

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 741**

51 Int. Cl.:

B61F 5/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2014 PCT/JP2014/072450**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2015 WO15030061**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2014 E 14839442 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 3040251**

54 Título: **Método para reducir la presión lateral en un vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

28.08.2013 JP 2013177050

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

01.04.2019

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**MIZUNO, MASA AKI;
GOTO, OSAMU;
KIKKO, SATOSHI y
NAKAI, TAKUJI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 706 741 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

Método para reducir la presión lateral en un vehículo ferroviario

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un método para reducir una carga en una dirección lateral (una fuerza lateral) que actúa sobre una rueda de un vehículo ferroviario cuando se desplaza, con el objetivo de lograr una mayor seguridad.

TÉCNICA ANTECEDENTE

10 Cuando se desplaza en una sección curva, una fuerza lateral actúa sobre una rueda de un vehículo ferroviario (véase la figura 10 (c)). Es ventajoso reducir la fuerza lateral tanto como sea posible, puesto que cuanto más aumenta la fuerza lateral, mayor es el riesgo de descarrilamiento del vehículo ferroviario.

15 Existe una correlación positiva entre la fuerza lateral y la curvatura de una vía en una sección curva, y cuanto más pequeño sea el radio de curvatura en una sección curva, mayor será la fuerza lateral que se origina constantemente. Esta fuerza lateral que se origina constantemente (véase la figura 10 (a)) se denomina en lo que sigue como fuerza lateral estable.

20 Por otro lado, una fuerza lateral elevada se produce instantáneamente como resultado de irregularidades de la trayectoria, tales como una irregularidad de alineación (desigualdad en una dirección longitudinal sobre una superficie lateral del carril) (véase la figura 10 (b)). Una fuerza lateral que se produce instantáneamente como resultado de irregularidades de la vía, tales como una irregularidad en la alineación, se denomina en lo que sigue como fuerza lateral fluctuante.

25 Por lo tanto, para mejorar la seguridad mientras se desplaza a lo largo de secciones curvas, es necesario no solo reducir la fuerza lateral estable, sino también reducir el rango de fluctuación de la fuerza lateral fluctuante. Se debe hacer notar que la fuerza lateral fluctuante se produce no solo en las secciones curvas, sino también en secciones rectas.

30 Los métodos para reducir la fuerza lateral se describen en las Referencias de Patentes 1 y 2, en las que se instala un actuador entre la carrocería de un vehículo y un bogie o boje, y el actuador es operado en respuesta a un radio de curvatura mientras se desplaza a lo largo de una sección curva.

35 De acuerdo con el método que se describe en la Referencia de Patente 1, se genera un empuje capaz de impartir una fuerza de rotación en el actuador de acuerdo con el radio de curvatura. De acuerdo con el método que se describe en la Referencia de Patente 2, se genera un empuje en el actuador con el fin de reducir una fuerza lateral que se mide directamente.

40 Sin embargo, en los métodos que se describen en las Referencias de Patente 1 y 2, el propósito de usar la fuerza lateral como un valor de entrada es detectar la entrada en una sección curva y compensar los cambios en el coeficiente de rozamiento, y no presta consideración a la reducción de la fuerza lateral fluctuante que se origina como resultado de irregularidades de la trayectoria tales como irregularidades de la alineación.

45 En la Referencia de Patente 3, se describe un método para estimar la fuerza lateral ejercida sobre ocho ruedas instaladas en un solo vehículo y controlar el empuje generado por un actuador, cargando de antemano los datos de las vías, tales como las irregularidades de las vías, y proporcionando un dispositivo de almacenamiento de datos del estado del vehículo.

50 Sin embargo, la Referencia de Patente 3 no describe un método específico para estimar la fuerza lateral a partir de datos de la vía tales como las irregularidades de la vía, ni describe en detalle un método para determinar el empuje generado por el actuador.

55 Además, el método que se describe en la Referencia de Patente 3 requiere el almacenamiento de los datos de la vía por adelantado, puesto que el control anticipado para estimar la fuerza lateral se basa en los datos de la vía almacenados en el vehículo y en los datos de posición de desplazamiento del vehículo. Sin embargo, se puede producir un control erróneo en los casos en los que se producen errores en la medición de los datos de posición del desplazamiento (grado de distancia), o en los casos en los que se almacenan datos de la vía inadecuados, como resultado del funcionamiento al ralentí o el deslizamiento cuando el vehículo está frenando.

60 La Referencia de Patente 4 describe un bogie ferroviario con una carrocería de vehículo montada que incluye un bastidor; una pluralidad de juegos de ruedas y enlaces de dirección que conectan los juegos de ruedas de manera que los juegos de ruedas puedan cooperar para estar en alineación de dirección. El bogie tiene un enlace de la carrocería del juego de ruedas que conecta de manera pivotante los enlaces de dirección con la carrocería del bogie para posicionar la carrocería con respecto a los juegos de ruedas y dos empujadores de alineación para colocar la carrocería con relación al bastidor. El bogie también tiene sensores para controlar el ángulo de guiñada y la velocidad de guiñada. A continuación se procesa la entrada del sensor para estimar la curvatura de la vía y

determinar la velocidad del tren y la velocidad de guiñada de la carrocería del vehículo. A continuación, el procesador acciona los empujadores de alineación para ajustar la posición de la carrocería en relación con el bastidor en respuesta a la curvatura de la vía y a las posiciones actuales del bastidor para minimizar la línea de fuga del contacto de la rueda y maximizar la estabilidad del bogie.

5 Sin embargo, la Referencia de Patente 4 no describe la reducción de la fuerza lateral fluctuante que se origina por las irregularidades de la vía durante el desplazamiento, en base a las magnitudes de estados medidas por sensores instalados en un vehículo ferroviario.

10 La Referencia de Patente 5 describe el problema de reducir el retardo en la generación de la fuerza operativa cuando se controla la dirección y reducir una desviación constante. La solución a este problema es un método para controlar un actuador de dirección 4 para que sea operado por un comando eléctrico y esté provisto entre una carrocería de vehículo 2 y un bastidor de bogie 1 de cada uno de los dos bogies dispuestos en una parte delantera y en una parte trasera de la carrocería del vehículo 2 de manera que esté estructurado para trabajar libremente en la dirección de rotación para rotar entre la carrocería del vehículo y los bogies en la dirección de curvatura de una curva cuando pasa a lo largo de una sección curva. Como un voltaje de mando para el actuador 4, se utiliza un valor obtenido al agregar la cantidad de compensación de resistencia de rozamiento, que se obtiene al multiplicar una dirección (código) de cualquiera de la velocidad de curvatura, velocidad angular del bogie y velocidad del actuador, por la fuerza de rozamiento F_c del propio actuador 4, que se ha medido previamente. Como resultado, se puede reducir la presión lateral del lado del carril exterior que se aplicará a un eje de rueda delantera al pasar a lo largo de una sección curva, y se puede realizar un actuador fiable a bajo costo.

25 Sin embargo, la Referencia de Patente 5 no describe la reducción de la fuerza lateral fluctuante que es originada por las irregularidades de la vía durante el desplazamiento, sobre la base de las magnitudes de estados medidas por sensores instalados en un vehículo ferroviario.

30 La Referencia de Patente 6 se refiere a un vehículo que tiene ejes conducibles. Un vehículo guiado por una vía comprende al menos un par de ejes de ruedas independientes, y al menos dos miembros (14, 15) para medir la posición transversal del vehículo con respecto a la vía, y se caracteriza porque incluye al menos un elemento de medición (20) para medir el ángulo de los ejes en relación con las referencias relacionadas con porciones del vehículo, y al menos dos miembros actuadores (21) para corregir los citados ángulos apoyándose contra los citados ejes, y un circuito de servo control que recibe las señales de los citados miembros de medición y generan señales de control para los citados miembros actuadores.

35 Sin embargo, la Referencia de Patente 6 no describe la reducción de la fuerza lateral fluctuante que se origina de las irregularidades de la vía durante el desplazamiento, sobre la base de las magnitudes de estados medidas por sensores instalados en un vehículo ferroviario.

40 REFERENCIAS DE LA TÉCNICA ANTERIOR

REFERENCIAS DE PATENTES

Referencia de Patente 1: Publicación de Solicitud de Patente Japonesa Kokai número 2002 - 087262

Referencia de Patente 2: Publicación de Solicitud de Patente Japonesa Kokai número 2004 - 161115

Referencia de Patente 3: Publicación de Solicitud de Patente Japonesa Kokai número 2012 - 166733

45 Referencia de Patente 4: WO 2008/101287

Referencia de Patente 5: Publicación de la Solicitud de Patente Japonesa Kokai número 2007 - 186126

Referencia de Patente 6: Patente U.S. número 4.982.671

50 SUMARIO DE LA INVENCION

PROBLEMAS A RESOLVER POR LA INVENCION

Los problemas que la presente invención pretende resolver son que en los métodos que se describen en las Referencias de Patente 1 y 2, el propósito de usar la fuerza lateral como valor de entrada es detectar la entrada en una sección curva y compensar los cambios en el coeficiente de rozamiento, y no se tiene en cuenta la reducción de la fuerza lateral fluctuante que se origina como resultado de irregularidades en la vía. Otro problema que la presente invención pretende resolver es que la Referencia de Patente 3 no describe un método específico para estimar la fuerza lateral a partir de datos de la vía, tales como irregularidades de la vía, ni describe en detalle un método para determinar el empuje generado por el actuador.

