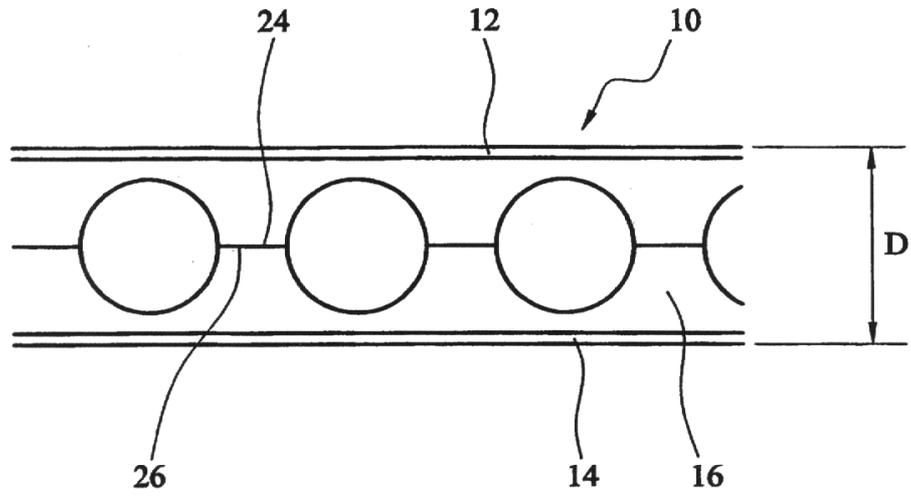


FIG. 3a

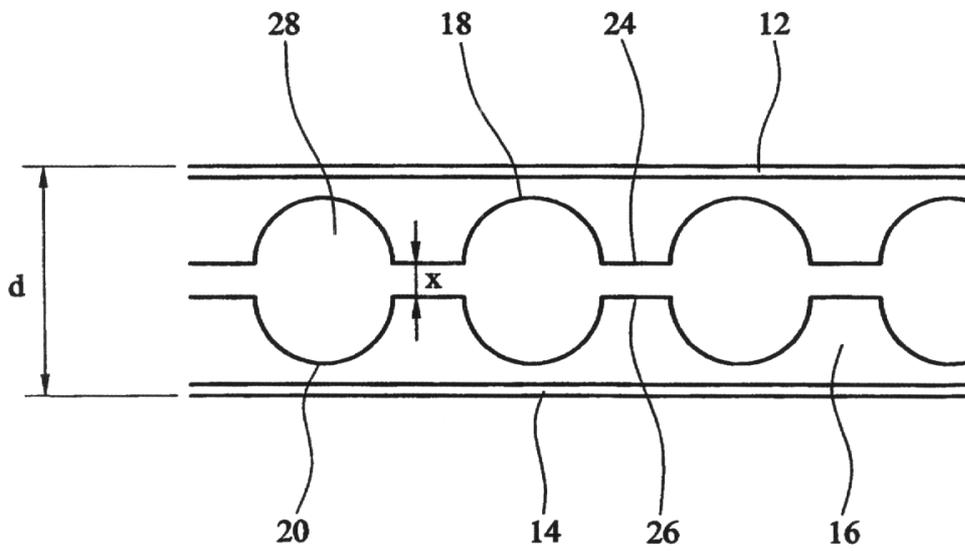


FIG. 3b

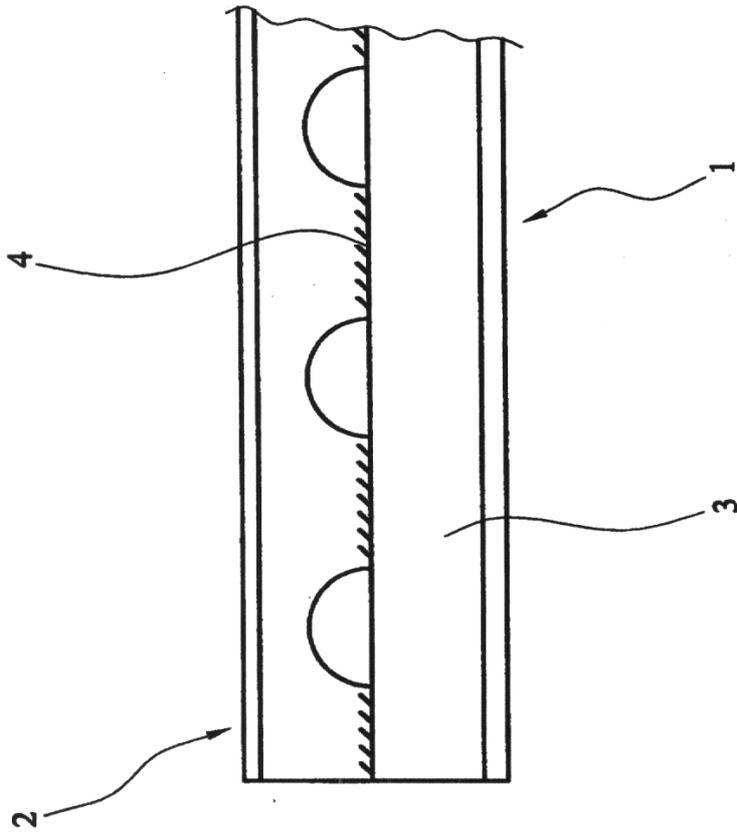


