(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 530 065**

(51) Int. CI.:

E01D 21/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2004 E 04736019 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.10.2014 EP 1639203**

(54) Título: **Pórtico con pretensado de auto-ajuste**

(30) Prioridad:

06.06.2003 PT 10296803

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.02.2015

(73) Titular/es:

PACHECO, PEDRO ALVARES RIBEIRO DO CARMO (100.0%)
Rua Doutor Manuel Rodrigues de Sousa, 21, 2 Esquerdo, Matosinhos
P-4450-181 Porto, PT

(72) Inventor/es:

PACHECO, PEDRO ALVARES RIBEIRO DO CARMO

(74) Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

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).

Pórtico con pretensado de auto-ajuste

DESCRIPCIÓN

Campo técnico

La presente invención se refiere a un pórtico para su uso en construcción y, más específicamente, a un pórtico equipado con un sistema que ajusta de forma automática su pretensado.

Antecedentes de la técnica

En la ingeniería civil moderna, el uso de pórticos (sobresuspendidos y colgantes) en la construcción de puentes y viaductos ha superado en gran medida al andamiaje que reposa en el suelo. Sin embargo, el factor que obstaculiza su uso más generalizado es el hecho de que representan una gran inversión en términos de materiales y trabajo de construcción. A pesar de que los actuales pórticos pueden usarse en varios proyectos, también es muy común que estos requieran una readaptación, en particular cuando el proyecto requiere que soporte más carga que para la que se diseñó inicialmente. Esta adaptación es, en sí misma, un proceso muy costoso y que consume mucho tiempo que, por lo general, retarda el ritmo de la construcción.

El uso de los pórticos de la técnica anterior también comporta un cierto riesgo de consideración. Esto se debe a que son estructuras que están previstas para soportar una gran cantidad de cargas variables y permanentes y pueden conducir a una gran cantidad de deformaciones y tensiones que debilitan la estructura y pueden conducir, con el tiempo, a su colapso. Varios accidentes han ocurrido en el pasado.

El uso de cables o tendones con pretensado ajustable se ha usado en el pasado para fortalecer y reforzar vigas de hormigón tal como puede observarse en las solicitudes de patente WO 00/68508 (Interconstec Co. Ltd.), WO 02/28168 (Interconstec Co. Ltd) y WO 01/27406. Sin embargo, estas estructuras requirieron la introducción de herramientas externas para aumentar o reducir la tensión de los cables. Así mismo, el ajuste no se hizo en respuesta a las cargas aplicadas a la estructura en momento dado alguno, sino que más bien se incluyó en una estrategia de mantenimiento periódico de las vigas.

En el documento DE 1101477 B (GRUEN & BILFINGER AG) se divulga un proceso para compensar la variación de deformación de un pórtico cuando se hormigonan múltiples estructuras de sección elevada, por ejemplo, puentes del tipo que incluye una viga de andamiaje que ha de soportarse por encima de la sección que va a hormigonarse de la cual está suspendido el molde. Después de una deformación de manera artificial, la tensión en los miembros de tensión se reduce de forma progresiva con el progreso del hormigonado de la superestructura. Esta solución es útil para reducir las variaciones de deformación del encofrado durante la operación de vertido de hormigón pero no reduce las fuerzas internas máximas sobre la viga de andamiaje y no permite reducción alguna de su masa.

El documento GB 2 073 296 A (TILEMAN & CO. LTD) 24 de marzo de 1980 divulga un aparato para su uso en el hormigonado de múltiples estructuras de sección elevada, por ejemplo, puentes, del tipo que incluye una viga de andamiaje que ha de soportarse por encima de la sección que va a hormigonarse de la cual está suspendido el molde para soportar el hormigón, comprende adicionalmente unos medios para detectar el desplazamiento del molde para soportar el hormigón con respecto a una posición previamente determinada y unos medios de ajuste para ajustar el molde desde una posición desplazada hasta dicha posición previamente determinada. Los medios de detección pueden comprender un punto de referencia fijo y u punto de referencia móvil que es desplazado por la carga que se ejerce durante el hormigonado. Los medios de ajuste, que puede accionarse mediante los medios de detección, pueden comprender un conjunto de pistón o tornillo sin fin que son operativos para elevar o bajar unos soportes de suspensión a los que está asegurado el molde. Esta solución es útil para lograr un ajuste de encofrado o molde y no tiene influencia alguna sobre el comportamiento de la viga de andamiaje. Por lo tanto, no reduce las fuerzas internas de la viga de andamiaje, no reduce su deformación y no permite reducción alguna de su masa.

Objeto de la invención

El objeto principal de la presente invención es la provisión de un pórtico con un sistema automático o semi-automático de ajuste del pretensado de la estructura del pórtico de acuerdo con las acciones externas que se aplican sobre el mismo cuando tienen lugar las cargas.

Un objeto adicional de la presente invención es la provisión de un pórtico estructuralmente más eficiente que los de la técnica anterior, más específicamente uno que posea un sistema capaz de contrarrestar deformaciones y tensiones en la estructura del pórtico inmediatamente después de detectar estas, asegurando de esta manera una compensación que garantice un rendimiento estructural adecuado.

Todavía un objeto adicional de la presente invención es la provisión de un pórtico que sea capaz de soportar más carga que un pórtico de la técnica anterior de un tamaño y una masa estructural equivalentes.