60 MEDIOS PARA RESOLVER ESTOS PROBLEMAS

El objeto de la presente invención es reducir de manera ventajosa la fuerza lateral fluctuante que se origina por las irregularidades de la vía durante el desplazamiento, en base a los valores estimados a partir de las magnitudes de estados medidas por sensores instalados en un vehículo ferroviario, sin hacer referencia a los datos de la vía almacenados previamente en un dispositivo de almacenamiento o similar.

65

En primer lugar, se describe el proceso emprendido por los inventores desde la concepción de la invención hasta la solución de los problemas que se han descrito más arriba. Los inventores concibieron la reducción de una fuerza lateral que se origina durante el desplazamiento, por medio de la instalación de sensores en un vehículo ferroviario y usando los valores de salida de estos sensores para controlar el empuje de un actuador de acuerdo con las magnitudes de estados que tienen una correlación con las irregularidades calculadas en la vía.

De acuerdo con la presente invención, que está definida por las características técnicas y los pasos establecidos en la reivindicación 1 del método independiente, un actuador que puede controlar un empuje al introducir señales desde el exterior está instalado entre la carrocería del vehículo y el bogie de un vehículo ferroviario.. Además, los sensores para medir las magnitudes de estados que tienen una correlación con las irregularidades de la vía están instalados en al menos la carrocería del vehículo, el bogie o el juego de ruedas.

Las magnitudes de estados medidas por los sensores se convierten en parámetros (u_{st1} , u_{st2} ,...) que tienen una fuerte correlación con la curvatura de la vía, y el empuje del actuador que se usa para controlar la fuerza lateral estable se determina a partir de estos parámetros. Si u_{st1} , u_{st2} ... son parámetros para la entrada de control de fuerza lateral estable, $F1$ es la salida al actuador para el control de fuerza lateral estable, y $G1$ es una función de transferencia de la fuerza lateral estable, entonces $F1 = G1(u_{st1}, u_{st2}...)$. Por supuesto, la salida $F1$ al actuador para el control de la fuerza lateral estable no se genera mientras se desliza a lo largo de una sección recta.

Por otro lado, las magnitudes de estados medidas por los sensores se convierten a parámetros (u_{fl1} , u_{fl2} ,...) que tienen una fuerte correlación con las irregularidades de la vía, y se determina el empuje del actuador que se utiliza para reducir la fuerza lateral fluctuante a partir de estos parámetros. Si u_{fl1} , u_{fl2} ... son parámetros para la entrada de control de la fuerza lateral fluctuante, $F2$ es la salida al actuador para el control de fuerza lateral fluctuante, y $G2$ es una función de transferencia de la fuerza lateral fluctuante, entonces $F2 = G2(u_{fl1}, u_{fl2}...)$.

Por lo tanto, la F total de la salida al actuador para el control de la fuerza lateral cuando un vehículo ferroviario se está desplazando se puede expresar por $F = F1 + F2 = G1(u_{st1}, u_{st2}...) + G2(u_{fl1}, u_{fl2}...)$ (véase figura 1).

La fuerza lateral ejercida sobre las ruedas durante el desplazamiento se ve afectada por una fuerza perpendicular hacia abajo que actúa sobre las ruedas y por el coeficiente de rozamiento entre las ruedas y el carril. Por lo tanto, es ventajoso obtener estos valores y sumarlos a las magnitudes de estados para la entrada de control al actuador.

Por consiguiente, se obtiene la fuerza lateral que se produce mientras el vehículo ferroviario se desliza, y se separa en la fuerza lateral estable y la fuerza lateral fluctuante, se miden las magnitudes de estados que tienen una fuerte correlación con cada tipo de fuerza lateral y el empuje del actuador se controla de acuerdo con estas magnitudes de estados. Esto hace posible reducir ventajosamente la fluctuación de la fuerza lateral que se cree que es producida por las irregularidades de la vía, sin utilizar los datos correspondientes a las irregularidades durante el desplazamiento, y sin utilizar los datos relativos a los datos de posición del desplazamiento del vehículo ferroviario.

La curvatura de la vía en una sección curva generalmente es aproximadamente constante, incluso si está ligeramente afectada por las irregularidades de la vía en el desplazamiento en una sección curva particular. Por lo tanto, el valor de la fuerza lateral estable es constante en el desplazamiento en una sección curva particular.

Por lo tanto, en el caso de los parámetros u_{st1} , u_{st2} ... para el control de entrada de fuerza lateral constante, se seleccionan magnitudes de estados que son aproximadamente constantes en el desplazamiento en una sección curva particular, y la salida $F1$ al actuador para el control de fuerza lateral estable es también un valor que es aproximadamente constante.

Por otro lado, puesto que el valor de las irregularidades de la vía cambia debido a la posición del desplazamiento del vehículo ferroviario cuando se desliza en una sección curva particular, el valor de la fuerza lateral fluctuante cambia en respuesta al valor de las irregularidades de la vía, y la salida $F2$ al actuador para el control de la fuerza lateral fluctuante también cambia en respuesta a los cambios en el valor de las irregularidades de la vía.

Por consiguiente, en los casos en que solo la salida $F1$ al actuador para un control de fuerza lateral estable, que es aproximadamente constante en el desplazamiento en secciones curvas, se genera como un empuje del actuador, entonces la cantidad de disminución en la fuerza lateral es aproximadamente constante, y casi no hay cambio en la magnitud del rango de fluctuación en la fuerza lateral fluctuante.

Por otro lado, en los casos en que solo la salida $F2$ al actuador para el control de la fuerza lateral fluctuante se genera como el empuje del actuador, entonces el rango de fluctuación de la fuerza lateral fluctuante se hace pequeño. En otras palabras, la fuerza lateral disminuye en los sitios en los que la fuerza lateral es más alta que el valor promedio de la fuerza lateral en el desplazamiento en una única sección curva, por lo que el rango de fluctuación de la fuerza lateral se reduce al aumentar la fuerza lateral en los sitios en los que la fuerza lateral es baja. Sin embargo, el valor promedio de la fuerza lateral casi no cambia.

Por lo tanto, si la salida F1 al actuador para el control de la fuerza lateral constante y la salida F2 para el control de la fuerza lateral fluctuante son ambas generadas como el empuje del actuador, entonces se genera constantemente un empuje de salida F1 y la salida F2 cambia. en respuesta a los parámetros u_{fl1} , u_{fl2} ... para la entrada de control de fuerza lateral fluctuante.

5 En general, si una sección curvada tiene una curvatura de vía relativamente alta (radio de curvatura pequeño), entonces la fuerza lateral estable es alta, y la fuerza lateral fluctuante es menor que la fuerza lateral estable. Por otro lado, se sabe que si una sección curva tiene una curvatura de vía relativamente baja (radio de curvatura grande), entonces la fuerza lateral estable es baja, pero la fuerza lateral fluctuante es más alta que la fuerza lateral estable.
10 En consecuencia, puesto que hay un límite para el empuje máximo del actuador, es necesario ajustar la relación de la salida F1 al actuador para un control de la fuerza lateral constante y la salida F2 al actuador para el control de la fuerza lateral fluctuante, para que no sea saturado por el empuje máximo.

15 Si la función de transferencia de la fuerza lateral estable G1 y la función de transferencia de la fuerza lateral fluctuante se establecen de modo que la salida F1 sea mayor en relación con la salida F2, siempre se puede esperar un efecto de reducción de la fuerza lateral constante. Por otro lado, puesto que la cantidad de reducción en la fuerza lateral fluctuante disminuye, no hay cambio en el rango de fluctuación en la fuerza lateral.

20 Si el empuje del actuador resultante de la salida F1 es excesivo, entonces el bogie rota demasiado hacia el lado interior de la sección curva. Por lo tanto, un juego de ruedas delantero que tiene un contacto de reborde entre una rueda en un lado exterior de la vía y un carril típicamente realiza un contacto de reborde en un lado interno de la vía y un carril, por lo que existe la posibilidad de descarrilamiento en el lado interno de la vía.

25 Por otro lado, si la función de transferencia G1 y la función de transferencia G2 se configuran de modo que la salida F2 sea mayor en relación con la salida F1, entonces se reduce la fuerza lateral fluctuante. En otras palabras, se reduce el rango de fluctuación de la fuerza lateral. Sin embargo, se mantiene una fuerza lateral constante elevada, porque la cantidad de reducción en la fuerza lateral estable es pequeña.

30 Por lo tanto, en el caso de secciones curvas con una curvatura de la vía relativamente alta (el radio de curvatura es relativamente pequeño), es ventajoso configurar la función de transferencia G1 y la función de transferencia G2 para que la salida F1 sea mayor que la salida F2, enfatizando de esta manera una reducción en la fuerza lateral estable.

35 Por otro lado, en el caso de secciones curvas con una curvatura de la vía relativamente baja (el radio de curvatura es relativamente grande), es ventajoso configurar la función de transferencia G1 y la función de transferencia G2 de modo que la salida F2 sea mayor que la salida F1, enfatizando de esta manera una reducción en la fuerza lateral fluctuante.

