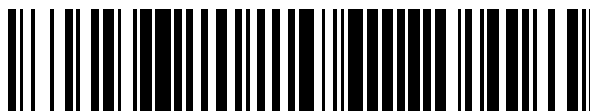


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 802 887**

51 Int. Cl.:

**E01D 22/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.04.2014 PCT/CH2014/000049**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2014 WO14183224**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2014 E 14722518 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 2997197**

54 Título: **Procedimiento para el pretensado de una estructura de acero, así como estructura de acero pretensada con el mismo**

30 Prioridad:

**14.05.2013 CH 9502013**

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

**21.01.2021**

73 Titular/es:

**S & P CLEVER REINFORCEMENT COMPANY AG  
(100.0%)  
Seewernstrasse 127  
6423 Seewen, CH**

72 Inventor/es:

**MOTAVALLI, MASOUD y  
GHAFOORI, ELYAS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 802 887 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el pretensado de una estructura de acero, así como estructura de acero pretensada con el mismo

Esta invención se refiere a un procedimiento para el pretensado de una estructura de acero, y este tanto en una nueva construcción, así como preferentemente en una estructura de acero existente, ante todo en construcciones de puentes.

5 Según un estudio de Bien J. Elfgren L. y Olofsson J. con el título de *Sustainable Bridges, Assessment for Future Traffic Demands and Longer Lives*, Wroclaw, Wydawnictwo Edukacyjne, 2007, las administraciones ferroviarias europeas confirman que en Europa por sí sola hay aprox. 220 000 puentes ferroviarios, y estos se sitúan en las regiones climáticas más diferentes. Aproximadamente el 22 % de ellos son construcciones de metal o de acero, que con frecuencia también se designan puentes de hierro. El 3 % son puentes de hierro fundido, el 25 % son construcciones de acero soldadas, y el 53 % están fabricados en acero, y aprox. el 20 % de un material no identificable de forma unívoca. El 28 % de estas construcciones de metal tienen más de 100 años y casi el 70 % de los puentes tienen más de 50 años. Ya que hoy los trenes se vuelven cada vez más largo, más pesados y más rápidos, aumenta fuertemente la solicitud de estos puentes. Cada carga de eje genera vibraciones y así con el tiempo se originan pequeñas grietas e intersticios en las estructuras, y la fatiga de las vigas avanza cada vez de forma más rápida. El documento EP 1 396 582 A2 y el US 2012/180407 A1 dan a conocer una estructura de acero con una banda de tracción y a pretensar por el uso de elementos de elevación.

Los ensayos en el EMPA en Dübendorf - CH mostraron que con la aplicación de polímeros reforzados con fibras de carbono (CFRP = Carbon Fiber Reinforced Polymers) se pueden reforzar en principio las vigas de acero. Estos CFRP se fijan por medio de adhesivos en las vigas de acero y son capaces de absorber una carga a tracción, lo que ralentiza o incluso detiene la formación de grietas. Sin embargo, los adhesivos solo son apropiados de forma limitada en muchos sitios, puesto que el acero se calienta fuertemente por la radiación solar y esto puede llevar el adhesivo a su límite de transición vítrea. En este contexto se debe prestar atención a las publicaciones *Engineering Structures* 45 (2012) 270-283 e *International Journal of Fatigue* 44 (2012) 303-315 en *Elsevier Journal* ([www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)).