Por último, un objeto adicional de la presente invención es la provisión de un sistema que pueda usarse para fortalecer unidades de pórticos de nuevo lanzamiento o antiguos diferentes.

Divulgación de la invención

De acuerdo con su aspecto más amplio, la presente invención proporciona un pórtico para su uso en el proceso de construcción de puentes, viaductos y otras estructuras, comprendiendo dicho pórtico: una estructura de soporte de carga principal; por lo menos un cable no adherente; un primer anclaje para asegurar un extremo de dicho cable no adherente a la dicha estructura y un segundo anclaje para asegurar el extremo opuesto de dicho cable no adherente a la dicha estructura: caracterizado por que el pórtico comprende además por lo menos una unidad detectora capaz de medir una variación física en dicha estructura principal, un controlador capaz de activar un accionador, una interfaz electrónica que convierte dichas mediciones de dicho sensor en datos legibles y que transmite dicho datos a dicho controlador; dicho accionador que se apoya entre dicha estructura y dicho cable no adherente y que es capaz de un pretensado de auto-ajuste mediante el aumento o la disminución de la tensión de dicho cable no adherente de acuerdo con las mediciones tomadas por el sensor y transmitidas a dicho controlador con la necesidad de contrarrestar las fuerzas internas que se generan en la estructura por las acciones externas de tal modo que dicha tensión se aumenta en respuesta a las fuerzas internas aumentadas de dicha estructura principal o se disminuye en respuesta a las fuerzas internas disminuidas de dicha estructura principal, mediante lo cual, durante el uso, las deflexiones de extensión media y los momentos flexores sobre dicha estructura principal se reducen de forma sustancial, debido a dicho pretensado de auto-ajuste que compensa la carga principal, reduciendo de este modo las tensiones máximas en los miembros de dicha estructura principal y permitiendo unas secciones significativamente reducidas de elementos estructurales, proporcionando de esta manera un pórtico mucho más ligero y funcional.

El dicho cable no adherente puede ser o bien interno o bien externo con respecto a los contornos de la dicha estructura principal y puede adoptar una distribución multi-lineal o lineal. En el caso de que exista más de un cable, puede haber una mezcla de cables internos y externos, cuyos extremos se aseguren individualmente por unos anclajes específicos, conectándose esos anclajes a unos elementos estructurales que pueden asegurar más de un anclaje. Esos elementos estructurales son placas reforzadas comunes.

En general, la única restricción es que la distribución del cable no deberá entrar en conflicto ni con la estructura ni con el proceso de construcción.

Tal como se ha mencionado en lo que antecede, la estructura principal se supervisa por lo menos por un sensor, ubicado o bien en la proximidad, o bien en la superficie o bien en el interior de un elemento del pórtico o puede incluso ser externo con respecto a la estructura principal. En términos generales, la ubicación del sensor o sensores no es importante siempre que estos puedan medir con precisión cualesquiera variaciones físicas previamente definidas sobre la estructura principal cuando esta se encuentre en uso.

Las mediciones que son útiles para el cálculo de la intensidad y / o dirección de las fuerzas que van a aplicarse por el accionador, pueden ser, por ejemplo, desplazamientos, rotaciones, deformaciones, niveles de carga, tensiones, extensiones o presiones. El pórtico también está equipado preferentemente con uno o más sensores auxiliares para medir temperaturas y, con el tiempo, para medir velocidades o aceleraciones. A pesar de que el tipo de sensor no es importante, a modo de ejemplo el sensor o sensores pueden ser un transductor de presión, un extensímetro, un LVDT, un sensor de láser o una celda de carga. Los sensores pueden conectarse directamente al controlador o a través de un circuito de interfaz que puede incluir dispositivos de conversión o filtrado de amplificador. Preferentemente, algunos transductores se usan con unas salidas convencionales (por ejemplo, 4 - 20 mA), no requiriendo, por lo tanto, elemento de interfaz adicional alguno.

La transmisión de datos o señales en la presente invención puede lograrse o bien por una conexión física o bien por tecnología inalámbrica, más específicamente a través de tecnología de cableado eléctrico, de comunicación por fibra óptica, de radiofrecuencia o por infrarrojos, de Wi-Fi o de Bluetooth™. En el caso de una tecnología inalámbrica que se esté usando para transferir datos o señales entre el sensor o sensores y el controlador y entre el controlador y accionador o accionadores, es necesario proveer a estos dichos elementos con unos transmisores y receptores correspondientes de dichos datos.

El controlador que se ha mencionado en lo que antecede de la presente invención comprende por lo menos un ordenador o autómata capaz de ejecutar por lo menos un programa de soporte lógico o código de procesamiento. Dicho programa de soporte lógico o código de procesamiento es capaz de recibir los datos partir de dicho o cada sensor, procesando los dichos datos recibidos a partir de dicho o cada sensor y transmitiendo los datos procesados en la forma de señales de instrucción a por lo menos un accionador. Estas señales de instrucción activan el accionador o accionadores, lo que los llevan a aumentar o reducir con precisión la tensión del cable no adherente. Preferentemente, dicho soporte lógico o código de procesamiento de dicho controlador contiene por lo menos tres subprogramas, a saber, un Programa de Prueba, un Programa de Carga y un Programa de Descarga. El Programa

de Prueba incorpora un algoritmo básico que se usa para promover directamente la tensión y relajación de los cables y, al hacer esto, permitir la realización de pruebas de calibración y de mantenimiento. El Programa de Carga incorpora un algoritmo que refleja la estrategia de control que se adoptará para el pórtico específico en cuestión en la fase de carga (por ejemplo, durante el relleno de hormigón). El Programa de Descarga incorpora un algoritmo que refleja el retorno del accionador a su posición de reposo (para su uso, por ejemplo, cuando se aplica el pretensado de plataforma del puente).

