

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 806**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2010 E 10765838 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2015 EP 2475872**

54 Título: **Cimentación mejorada para una torre de aerogenerador**

30 Prioridad:

11.09.2009 IT MI20091559

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

04.09.2015

73 Titular/es:

KNISEL, STEFANO (50.0%)

Via S. Orsola 5

24122 Bergamo, IT y

ARTEPREF, S.A.U. (50.0%)

72 Inventor/es:

KNISEL, STEFANO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 544 806 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

Cimentación mejorada para una torre de aerogenerador

La presente invención se refiere a una cimentación mejorada para una torre de aerogenerador.

5 En la estructura de una torre de aerogenerador, adecuada para la producción de energía eléctrica, se requiere necesariamente una cimentación capaz de proporcionar siempre firmemente un posicionamiento correcto y estable de la torre con respecto al suelo circundante, incluso en presencia de todas las tensiones posibles durante el uso.

10 En general, estas cimentaciones para torres de aerogeneradores requieren proporcionar una excavación, proporcionar una estructura de contención y de refuerzo según esquemas preestablecidos y, por último, verter considerables cantidades de hormigón para obtener estructuras de hormigón armado resistentes. La cimentación tiene una estructura circular o generalmente poligonal, con el objetivo de optimizar la respuesta de las cimentaciones en cualquier dirección del viento. Estas formas causan problemas relacionados con el encofrado y la creación del zócalo adecuado para dicha forma.

15 En cualquier caso, se requiere mucho cuidado y experiencia para preparar el complejo de cimentación capaz de satisfacer tanto los requisitos legales como las necesidades específicas derivadas de las condiciones de uso locales de la torre de aerogenerador.

Además, debería ser evidente que la preparación de una estructura tan importante requiere una considerable cantidad de tiempo. Un elemento problemático adicional es el relacionado con el hecho de que dichas torres no siempre se preparan en posiciones accesibles fácilmente por las máquinas para el transporte del hormigón y, por lo tanto, incluso esto da lugar a problemas correlacionados.

20 La preparación de dichas cimentaciones no puede llevarse a cabo en condiciones climáticas adversas, tales como frío intenso, lluvia, etc., y además deben cumplirse los tiempos de maduración de hormigón antes de montar las torres. Por último, este procedimiento de preparación requiere la presencia de operadores y mano de obra durante largos períodos de tiempo en el sitio en el que pretende construirse la torre de aerogenerador.

25 El documento WO 2008/036934 describe un sistema modular de cimentaciones para torres de aerogeneradores en el que sólo una parte de los elementos de cimentación están prefabricados. Otros elementos, tales como por ejemplo, toda la losa base, requieren por el contrario de vertido de volúmenes considerables de hormigón *in situ*.

Los documentos WO 2005/012651, EP 1 262 614 y JP 2000/283019 describen cimentaciones de hormigón para torres de aerogeneradores formadas por una única base monolítica, obtenida normalmente por medio de un vertido *in situ* de hormigón.

30 Un objeto de la presente invención es el de superar los inconvenientes indicados anteriormente y, en particular, el de crear una cimentación totalmente prefabricada para una torre de aerogenerador que cumpla sus requisitos.

Otro objeto de la presente invención es el de proporcionar una cimentación totalmente prefabricada para una torre de aerogenerador que no requiera instalar todas las estructuras de construcción, ensamblar el acero de refuerzo y verter el hormigón necesario *in situ*.

35 Un objeto adicional de la presente invención es el de proporcionar una cimentación totalmente prefabricada para una torre de aerogenerador que sea fácil de instalar, eliminando o reduciendo al mínimo todos los problemas relacionados con las diversas preparaciones y las configuraciones respectivas en el sitio de trabajo para su preparación, garantizando al mismo tiempo una mejor calidad de la preparación.

40 Todavía otro objeto de la presente invención es el de proporcionar una cimentación totalmente prefabricada para una torre de aerogenerador capaz de reducir los tiempos de preparación de todo el complejo de aerogenerador.

Estos y otros objetos según la presente invención se consiguen proporcionando una cimentación totalmente prefabricada para una torre de aerogenerador tal como se indica en la reivindicación 1.

Otras características de la cimentación son un objeto de las reivindicaciones dependientes.

45 Las características y las ventajas de una cimentación totalmente prefabricada para una torre de aerogenerador según la presente invención serán evidentes a partir de la descripción siguiente, a modo de ejemplo no limitativo, que hace referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista en planta superior de una cimentación totalmente prefabricada para una torre de aerogenerador según la presente invención;

La Figura 2a es una vista en perspectiva en alzado lateral de un elemento prefabricado que constituye la cimentación según la invención, según una primera realización;

La Figura 2b muestra una variante de realización del elemento prefabricado de la Figura 2;

5 La Figura 3 es una vista en perspectiva en alzado lateral de un segundo elemento prefabricado que constituye la cimentación según la invención, según una primera realización;

La Figura 4a muestra un detalle esquemático en sección de un anillo central de la cimentación mostrada en la Figura 1;

La Figura 4b muestra un detalle esquemático en sección de un acoplamiento entre dos elementos estructurales de la cimentación mostrada en la Figura 1, según una solución de conexión alternativa;

10 La Figura 5a muestra un detalle esquemático en sección adicional de bloques para la sujeción de cables en la cimentación mostrada en la Figura 1;

La Figura 5b muestra un detalle esquemático en sección de los bloques para la sujeción de cables en el elemento prefabricado mostrado en la Figura 2b;

15 La Figura 5c muestra un detalle esquemático, en una vista en planta superior, de los bloques para la sujeción de cables de la Figura 2b;

La Figura 6 es una vista en planta superior de una realización adicional de una cimentación totalmente prefabricada para una torre de aerogenerador según la presente invención; y

Las Figuras 7-12 son vistas en perspectiva en alzado lateral de diversos elementos prefabricados que constituyen la cimentación según la invención, en la realización mostrada en la Figura 6.

20 Con referencia a las Figuras 1-5c, una primera realización de una cimentación totalmente prefabricada para una torre de aerogenerador según la presente invención se muestra en su totalidad con el número de referencia 11.

La cimentación 11 tiene, en una vista en planta, una forma circular provista de un alojamiento 10 central para alojar y constreñir firmemente la torre real (no mostrada), realizada en acero u hormigón.