FIG. 4a

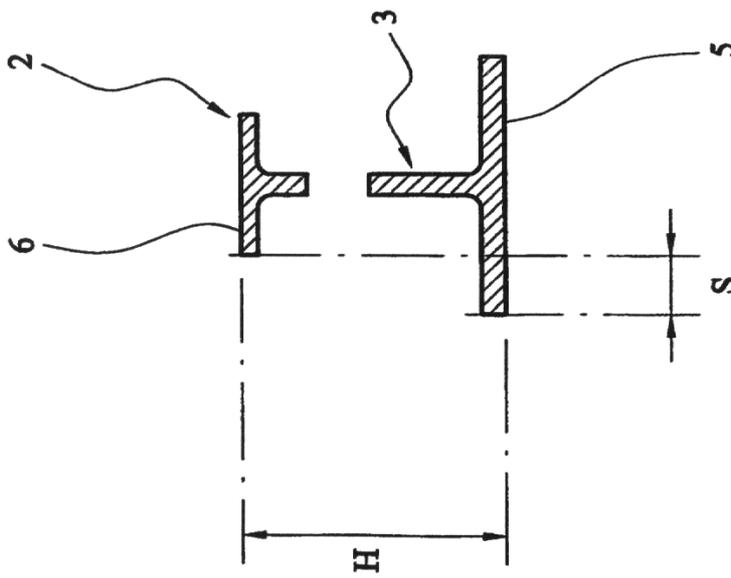


FIG. 4b

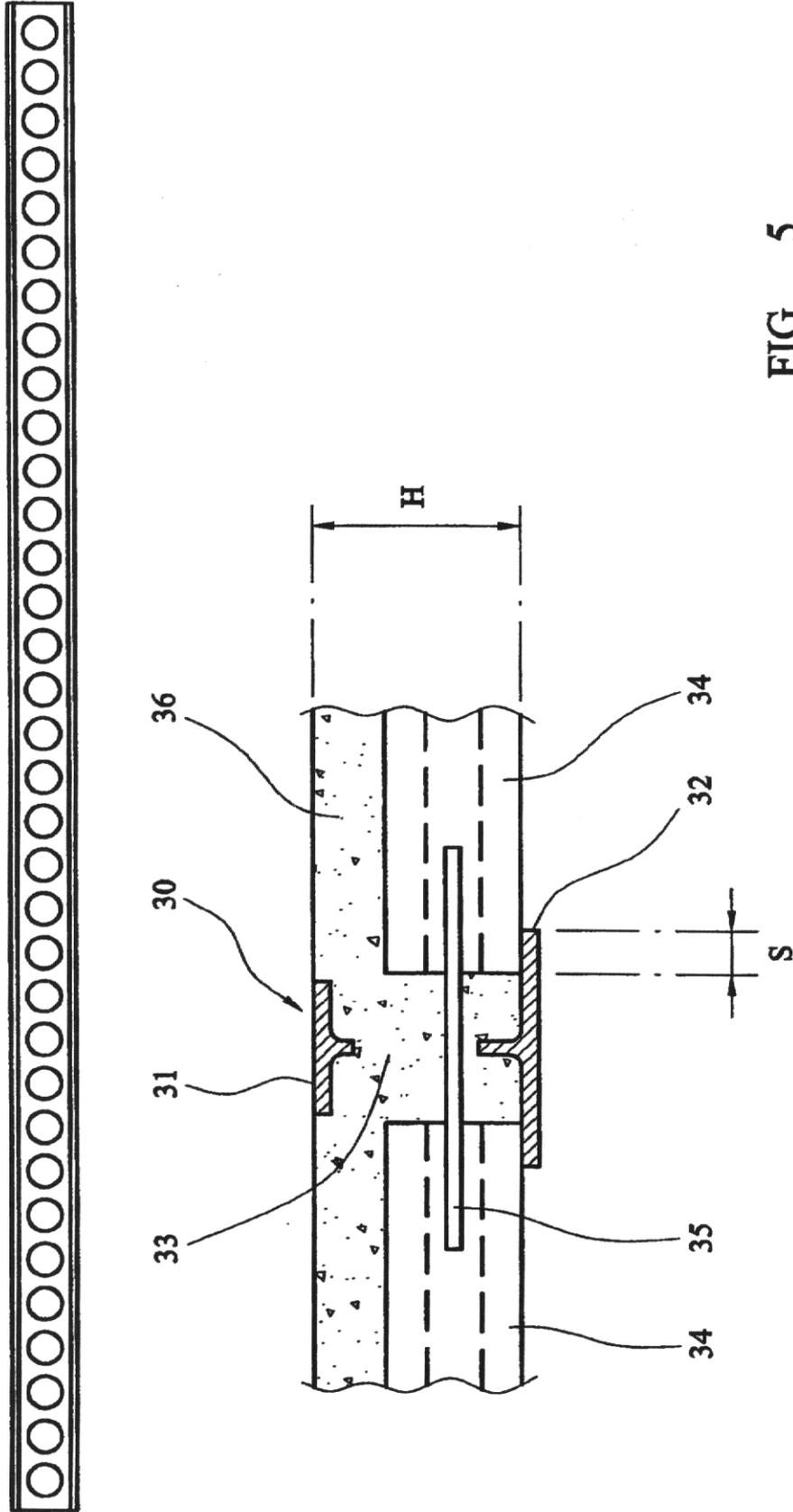


