

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 704**

51 Int. Cl.:

G01M 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2021** **E 21183577 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2024** **EP 4040133**

54 Título: **Detección móvil de daños estructurales en segmentos de puente de viga**

30 Prioridad:

08.02.2021 DE 102021102880

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

01.07.2024

73 Titular/es:

LUCKS, CHRISTOPH (50.0%)
Jarrestrasse 27
22303 Hamburg, DE y
BRUHNSEN, PAUL (50.0%)

72 Inventor/es:

LUCKS, CHRISTOPH y
BRUHNSEN, PAUL

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 974 704 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

Detección móvil de daños estructurales en segmentos de puente de viga

5 La presente invención se refiere a la detección de daños estructurales en segmentos de puente de viga.

Procedimientos de este tipo se conocen de muchas maneras por el estado de la técnica, como el documento US 2015 / 0 198 502 A1 o el documento CN 2 07 751 471 U. Pero, por lo general requieren preparativos, gran esfuerzo y/o bloqueos largos del segmento de puente. Otros documentos relevantes para la invención son tanto los
10 documentos de patente WO 2019/235409 A1 y US 2020/292428 A1 como la literatura no patentada Prakash G: "A deflectionbased practicable method for health monitoring of in-service bridges" y Christoph Lucks: "Monitorización de la construcción con medición de deformación basada en láser".

También se ha mostrado que, incluso en condiciones favorables, los desplazamientos de frecuencia condicionados
15 por daños se encuentran en la banda de ruido de los cambios de frecuencia condicionados por la temperatura y, por lo tanto, son inadecuados por lo general.

El objetivo es proporcionar un procedimiento sencillo y rápido para la detección fiable.

20 El inventor ha constatado en numerosos experimentos de forma sorprendente que los diferentes segmentos de puente de viga son investigables, analizables y clasificables de manera sencilla.

El objetivo se consigue, entre otras cosas, mediante un procedimiento para la detección, en particular móvil, de un
25 daño estructural de un segmento de puente de viga y/o para la determinación, en particular móvil, de la reducción de la capacidad de carga de un segmento de puente de viga, donde se conoce o se determina la longitud de estructura portante del segmento de puente de viga y donde se mide una flecha del segmento de puente de viga durante una carga sobre el segmento de puente de viga. Esta carga se aplica en particular mediante un peso, en particular un camión, sobre el puente.

30 A este respecto, se utiliza en particular una flecha media, que transmite vibraciones del segmento de puente. La flecha se mide en particular en comparación con el estado no cargado, en particular antes y/o después, en particular en el plazo de menos de una hora, en particular menos de cinco minutos antes de la aplicación y/o después de la eliminación de la carga. En particular, después de retirar la carga se espera hasta que la vibración haya disminuido antes de que se determine la posición de reposo o se limpien/corrijan matemáticamente los datos
35 de medición de la posición de reposo, de modo que se calcula la oscilación posterior, en particular se determina.

Así, en particular, se determina una diferencia entre la posición de reposo y la posición cargada como flecha. A este respecto, la medición se mide en particular en el centro o en una zona media, en particular de un máximo del
40 15%, en particular un máximo del 5%, de la longitud de la estructura portante, de la longitud de estructura portante, de la longitud de estructura portante y/o se determina la flecha máxima a través de la longitud de estructura portante.

A este respecto, en particular, un daño estructural se supone al menos luego como detectado cuando la flecha
45 excede una flecha de referencia predeterminada en más de un margen predefinido, en particular un 25% de la flecha de referencia, y/o donde, al menos luego cuando no se supera la flecha de referencia, se supone que no está presente ningún daño estructural, donde la flecha de referencia está en el rango de 0,001 a 0,005, en particular de 0,0015 y/o hasta 0,0027 mm, por 1 m de longitud de estructura portante en el caso de 1t de carga.

El objetivo también se consigue mediante el uso de una flecha de referencia predeterminada en el rango de 0,001
50 a 0,005, en particular de 0,0015 y/o hasta 0,0027 mm, por 1 m de longitud de estructura en el caso de 1 t de carga, para la detección de daños estructurales de un segmento de puente de viga y/o para la determinación de la reducción de la capacidad de carga de un segmento de puente de viga, donde se conoce o se determina la longitud de estructura portante del segmento de puente de viga.

55 A este respecto, se mide una flecha del segmento de puente de viga durante una carga sobre el segmento de puente de viga y se compara con la flecha de referencia. A este respecto, se usa ventajosamente para la detección de daños estructurales, donde, si se excede la flecha de referencia en más de un margen predefinido, en particular un 25% de la flecha de referencia, se detecta un daño estructural y/o donde, al menos luego cuando no se excede la flecha de referencia, se supone que no está presente ningún daño estructural.