Tal como se ha mencionado en lo que antecede, al recibir las señales de instrucción a partir del controlador, se promueven los movimientos del accionador o accionadores. Dichas señales de instrucción promueven que el accionador o accionadores apliquen una intensidad específica de fuerza y / o su dirección respectiva. Por lo tanto, el accionador o accionadores es / son responsables de alterar la tensión del cable o cables no adherentes y de esta manera ajustar el pretensado de la estructura principal. Tal como será obvio para los expertos en la materia, el aumento o reducción de la tensión del cable será / deberá ser de acuerdo con la necesidad de contrarrestar las fuerzas internas generadas en la estructura mediante las acciones externas. En el caso de que exista más de un cable, la tensión de dichos cables puede tensarse o relajarse al unísono o independientemente entre sí. Esta característica permite que el pretensado se ajuste en partes específicas de la estructura principal.

En otra realización menos favorecida de la invención, el controlador puede ser un operario humano a cargo de un tablero de control electrónico capaz de activar el accionador o accionadores. En la presente realización, el operario humano recibe los datos transmitidos a partir de dicho sensor o sensores y los interpreta. Dependiendo de las lecturas, el operario humano promueve a continuación el movimiento del accionador o accionadores con el fin de introducir fuerzas de auto-equilibrio sobre la estructura principal. Este ajuste semi-automático del pretensado en la estructura es menos preciso que el controlador completamente automático y, por lo tanto, menos seguro y fiable. Este también requiere que un operario humano esté controlando de forma permanente el accionador o accionadores durante unos períodos de tiempo que alcanzan varias horas, por ejemplo, durante el relleno de hormigón de una plataforma de puente.

También deberá hacerse notar que la presente invención también contempla el equipado de los pórticos previamente existentes con un sistema de pretensado de ajuste automático. Este método se logra al equipar el pórtico previamente existente con los elementos esenciales de acuerdo con la reivindicación 1.

La gran ventaja de la presente invención es que esta proporciona la posibilidad de aplicar una gran cantidad de pretensado sin comportar unas deformaciones no deseables en la estructura principal cuando no se aplican cargas externas. Si una cantidad tal de pretensado se aplicara usando el pretensado “fijo” de la técnica anterior, sin carga externa aplicada, la estructura principal podría romperse “boca abajo”. Además de eso, la presente invención proporciona una reducción sustancial en las pérdidas de pretensado. Un pórtico con pretensado de auto-ajuste tiene unas deflexiones de extensión media muy reducidas, debido a que el pretensado de ajuste compensa la carga principal. A pesar de que el pretensado introduce unas tensiones de compresión, por la misma razón que se ha expuesto en lo que antecede, los momentos flexores sobre la estructura principal se reducen de forma sustancial, reduciendo de esta manera las tensiones máximas en los miembros de la estructura principal. De esta manera, las secciones de los elementos estructurales pueden reducirse significativamente, proporcionando un pórtico mucho más ligero y funcional.

Adicionalmente, el pórtico también es económicamente más eficiente que la técnica anterior actual debido a que permite mucha más reutilización de un pórtico individual. Tal como será evidente a partir de la presente memoria descriptiva de patente, un pórtico con pretensado ajustable automático puede usarse en muchas más situaciones que los pórticos de la técnica anterior debido a su adaptabilidad a un número bastante mayor de intervalos de nivel de carga (o intervalos de extensión) sin requerir unos refuerzos adicionales sustanciales.

Otra gran ventaja es que el comportamiento estructural del pórtico se encuentra bajo supervisión continua y las deformaciones o tensiones peligrosas originadas por acciones externas se ven contrarrestadas y se resuelven de forma inmediata. Debido a que se aplicará redundancia, en especial con los componentes electrónicos y algunos dispositivos mecánicos, en los casos de fallo de cualquier componente, la seguridad del pórtico no se ve afectada.

Deberá hacerse notar que la expresión “pretensado”, tal como se usa en el presente documento, consiste en la introducción de un conjunto de fuerzas de auto-equilibrio sobre la estructura que contrarrestarán las fuerzas internas que se generan en la estructura por las acciones externas.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una vista lateral simplificada de una realización de la presente invención, en la cual es posible observar los elementos principales que constituyen la invención;
la figura 2 muestra una planta esquemática de la realización del pórtico de la figura 1;
la figura 3 muestra un extremo de un cable no adherente anclado a la estructura principal usando un anclaje que

es pasivo / no móvil;
la figura 4 muestra un extremo de un cable no adherente anclado a la estructura principal usando un anclaje que es activo / móvil debido a un gato hidráulico colocado entre los mismos;
la figura 5 muestra un diagrama de flujo esquemático de un posible proceso de control automático de la presente invención;
la figura 6 muestra un diagrama de una implementación posible del algoritmo de control de la presente invención;
la figura 7 muestra una representación simplificada del circuito hidráulico;
la figura 8 muestra una representación esquemática de un circuito de fluido en el que se introduce un transductor de presión;
la figura 9 muestra una representación simplificada de un poste de conexión extensible y soporte de desviación;
la figura 10 muestra una representación simplificada de otra realización de un poste móvil y sistema de soporte de desviación (móvil por rotación).