La corrosión galvánica constituye otro problema. Aunque los CFRP no son corrosivos, forman celdas galvánicas en conexión con el acero. Luego hay muchos puentes de hierro remachados. En estos el problema consiste en cómo se fijan las bandas de CFRP mejor en las vigas de hierro. Y finalmente con frecuencia también se debe tener en cuenta la protección de monumentos, en tanto que se requiere, por ejemplo, que estructuras significativas históricamente se tengan que poder retrotraer en caso necesario de nuevo a su estado original, lo que apenas se puede implementar con bandas de CFRP pegadas. Y finalmente sería deseable no solo reforzar las estructuras, sino ponerlas bajo una pretensión, a fin de cerrar completamente con ello las grietas e intersticios ya existentes e impedir un nuevo crecimiento de estas grietas e intersticios de forma permanente. Una de las tareas más importantes de un sistema de refuerzo es por ello la elección pertinente del sistema de anclaje mecánico, de modo que este desarrolle suficientemente una fuerza de retención, esté sujeto a una corrosión mínima, a ser posible no produzca un contacto directo de las bandas de CFRP con el acero, y la introducción de estrés en el sistema de anclaje se realice de forma gradual.

El objetivo de esta invención es especificar un procedimiento para el pretensado de una estructura de acero, así como también una estructura de acero pretensada con ello. A este respecto, por medio de esta pretensión se debe impedir la formación de grietas en una estructura de acero nueva o existente, o se deben cerrar las grietas ya presentes o se debe detener o al menos ralentizar su crecimiento posterior.

El objetivo se consigue por un procedimiento según las características de la reivindicación 1.

El objetivo se consigue además por una estructura de según las características de la reivindicación 9.

La invención se representa esquemáticamente en las figuras y se describe a continuación mediante estas figuras a modo de ejemplo y se describe la función del procedimiento, como también de la estructura reforzada con ello.

Muestra:

45 Figura 1: una estructura de acero en forma de un puente de hierro con arriostramientos inferiores con una banda de CFRP conectada de forma lasa con su lado inferior solicitado a tracción;

Figura 2: la estructura de acero según la figura 1 después de la inserción de un elemento de elevación;

Figura 3: la estructura de acero según la figura 1 después de la inserción de dos elementos de elevación;

Figura 4: una estructura de acero en forma de un puente de hierro con arriostramientos superiores con una banda de CFRP conectada de forma lasa con su lado inferior solicitado a tracción;

50 Figura 5: la estructura de acero según la figura 4 después de la inserción de tres elementos de elevación;

Figura 6: una estructura de acero en forma de un puente de hierro con arriostramiento inferior arqueado con una banda de CFRP aplicada y varios elementos de elevación para su pretensión.

En la figura 1 está representada una estructura de acero en forma de un puente de hierro 1 con arriostramientos inferiores 2, donde la viga de acero 3 horizontal más inferior está solicitada a tracción. En tales puentes de hierro siempre hay vigas de acero, que están solicitadas a compresión, y aquellas que están solicitadas a tracción. Además, actúan momentos de flexión, especialmente cuando el puente se solicita temporalmente si, por ejemplo, un tren rueda sobre él. Cada carga de eje provoca vibraciones y estas contribuyen a la fatiga del material, de modo que a lo largo de los años pueden aparecer grietas en las vigas de acero, que debilitan cada vez más las vigas de acero. Es válido detener o al menos ralentizar este proceso. Ya que las bandas de polímero reforzadas con fibras de carbono (bandas de CFRP) se pueden solicitar de forma excepcionalmente intensa a tracción y además no están sujetas a una corrosión, se ofrecen para reforzar las vigas de acero solicitadas a tracción. Lo más eficiente sería pretensar las vigas de acero solicitadas a tracción por medio de tales bandas. Se han conocido propuestas para armar estructuras de hormigón posteriormente con bandas pretensadas, a fin de mejorar su resistencia a tracción. En este caso, las bandas se pretensan fuertemente por medio de un dispositivo especial y en este estado pretensado se aproximan a la estructura de hormigón y se pegan por medio de adhesivos de resina epoxi sobre el hormigón. Después del endurecimiento del adhesivo se retira el dispositivo que genera y conserva la tensión, según lo cual la banda de CFRP pretensada introduce su tensión de forma permanente en la estructura. No obstante, un método semejante no se puede usar en construcciones de acero. En primer lugar, estas no presentan en general superficies lisas, y en segundo lugar el uso de adhesivos en las vigas de acero resultar ser menos apropiado, ya que las construcciones de acero se calientan fuertemente bajo radiación solar intensiva y por consiguiente conducen el adhesivo a sus límites. Además, la aproximación de un dispositivo pesado para el pretensado de las bandas no se puede llevar a cabo en muchos casos debido a las condiciones locales o por motivos de espacio. Justo cuando un puente se extiende a gran altura sobre una gran anchura, este método no se puede usar.