60

De esta manera se puede realizar de manera muy sencilla una detección fiable de daños estructurales también sin
medición de referencia previa, al menos de aquellos daños que tienen un efecto relevante sobre la seguridad y/o planificación.

65 Con una ventaja especial, el reconocimiento también se puede llevar a cabo de forma más diferenciada. Para ello, el valor de referencia se puede establecer en el rango mencionado con precisión y/o adaptado al tipo de puente

y/o se puede reducir o subdividir el margen predefinido.

En particular, se pueden subdividir diferentes grados de gravedad de los daños y/o la pérdida de capacidad de carga se puede derivar aproximadamente de la superación de la flecha de referencia. En particular, la pérdida de capacidad de carga porcentual se puede derivar de la superación porcentual de la flecha de referencia mediante la multiplicación por un factor en el rango de 2 a 3,5, en particular 2,5 a 3, de manera especialmente preferente 2,6 a 2,7, en particular 2,65. Por pérdida de capacidad de carga se debe entender en particular la reducción de la rigidez y/o una mayor deformación con la misma carga.

10 Esto se ha demostrado mediante pruebas y mediciones en numerosos puentes.

Una subdivisión de los márgenes se puede realizar, por ejemplo, mediante la constatación de clases de daños, en las que se toman diferentes medidas en particular. Así, por ejemplo, en una primera clase de daños se puede mejorar y/o intensificar la supervisión, por ejemplo, se puede detectar la línea de flexión y/o se puede repetir la detección/medición a intervalos más cortos o de forma continua. En una segunda clase de daños se puede reducir luego, por ejemplo, la carga de tráfico. En particular, ha demostrado ser eficaz establecer una primera clase de daños con pérdidas de capacidad de carga hasta una reducción de capacidad de carga en el rango de 20 a 35% y una segunda con pérdidas de capacidad de carga por encima de la primera clase de daños. Para ello, se ofrece establecer la distinción entre la primera y la segunda clase de daños con un valor predeterminado en el rango de 15 a 30%, en particular en el rango de 20 a 30%.

Además, es apropiado establecer el límite inferior para la aceptación de la primera clase de daños con una superación de la flexión de referencia en un valor predeterminado por debajo, en particular al menos 10 puntos porcentuales por debajo, del valor predeterminado para la aceptación de la segunda clase de daños, y/o en el rango de 2 a 20%, en particular 5 a 20%. En particular, se supone un daño insignificante y/o nulo en caso de superaciones menores. Ventajosamente, la medición se realiza por medio de láser, en particular medición de distancia por láser, en particular sobre un objetivo con superficie de espejo oblicua, y/o por medio de galgas extensométricas.

30 Así, también se pueden lograr mediciones rápidas y precisas con dispositivos de medición móviles. La intervención en el flujo de tráfico se puede reducir a unos pocos minutos y una ligera influencia. En particular, un camión de carga, que representa la carga, se puede conducir sobre el puente o por encima del puente de modo que, en particular solo, carga el puente. Además, al pasar por encima se puede detectar la influencia de la carga en diferentes puntos. Para ello, es suficiente frenar un poco el tráfico a ambos lados del puente, de modo que se origina una pequeña ventana de tiempo en la que esencialmente no haya carga en el puente y antes y/o después el camión de carga representa la única carga o esencialmente la única carga.

De forma especialmente ventajosa se predetermina la flecha de referencia en el rango de 0,002125 mm +/- 20% por 1 m de longitud de estructura portante en el caso de 1 t de carga.

40 De este modo se puede hacer una declaración aún más precisa y nítida. Preferiblemente, la flecha de referencia se predetermina para tipos de segmentos de puente de viga individuales de la siguiente lista y/o grupos de la siguiente lista en cada caso, en particular de forma divergente entre sí:

- 45 - vigas de material macizo
- vigas como caja hueca
- vigas de celosía
- puentes de hormigón pretensado
- puente de placa maciza de hormigón pretensado
- 50 - puente de viga de placas de hormigón pretensado
- puente de viga de placas de hormigón pretensado con barras individuales pretensadas posteriormente
- puente de viga de placas de hormigón pretensado con barras individuales pretensadas de fábrica
- vigas de caja hueca de hormigón pretensado
- puentes mixto de acero y hormigón
- 55 - puente mixto de acero y hormigón con superestructura de caja hueca
- puente mixto de acero y hormigón de dos vanos
- puente mixto de acero y hormigón de varios vanos
- puentes de viga de acero
- puente de viga de placas de viga de acero con placa de calzada ortotrópica
- 60 - puente de caja hueca de acero con placa de calzada ortotrópica
- puente de viga de acero con placa de hormigón colocada
- puente de caja hueca de vigas de acero
- puente de viga de celosía de vigas de acero

65 De este modo se pueden tener en cuenta las diferencias sutiles de los tipos individuales y se puede mejorar aún más la detección.