Mejor modo de llevar a cabo la invención

Se dará a continuación una descripción detallada de la invención, haciendo referencia a una realización preferida particular y los dibujos que se han mencionado en lo que antecede. La descripción de la realización y los dibujos son solo a modo de ejemplo, y no deberán interpretarse como limitantes del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Haciendo referencia a la figura 1, se proporciona un pórtico que comprende una estructura principal (1) constituida por dos secciones externas y una sección media. Las dos secciones externas, que están previstas para facilitar el proceso de lanzamiento, son de una altura más baja que la sección media que está prevista para soportar el encofrado y las cargas principales. La estructura principal es una viga de caja atirantada con el fin de adoptar un diseño similar al que se ilustra en la figura 1. La ubicación de los soportes se define para una técnica constructiva típica en la que cada segmento de relleno de hormigón, que tiene la misma longitud de la extensión de la estructura, comienza a una distancia de aproximadamente 1 / 5 de la extensión del soporte frontal del segmento previo.

La estructura principal (1) está equipada con dos cables externos (5), uno sobre cada lado longitudinal de dicha estructura. Los cables, por unas razones obvias, deben ser no adherentes y pueden ser o bien de un cabo o bien de múltiples cabos. Los cables no adherentes pueden instalarse con tuberías de plástico cargadas con grasa o de acuerdo con otras soluciones de la técnica anterior. La excentricidad de cada uno de dichos cables externos (5) se logra mediante dos soportes de desviación externos separados (14) soportados por dos postes de conexión correspondientes (13). Cada uno de dichos postes de conexión (13) tiene un primer extremo acoplado a un único soporte de desviación (14) y uno segundo conectado a la dicha estructura principal (1). Dichos postes de conexión (13) son preferentemente retraíbles (por rotación) o extensibles, con el fin de facilitar el proceso de lanzamiento (véase la figura 10).

Cada extremo de ambos cables (5) se asegura a dicha estructura principal (1) por medio de dos anclajes. Los primeros extremos de ambos cables externos (5) se aseguran a la estructura principal (1) por medio de unos anclajes de la técnica anterior fijos o “pasivos”. Yendo a la figura 3, estos anclajes están compuestos por unas cabezas de anclaje (16) de la técnica anterior que se fijan a unas placas resistentes (15) conectadas de forma permanente a la estructura principal (1). Los extremos opuestos de ambos de dichos cables (5) se unen a un anclaje móvil de la presente invención.

Yendo a la figura 4, el anclaje móvil (19) de la presente realización está compuesto por lo menos por una cabeza de anclaje (16) de la técnica anterior que se fija a una placa resistente (18) unida a un gato hidráulico (23). Dicho gato hidráulico se fija a una placa de reacción resistente (17) que se conecta de forma permanente a la estructura principal (1).

Deberá hacerse hincapié en que una diversidad de otras realizaciones son posibles, por ejemplo, la placa de reacción (17) podría tener dos gatos hidráulicos (23) instalados sobre los lados y los cables (5) en la sección media, o si el número de cables (5) es igual al número de accionadores (23), estos podrían pasar a través de aquellos (los cilindros huecos de la técnica anterior).

El movimiento del pistón del gato hidráulico (23) que puede hacerse por unas carreras elementales, la placa de empuje (18) y la cabeza de anclaje (16) lejos de la estructura principal (1) tiene el efecto de tensar el cable o cables (5) del pórtico y aumentar el nivel de pretensado en la estructura. A la inversa, la aproximación de la placa (18) y la cabeza de anclaje (16) hacia la estructura principal (1) tendría el efecto de relajar el cable o cables (5) del pórtico y, por lo tanto, reducir el nivel de pretensado en la estructura (1). El movimiento del pistón del gato hidráulico (23) se logra mediante un circuito hidráulico y un suministro de energía que se analizará más adelante. La intensidad de la fuerza que deberá aplicarse por el gato hidráulico (23) sobre la placa (18), relacionada con el número de carreras que se recorren por el pistón, es conforme a las señales procesadas recibidas a partir del controlador (6), estando estas dichas señales basadas, a su vez, en las mediciones del sensor o sensores (2). Deberá hacerse notar que los

anclajes tanto móviles (19) como pasivos (16) se diseñan para permitir que los cables (5) se liberen, en el caso de que hubiera una necesidad de sustitución de los mismos o de transporte de la estructura.

Como alternativa, haciendo referencia a la figura 9, el tensado y relajación de los dichos cables no adherentes (5) también pueden lograrse por el movimiento de unos postes extensibles (13) si se ubican unos gatos hidráulicos (23) entre la estructura principal (1) y unos soportes de desviación (14). Con la presente realización, la extensión del pistón de gato hidráulico fuerza el soporte de desviación (14) correspondiente lejos de la estructura principal (1). A través de esta acción, el cable (5) conectado al soporte de desviación (14) se tensa ocasionando un aumento en el pretensado de la estructura. En este caso, el accionador (23) aumentaría la fuerza y la excentricidad al mismo tiempo.