40 Un factor que determina la velocidad de desplazamiento máxima en una sección curva es el valor de la fuerza lateral máxima que se genera al desplazarse a lo largo de una curva. Por lo tanto, es necesario disminuir la fuerza lateral máxima para aumentar la velocidad de desplazamiento máxima en una sección curva.

45 Cuando se reduce la fuerza lateral máxima en la mayor medida posible, por ejemplo, en los casos en los que se enfatiza la reducción del rozamiento entre las ruedas y los carriles, se considera efectivo reducir el valor promedio de la fuerza lateral generada mientras se desplaza en una única sección curva. Por lo tanto, es ventajoso controlar el sistema para reducir la fuerza lateral promedio mientras se desplaza en una sección curva tanto como sea posible, en otras palabras, para aumentar el valor de la salida F1.

50 Sin embargo, hay un límite para el empuje máximo del actuador, y es deseable reducir el empuje generado por el actuador, debido a factores distintos al empuje máximo.

55 Visto desde el punto de vista general de la conservación de energía, cuando un vehículo ferroviario se desplaza a lo largo de una sección curva particular, por ejemplo, es deseable que el valor promedio por unidad de tiempo del empuje generado por el actuador sea pequeño. Además, puesto que el propio actuador tiene partes deslizantes, el tiempo de operación debe ser corto desde el punto de vista de aumentar su vida útil. Esto significa reducir el valor promedio por unidad de tiempo del empuje generado por el actuador.

60 En particular, en los casos en los que se emplea un actuador neumático que utiliza aire comprimido como fuente de energía, se obtiene un suministro de aire comprimido desde un compresor instalado en el vehículo ferroviario. En este caso, el compresor instalado en el vehículo ferroviario a menudo es seleccionado de unidades que son lo más compactas posible, desde el punto de vista de reducir el peso del vehículo ferroviario y ahorrar espacio de instalación para los equipos bajo suelo. Por lo tanto, es deseable reducir el consumo de aire comprimido y también reducir el valor promedio por unidad de hora de empuje generado por el actuador, porque hay muchos casos en los que hay condiciones limitantes estrictas en la capacidad del compresor.

65 Por otro lado, si se emplea un actuador eléctrico, la refrigeración se convierte en un desafío en muchos casos, porque el calor se emite debido al flujo de corriente cuando el actuador funciona. Con respecto a la refrigeración, la

capacidad de emisión de calor del propio actuador es importante, pero también se ve muy afectada por el entorno en el que se utiliza. Por lo tanto, también desde este punto de vista, es deseable que el valor promedio por unidad de tiempo del empuje generado por el actuador sea pequeño.

5 En otras palabras, desde el punto de vista de aumentar la velocidad de desplazamiento máxima en una sección curva, es importante reducir la fuerza lateral máxima, pero, por otro lado, hay un límite en la capacidad del actuador. En particular, si se establecen límites superiores para el valor máximo de empuje generado por el actuador y el empuje generado por unidad de tiempo, no se puede considerar deseable continuar operando el actuador con un empuje constante que siempre esté cerca del límite. Por lo tanto, es deseable que la salida F1 tenga un valor inferior al límite de capacidad del actuador, para que quede una cantidad restante de empuje sobre el actuador, generando así una cantidad adecuada de empuje que está cerca del límite del actuador. en un punto en el que se genera una fuerza lateral fluctuante elevada.

15 La razón para instalar un actuador es impartir un momento a un juego de ruedas por medio de un bogie.

En el caso de un bogie reforzado de tipo de montaje directo, se instala un soporte lateral entre un soporte y un bastidor de bogie, que son componentes estructurales del bogie, y este rota entre el soporte y el bastidor del bogie. Por lo tanto, si el actuador está instalado en el lado de la carrocería del vehículo, se instala en la carrocería del vehículo o en una traviesa oscilante. Si el actuador está instalado en el lado del bogie, se instala en el bastidor del bogie.

25 En el caso de un bogie sobre traviesa de tipo de montaje indirecto, el soporte lateral se instala entre la carrocería del vehículo y la traviesa oscilante, y rota entre ellas. Por lo tanto, si el actuador está instalado en el lado de la carrocería del vehículo, se instala en la carrocería del vehículo. Si el actuador está instalado en el lado del bogie, se instala en la traviesa oscilante o en el bastidor del bogie.

30 Los factores que afectan significativamente la fuerza lateral que se produce en el eje delantero de un bogie ferroviario son: la fuerza perpendicular hacia abajo que actúa sobre las ruedas, el coeficiente de rozamiento entre las ruedas y el carril, la relación de deslizamiento lateral y la relación de deslizamiento longitudinal que actúan sobre los juegos de ruedas, y la fuerza componente y la fuerza centrífuga combinadas inducidas por el peralte.

35 Entre estos, la fuerza perpendicular hacia abajo que actúa sobre las ruedas fluctúa en gran manera, dependiendo de la tasa de ocupación de los pasajeros del vehículo. Este valor puede estimarse a partir de un valor de soporte de carga obtenido utilizando un resorte secundario instalado entre la carrocería del vehículo y el bogie o un resorte primario instalado entre el bogie y el juego de ruedas.

40 En el caso de un vehículo ferroviario que utiliza un resorte neumático como resorte secundario, la carga soportada por el resorte secundario se puede convertir a partir de la fuerza interna del resorte neumático. Si la carga es soportada por el resorte primario, y si se usan principalmente resortes metálicos, entonces la carga se puede convertir al medir el desplazamiento entre el juego de ruedas y el bastidor del bogie.

45 El coeficiente de rozamiento entre las ruedas y el carril se puede estimar a partir de la relación de la carga longitudinal ejercida sobre los miembros de acoplamiento, tales como enlaces que conectan los bogies y juegos de ruedas en la dirección longitudinal y la fuerza perpendicular hacia abajo.

La relación de deslizamiento longitudinal se puede obtener utilizando la FÓRMULA 1 que sigue, y la relación de deslizamiento lateral se puede obtener a partir de la FÓRMULA 2 que sigue.

[FORMULA 1]

$$v_{xl} = \frac{\gamma}{r_0} y + \frac{\psi}{V} b$$

$$v_{xr} = - \left(\frac{\gamma}{r_0} y + \frac{\psi}{V} b \right)$$

50 en la que:

- 55 v_{xl} : Relación de deslizamiento longitudinal de una rueda izquierda
- v_{xr} : Relación de deslizamiento longitudinal de una rueda derecha.
- γ : Gradiente de balanceo efectivo
- r_0 : Radio de la rueda
- y : Desplazamiento lateral de la rueda.

ψ : Velocidad angular de guiñada del juego de ruedas
 V: Velocidad de desplazamiento del vehículo.
 b: Distancia entre los puntos de contacto de las ruedas izquierda y derecha y el carril /2

[FORMULA 2]

$$v_{yl} = -\dot{\psi} + \frac{\dot{y}}{v} + \frac{r_0}{v} \ddot{\psi}$$

$$v_{yr} = -\dot{\psi} + \frac{\dot{y}}{v} + \frac{r_0}{v} \ddot{\psi}$$

5 en la que

10 v_{yl} : Relación de deslizamiento lateral de una rueda izquierda
 v_{yr} : Relación de deslizamiento lateral de una rueda derecha
 ψ : Ángulo de guiñada del juego de ruedas
 \dot{y} : Velocidad lateral del juego de ruedas

15 En las relaciones de deslizamiento longitudinal y lateral que se muestran en la FÓRMULA 1 y en la FÓRMULA 2, las magnitudes de estados que se pueden medir mientras un vehículo se está desplazando son: desplazamiento lateral del juego de ruedas, velocidad lateral del juego de ruedas, ángulo de guiñada del juego de ruedas, velocidad angular de guiñada del juego de ruedas, y velocidad de desplazamiento del vehículo. Entre estos, la velocidad lateral del juego de ruedas se puede calcular a partir de la aceleración lateral del juego de ruedas.

20 Si la constante elástica entre el juego de ruedas y el bastidor del bogie es suficientemente alta, y si se considera que hay una conexión casi rígida entre el juego de ruedas y el bastidor del bogie, entonces el desplazamiento lateral del juego de ruedas, la velocidad lateral del juego de ruedas, la aceleración lateral del juego de ruedas, el ángulo de guiñada del juego de ruedas y la velocidad angular de guiñada del juego de ruedas se pueden sustituir respectivamente por las magnitudes de estados correspondientes en el lado del bogie.

25 Las fuerzas combinadas resultantes de la fuerza componente debida al peralte y la fuerza centrífuga generada al desplazarse a lo largo de una sección curva se pueden convertir a partir del ángulo de balanceo del vehículo y el diferencial de tiempo del mismo, o desde la altura del resorte neumático que es un resorte secundario.

30 En base a lo anterior, se proporcionan lo que sigue como magnitudes de estados que se utilizarán al convertir los parámetros para la entrada de control de fuerza lateral constante u_{st1} , u_{st2} ... y los parámetros para la entrada de control de fuerza lateral fluctuante u_{fl1} , u_{fl2} ...