El puente según la figura 1 presenta un arriostramiento inferior 2, es decir, el puntal 3 horizontal más inferior está solicitado a tracción, y se puede reforzar por medio de bandas 4 de CFRP, para lo que se procede como sigue. Una banda 4 de CFRP se conecta en sus dos zonas finales a través de una sección o a través de toda la longitud de una parte de la estructura solicitada a tracción en arrastre de fuerza de tracción con la misma. Para ello hay anclajes finales 5 apropiados por el estado de la técnica, por ejemplo, en forma de patines de retención, por medio de los que las bandas 4 se pueden conectar de forma mecánicamente duradera y con elevado arrastre de fuerza de tracción con la viga de acero 3. En el ejemplo mostrado, una banda 4 de CFRP está tensada a lo largo de toda la longitud del lado inferior de la viga de acero 3 inferior horizontal, donde los anclajes finales 5 están fijados en ambos lados cerca de los extremos de la viga de acero 3. A este respecto, la banda 4 está tensa de forma lasa. Además, en el ejemplo mostrado en el centro de la banda 4 de CFRP, es decir, a la mitad de la longitud, está instalado un elemento de elevación 7 entre la viga de acero 3 y la banda 4 de CFRP. Este elemento de elevación 7 puede ser un elemento de elevación 7 accionable de forma hidráulica, neumática, eléctrica o mecánica, que ofrece una transmisión tal que se pueden generar elevadas fuerzas de elevación, por ejemplo, algunas decenas de kilonewtons. Ahora se generan caminos de reacción cortos con caminos de acción comparablemente largos. Cuando una fuerza de elevación de este tipo actúa esencialmente verticalmente sobre la banda 4 de CFRP sujeta en sus zonas finales y se retira de la viga de acero 3, entonces se originan fuerzas de tracción más fuertes de transmisión alejada sobre la misma banda 4 de CFRP, y estas se introducen entonces en la estructura 1 a través de los anclajes finales 5. Una viga de acero 3 pretensada de este tipo experimenta de este modo un refuerzo muy esencial. Cuando ya presenta microgrietas o incluso grietas serias, entonces estas se pueden cerrar en muchos casos por medio de una pretensión semejante o al menos se puede conseguir que estas grietas ya no sigan creciendo. Se entiende que no se debe colocar solo una banda 4 de CFRP individual, sino que se puede instalar todo un grupo de bandas 4 de CFRP a lo largo de la anchura del puente, o también por secciones a lo largo la longitud del puente se pueden colocar varias bandas 4 de CFRP unas tras otras o bandas 4 de CFRP superpuestas entre sí en longitud, que están posicionadas unas junto a otras y discurren en paralelo entre sí, o incluso se superponen en altura, es decir, se sitúan unas sobre otras o se pueden cruzar. En este caso, las bandas 4 no están tendidas exactamente en la dirección de desarrollo de las vigas de acero sobre las mismas, sino de forma ligeramente oblicua, de modo que se producen cruces de las bandas 4.