FIG. 5

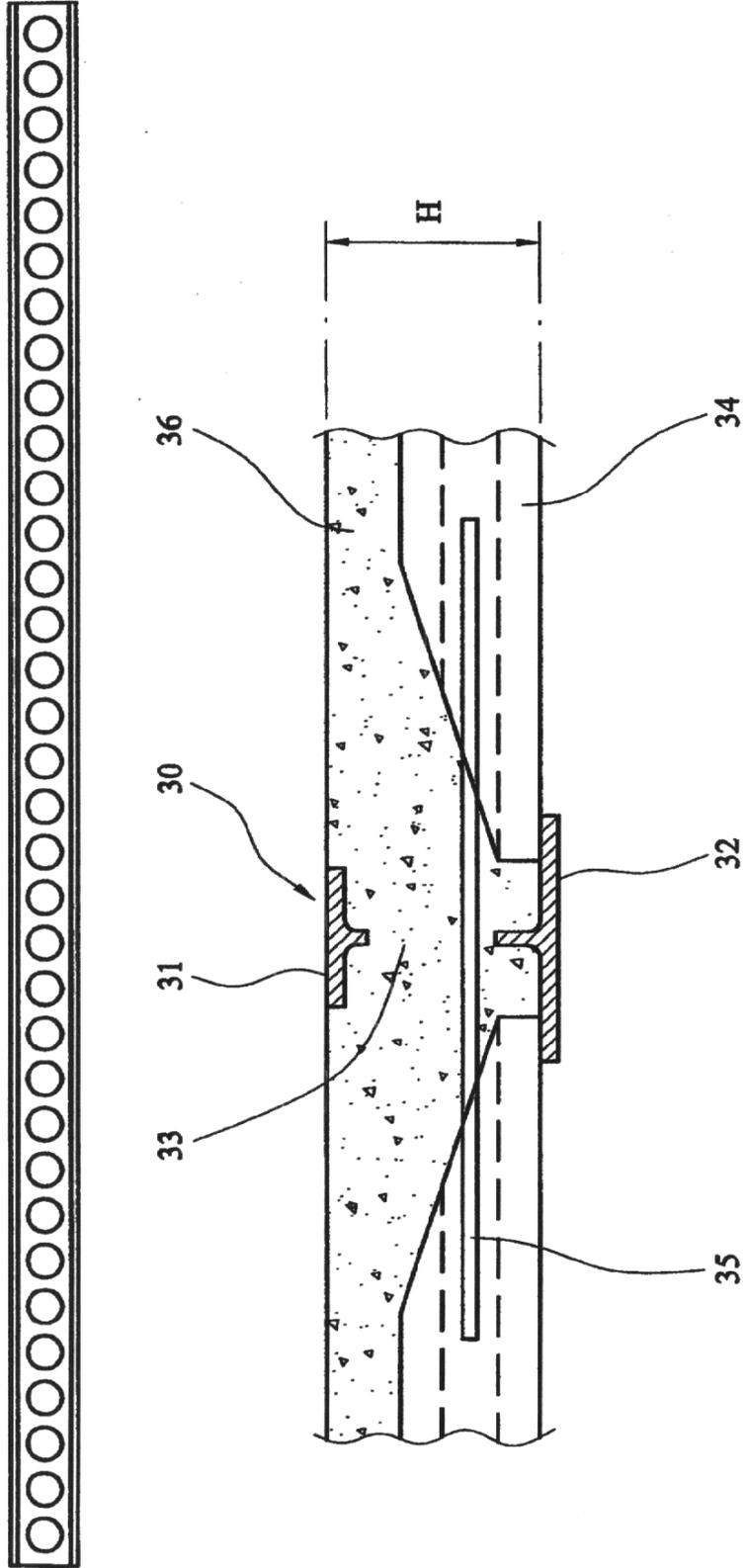


FIG. 6

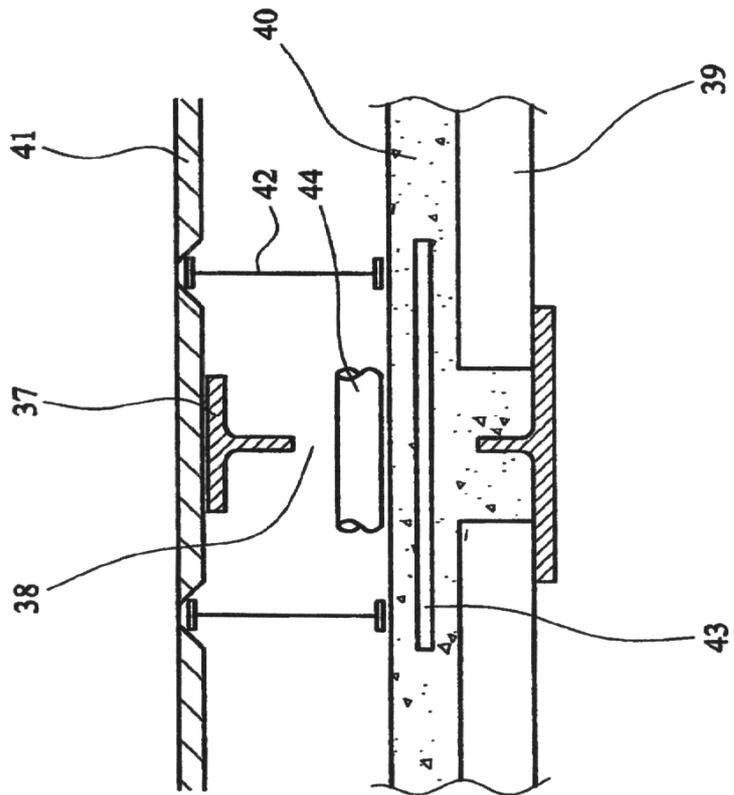


FIG. 7