Ventajosamente, cuando se detecta un daño estructural, una reducción de capacidad de carga predeterminada y/o la detección de una clase de daño, se desencadena una alarma y/o se provoca un bloqueo al menos parcial del segmento de puente de viga y/o una reducción del flujo de tráfico por encima del segmento de puente. De este modo se puede aumentar la seguridad, pero se puede evitar una obstrucción innecesaria del tráfico.

Preferentemente, la flecha se determina con una precisión de mejor de 1 mm, en particular mejor de 0,5 mm por 100 m de longitud de estructura portante. Esto aumenta la expresividad, precisión y fiabilidad del puente.

10 Con una ventaja especial, la carga se encuentra en el rango de 10 a 100 t, y/o se aplica en un rango de longitud de estructura portante de menos del 5% de la longitud de estructura portante y/o menor de 20 m, en particular menor de 15 m. Esta zona se encuentra en particular alrededor del centro de la longitud de estructura portante. Esto aumenta el valor informativo, ya que los segmentos de puente habituales reaccionan de forma especialmente sensible a las cargas aplicadas en el centro.

15 Otros aspectos y ventajas se explicarán a continuación de forma puramente esquemática y a modo de ejemplo con referencia a las figuras. A este respecto muestran:

Figura 1: representación de las desviaciones de segmentos de puente con diferentes alcances después de diferentes daños y

Figura 2: representación de los daños y valores de medición de un segmento de puente

La fig. 1 muestra las flechas de segmentos de puente de viga en estado intacto y después de cuatro daños de diferente intensidad. Dentro de un alcance, las columnas se asignan de izquierda a derecha a los daños DS#0 (ningún daño) a DS#4 (daño máximo). El tipo de daño de las clases de daños DS#0 a DS#4 se puede reconocer en la figura 2 debajo de los elementos tensores seccionados.

Para el daño, se han separado respectivamente los porcentajes especificados de las secciones transversales de los cables tensores. A continuación, se cargó en el centro con 40 t y se midió la flecha mostrada en la fig. 1.

La fig. 2 muestra para cada una de las clases de daños una sección transversal parcial a través de un segmento de puente de viga con 19 cables de acero idénticos. Algunos de ellos se seccionaron poco a poco, lo que se evidencia en cada caso por círculos huecos con cruces, a diferencia de los cables de acero intactos representados por círculos completos.

Entre las secciones transversales se enumeran el aumento de la flecha en comparación con DS#0 y las reducciones resultantes del seccionado de los cables de acero de la sección transversal de cables de acero efectiva acumulada en comparación con DS#0.