- Presión interna de un resorte neumático utilizado como un resorte secundario
- Desplazamiento vertical de un resorte helicoidal utilizado como resorte primario
- 35 • Carga longitudinal ejercida sobre un miembro de acoplamiento tal como un enlace que conecta un juego de ruedas y un bastidor de bogie en una dirección longitudinal
- Ángulo de guiñada, velocidad angular de guiñada, aceleración angular de guiñada que produce en el juego de ruedas, bogie y carrocería del vehículo respectivamente, o desplazamiento lateral, velocidad lateral y aceleración lateral
- 40 • Velocidad de desplazamiento del vehículo.
- Ángulo de balanceo y velocidad angular de balanceo
- Altura de un resorte neumático utilizado como un resorte secundario

45 Aquí, el desplazamiento lateral, la velocidad, la aceleración, el ángulo de guiñada y la velocidad angular de guiñada de la carrocería del vehículo se comparan con las magnitudes de estados que se generan de manera similar en el bogie y en el juego de ruedas, y el peso y el momento de inercia son grandes; y las propiedades de aislamiento de la vibración entre el bogie y la carrocería del vehículo son altas debido a un amortiguador lateral, un amortiguador de guiñada, y otros similares. Por lo tanto, la cantidad de fluctuación en el desplazamiento lateral, la velocidad, la aceleración, el ángulo de guiñada y la velocidad angular de guiñada que se producen en la carrocería del vehículo como resultado de las irregularidades de la vía se hacen más pequeñas que la cantidad de fluctuación que se produce de manera similar en el bogie y en el juego de ruedas. Por lo tanto, se considera efectivo usar magnitudes de estados en el lado de la carrocería del vehículo para estimar la fuerza lateral estable.

55 Además, es posible estimar la fuerza lateral fluctuante utilizando una diferencia entre las magnitudes de estados en el lado del bogie y en el lado de la carrocería del vehículo, ya que el componente estable de la fuerza lateral se puede excluir adecuadamente.

El método de acuerdo con la presente invención fue ideado por los inventores a través de un proceso desde la concepción hasta la solución de los problemas que se han descrito más arriba, y las características más destacadas de la constitución de la invención se describen en lo que sigue.

5 1) Instalación de un actuador en un vehículo ferroviario.
Si el vehículo ferroviario está montado con un bogie sin travesía, entonces el actuador se instala entre la carrocería del vehículo y el bastidor del bogie. Si el vehículo ferroviario está montado con un bogie con travesía de tipo de montaje directo, entonces el actuador se instala entre la carrocería del vehículo y el
10 bastidor del bogie o entre la travesía y el bastidor del bogie. Si el vehículo ferroviario está montado con un bogie con travesía de tipo de montaje indirecto, entonces el actuador se instala entre la carrocería del vehículo y la travesía.

15 2) Instalación de sensores en un vehículo ferroviario para medir las magnitudes de estados durante el desplazamiento, en al menos uno de los siguientes: La carrocería del vehículo, el bogie y el juego de ruedas. Las magnitudes de estados medidas durante el desplazamiento incluyen cualquiera de los que factores siguen, que son factores que afectan significativamente la fuerza lateral.

- Presión interna de un resorte neumático utilizado como resorte secundario
- Desplazamiento vertical de un resorte helicoidal utilizado como resorte primario
- Carga longitudinal ejercida sobre un miembro de acoplamiento tal como un enlace que conecta un juego de ruedas y un bastidor de bogie en una dirección longitudinal
- Ángulos de guiñada de un juego de ruedas, un bogie y una carrocería de vehículo, respectivamente
- Velocidad angular de guiñada
- Aceleración angular de guiñada
- Desplazamiento lateral
- Velocidad lateral
- Aceleración lateral
- Velocidad de desplazamiento del vehículo.
- Ángulo de balanceo
- Velocidad angular de balanceo
- Altura de un muelle neumático

35 3) La conversión en tiempo real de los parámetros de control de entrada de fuerza lateral que tienen una fuerte correlación con la fuerza lateral estable de las magnitudes de estados medidas más arriba, y el cálculo de los comandos de salida al actuador en base a las funciones de transferencia para la fuerza lateral estable que se establecen de antemano.

40 4) La conversión en tiempo real de los parámetros de control de entrada de fuerza lateral fluctuante que tienen una fuerte correlación con la fuerza lateral fluctuante debido a irregularidades en la vía de las magnitudes de estado que se han medido más arriba, y el cálculo de los comandos de salida al actuador en base a las funciones de transferencia preestablecidas para la fuerza lateral fluctuante.

45 5) La combinación de los valores de comando de salida calculados en 3) y 4), y el comando resultante se envían al actuador que está instalado entre la carrocería del vehículo y el bogie.

En la descripción anterior, se genera un empuje en el actuador instalado entre el bogie y la carrocería del vehículo, en base a los valores estimados por las magnitudes de estados medidos por los sensores instalados en el vehículo ferroviario. Por lo tanto, es posible controlar de manera efectiva la fuerza lateral generada mientras el vehículo ferroviario está en movimiento, sin hacer referencia a los datos de la vía almacenados previamente en un dispositivo de almacenamiento o similar.

EFECTOS VENTAJOSOS DE LA INVENCION

De acuerdo con la presente invención, es posible reducir con efectividad la fuerza lateral máxima generada durante el desplazamiento, ya que la fuerza lateral constante y la fuerza lateral fluctuante generadas mientras un vehículo ferroviario está en movimiento se pueden controlar de manera efectiva, permitiendo así mejorar la seguridad de desplazamiento de los vehículos ferroviarios. Por lo tanto, es posible aumentar la velocidad de desplazamiento potencial en una sección curva.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un dibujo que ilustra una imagen de control del método para reducir la fuerza lateral en un vehículo ferroviario de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 es un dibujo que ilustra un ejemplo de un diagrama en línea del bloque de control del método para reducir la fuerza lateral en un vehículo ferroviario de acuerdo con la presente invención.

La figura 3 muestra gráficos que ilustran los resultados en una simulación del movimiento del tren de una fuerza lateral en un lado exterior de la vía para un eje delantero cuando un vehículo ferroviario se desplaza en una sección curva, en la que la figura 3 (a) ilustra la Condición 1, y la figura 3 (b) ilustra la Condición 2.

La figura 4 muestra gráficos que ilustran los resultados en una simulación del movimiento del tren de una fuerza lateral sobre un lado exterior de la vía para un eje delantero cuando un vehículo ferroviario se desplaza en una sección curva, en la que la figura 4 (a) ilustra la Condición 3, la figura 4 (b) ilustra la Condición 4, y la figura 4 (c) ilustra la Condición 5.

La figura 5 muestra gráficos que ilustran los resultados en una simulación del movimiento del tren de un par de torsión añadido generado por un actuador cuando un vehículo ferroviario se desplaza en una sección curva, en la que la figura 5 (a) ilustra la Condición 1 y la figura 5 (b) ilustra la Condición 2.

La figura 6 muestra gráficos que ilustran los resultados en una simulación del movimiento de un tren de un par de torsión añadido generado por un actuador cuando un vehículo ferroviario se desplaza en una sección curva, en la que la figura 6 (a) ilustra la Condición 3, la figura 6 (b) ilustra la Condición 4, y la figura 6 (c) ilustra la Condición 5.

La figura 7 es un gráfico que muestra los valores máximos para el par de torsión añadido generado por el actuador en la Condición 3 - Condición 5.

La figura 8 es un gráfico que muestra los valores promedio y máximo de la fuerza lateral en la Condición 1 - Condición 5, generada mientras un vehículo ferroviario se desplaza en una sección curva circular.

La figura 9 es un gráfico que muestra el par de torsión adicional por unidad de tiempo en la Condición 3 - Condición 5, generado mientras un vehículo ferroviario se desplaza en una sección curva circular.

La figura 10 muestra gráficos que ilustran los cambios en la fuerza lateral generada mientras se desplaza en una sección curva, en la que la figura 10 (a) ilustra la fuerza lateral estable, la figura 10 (b) ilustra la fuerza lateral fluctuante, y la figura 10 (c) es un diagrama de onda de la fuerza lateral real calculada sumando la fuerza lateral fluctuante a la fuerza lateral estable.

REALIZACIÓN DE LA INVENCION.

El objeto de la presente invención, que es reducir la fuerza lateral generada durante el desplazamiento, se logra estimando la fuerza lateral estable y la fuerza lateral fluctuante en base a las magnitudes de estados medidas por sensores instalados en un vehículo ferroviario, y generando un empuje en un actuador instalado entre la carrocería del vehículo y el bogie, de acuerdo con los valores estimados.

EJEMPLO

A continuación se proporciona una descripción de resultados que confirman los efectos ventajosos del método de reducción de la fuerza lateral en un vehículo ferroviario de acuerdo con la presente invención, mediante el uso de simulaciones de movimientos de trenes.

El modelo de vehículo ferroviario utilizado en la simulación de movimiento de trenes fue un vehículo bogie de dos ejes típico, y las condiciones de la vía incluían una sección curva con un radio de curvatura de 600 m. Las irregularidades de vía correspondientes a una vía típica existente se produjeron al azar, y las irregularidades de vía fueron variadas dependiendo de las condiciones de prueba.