En la figura 2 se ve la estructura de acero según la figura 1 después de la inserción de un elemento de elevación 7. Se ha montado por debajo de la banda 4 de CFRP colocada tensada de forma lasa, por ejemplo, por medio de una conexión mecánica con la viga de acero 3, mediante soldadura o atornillado. Este elemento de elevación 7 puede estar construido a la manera de un elevador de carro, de modo que se puede elevar hidráulicamente por medio de una bomba hidráulica externa, en tanto que una línea hidráulica se conecta temporalmente con el elemento de elevación 7. Con una transmisión correspondiente se pueden generar fuerzas suficientemente grandes. La elevación se asegura entonces por medio de un gatillo mecánico o por medio de un soporte mecánico. Tales soportes mecánicos se instalan tras realizar la carrera de trabajo del elemento de elevación 7, que en este caso se eleva algo más allá de la tensión de tracción a alcanzar definitiva, junto al mismo entre la banda 4 y la viga de acero 3 a reforzar. Entonces de descarga algo de nuevo el elemento de elevación 7, de modo que se consigue la tensión objetivo y se absorbe la fuerza de apoyo por los soportes. Como alternativa, el elemento de elevación 7 también se puede accionar de forma neumática. Entonces se puede acoplar un tubo flexible de un compresor y se realiza la extensión del elemento de elevación 7 debido a la presión neumática con una transmisión suficiente. Finalmente, también es concebible una variante eléctrica de un elemento de elevación 7, en tanto que el motor eléctrico interior genera a través de una transmisión corta, por ejemplo, por medio de husillos y palancas, una fuerza de elevación suficientemente grande. En este caso, solo se debe conducir una línea eléctrica al elemento de elevación 7 y en caso necesario se puede reajustar fácilmente. Finalmente, también es concebible una realización puramente mecánica, igualmente equipada con husillos

5 y/o palancas, donde entonces gracias a un cigüeñal que se conecta a mano o por motor se genera la fuerza de elevación necesaria. En cualquier caso, la banda 4 de CFRP tensada de forma lasa se tensa por medio del elemento de elevación 7 y entonces debido al efecto palanca genera una gran fuerza de tracción sobre la banda 4, que es un múltiplo mayor que la fuerza de elevación. Mientras que los anclajes 5 permanecen prácticamente estacionarios o solo ceden muy ligeramente junto con la estructura, la carrera del elemento de elevación 7 puede ser de varios centímetros. Debido a la geometría resulta que de esta manera se pueden transmitir fuerzas de tracción muy grandes de x veces 10 kN sobre la estructura.

10 La figura 3 muestra la estructura de acero según la figura 1 después de la inserción de dos elementos de elevación 7. En el caso de la inserción de dos elementos de elevación 7, estos se extienden simultáneamente de forma ventajosamente, para que se constituya la tensión de forma uniforme sobre la longitud de banda. Como alternativa, el un elemento de elevación 7 se puede extender un pequeño tramo, entonces el segundo un pequeño tramo semejante, luego de nuevo el primero, luego de nuevo el segundo, etc. de modo que la fuerza de tracción se genera poco a poco alternativamente por los dos elementos de elevación 7 en cierto modo balanceándose.

15 La figura 4 muestra una estructura de acero en forma de un puente de hierro con arriostramientos superiores 6 con una banda 4 de CFRP conectada con ella de forma lasa. En este caso, la banda 4 de CFRP montada discurre a lo largo de la viga de acero horizontal más inferior, que en la práctica son naturalmente varias vigas de acero semejantes que discurren a lo largo del puente, y cada una se equipa con al menos una banda 4 de CFRP, con cada vez dos anclajes finales 5, que en los extremos de la banda 4 la conectan por arrastre de fuerza de tracción con la estructura o dicha viga de acero.

20 La figura 5 muestra esta estructura de acero según la figura 4 después de la inserción de tres elementos de elevación 7, que están dispuestos de forma distribuida sobre la longitud de cada banda 4 de CFRP y se extienden de nuevo simultáneamente o se extienden en primer lugar los dos exteriores un tramo y más tarde el central algo más, de modo que se genera una tensión simultánea sobre toda la longitud de la banda 4 de CFRP.