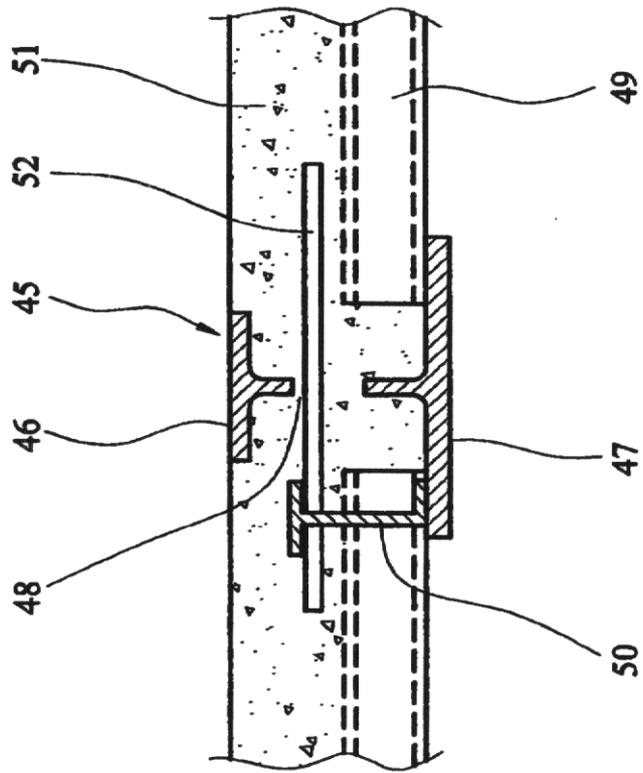


FIG. 8

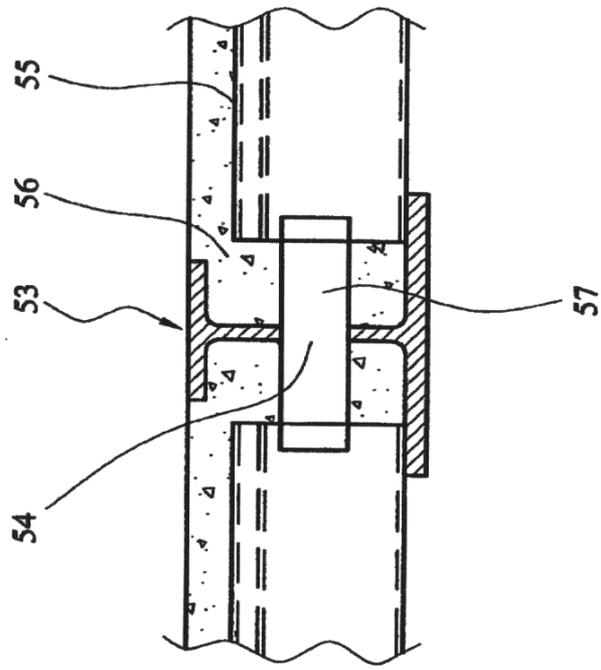


FIG. 9a

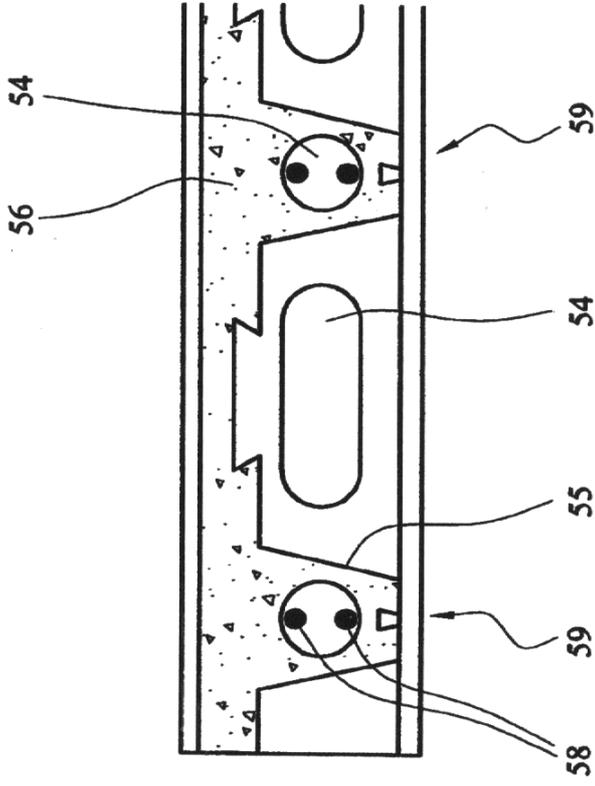