El actuador se montó entre la carrocería del vehículo y el bogie. En estas simulaciones, el empuje del actuador se reemplazó con un par de torsión añadido entre la carrocería del vehículo y el bogie. Además, las magnitudes de estados utilizadas para estimar la fuerza lateral estable y la fuerza lateral fluctuante fueron la velocidad angular de guiñada de la carrocería del vehículo, la velocidad angular de guiñada del bogie delantero y del bogie trasero y la velocidad del vehículo. Estas magnitudes de estados se multiplicaron por las funciones de transferencia de la fuerza lateral estable y la fuerza lateral fluctuante aplicables para determinar el par de torsión añadido que se aplicaría entre la carrocería del vehículo y el bogie, y a continuación se aplicaron entre la carrocería del vehículo y el bogie. La figura 2 es un dibujo de línea de bloque para determinar este par de torsión añadido.

Las cinco condiciones para las simulaciones de movimientos de trenes se dan a continuación.

(Condición 1)

Irregularidades de vías: Ninguna

Función de transferencia multiplicada por magnitudes de estados para estimar la fuerza lateral estable: $G1 = 0$

Función de transferencia multiplicada por magnitudes de estados para estimar la fuerza lateral fluctuante: $G2 = 0$

(Condición 2)

Irregularidades de vía: presentes

Función de transferencia multiplicada por magnitudes de estados para estimar la fuerza lateral estable: $G1 = 0$

Función de transferencia multiplicada por magnitudes de estados para estimar la fuerza lateral fluctuante: $G2 = 0$

(Condición 3)

Irregularidades de vía: presentes

Función de transferencia multiplicada por magnitudes de estados para estimar la fuerza lateral estable: $G1 > 0$

Función de transferencia multiplicada por magnitudes de estados para estimar la fuerza lateral fluctuante: $G2 = 0$

(Condición 4)

Irregularidades de vía: presentes

Función de transferencia multiplicada por magnitudes de estados para estimar la fuerza lateral estable: $G1 = 0$

5 Función de transferencia multiplicada por magnitudes de estados para estimar la fuerza lateral fluctuante: $G2 > 0$

(Condición 5)

Irregularidades de vía: presentes

Función de transferencia multiplicada por magnitudes de estados para estimar la fuerza lateral estable: $G1 > 0$

10 Función de transferencia multiplicada por magnitudes de estados para estimar la fuerza lateral fluctuante: $G2 > 0$

15 Las condiciones 3 a 5 que dan valores de comando de empuje que producen un par de torsión añadido debido al actuador tienen las funciones de transferencia $G1$ y $G2$ configuradas de modo que los valores máximos para el par de torsión añadido generado estén aproximadamente al mismo nivel, suponiendo el uso de actuadores que tienen una capacidad idéntica.

La figura 3 a la figura 9 dan los resultados de las simulaciones de movimiento de trenes.

20 Cuando la Condición 1 (figura 5 (a)), en la que los valores de comando de empuje no se emiten para impartir un par de torsión añadido generado por el actuador, se compara con la Condición 2 (figura 5 (b)), se encuentra, como se muestra en la figura 3 (b), que en el caso de la Condición 2 en la que se introducen las irregularidades de la vía, se genera una fuerza lateral fluctuante además de la fuerza lateral estable que se muestra en la figura 3 (a).

25 Por otro lado, se encontró que cuando la Condición 3 (figura 6 (a)), en la que la función de transferencia $G1$, obtenida multiplicando la fuerza lateral estable por las magnitudes de estados estimadas, es mayor que 0, se compara con la Condición 2, la fuerza lateral disminuye casi a la misma velocidad (véase la figura 4 (a) y la figura 3 (b)).

30 Además, en el caso de la Condición 4 (figura 6 (b)), en la cual la función de transferencia $G2$, obtenida al multiplicar la fuerza lateral fluctuante por las magnitudes de estados estimadas, es mayor que 0, existe una fuerza lateral promedio en el mismo nivel que en la Condición 2, pero la fuerza lateral disminuye en un momento en el que se genera una gran fuerza lateral fluctuante debido a irregularidades de la vía (véase la figura 4 (b) y la figura 3 (b)).

35 Como contraste, cuando la Condición 5 (figura 6 (c)), en la que ambas funciones de transferencia $G1$ y $G2$, obtenidas al multiplicar la fuerza lateral estable y la fuerza lateral fluctuante por las magnitudes de estados estimadas, son mayores que 0, se compara con la Condición 2, la fuerza lateral disminuye casi a la misma velocidad, y la fuerza lateral fluctuante también puede reducirse (véase la figura 4 (c) y la figura 3 (b)).

40 Es decir, en el caso de la Condición 3 a la Condición 5, los valores máximos para el par de torsión añadido generado por el actuador fueron casi idénticos, como se muestra en la figura 7. Por otro lado, como se muestra en la figura 8, la fuerza lateral promedio es Condición 3 < Condición 5 < Condición 4. Aunque existen ligeras diferencias en los valores máximos para la fuerza lateral, difieren en menos del 5%, por lo que pueden considerarse aproximadamente iguales. Como se muestra en la figura 9, el par de torsión añadido por unidad de tiempo es Condición 4 < Condición 5 < Condición 3.

45 Por lo tanto, los valores máximos para la fuerza lateral en las Condiciones 3 - 5 pueden considerarse aproximadamente iguales. En consecuencia, se puede apreciar que desde el punto de vista de mejorar la velocidad de desplazamiento máxima en secciones curvas, se obtiene el mismo nivel de rendimiento bajo las condiciones de control dadas en las Condiciones 3 - 5.

50 Aquí, se piensa que si las condiciones son tales que el empuje del actuador se puede establecer en un nivel alto, entonces se pone énfasis en controlar el desgaste de las ruedas y del carril, de modo que el valor promedio de la fuerza lateral generada al pasar una curva se reduce efectivamente. En este caso, la Condición 3 es ventajosa para implementar la mayor reducción en la fuerza lateral promedio (véase la figura 8). Una condición que hace posible establecer el empuje del actuador en un nivel alto es, por ejemplo, si hay margen para establecer la capacidad del compresor instalado en el lado del vehículo cuando se emplea un actuador neumático. En la alternativa, cuando se emplea un actuador eléctrico, se puede utilizar en un entorno en el que se anticipa una gran cantidad de emisión de calor.

60 A la inversa, por razones de conveniencia con respecto a las condiciones, si se desea reducir en la mayor medida posible el par de torsión añadido del actuador por unidad de tiempo, en otras palabras el empuje generado por el actuador, es ventajoso enfocarse principalmente en la Condición 4 solo para reducir la fuerza lateral fluctuante (véase la figura 9).

65 Además, dependiendo de las condiciones de par de torsión añadido, como en la Condición 5, cuando el actuador genera un empuje casi constante durante el desplazamiento en secciones curvas y cuando se genera una gran

fuerza lateral fluctuante, es posible lograr un control con el fin de aumentar aún más el empuje del actuador dentro de un rango de empuje máximo.

5 La presente invención no se limita al ejemplo que se ha descrito más arriba, y la realización preferida, por supuesto, puede modificarse ventajosamente dentro del alcance de la misma como se define en las reivindicaciones.

10 Por ejemplo, en las simulaciones de movimiento de trenes que se han descrito más arriba, el vehículo ferroviario era del tipo bogie de dos ejes, pero también es posible emplear un carro bogie que tenga un bogie entre la carrocería del vehículo y el juego de ruedas, independientemente del número de ejes, puesto que el actuador está instalado entre el bogie y la carrocería del vehículo.

15 Además, en las simulaciones de movimiento del tren que se han descrito más arriba, las magnitudes de estados utilizadas para estimar la fuerza lateral estable y la fuerza lateral fluctuante fueron la velocidad angular de guiñada de la carrocería del vehículo, la velocidad angular de guiñada del bogie delantero y del bogie trasero, y la velocidad del vehículo. Sin embargo, se puede utilizar el ángulo de guiñada del juego de ruedas, el bogie y la carrocería del vehículo y / o se puede usar en lugar de eso el ángulo de guiñada del juego de ruedas, siempre que se pueda estimar la fuerza lateral estable y la fuerza lateral fluctuante. Además, se puede usar cualquiera de los siguientes: la presión interna de un resorte neumático, el desplazamiento vertical de un resorte helicoidal, la carga longitudinal que actúa sobre los enlaces que conectan los bastidores de los bogies y los juegos de ruedas en la dirección longitudinal, o el desplazamiento lateral del juego de ruedas, bogie y carrocería del vehículo, la velocidad lateral, la aceleración lateral, así como el ángulo de balanceo, la velocidad angular de balanceo y la altura del resorte neumático.