25 La figura 6 muestra finalmente todavía una estructura de acero en forma de un puente de hierro con arriostramiento inferior 2 arqueado. Aquí debido al peso propio del puente 1, así como debido a su sollicitación actúa una fuerza de tracción sobre la viga longitudinal 8 arqueada en el extremo inferior del puente. En este caso, las bandas 4 de CFRP se pueden tender y montar a lo largo de estas vigas de acero 8 arqueadas. En el ejemplo mostrado, una banda 4 de CFRP individual discurre sobre toda la longitud del puente a lo largo del arco de viga 8 inferior y en ambas zonas finales se conectan por los elementos de anclaje 5 allí colocados de forma fija con la viga de acero 8 del puente 1. Aquí están insertados de forma distribuida cinco elementos de elevación 7 a lo largo de la longitud de la banda. Estos se elevan todos de forma uniforme, para generar una composición de tensión lo más uniforme u homogénea posible en la banda 4 de CFRP. Esta fuerza de tensión se introduce entonces a través de los elementos de anclaje 5 en la estructura 1.

35 Por medio de tales refuerzos se pueden cerrar en algunos casos las grietas o intersticios en las estructuras de acero, es decir, en los elementos que están sollicitados a tracción. En otros casos se puede impedir un crecimiento posterior de estas grietas e intersticios o al menos se puede ralentizar esencialmente el proceso de debilitamiento, y en conjunto se pueden reforzar y estabilizar de forma decisiva las estructuras, de modo que se prolonga su vida útil o se aumenta en caso necesario la capacidad de sollicitación.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el pretensado de una estructura de acero, en el que al menos una banda (4) de polímero reforzada con fibras de carbono se coloca en cada una de sus zonas finales con anclajes finales (5) en arrastre de fuerza de tracción en una viga de acero a reforzar de la estructura de acero (1), y después, en una zona entre estos anclajes finales (5), al menos un elemento de elevación (7) dispuesto entre la respectiva banda (4) de polímero reforzada con fibras de carbono y la viga de acero (3,8) a reforzar se extiende esencialmente perpendicularmente a la banda (4) de polímero reforzada con fibras de carbono, de modo que se genera una tensión uniforme sobre toda la longitud de la banda (4) de polímero reforzada con fibras de carbono, para provocar una tensión de fuerza de tracción entre los anclajes finales (5) de la respectiva banda (4) de polímero reforzada con fibras de carbono, cuya fuerza de tracción es mayor en un múltiplo que la fuerza de elevación debido al efecto palanca, y cuya fuerza de tracción se introduce en la estructura a través de los anclajes finales (5), donde la elevación de la respectiva banda (4) de polímero reforzada con fibras de carbono se asegura por medio de un soporte mecánico.
2. Procedimiento para el pretensado de una estructura de acero según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la longitud de la carrera del al menos un elemento de elevación (7) es de varios centímetros.
3. Procedimiento para el pretensado de una estructura de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** varias bandas (4) de polímero reforzadas con fibras de carbono se aplican en la viga de acero (3,8) a reforzar sobre la longitud de la misma.
4. Procedimiento para el pretensado de una estructura de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** varias bandas (4) de polímero reforzadas con fibras de carbono se orientan en paralelo entre sí sobre la longitud de la viga de acero (3,8) a reforzar y cada vez se aplican en la misma sobre toda la longitud de la viga de acero (3,8).
5. Procedimiento para el pretensado de una estructura de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** varias bandas (4) de polímero reforzadas con fibras de carbono se aplican sobre la longitud de la viga de acero (3,8) a reforzar, orientadas en paralelo entre sí sobre secciones parciales de la longitud de la viga de acero (3,8).
6. Procedimiento para el pretensado de una estructura de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** varias bandas (4) de polímero reforzadas con fibras de carbono se aplican sobre la longitud de la viga de acero (3,8) a reforzar, orientadas en paralelo entre sí sobre secciones parciales de la longitud de la viga de acero (3,8), de modo que se sitúan unas junto a otras y se superponen en secciones parciales en referencia a su longitud.
7. Procedimiento para el pretensado de una estructura de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** varias bandas (4) de polímero reforzadas con fibras de carbono se tienden sobre la longitud de la viga de acero (3,8) a reforzar, las cuales se disponen discurrendo en una dirección que se desvía de la dirección longitudinal de la viga de acero (3,8) y se cruzan.
8. Procedimiento para el pretensado de una estructura de acero según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** cada banda (4) de polímero reforzada con fibras de carbono se pretensa por medio de al menos un elemento de elevación (7) accionable de forma hidráulica, neumática, eléctrica o mecánica, y el elemento de elevación (7) se descarga por medio de un soporte mecánico entre la respectiva banda (4) y la viga de acero (3,8) a reforzar después de una carrera de elevación realizada.
9. Estructura de acero, **caracterizada por que** al menos una banda (4) de polímero reforzada con fibras de carbono está conectada en cada una de sus zonas finales en arrastre de fuerza de tracción con una viga de acero a reforzar de la estructura de acero (1), donde en la zona entre estas zonas finales están insertados al menos un elemento de elevación (7) o un soporte mecánico entre la respectiva banda (4) de polímero reforzada con fibras de carbono y la viga de acero (3,8) a reforzar, por medio del que la respectiva banda (4) de polímero reforzada con fibras de carbono se mantiene bajo tensión de tracción después de la elevación esencialmente vertical de la viga de acero (3,8) y por consiguiente pretensada.
10. Estructura de acero según la reivindicación 9, **caracterizada por que** la carrera de la respectiva banda de polímero reforzada con fibras de carbono es de varios centímetros.