25 Según la invención, la cimentación 11 está totalmente prefabricada y se obtiene aproximando en secuencia dos o más elementos estructurales prefabricados, modulares y monolíticos, realizados en hormigón armado, algunos posiblemente pre-comprimidos, con filamentos adherentes colocados durante la fabricación de los propios elementos estructurales. Los elementos estructurales prefabricados modulares se disponen próximos entre sí, con acoplamiento de forma, y son restringidos posteriormente entre sí por una serie de cables 12 de post-tensado, con el propósito de convertir toda la cimentación 11 en monolítica.

30 El ejemplo mostrado en las Figuras 2a y 3 propone un primer elemento estructural, indicado en su totalidad por el número de referencia 13, que tiene nervios 14 radiales y piezas 15 de un elemento estructural anular para alojar la torre (no mostrada).

35 Los nervios 14 radiales se ensanchan, en los lados opuestos de su extensión radial, en las partes 16 de losa en las que hay provistos orificios 17 pasantes para el paso de los cables 12 de post-tensado, dispuestos en un plano horizontal.

40 Las piezas 15 de cada elemento anular tienen una sección con forma de trapecio, en una vista en planta, con bases arqueadas, obteniendo, aproximadas, un cuerpo central anular. Hay provistos orificios 18 pasantes adicionales para el paso de cables 12 de post-tensado horizontales adicionales en el cuerpo de la única pieza 15, dispuestos en un plano vertical. Partes 19 de losa adicionales, también con forma de trapecio, en una vista en planta, que tienen bases arqueadas, se extienden radialmente desde dichas piezas 15 hacia el centro de curvatura. Tal como se muestra en las Figuras 2a y 2b, la pieza 15 contiene barras 32 roscadas que sobresalen en la parte superior para fijar el aerogenerador real. Cada una de las dos superficies laterales del elemento 13 tiene una muesca 33 adecuada para mejorar el acoplamiento de fricción, con acoplamiento de forma, con otros elementos 20 que tienen muescas 33 complementarias.

45 Un segundo elemento 20 estructural proporciona partes de cuña de una losa que terminan posicionadas entre dos primeros elementos 13 estructurales consecutivos. Hay provistos orificios 21 pasantes para el paso de cables 12 de post-tensado, dispuestos en un plano horizontal incluso en este segundo elemento 20 estructural, y las superficies laterales para el contacto con otros elementos 20 tienen muescas 33 para optimizar el acoplamiento mutuo. Como alternativa a la presencia de los cables 12 de post-tensado horizontales, puede permitirse un

- 5 acoplamiento entre los elementos 13 y 20 estructurales, sin muescas, obtenido mediante un refuerzo 36 de conexión, dispuesto para conectar los elementos 37 de hierro en el interior de los elementos 13 y 20 estructurales prefabricados, y un vertido 38 *in situ*. Es evidente que los elementos 13 y 20 estructurales prefabricados deben tener, sobre las superficies opuestas, elementos de faldón para sostener el refuerzo y la colada 38, tal como se muestra en la Figura 4b.
- Por lo tanto, en la primera realización más general, la cimentación 11 según la invención proporciona al menos dos tipos diferentes de elementos 13 y 20 estructurales, dispuestos de manera alternada entre sí y aproximados de manera complementaria, para obtener la propia cimentación 11.
- 10 Después de disponer los elementos 13 y 20 estructurales de manera alternada para obtener la cimentación 11, se posicionan los cables 12, tal como se aclara mejor a continuación.
- Una primera serie de cables 12 están dispuestos pasando a través y al interior de los orificios 17 y 21, para obtener líneas circulares contiguas dispuestas en las partes 16 y 20 de losa, mientras que una segunda serie de cables 12 están dispuestos en los orificios 18 de las piezas 15, obteniendo líneas circulares superpuestas en el cuerpo central. Los cables 12 se tensan por medio de bloques 35 especiales adecuados para fijar los cables de post-tensado, visibles en las Figuras 5a, 5b y 5c.
- 15 Los bloques 35 para fijar los cables 12 puede obtenerse en el segundo elemento 20 estructural, tal como se muestra en la Figura 5a, y en el primer elemento 13 estructural. La Figura 2a muestra un primer elemento 13 estructural en el que los bloques 35 se obtienen en la pieza 15 del elemento estructural anular para alojar la torre. Por el contrario, las Figuras 2b, 5b y 5c muestran un primer elemento 13 estructural en el que los bloques 35 se obtienen en la pieza 15 de elemento estructural anular para alojar la torre y en los nervios 14 radiales. Según la variante de realización de las Figuras 2b, 5b y 5c, el segundo elemento 20 estructural carece de bloques 35 de fijación.
- 20 La Figura 1 muestra, de manera muy clara, el desarrollo de los cables de post-tensado según las líneas circulares dispuestas en las partes de losa y en las piezas del cuerpo central con forma circular. Es obvio que dicho desarrollo de los cables 12 puede ser también no circular.
- 25 Debería tenerse en cuenta que todos los orificios pasantes indicados se obtienen disponiendo previamente, en los elementos 13 y 20 prefabricados, vainas eléctricamente aisladas en las que serán acomodados los cables 12 de post-tensado a instalar y tensar *in situ*.
- En una realización alternativa todavía según la presente invención, el primer elemento 13 estructural puede estar dividido y formado por sub-elementos que pueden ser identificados en el nervio, en la parte de losa y en la pieza del cuerpo central.
- 30 La Figura 4a muestra esquemáticamente cómo, en algunos ejemplos de implementación, la terminación puede ejecutarse con un refuerzo 30 de metal y vertidos 31 de hormigón realizados *in situ*. En particular, el refuerzo 30 está unido a un refuerzo 29 que sobresale desde las partes 19 de losa de los primeros elementos 13 estructurales prefabricados.
- 35 Las Figuras 5a y 5b muestran también la disposición de las partes extremas de los cables 12 o partes de los cables 12 dispuestas en los segundos elementos 20 estructurales en los bloques 35 especiales adecuados para la fijación de los cables 12 de post-tensado.
- Operativamente, la cimentación prefabricada según la presente invención se monta y se instala como se indica a continuación. Después de preparar y nivelar la superficie de soporte de cimentación, se sigue con la instalación de uno de los primeros elementos 13 estructurales (Figura 2a y 2b) de la propia cimentación. De esta manera, uno de los segundos elementos 20 estructurales (Figura 3) de la cimentación es aproximado al primer elemento 13 estructural indicado anteriormente instalado previamente. El procedimiento indicado anteriormente continúa aproximando, de manera secuencial y alternada, un primer elemento 13 estructural y un segundo elemento 20 estructural hasta la terminación de toda la geometría de la cimentación, tal como se muestra en la Figura 1.
- 40 Después de aproximar todos los elementos 13 y 20 estructurales y completar toda la geometría de la cimentación, se inserta una primera serie de cables 12 de post-tensado en los orificios 18 respectivos de las piezas 15 de cada primer elemento 13 estructural. Los cables 12 de post-tensado son tensados de esta manera a través de los bloques 35 (Figuras 5a, 5b y 5c). Posteriormente, se insertan una segunda serie de cables 12 de post-tensado a través de los orificios 17 y 21, respectivamente, realizados en las partes 16 de losa de cada primer elemento 13 estructural y en cada segundo elemento 20 estructural. Incluso estos últimos cables 12 de post-tensado se tensan usando los bloques 35 respectivos.
- 50