20 Las simulaciones de movimiento del tren que se han descrito más arriba se realizaron mientras se desplazaba en una sección curva, pero también es posible reducir a una fuerza lateral fluctuante que ocurre instantáneamente como resultado de irregularidades de la vía mientras se desliza en una sección recta.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método para reducir la fuerza lateral en un vehículo ferroviario, que comprende:

5 instalar un actuador

 (i) entre la carrocería del vehículo y el chasis de un bogie si el vehículo ferroviario está montado con un bogie sin traviesa,

10 (ii) entre la carrocería del vehículo y el chasis del bogie o entre la traviesa y el chasis del bogie si el vehículo ferroviario está montado con un bogie con traviesa de tipo de montaje directo,

 o

 (iii) entre la carrocería del vehículo y la traviesa si el vehículo ferroviario está montado con un bogie con traviesa de tipo de montaje indirecto;

15 instalar sensores en al menos uno de entre los cuerpos del vehículo, el bogie y el juego de ruedas; sobre la base de las magnitudes de estados obtenidas mediante el uso de los sensores durante el desplazamiento,

 calcular uno o más parámetros (u_{st1} , u_{st2} ,...) que tienen una correlación con una fuerza lateral constante, para determinar el valor de comando de empuje (F1) que se enviará al actuador, aplicando una función de transferencia predeterminada (G1) a los parámetros calculados (u_{st1} , u_{st2} ,...), **caracterizado por que**, al mismo tiempo que se determina el valor de comando de empuje (F1), se calculan uno o más parámetros (u_{fl1} , u_{fl2} ,...) que tienen una correlación con una fuerza lateral fluctuante, para determinar el valor del comando de empuje (F2) que se enviará al actuador, aplicando una función de transferencia predeterminada (G2) a los parámetros calculados (u_{fl1} , u_{fl2} ,...); y

20 combinar estos dos valores de comando de empuje (F1, F2) para determinar la salida de empuje (F) al actuador.

2. El método para reducir la fuerza lateral en un vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las magnitudes de estados obtenidas durante el desplazamiento son:

30 (a) una presión interna de un resorte neumático usado como un resorte secundario, (b) un desplazamiento vertical de un resorte helicoidal usado como un resorte primario, (c) una carga longitudinal ejercida sobre un miembro de acoplamiento que conecta un juego de ruedas y un bastidor de bogie en una dirección longitudinal, (d) un ángulo de guiñada, una velocidad angular de guiñada, o una aceleración angular de guiñada, respectivamente, de un juego de ruedas, de un bogie y de una carrocería del vehículo, o (e) un desplazamiento lateral, una velocidad lateral, una aceleración lateral, o una velocidad de desplazamiento del vehículo, o (f) un ángulo de balanceo, una velocidad angular de balanceo, o la altura de un resorte neumático.

40 3. El método para reducir la fuerza lateral en un vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el empuje generado por el actuador depende de una curvatura de la vía estimada de acuerdo con las magnitudes de estados obtenidas durante el desplazamiento, de modo que cuanto menor sea la curvatura de la vía, menor será el valor del comando de empuje (F1) en el caso de una función de transferencia (G1) para los parámetros de fuerza lateral constante (u_{st1} , u_{st2} ,...), y cuanto mayor sea la curvatura de la vía, menor será el valor del comando de empuje (F2) en el caso de la función de transferencia (G2) para los parámetros de fuerza lateral fluctuante (u_{fl1} , u_{fl2} ,...).

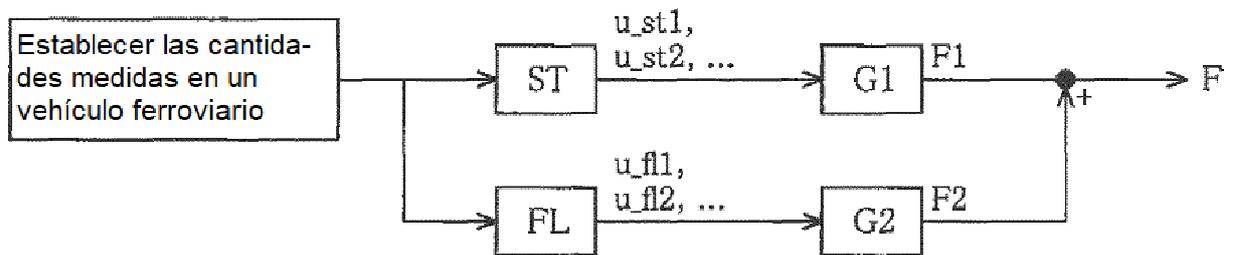
50 4. El método para reducir la fuerza lateral en un vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 3, en el que en el caso de una curvatura de vía más alta, el valor de comando de empuje (F1) relacionado con los parámetros de fuerza lateral constante (u_{st1} , u_{st2} ,...) es mayor que el valor de comando de empuje (F2) relacionado con los parámetros de fuerza lateral fluctuante (u_{fl1} , u_{fl2} ,...), y en el que en el caso de una curvatura de vía más baja, el valor del comando de empuje (F2) relacionado con los parámetros de fuerza lateral fluctuante (u_{fl1} , u_{fl2} ,...) es mayor que el valor del comando de empuje (F1) relacionado con los parámetros de fuerza lateral estable (u_{st1} , u_{st2} ,...).

55 5. El método para reducir la fuerza lateral en un vehículo ferroviario de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que calcular los parámetros de fuerza lateral fluctuante (u_{fl1} , u_{fl2} ,...) comprende tomar una diferencia entre las magnitudes de estados medidas en la carrocería del vehículo y las magnitudes de estados medidas en el bogie.

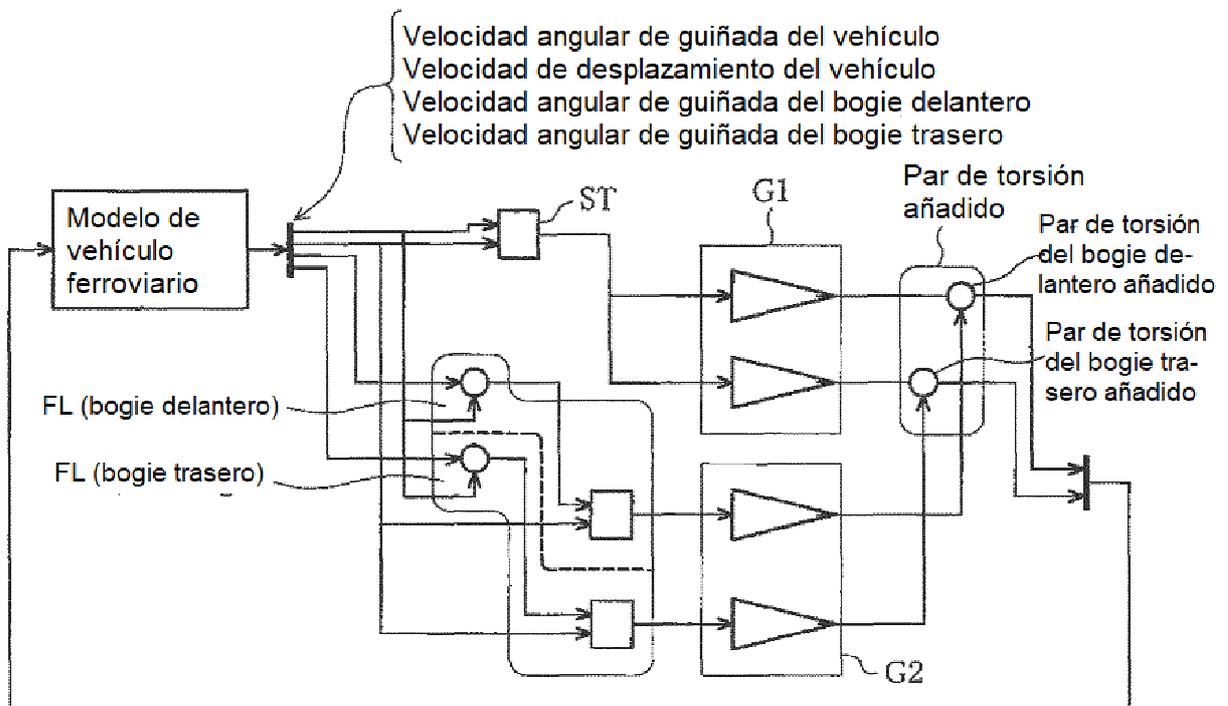
60 6. El método para reducir la fuerza lateral en un vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 5, en el que las magnitudes de estados medidas en la carrocería del vehículo y el bogie son magnitudes de estados en una dirección lateral y en una dirección de guiñada, respectivamente.

65 7. El método para reducir la fuerza lateral en un vehículo ferroviario de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la salida de empuje (F) al actuador es determinada sin hacer referencia a los datos de la vía almacenados de antemano en un dispositivo de almacenamiento.