Fig. 1

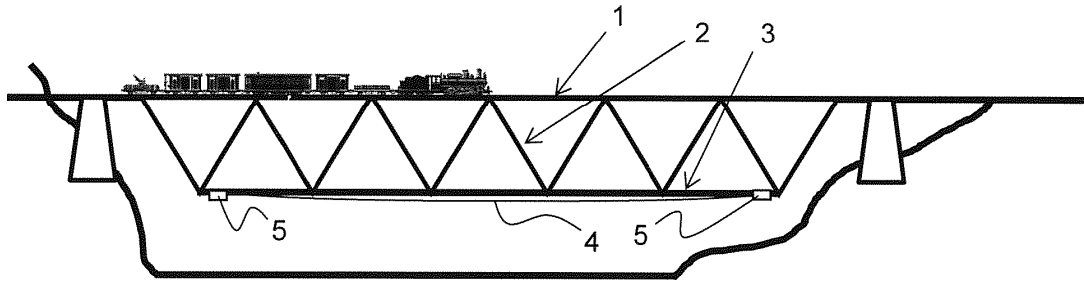


Fig. 2

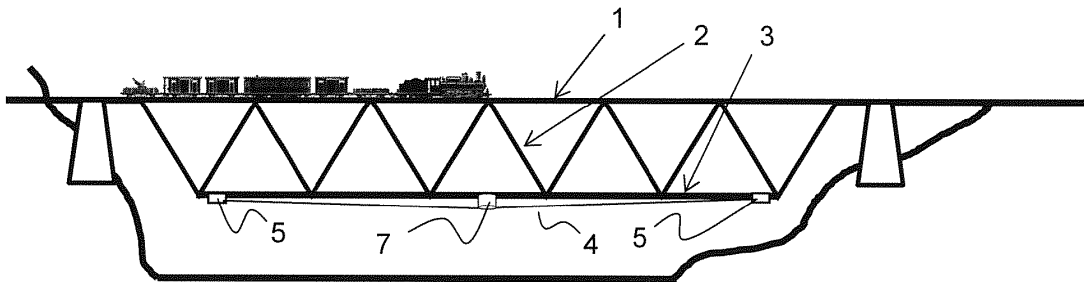


Fig. 3

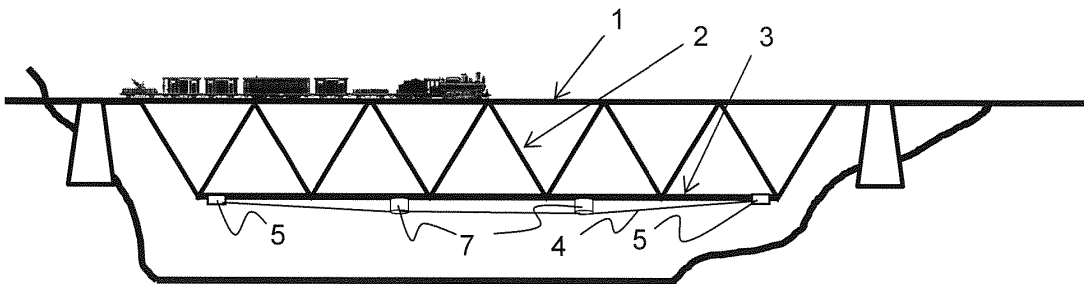