ES 2 544 806 T3

- Por último, todos los cables 12 de post-tensado son recalibrados. Antes de la aproximación, cada superficie de contacto lateral entre los elementos 13 y 20 estructurales es cubierta con una resina epoxi, lo que garantiza la lubricación de las propias superficies de contacto y, después del endurecimiento, permite la transferencia de las tensiones entre los elementos 13 y 20 estructurales contiguos. Por último, se inyecta mortero de cemento en las vainas en las que están alojados los cables 12 de post-tensado. De manera alternativa, pueden usarse cables de deslizamiento (denominados "sin límites") que no requieren la inyección de mortero de cemento. El acoplamiento de contacto entre los elementos 13 y 20 estructurales, obtenido a partir de las fuerzas de pre-compresión, garantiza la capacidad monolítica de la cimentación. Dicha cimentación, que es totalmente prefabricada, sin embargo puede ser desmontada completamente y reorganizada en otros sitios.
- 5
- 10 Por lo tanto, es evidente que una cimentación según la presente invención es particularmente funcional, en el sentido de que es prefabricada en sus elementos estructurales de una manera extremadamente sencilla en una fábrica y, a continuación, es instalada y montada en el sitio de uso.
- La instalación sencilla de los cables entre los diversos elementos estructurales permite proporcionar *in situ* un posicionamiento estable de la cimentación prefabricada indicada anteriormente.
- 15 El hecho de usar estos elementos estructurales prefabricados elimina la necesidad de disponer de personal experto capaz de preparar los complejos refuerzos requeridos en las cimentaciones según la técnica anterior para recibir los refuerzos y los vertidos de hormigón.
- Se eliminan los problemas relacionados con el almacenamiento de cantidades considerables de hormigón y su transporte al sitio en el que se desea construir la torre de aerogenerador.
- 20 Según la invención, también se reducen generalmente los tiempos para instalar la cimentación de una torre de aerogenerador y, de esta manera, todo el complejo de aerogenerador.
- Las Figuras 6-12 muestran una segunda realización de la cimentación totalmente prefabricada completamente prefabricada para una torre de aerogenerador según la invención, indicada en general con el número de referencia 111.
- 25 La cimentación 111 tiene, en una vista en planta, una forma poligonal provista de un alojamiento 10 central para alojar y constreñir firmemente la torre real (no mostrada), realizada en acero u hormigón.
- Según la invención, incluso esta segunda cimentación 111 se obtiene aproximando secuencialmente una pluralidad de elementos estructurales prefabricados, modulares y monolíticos, realizados en hormigón armado, algunos posiblemente pre-comprimidos, con los filamentos adherentes dispuestos cuando se fabrican los propios elementos estructurales. Dichos elementos estructurales prefabricados modulares se disponen aproximados, con acoplamiento de forma, y son restringidos posteriormente entre sí por una serie de cables 12 de post-tensado dispuestos en los nervios y en las losas, con el propósito de hacer que toda la cimentación 111 sea monolítica.
- 30
- El ejemplo mostrado en las Figuras 7-12 propone varios elementos estructurales de la cimentación 111 que forman las partes 140, 141 de losa, los nervios 150, 151 radiales y las piezas 160, 161 de un elemento estructural anular central para alojar la torre (no mostrada). Todos estos elementos estructurales forman, unidos entre sí, la cimentación 111 de la Figura 6.
- 35
- Los nervios 150, 151 radiales (Figura 9 y 10) se ensanchan en los lados opuestos de su extensión en las partes 152, 153 de losa y 152' y 153' respectivamente en las que hay provistos orificios 17 pasantes para el paso de los cables 12 de post-tensado, dispuestos en un plano horizontal. Los nervios 150, 151 tienen también orificios 18 para el paso de cables 12 de post-tensado horizontales adicionales, dispuestos en un plano vertical. En la parte superior de los nervios 150, 151 hay provistos bloques 35 especiales para fijar los cables 12 de post-tensado.
- 40
- Las partes 153 y 153' de losa, debido a que están unidas entre sí al menos parcialmente en sus esquinas, tienen, en dicha posición, formas complementarias que "encajan", conduciendo de esta manera a un posicionamiento mutuo estable.
- 45 Al igual que en la realización anterior, los elementos 140, 141, 150, 151, 160, 161 estructurales pueden permitir, en las superficies de acoplamiento de lados opuestos, muescas 33 adaptadas para mejorar el acoplamiento, con acoplamiento de forma, con otros elementos que tienen muescas 33 complementarias.
- Las piezas 160 y 161 del elemento estructural anular central para alojar la torre contienen también barras 32 roscadas que sobresalen en la parte superior para fijar el aerogenerador real.
- 50 Después de disponer todos los elementos estructurales de esta realización adicional para obtener la cimentación

111, se permite el posicionamiento de los cables 12, al menos requeridos en los elementos 160, 161 estructurales anulares centrales para alojar la torre para identificar el alojamiento central.

5 De manera alternativa, los cables 12 se disponen también en los elementos 140, 141, 150, 151 estructurales, tal como se muestra en la Figura 6. También en este caso, los cables 12 son tensados por los bloques 35 especiales adecuados para fijar los cables de post-tensado.