FIG. 9b

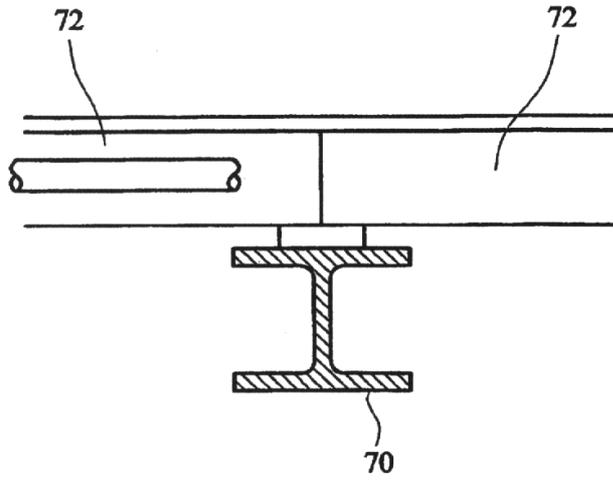


FIG. 10a

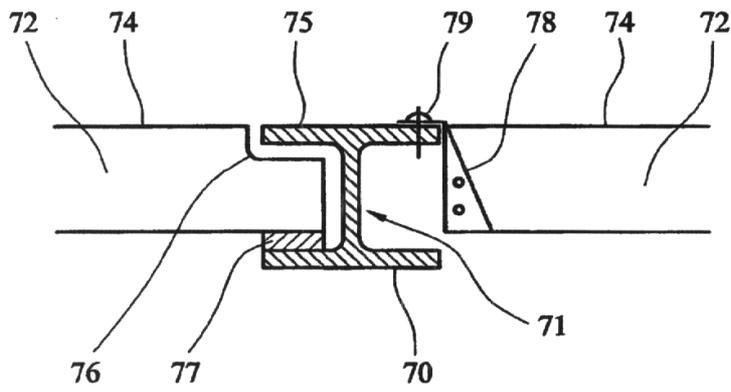


FIG. 10b