El circuito hidráulico del accionador (23) puede ser similar al que se representa en la figura 7. Dicho circuito hidráulico incluye una bomba hidráulica (20) y el motor (21) respectivo, conectado a algunas válvulas direccionales (22), algunas válvulas limitadoras de presión (25) y un recipiente (24). Las válvulas direccionales (22) se conectan, a su vez, a través de algunas tuberías o tubos (8) con el gato o gatos hidráulicos (23). Las señales de instrucción a partir del controlador activan el motor eléctrico (21) que promueve el flujo de aceite o fluido similar en las tuberías (8). Las señales de instrucción también promueven el movimiento de las válvulas direccionales (22) con el fin de alterar la dirección del flujo de aceite o fluido similar. El diseño y la instalación del sistema hidráulico se hace de acuerdo con técnicas comunes y usando una tecnología conocida adecuada al objetivo. En el caso de más de un accionador (23) (por ejemplo, más de un gato), el diseño del sistema hidráulico se adapta en consecuencia. Es esencial que la combinación de circuito hidráulico y gatos no actúe de una manera excesivamente rápida debido a que esto podría afectar a la integridad de la estructura. El dicho motor es preferentemente un motor eléctrico, a pesar de que otras opciones son igualmente adecuadas.

Los requisitos que el sistema hidráulico deberá tener son:

(i) la fuerza máxima sobre cada gato hidráulico (23) es igual a la fuerza de pretensado que éste tiene que producir;
(ii) el recorrido máximo de cada pistón se corresponde con el estiramiento de los cables (5) que producen la fuerza de pretensado máxima más el recorrido necesario para compensar las pérdidas de pretensado más un recorrido constructivo para facilitar la instalación de los cables (5);
(iii) la velocidad mínima de cada pistón es tal que el período de respuesta del sistema es igual o inferior al período de carga correspondiente;
(iv) la velocidad máxima del pistón es tal que el factor α (factor de amplificación dinámica) no comporta la inestabilidad del sistema - véase la ecuación 2 en lo sucesivo, a menos que se tomen otras medidas para evitar problemas dinámicos;
(v) la presión mínima en cada pistón es tal que sus dimensiones son geométricamente compatibles con su inserción sobre el pórtico.

Con el fin de materializar el automatismo del sistema de pretensado ajustable que se ha descrito en lo que antecede, el pórtico de la invención también está equipado con por lo menos un sensor (2) para supervisar el comportamiento estructural de la estructura principal (1). La estructura principal (1) está equipada con un sensor (2) preferentemente ubicado en un área cercana a la extensión media de la superficie inferior más baja de dicha estructura (1). Este sensor (2) es, por ejemplo, un extensímetro adherido a un perfil en la sección controlada, lo que permitiría medir las variaciones de extensión, y subsiguientemente las variaciones de tensión. La estructura principal (1) puede también equiparse preferentemente con un transductor de presión (26) colocado en la extensión media del pórtico que permitiría la medición de la presión y, por lo tanto, de las variaciones altimétricas del nivel. Yendo a la figura 8, esta es una estrategia de medición muy simple sobre la base de la diferencia de presión estática entre el nivel de fluido en un recipiente de fluido (28) ubicado en una posición fija (por ejemplo, sobre una columna) y un transductor de presión (26) adecuado ubicado en la extensión media de la viga de lanzamiento (1), con una tubería de fluido flexible como interconexión (27). Cualquier deformación de la estructura principal (1) se mide como una variación de presión sobre el sensor de presión (2). Este valor no solo se ve afectado por los movimientos verticales y no es sensible a los movimientos laterales o a los fenómenos de comprensión sobre la estructura.

Naturalmente, cuanto mayor sea número de sensores (2), mayor será la percepción de las fuerzas internas y externas que actúan sobre la estructura principal (1) y, por lo tanto, más clara será una representación del comportamiento estructural en cualquier momento dado pero, no descuidando la redundancia, el sistema se vuelve más simple si sólo se considera una medida en el algoritmo de control principal. Por ejemplo, sería ventajoso tener extensímetros unidos a varios elementos de celosía. En una realización preferida, la posición del pistón del gato hidráulico se verifica por medio de un sensor LVDT. El sensor o sensores complementarios (2), que pueden instalarse en la proximidad, la superficie o el interior de los elementos del pórtico o incluso de forma externa en relación con la estructura principal (1), son capaces de producir unos datos que se enviarían al controlador (6) o bien a través de una conexión física o bien a través de una transmisión inalámbrica, solo para proporcionar redundancia. La señal de salida de corriente de cada sensor (2) deberá tener en cuenta la inmunidad a variaciones térmicas y

campos electromagnéticos, en especial en los casos en los que el transductor (26) se ubica a varios cientos de metros lejos del controlador (6).

Tal como se ha mencionado en lo que antecede, el controlador (6) de la presente invención comprende por lo menos un ordenador o autómata (por ejemplo, un PLC) que comprende un programa de soporte lógico informático o código de procesamiento. Este soporte lógico informático comprende una fase de recepción de datos a partir del dicho sensor o sensores (2); una fase de procesamiento para procesar los dichos datos recibidos a partir de dicho sensor o sensores (2); y una fase de transmisión para transmitir los datos procesados o señales de instrucción a un accionador o accionadores (23). Deberá hacerse notar, una vez más, que la distancia entre dicho sensor o sensores (2) y el controlador (6) no es una característica limitativa.

El desarrollo de dicho programa de soporte lógico informático o código de procesamiento se hace de acuerdo con unas técnicas de cálculo bien conocidas, en un lenguaje compatible con el ordenador o autómata usado. El fin de dicho programa o código de procesamiento es la provisión de estrategias de control para el control automático del sistema de pretensado ajustable.