Fig. 4

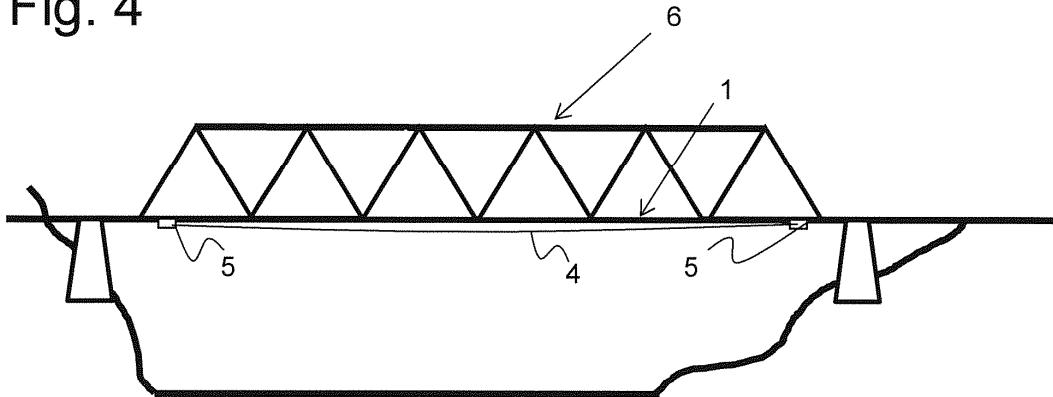


Fig. 5

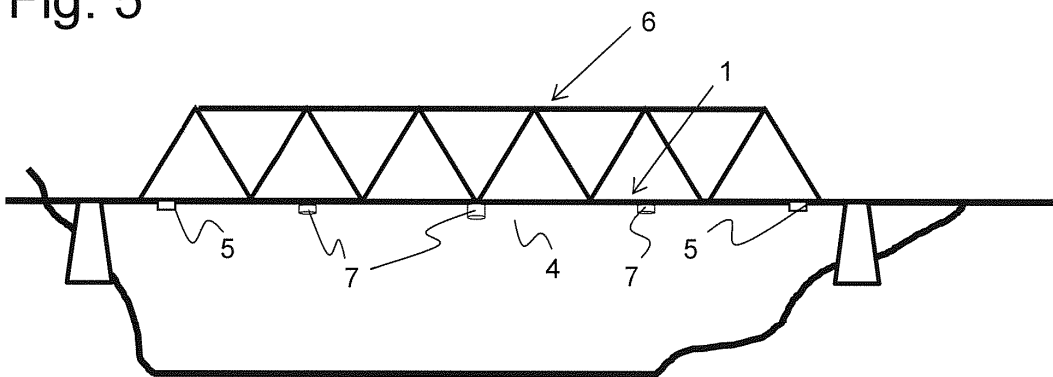


Fig. 6