Las características y las ventajas de la cimentación mejorada objeto de la presente invención son evidentes a partir de la descripción anterior.

Por último, es evidente que la cimentación concebida de esta manera es susceptible de diversas modificaciones y variantes, todas ellas incluidas en el alcance de la invención según se define en las reivindicaciones adjuntas.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cimentación (11, 111) para una torre de aerogenerador, provista de un alojamiento (10) central para alojar y constreñir firmemente una torre de aerogenerador real, realizada en acero u hormigón, por medio de barras (32) roscadas que sobresalen desde dicho alojamiento (10) central, caracterizada por que dicha cimentación es totalmente prefabricada y está formada por al menos dos elementos (13, 20; 140, 141, 150, 151, 160, 161) estructurales prefabricados, en la que:
- 10 cada uno de los al menos dos elementos (13, 20; 140, 141, 150, 151, 160, 161) estructurales prefabricados es modular y está realizado en hormigón armado, aproximados entre sí en secuencia horizontal, con acoplamiento de forma, y posteriormente restringidos entre sí,
- 15 cada uno de dichos al menos dos elementos (13, 20; 140, 141, 150, 151, 160, 161) estructurales prefabricados está provisto de orificios (17, 18, 21) pasantes en cuyo interior hay dispuestos una serie de cables (12) de post-tensado dispuestos en un plano horizontal para hacer que toda la cimentación (11, 111) sea monolítica, y
- un elemento (13, 150, 151) de entre dichos al menos dos elementos (13, 20; 140, 141, 150, 151, 160, 161) estructurales prefabricados está provisto de nervios (14) radiales verticales y bloques (35) para fijar dichos cables (12) de post-tensado.
- 20 2. Cimentación según la reivindicación 1, caracterizada por que tiene, en una vista en planta, una forma circular, en la que dichos al menos dos elementos estructurales comprenden un primer elemento (13) estructural formado por un nervio (14) radial vertical y una pieza (15) de un elemento estructural anular para alojar la torre real para obtener dicho alojamiento (10) central.
3. Cimentación según la reivindicación 2, caracterizada por que comprende además un segundo elemento (20) estructural formado por una parte de cuña de una losa.
- 25 4. Cimentación según la reivindicación 2 y 3, caracterizada por que dicho primer elemento (13) estructural y dicho segundo elemento (20) estructural tienen dichos orificios (17, 18, 21) pasantes para cables (12) de post-tensado adicionales.
5. Cimentación según la reivindicación 2 y 3, caracterizada por que dicho primer elemento (13) estructural y dicho segundo elemento (20) estructural son complementarios entre sí y son dispuestos de manera alternada para trazar, en una vista en planta, dicha forma circular.
- 30 6. Cimentación según la reivindicación 2, caracterizada por que dicho primer elemento (13) estructural está formado por un nervio (14) radial vertical, una pieza (15) de un elemento estructural anular para alojar la torre real para obtener dicho alojamiento (10) central, y las partes (16) de losa.
- 35 7. Cimentación según la reivindicación 1, caracterizada por que tiene, en una vista en planta, una forma poligonal, en la que dichos al menos dos elementos estructurales comprenden al menos partes (140, 141) de losa, nervios (150, 151) radiales verticales y piezas (160, 161) de un elemento estructural anular central para alojar la torre para obtener dicho alojamiento (10) central.
8. Cimentación según la reivindicación 7, caracterizada por que dichas partes (140, 141) de losa, dichos nervios (150, 151) radiales y dichas piezas (160, 161) de un elemento estructural anular tienen orificios (17, 18, 21) pasantes para cables (12) de post-tensado adicionales.
- 40 9. Cimentación según la reivindicación 1, caracterizada por que al menos algunos de dichos al menos dos elementos (13, 160, 161) estructurales prefabricados contienen dichas barras (32) roscadas que sobresalen en la parte superior para fijar el aerogenerador real.
- 45 10. Cimentación según la reivindicación 1, caracterizada por que al menos algunos de dichos al menos dos elementos (13, 20; 140, 141, 150, 151, 160, 161) estructurales prefabricados tienen muescas (33) en las superficies opuestas de los mismos, adaptados para mejorar el acoplamiento de fricción, con acoplamiento de forma, con otros elementos estructurales que tienen muescas (33) complementarias.
11. Procedimiento para montar e implementar una cimentación (11; 111) para una torre de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento está caracterizado por que comprende las etapas siguientes:
- preparar y nivelar la superficie para instalar la cimentación (11; 111);

- instalar y aproximar, de manera secuencial y alternada, un primer elemento (13; 160) estructural y uno o más segundos elementos (20; 140, 141, 150, 151, 161) estructurales de la cimentación (11; 111), hasta completar toda la geometría de la cimentación (11; 111);
 - insertar, en los orificios (17, 18, 21) pasantes respectivos dichos elementos (13, 20; 140, 141, 150, 151, 160, 161) estructurales, y tensar, mediante los bloques (35) de fijación especiales, al menos una serie de cables (12) de post-tensado.
- 5
12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que dicha etapa de inserción y de tensado comprende una primera sub-etapa en la que se insertan una primera serie de cables (12) de post-tensado en los orificios (18) respectivos realizados en cada primer elemento (13) estructural, y se tensan, y una segunda sub-etapa en la que se insertan una segunda serie de cables (12) de post-tensado a través de orificios (17, 21) realizados respectivamente en las partes (16) de losa de cada primer elemento (13) estructural y en cada segundo elemento (20) estructural y se tensan.
- 10
13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que comprende una etapa final adicional de volver a calibrar todos los cables (12) de post-tensado.
- 15
14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizado por que comprende, antes de la etapa de instalación y aproximación, una etapa en la que cada superficie de contacto lateral entre los primeros elementos (13; 160) estructurales y los segundos elementos (20; 140, 141, 150, 151, 161) estructurales es cubierta con una resina epoxi, lo que garantiza la lubricación de las superficies de contacto y, una vez endurecida, permite la transferencia de las tensiones entre dichos primeros elementos (13; 160) estructurales y dichos segundos elementos (20; 140, 141, 150, 151, 161) estructurales contiguos.
- 20