En términos generales, se adoptará una de las siguientes estrategias de control:

a) Control de tensiones de sección inferior de extensión media (sección de control);
b) Control de la deflexión de extensión media del pórtico

La estrategia de control (a) desarrollada se traduce en un algoritmo simple, similar al clásico “encendido-apagado”. Básicamente, para un pórtico con solo un accionador (23), si la tracción aumenta sobre la sección de control, el pistón del gato hidráulico (23) recorre una carrera previamente definida (alejándose de la estructura principal (1)), es decir, las fuerzas de pretensado se amplifican. Por otro lado, si la tracción se reduce, el gato hidráulico (23) se retrae una carrera previamente definida (aproximándose a la estructura principal (1)), es decir, se reducen las fuerzas de pretensado.

El algoritmo que se ha descrito en lo que antecede se ilustra en la gráfica de la figura 5, mediante lo cual se hace referencia a las siguientes expresiones:

① Carga
② Pórtico
③ Accionador
④ Ajuste de pretensado
⑤ Estructura principal
⑥ Sensor
⑦ Señales de instrucción
⑧ Controlador automático
⑨ Transmisión de datos
⑩ Controlador semi-automático.

Este algoritmo puede también ponerse en la siguiente ecuación matemática:

$$\begin{cases} \Delta_{ai} < \sigma_{Sci}(G) + \sigma^{t}_{Sci}(Q) + nc_t \times \overline{\sigma}^{A}_{Sci} < \Delta_{ci} & \Rightarrow \quad nc_{t+\Delta t} = nc_t \\ \sigma_{Sci}(G) + \sigma^{t}_{Sci}(Q) + nc_t \times \overline{\sigma}^{A}_{Sci} > \Delta_{ci} & \Rightarrow \quad nc_{t+\Delta t} = nc_t + 1 \\ \sigma_{Sci}(G) + \sigma^{t}_{Sci}(Q) + nc_t \times \overline{\sigma}^{A}_{Sci} < \Delta_{ai} & \Rightarrow \quad nc_{t+\Delta t} = nc_t - 1 \end{cases}$$ **Ecuación (1)**

en la cual,
σ_{Sci} (G) es la tensión en la fibra relevante en la sección transversal de control i debido a la carga estática;
σ^{t}_{Sci} (Q) es la tensión en la fibra relevante en la sección transversal de control i debido a la carga dinámica en el instante t;
$\overline{\sigma}^{A}_{Sci}$ es el aumento de tensión en la fibra relevante en la sección transversal de control i producida en una carrera de gato hidráulico;
nc_t y $nc_{t+\Delta t}$ son el número de carreras que se recorren en los instantes t y t + Δt.
$nc_t \times \overline{\sigma}^{A}_{Sci}$ es la tensión en la fibra relevante en la sección transversal de control i debido a la acción del pretensado auto-ajustable en el instante t;
Δ_{ci} y Δ_{ai} son el margen de compresión y el margen de actividad del sistema ajustable (estos son los niveles de tensión que hacen que los sensores produzcan señales); la adopción de este tipo de algoritmo deberá verse seguida por unas mediciones de fijación de los ajustes del control con el fin de evitar la inestabilidad.

Por lo general, las cargas de los pórticos tienen lugar muy lentamente, por ejemplo, el relleno de hormigón de unas estructuras tales como las plataformas de puente puede llevar varias horas. De esta manera, es particularmente fácil evitar el efecto de amplificación dinámica. Todo lo que es necesario es asegurar que el período de tiempo de cada carrera es varias veces más prolongado que el período de vibración natural de la estructura principal (1). Sin embargo, la amplificación dinámica deberá cuantificarse y deberá verificar la siguiente condición:

$$\left|\overline{\sigma}_{Sci}^{A}\right| \cdot \alpha < \left|\Delta_{ai} - \Delta_{ci}\right| - \sum \left|\delta j\right| \qquad \textbf{Ecuación (2)}$$

En la cual α representa el factor de la amplificación dinámica medida durante la acción exclusiva del accionador (23) en un recorrido y *δj* representa cada incertidumbre j.

Los problemas dinámicos también pueden evitarse usando filtros de soporte lógico, por ejemplo, omitiendo los datos significativamente diferentes de los valores promedio.

En una aplicación común de la invención, las incertidumbres fundamentales que han de considerarse son: la diferencia de la tensión sobre la sección de control debido a una extensión igual al error máximo en las lecturas de extensímetro (*δ1*) y la diferencia de la tensión sobre la sección de control debido al error máximo de la colocación del pistón del gato hidráulico (23) durante un movimiento de trayectoria básico (*δ2*) (este último tiene, en sí mismo, varias incertidumbres, a saber, las relacionadas con las características del material de la estructura principal (1) y los cables (5), pérdidas de tensión y errores de construcción).

Incluso si la cuantificación del error mencionado viene dada (o las desviaciones máximas de las propiedades de los materiales) por los suministradores de equipo o de material, deberán llevarse a cabo unas pruebas para cuantificar experimentalmente los valores respectivos durante el proceso de calibración.

En este tipo de aplicación, dada la duración relativamente prolongada de la carga, en general se descartan los retardos de respuesta.