40 A este respecto, la flecha es la que se produce con la carga central de 40 t con respecto al estado no cargado.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la detección, en particular móvil, de un daño estructural de un segmento de puente de viga,
- 5 donde la longitud de estructura portante del segmento de puente de viga se conoce o determina y, donde se mide una flecha del segmento de puente de viga durante una carga sobre el segmento de puente de viga, el procedimiento **caracterizado porque**
- 10 un daño estructural se supone al menos luego como detectado cuando la flecha excede una flecha de referencia predeterminada en más de un margen predefinido, en particular un 25% de la flecha de referencia, y/o donde, al menos luego cuando no se supera la flecha de referencia, se supone que no está presente ningún daño estructural,
- 15 donde la flecha de referencia se encuentra en el rango de 0,001 y 0,005 mm por 1 m de longitud de estructura portante en el caso de 1 t de carga.
2. Procedimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la flecha de referencia se encuentra en el rango de 0,002125 mm +/- 20% por 1 m de longitud de estructura portante en el caso de 1 t de carga.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación anterior **caracterizado porque** la flecha de referencia está predeterminada para tipos de segmento de puente de viga individuales de la siguiente lista y/o grupos de tipos de segmento de puente de viga de la siguiente lista en cada caso, en particular de forma divergente entre sí:
- vigas de material macizo
 - 25 • vigas como caja hueca
 - vigas de celosía
 - puentes de hormigón pretensado
 - puente de placa maciza de hormigón pretensado
 - 30 • puente de viga de placas de hormigón pretensado
 - puente de viga de placas de hormigón pretensado con barras individuales pretensadas posteriormente
 - puente de viga de placas de hormigón pretensado con barras individuales pretensadas de fábrica
 - vigas de caja hueca de hormigón pretensado
 - puentes mixto de acero y hormigón
 - puente mixto de acero y hormigón con superestructura de caja hueca
 - 35 • puente mixto de acero y hormigón de dos vanos
 - puente mixto de acero y hormigón de varios vanos
 - puentes de vigas de acero
 - puente de viga de placas de viga de acero con placa de calzada ortotrópica
 - puente de caja hueca de acero con placa de calzada ortotrópica
 - 40 • puente de viga de acero con placa de hormigón colocada
 - puente de caja hueca de vigas de acero
 - puente de viga de celosía de vigas de acero
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde en caso de detección de
- 45 un daño estructural se desencadena una alarma y/o se induce un bloqueo al menos parcial del segmento de puente de viga y/o una reducción del flujo de tráfico a través del segmento de puente.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la flecha se determina con una precisión mejor que 1 mm, en particular mejor que 0,5 mm por 100 m de longitud de estructura portante.
- 50 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la carga se encuentra en el rango de 10 a 100 t, y en particular se aplica sobre una zona de la longitud de estructura portante de menos de 20 m.
- 55 7. Uso de una flecha de referencia predeterminada en el rango de 0,001 y 0,005 mm por 1 m de longitud de estructura portante en el caso de 1 t de carga, para la detección de daños estructurales en un segmento de puente de viga,
- 60 donde la longitud de estructura portante del segmento de puente de viga se conoce o determina y, donde se mide una flecha del segmento de puente de viga durante una carga sobre el segmento de puente de viga, y se compara con la flecha de referencia, donde, si se excede la flecha de referencia en más de un margen predefinido, en particular un 25% de la flecha de referencia, se detecta un daño estructural y/o donde, al menos luego cuando no se excede la flecha de referencia, se supone que no está presente ningún daño estructural.
- 65 8. Uso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde en caso de detección de un daño estructural se desencadena una alarma y/o se induce un bloqueo al menos parcial del segmento de puente de viga y/o una reducción del flujo de tráfico a través del segmento de puente de viga.

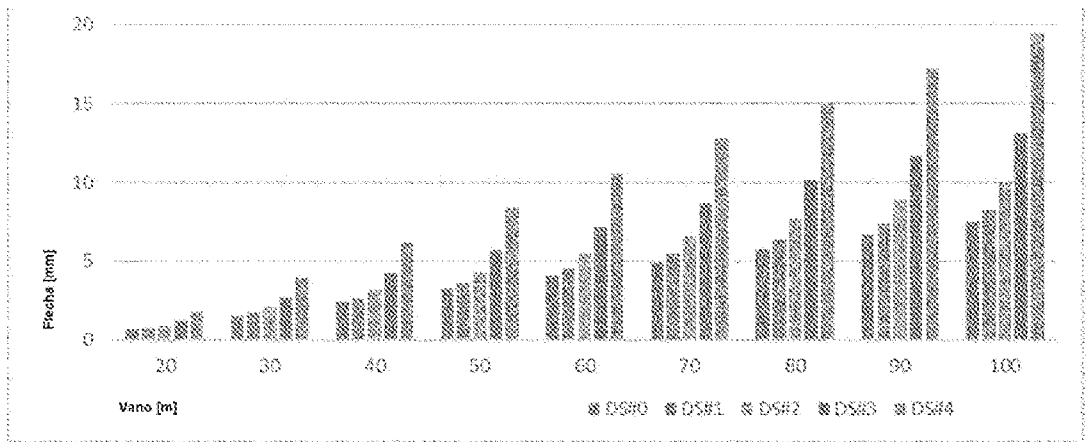
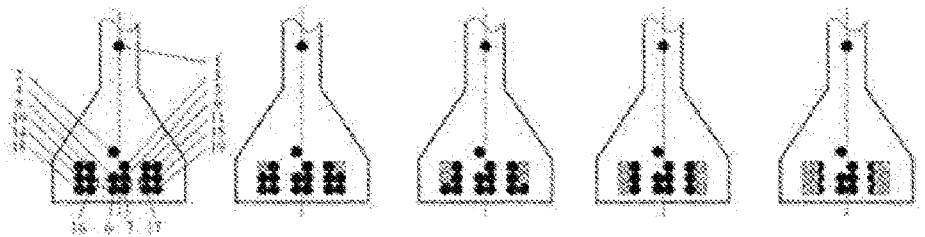


Fig. 1

Escenario de daño D



DS#0

DS#1

DS#2

DS#3

DS#4

Pérdida de sección transversal – Elemento tensor seccionado

0.0 %

10.5 %

21.1 %

31.6 %

47.4 %

Aumento de la flexión con la misma carga

0.0 %

1.7 %

15.3 %

17.9 %

30.6 %

Fig. 2