Fig.1

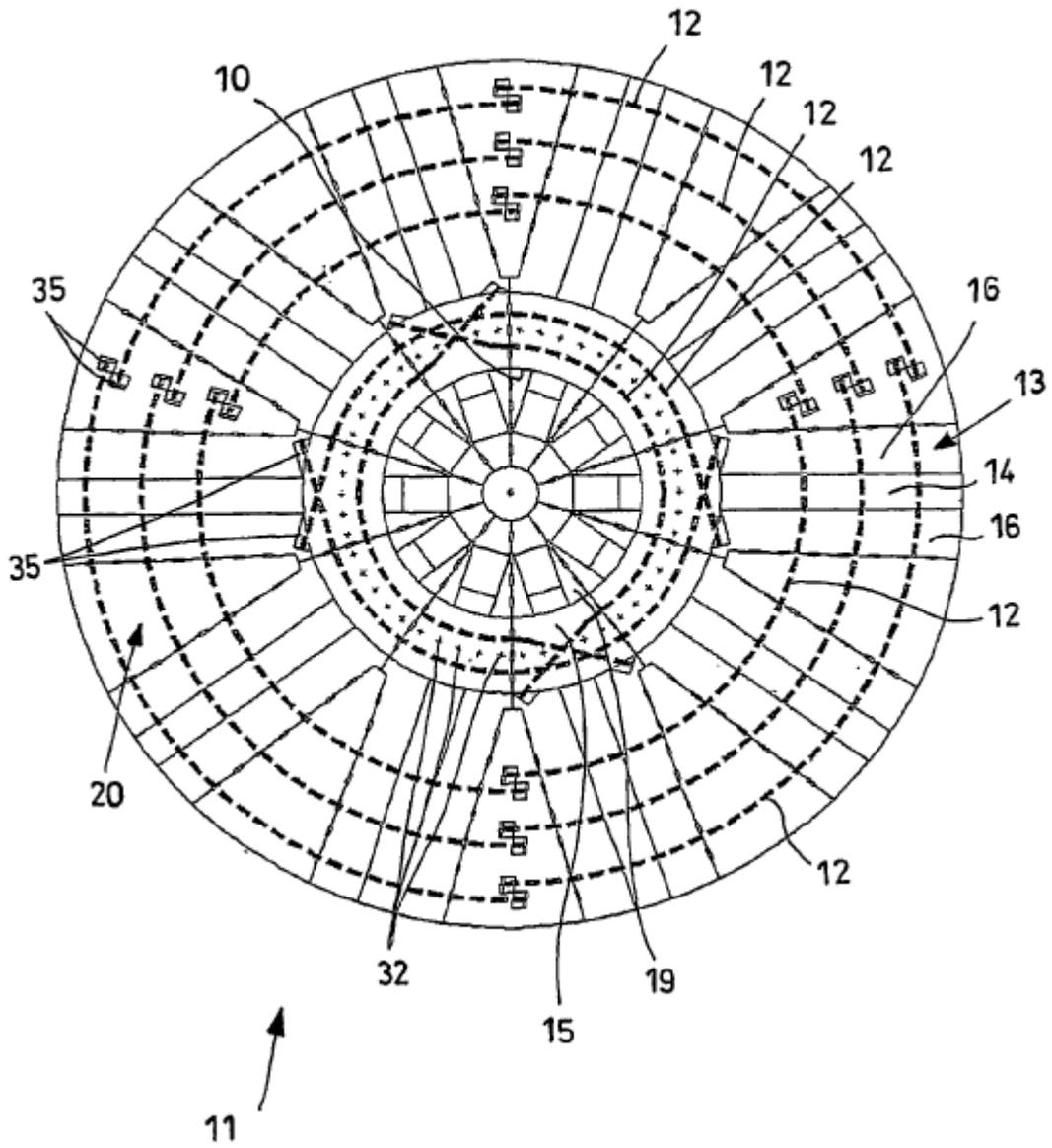


Fig.2b

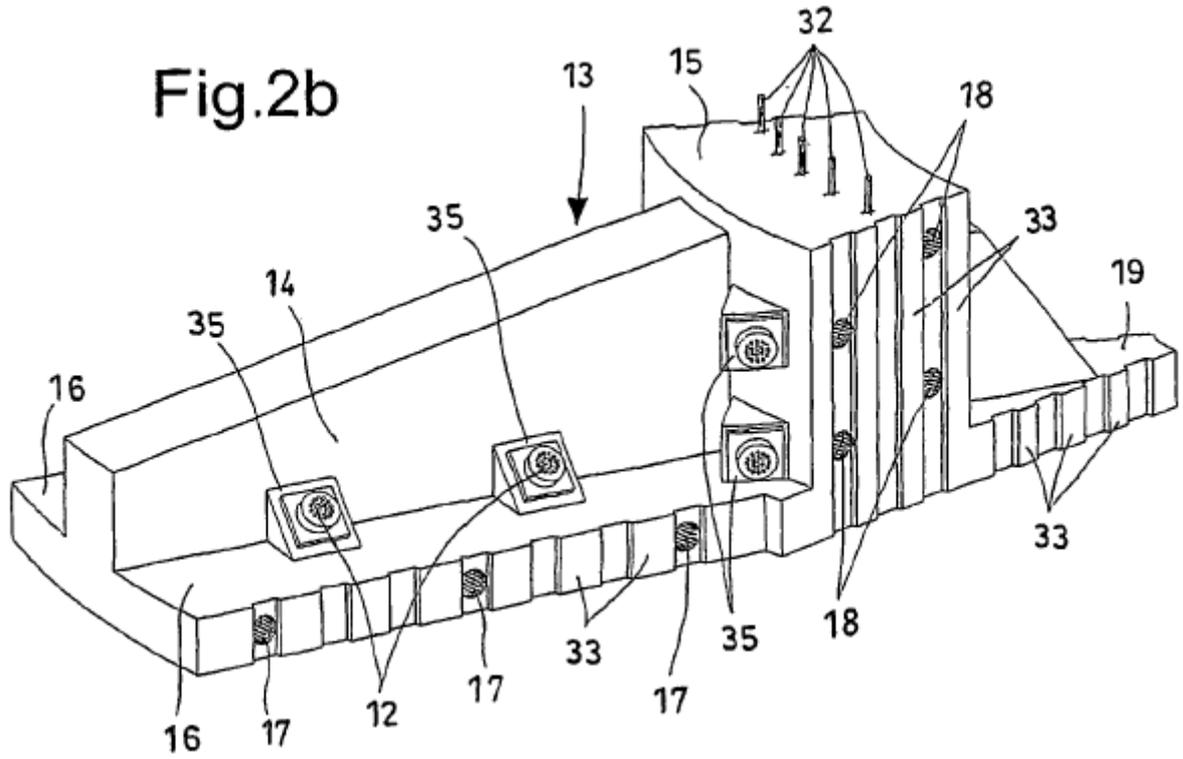


Fig.5b

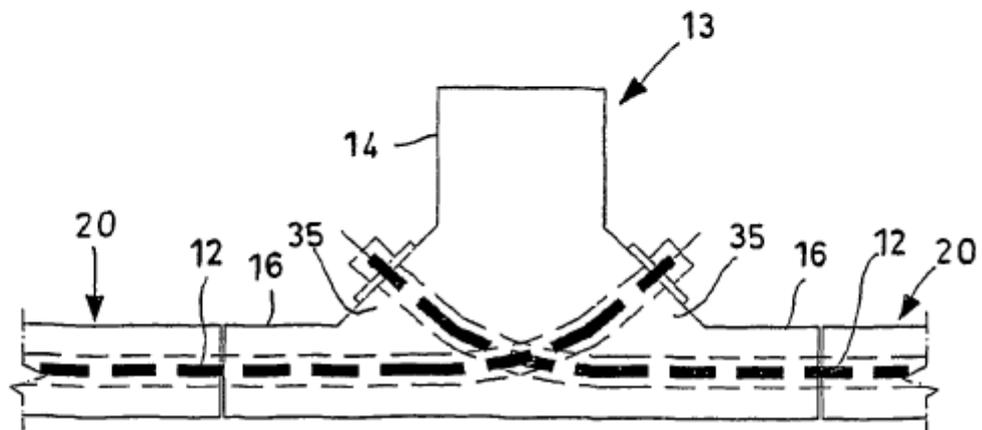