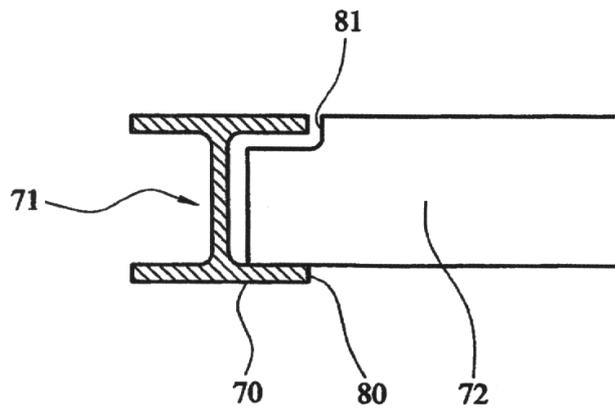


FIG. 10c

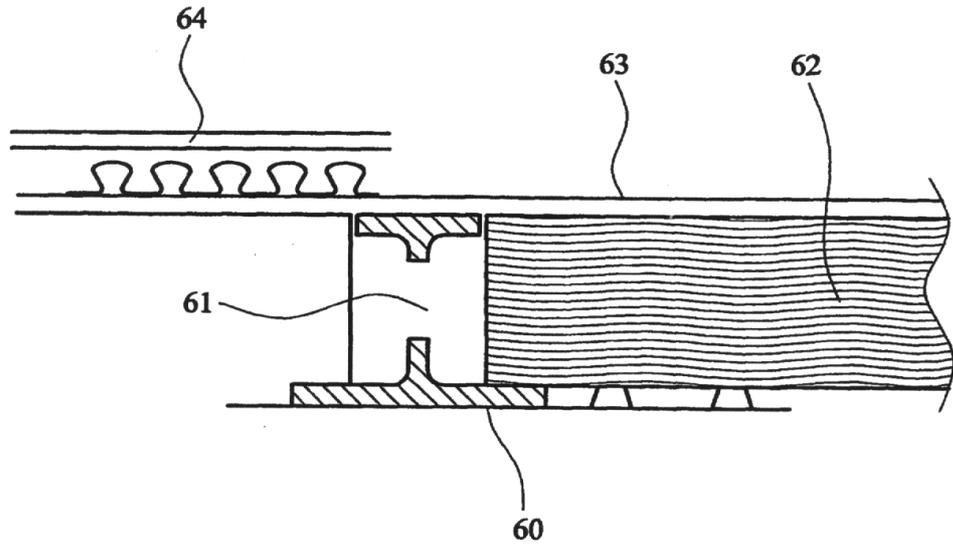


FIG. 11a

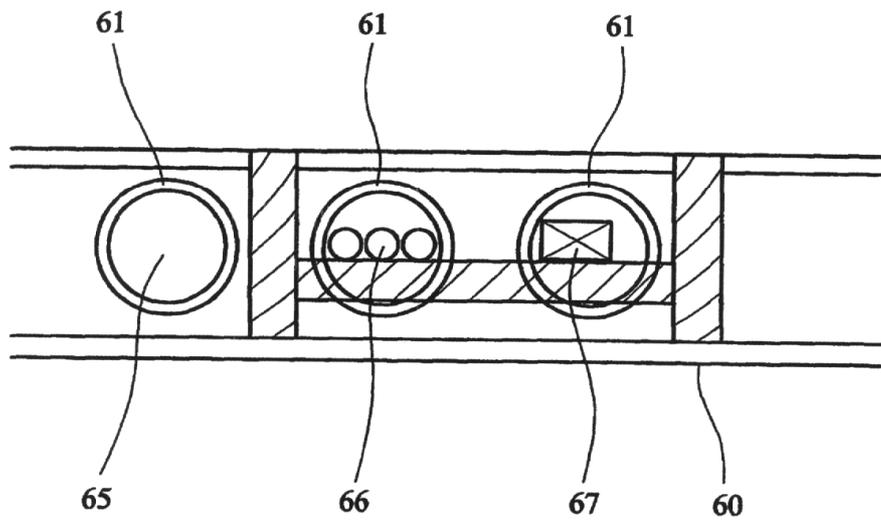