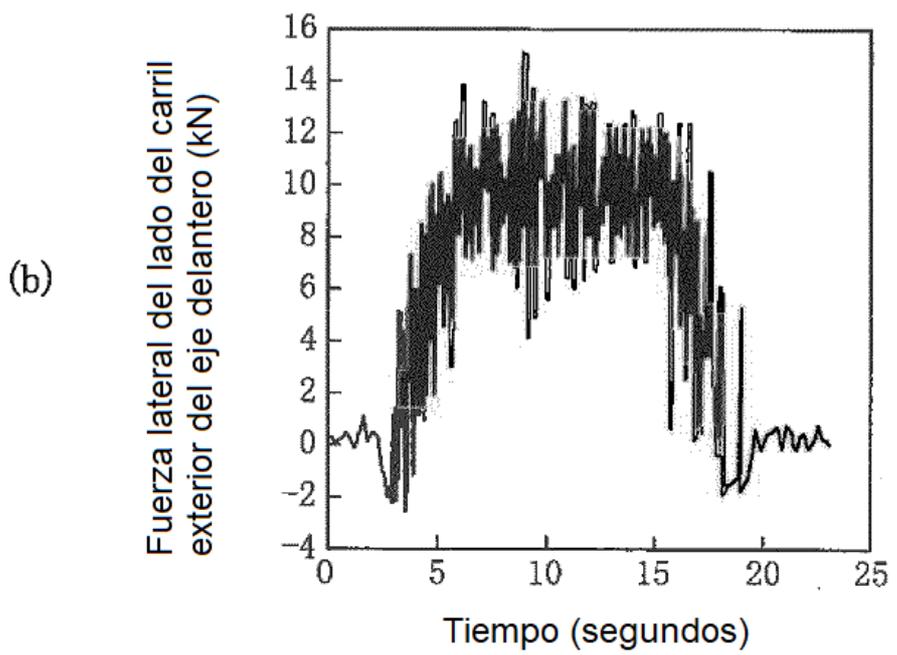
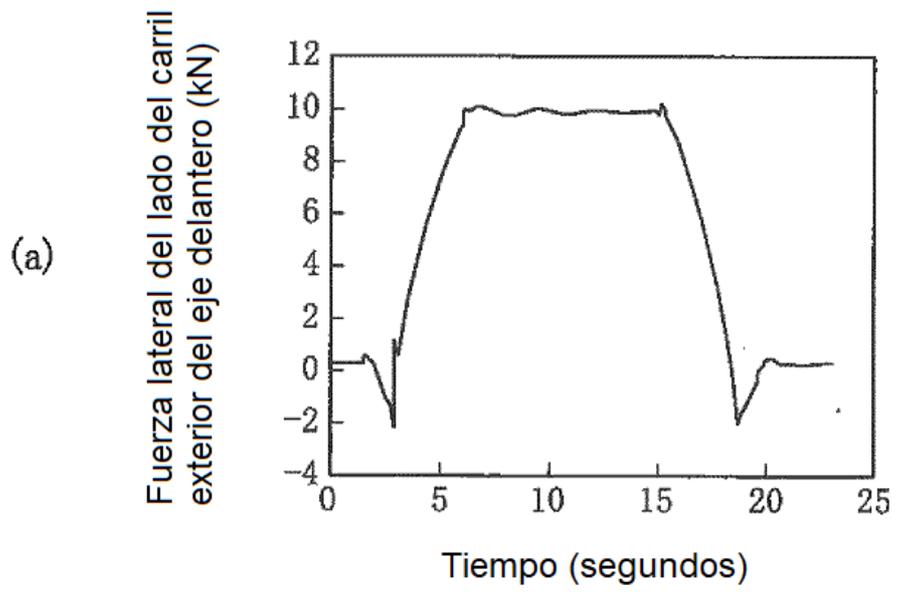
【Fig.1】



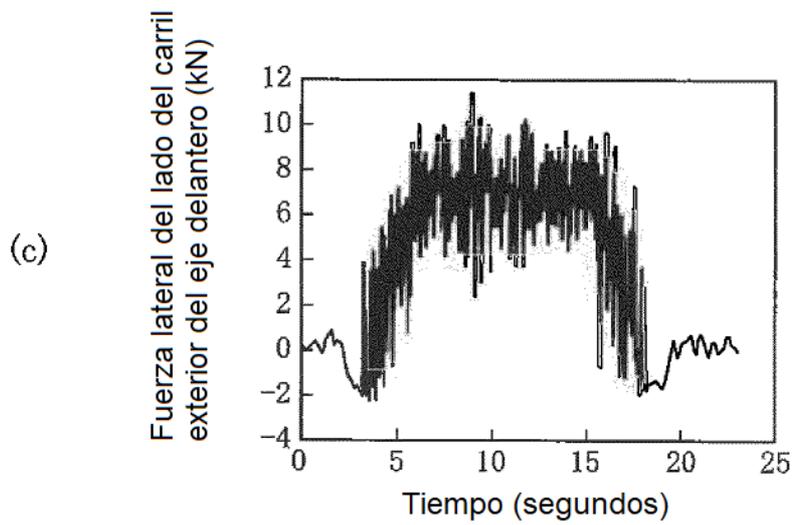
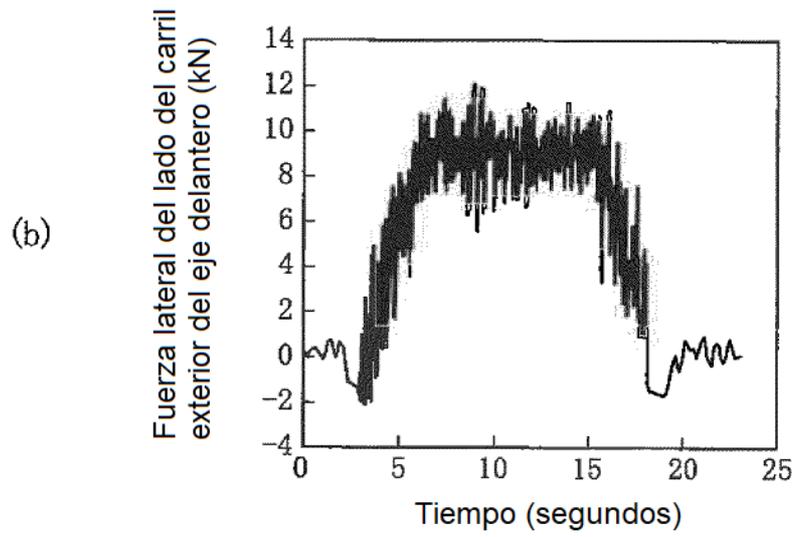
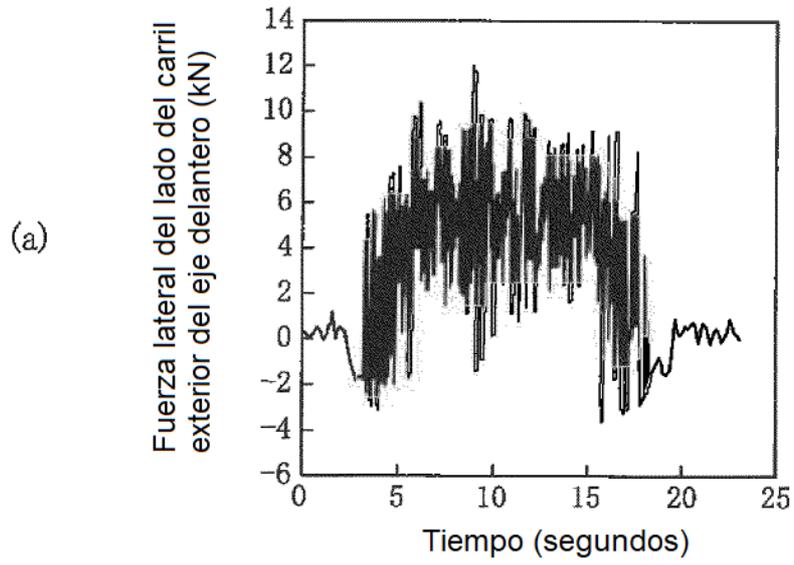
【Fig.2】