Fig.4b

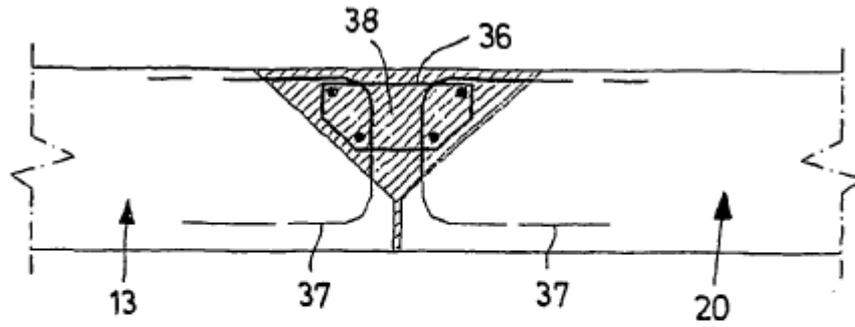


Fig.4a

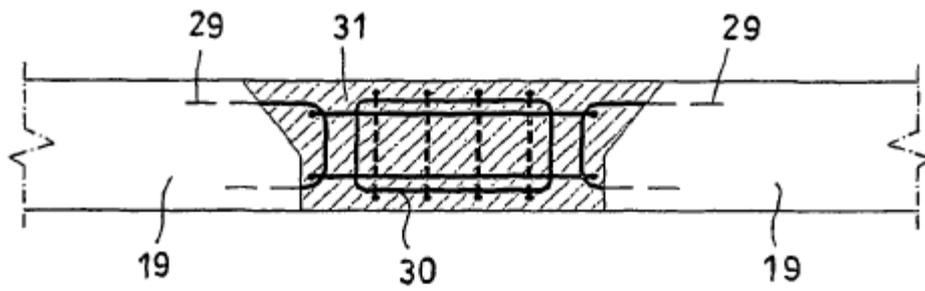


Fig.5a