FIG. 11b

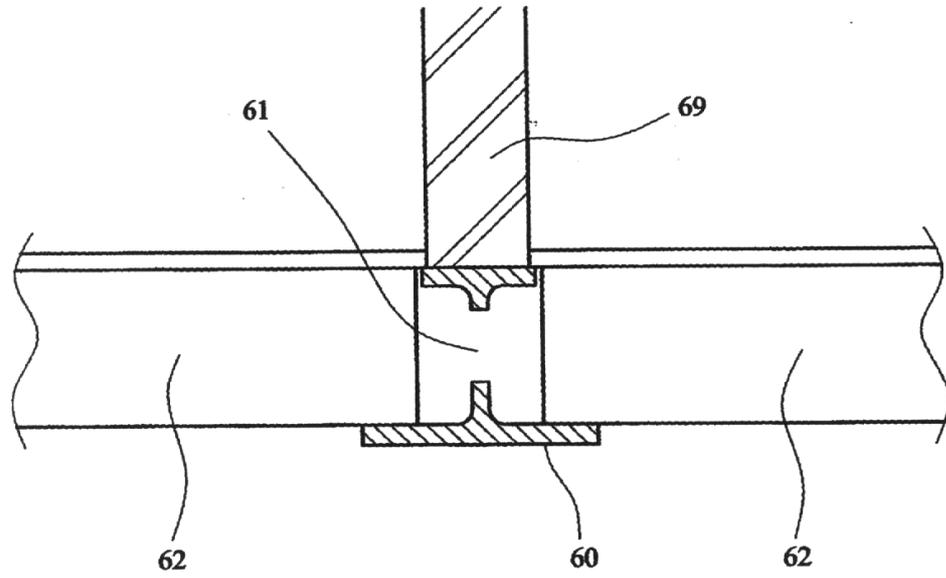


FIG. 12

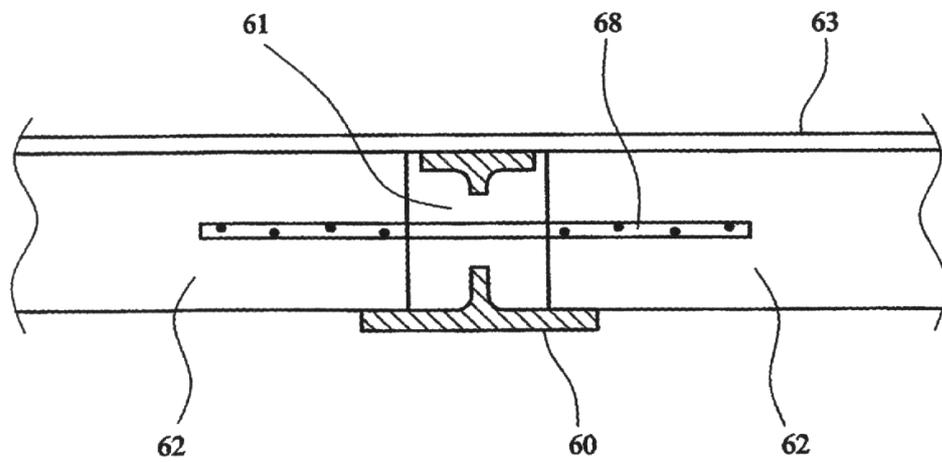


FIG. 13