Al mismo tiempo, la siguiente ecuación deberá verificarse:

$$\sigma_{Sci}(G) - \Delta_{ai} < \left|\overline{\sigma}_{Sci}^{A}\right| - \sum \left|\delta j\right| \qquad \textbf{Ecuación (3)}$$

El cumplimiento de esta ecuación asegura que, en ausencia de carga, el sistema vuelve a su posición original.

La fijación de ajustes de control se hace de la siguiente manera:

- El aumento de tensión en la sección de control i, producido por el accionador 23 durante una carrera de pistón $\overline{\sigma}_{Sci}^{A}$, se define en función del recorrido más corto que el gato hidráulico (23) es capaz de realizar con una precisión aceptable (si la carrera se conoce, el cual es igual al estiramiento de los cables, por lo tanto se conoce el pretensado, y subsiguientemente, la variación de tensión respectiva en la sección de control también está definida);

- Una vez que ese valor se conoce y la suma de incertidumbres también se conoce (función del equipo y los materiales seleccionados), se puede determinar Δ_{ai} usando la ecuación 3;

- El valor de α se fija previamente y, a continuación, se confirma a través de ensayo;

- Por último, Δ_{ci} se fija atendiendo la ecuación 2.

La estrategia de control (b) puede determinarse por un algoritmo similar al de (a). En ese caso, la variable de control podría ser la deflexión de extensión media y se adoptaría la realización del sensor de la figura 8. Básicamente, para un pórtico con solo un accionador (23), si la deflexión de extensión media supera un valor previamente definido, el pistón del gato hidráulico (23) recorre una carrera previamente definida (alejándose de la estructura principal (1)), es decir, se amplifican las fuerzas de pretensado. Por otro lado, si la deflexión de extensión media supera otro valor previamente definido (la sección de extensión media de viga principal es “demasiado alta”), el gato hidráulico (23) se retrae una carrera previamente definida (aproximándose a la estructura principal 1), es decir, se reducen las fuerzas de pretensado. Esta segunda estrategia (b) es más simple de aplicar que la estrategia de control (a) y no es sensible a los fenómenos locales (en donde se ubica el sensor). Esta estrategia puede exponerse matemáticamente a través de unas ecuaciones similares a la ecuación 1.

Este procedimiento puede generalizarse fácilmente para unos pórticos con más de un accionador (23). El

planteamiento de unas estrategias más robustas se hace considerando factores como la forma en la que se hace el relleno de hormigón, o la consideración de cargas no simétricas, por ejemplo, plataformas curvas de puente.

El tablero de control se diseña de acuerdo con técnicas comunes, atendiendo a las preferencias o necesidades de cada caso. Este puede activarse por medio de botones tiradores o por medio de una interfaz digital. El tablero de control se ubica preferentemente en el pórtico (1) cerca del accionador (23) y la bomba hidráulica (20).

Tal como será evidente para los expertos en la materia, el control del sistema también puede hacerse de una manera semi-automática, en la cual un operario humano reemplaza la unidad de control automático. En este escenario, existiría un tablero eléctrico simple que controlaría el circuito hidráulico y los gatos hidráulicos (23), a saber, la intensidad y la dirección de las fuerzas que van a aplicarse. El operario humano recibiría las lecturas de los sensores (2) colocados en la proximidad, la superficie, el interior y / o el exterior en relación con la estructura principal 1, las interpreta y controla de forma manual qué gato o gatos (23) deberán emprender acciones, y también la dirección y el nivel de esa acción. Este sistema semi-automático es propenso a más error que el sistema completamente automático que se ha descrito en lo que antecede, si bien el mismo proporciona otra realización factible de la invención.

Con el fin de que el pórtico de la presente invención se mueva fácilmente, por ejemplo de una extensión a otra, es más importante atender a ciertos requisitos de funcionalidad. Para este fin, ciertos elementos del pórtico que sobresalen extensivamente más allá de los contornos de la estructura se diseñan por ser móviles, retraíbles o incluso desmontables. Esto es particularmente importante para los postes de conexión (13), los soportes de desviación (14) y los cables (5). Pueden diseñarse varias soluciones para lograr este objetivo, dependiendo de cada una de las características de lanzamiento. En una posible realización, la invención está provista con postes rotativos que se colocan mediante unos gatos hidráulicos secundarios (23) y cuyos recorridos rotativos están restringidos por unos dispositivos fijos estructurales (véase la figura 10).

También se busca que la estructura principal (1) sea capaz de dividirse en varias secciones modulares con el fin de adaptar esta a varias extensiones de diferentes longitudes. Esta característica es común a muchos pórticos de la técnica anterior modernos.

De acuerdo con unas características de diseño estructural, los refuerzos (12) pueden instalarse en la proximidad del área de los anclajes y las ubicaciones en las que los postes de conexión (13) se conectan a la estructura principal (1).

Los soportes de desviación (14) pueden diseñarse con algunas piezas deslizantes (que no se ilustran) en la sección de contacto con el cable o cables que proporcionan unos recorridos tangentes a este último y de esta manera reducen las eventuales fuerzas de alta fricción con el fin de prevenir la fatiga de erosión. Para ese fin también pueden usarse unas ruedas lubricadas.

También puede proporcionarse un sistema de retención mecánica de seguridad cercano al accionador (23), comprende dos tuercas ajustables instaladas sobre dos postes fijos y que son capaces de acompañar el movimiento del accionador (23) con un ligero retardo, previniendo de esta manera la retracción del accionador en caso de fallo de cualquiera de los componentes hidráulicos.