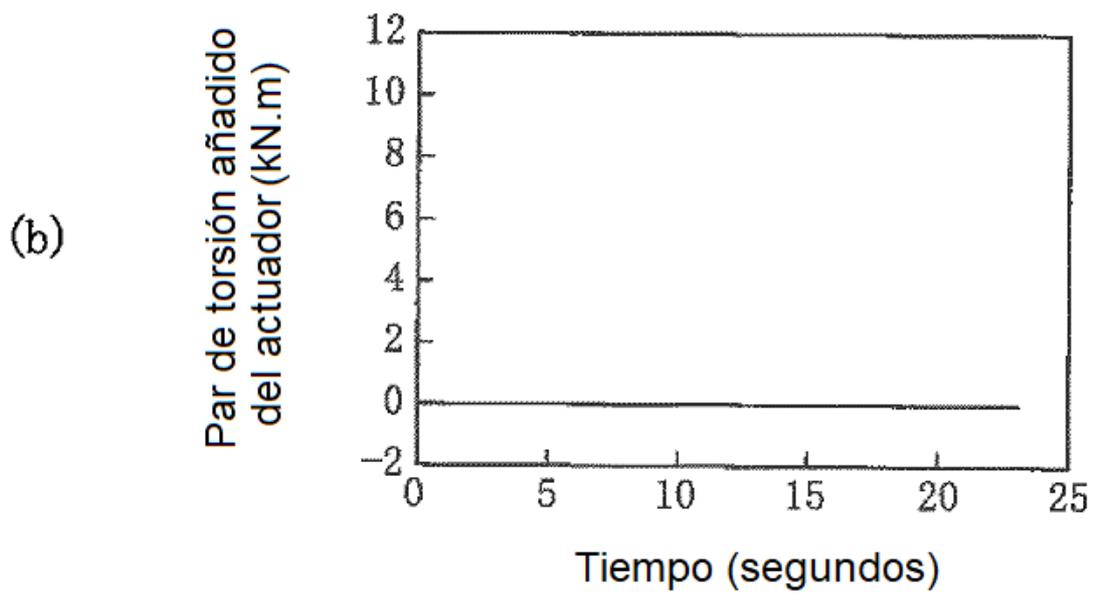
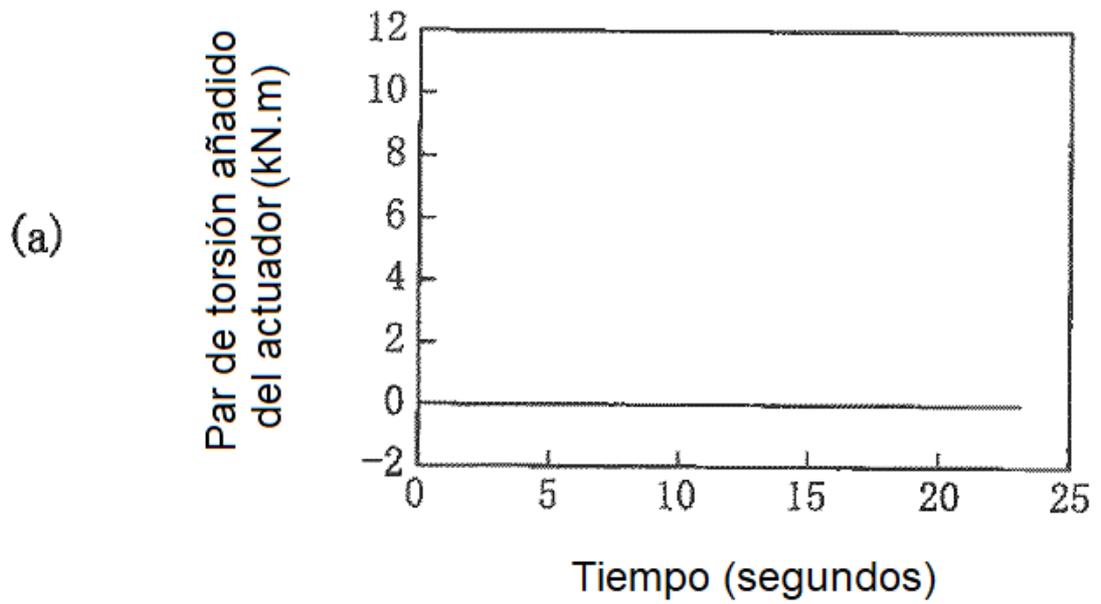
【Fig.3】



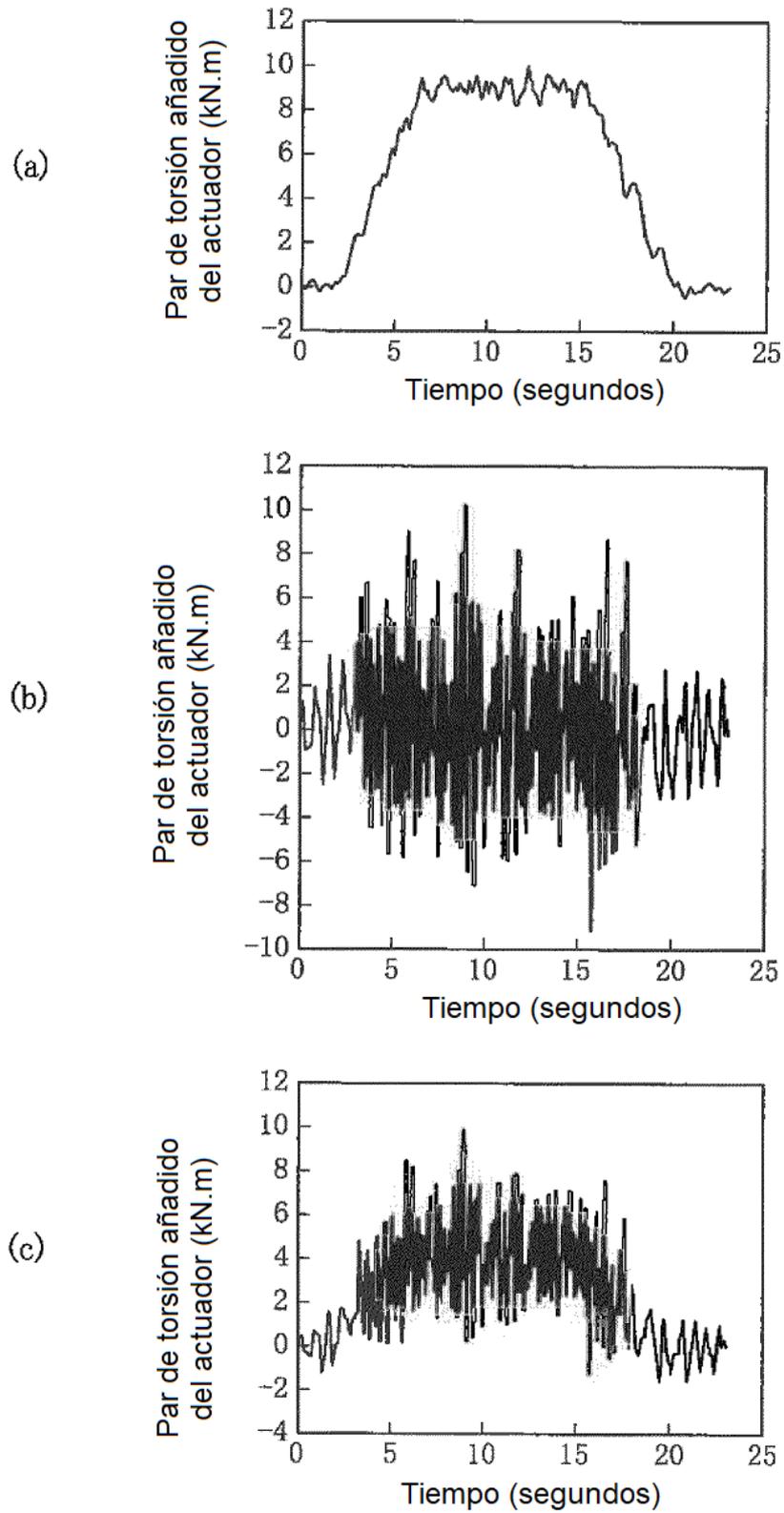
【Fig.4】



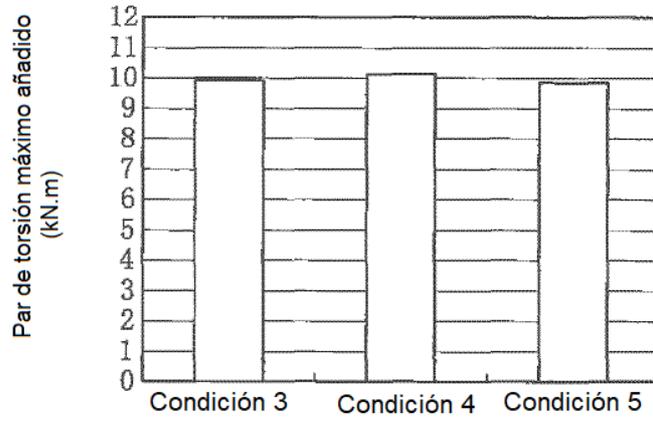
【Fig.5】



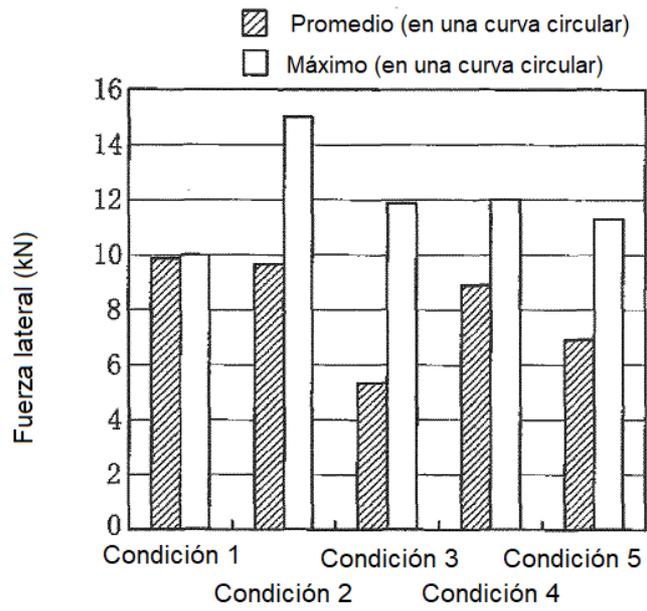
【Fig.6】



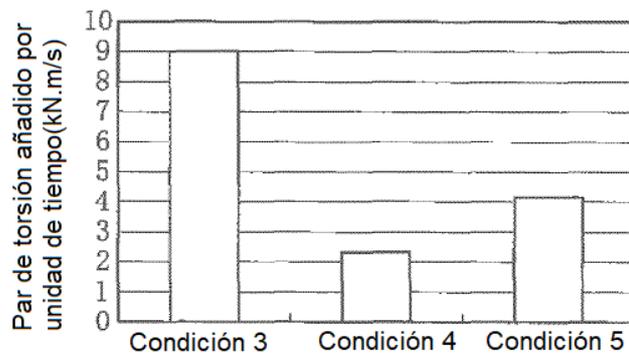
【Fig.7】



【Fig.8】



【Fig.9】



【Fig.10】