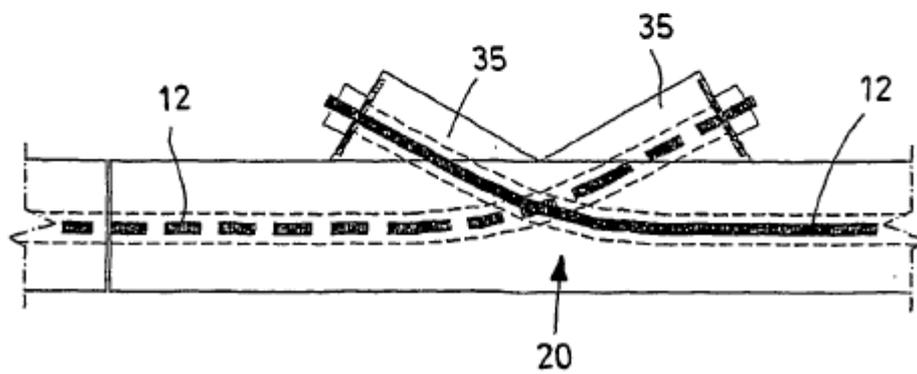


Fig.5c

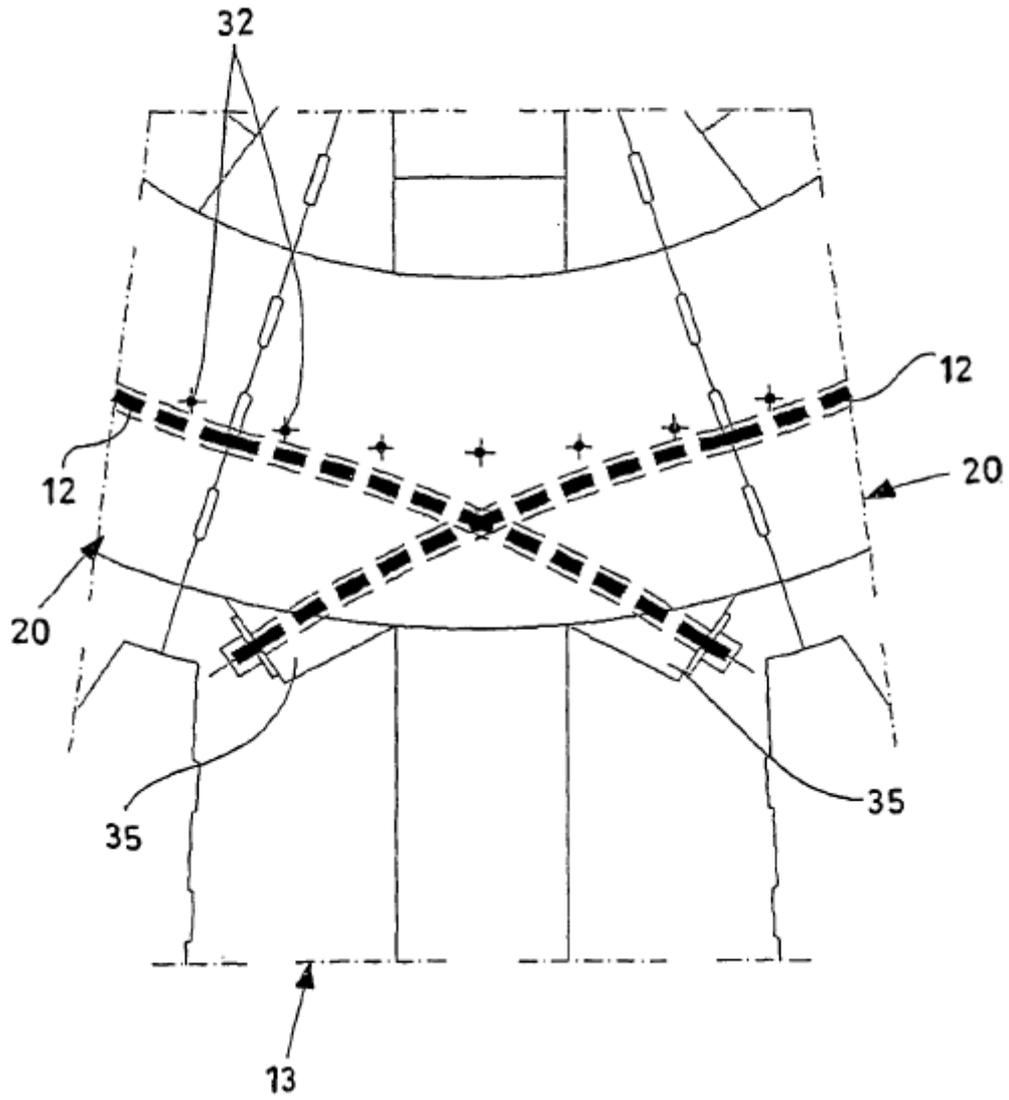
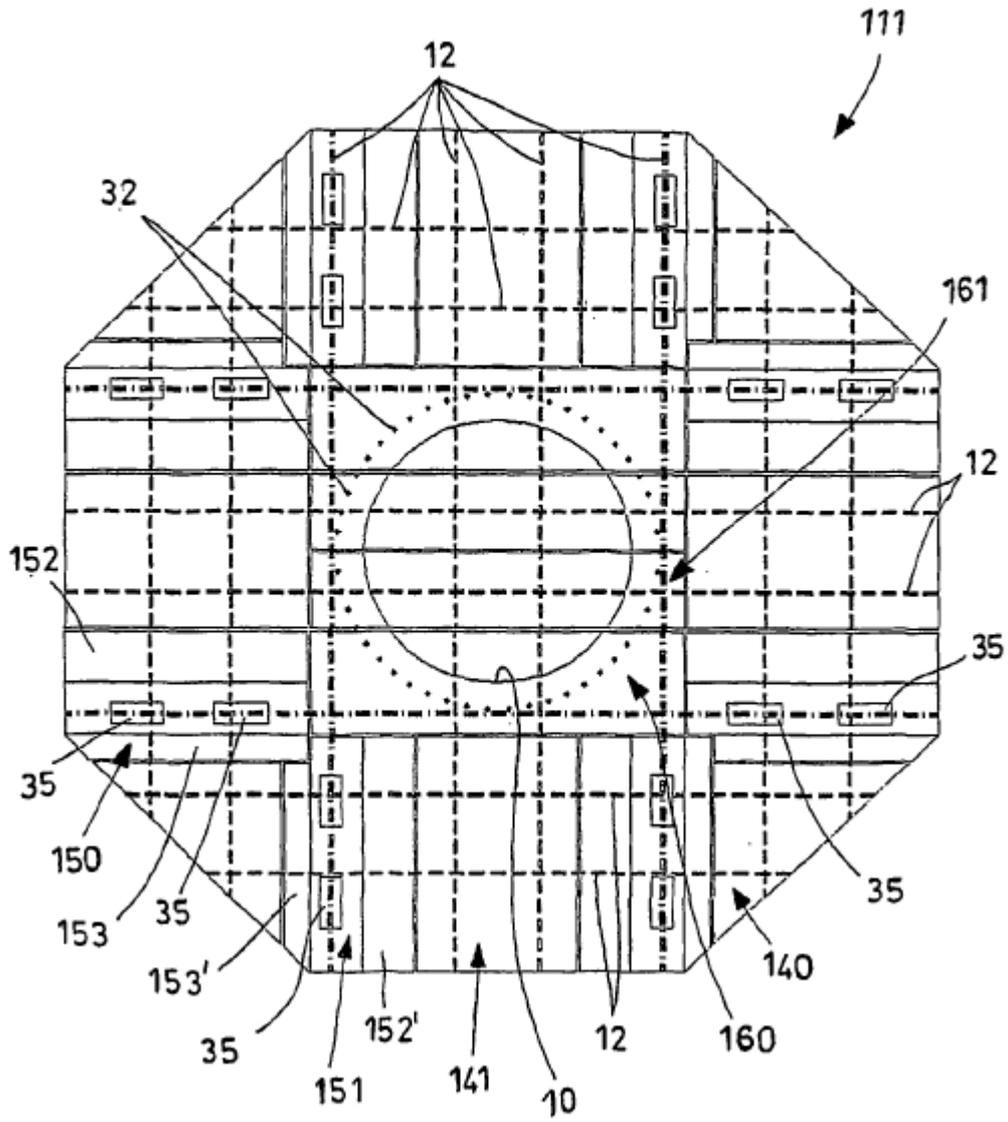


Fig.6



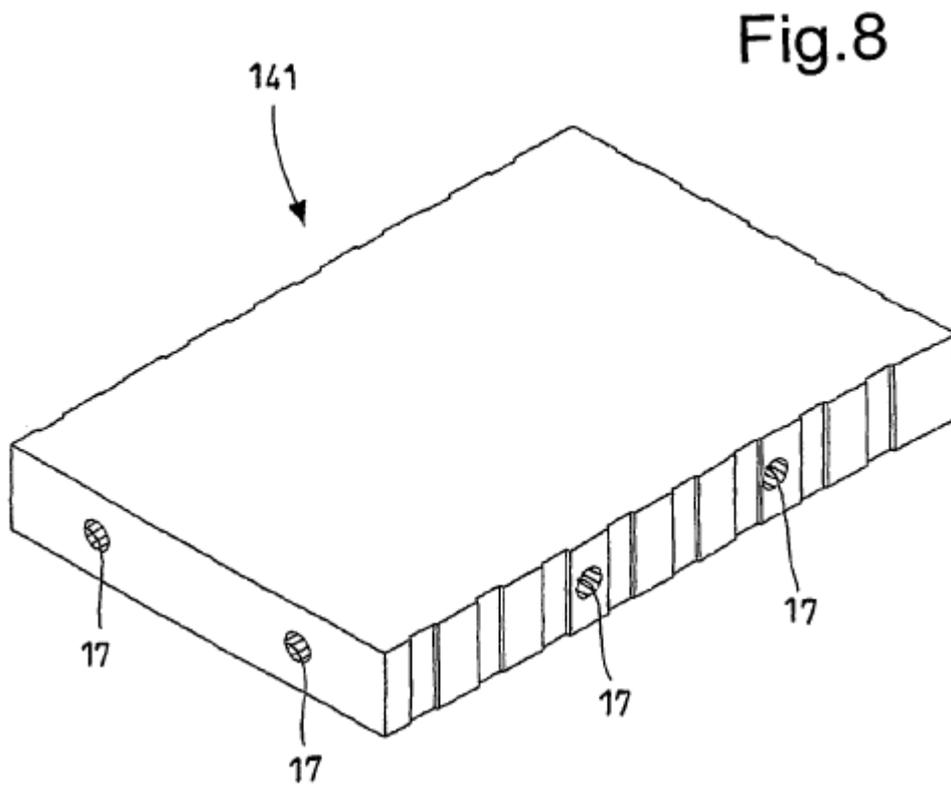
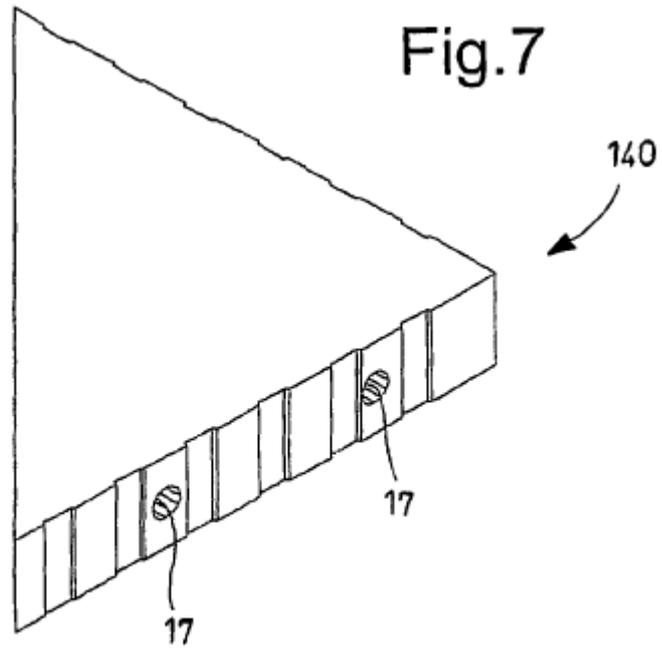


Fig.9

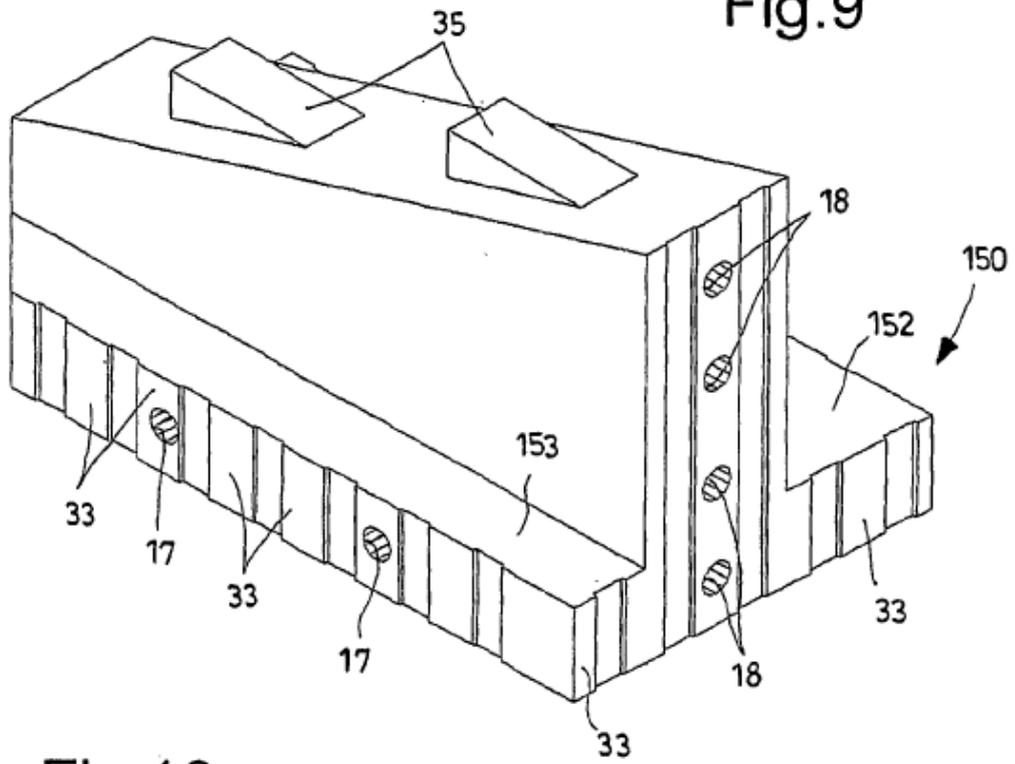


Fig.10