En el circuito hidráulico de los accionadores (23), pueden instalarse algunas válvulas de retención adicionales entre medias de la válvula direccional y el pistón, evitando de esta manera las pérdidas de pretensado. El sistema también está equipado preferentemente con unas alarmas que detectan los daños de seguridad. Además de las alarmas, pueden enviarse unos mensajes o señales de emergencia a un armario de control o incluso, con el tiempo, a los teléfonos móviles de los ingenieros y operarios en el emplazamiento. Además, también es preferible diseñar e instalar un sistema de Suministro de Energía Urgente (UPS, *Urgent Power Supply*) para asegurar el suministro de energía en el caso de un corte de energía.

Dependiendo de la importancia de cada caso y del riesgo involucrado, debe proporcionarse redundancia para la mayoría de los componentes electrónicos y para algunos elementos del circuito hidráulico.

Ciertos procedimientos también son aconsejables antes de cargar el pórtico en una situación de trabajo de la vida real, tal como la realización de una serie de pruebas preliminares y de calibración. Estas pruebas identifican ciertas propiedades y condiciones estructurales y mecánicas, así como también evalúan las conexiones, la elasticidad de los cables, el rendimiento del sensor o sensores y el funcionamiento y la precisión del accionador o accionadores (23). Las pruebas deberán realizarse hasta que la totalidad del sistema se haya ajustado de forma adecuada.

REIVINDICACIONES

1. Un pórtico para su uso en el proceso de construcción de puentes, viaductos y otras estructuras, comprendiendo dicho pórtico:

- una estructura principal (1);
- por lo menos un cable no adherente (5);
- un primer anclaje (16) para asegurar un extremo de dicho cable no adherente (5) a la dicha estructura (1); y un segundo anclaje para asegurar el extremo opuesto de dicho cable no adherente (5) a la dicha estructura (1);

caracterizado por que el pórtico comprende además:

- por lo menos una unidad detectora (2) capaz de medir una variación física en dicha estructura principal (1);
- un accionador (23);
- un controlador (6) capaz de activar dicho accionador (23);
- una interfaz electrónica (3) que convierte dichas mediciones de dicho sensor (2) en datos legibles y que transmite dichos datos a dicho controlador (6);
- dicho accionador (23), que descansa entre dicha estructura principal (1) y dicho cable no adherente (5) y que es capaz de un pretensado de auto-ajuste mediante el aumento o la disminución de la tensión de dicho cable no adherente (5) de acuerdo con las mediciones tomadas por dicho sensor (2) y transmitidas a dicho controlador (6), con la necesidad de contrarrestar las fuerzas internas que se generan en la estructura por las acciones externas de tal modo que dicha tensión se aumenta en respuesta a las fuerzas internas aumentadas de dicha estructura principal (1), o se disminuye en respuesta a las fuerzas internas disminuidas de dicha estructura principal (1),
- mediante lo cual, durante el uso, las deflexiones de extensión media y los momentos flexores sobre dicha estructura principal (1) se reducen de forma sustancial, debido a dicho pretensado de auto-ajuste que compensa la carga principal, reduciendo de este modo las tensiones máximas en los miembros de dicha estructura principal (1) y permitiendo unas secciones significativamente reducidas de elementos estructurales, proporcionando de esta manera un pórtico mucho más ligero y funcional.

2. Un pórtico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende un sistema de retención mecánica de seguridad cercano a dicho accionador (23) con dos tuercas ajustables instaladas sobre dos postes fijos y son capaces de acompañar el movimiento del accionador (23) con un ligero retardo, previniendo de este modo una retracción de accionador en caso de fallo de cualquier componente.

3. Un pórtico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicho controlador (6) es por lo menos un programa o autómata capaz de ejecutar por lo menos un programa informático o código de procesamiento.

4. Un pórtico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** dicho programa informático o código de procesamiento es capaz de leer dichos datos transmitidos por dicho sensor (2) y de calcular la intensidad y / o dirección de la fuerza que ha de aplicarse por dicho accionador (23) sobre dicho cable no adherente.

5. Un pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, **caracterizado por que** dicho controlador (6) es un operario humano que controla de forma manual un tablero de control que está conectado con dicho por lo menos un accionador.

6. Un pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, **caracterizado por que** dicho cable no adherente (5) puede ser interno o externo con respecto a los contornos de dicha estructura principal.

7. El pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, **caracterizado por que** dicho cable no adherente (5) tiene una distribución multi-lineal o lineal.

8. Un pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7, **caracterizado por que** la tensión de dicho cable no adherente (5) se aumenta o se disminuye por dicho accionador (23) como resultado del movimiento del anclaje (19) lejos y hacia, respectivamente, en relación con dicha estructura principal (1).

9. Un pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, **caracterizado por que** dicho accionador es por lo menos un poste extensible (13) con un primer extremo que está conectado de manera desmontable con un soporte (14) que soporta dicho cable no adherente (5) y un segundo extremo que está conectado de manera desmontable con dicha estructura principal.

10. Un pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, **caracterizado por que** el poste o postes (13) que soportan dichos soportes (14) son retraíbles o móviles, por traslación o rotación.

11. Un pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10, **caracterizado por que** dicho o cada sensor (2) está ubicado en la proximidad, sobre la superficie o el interior de los elementos del pórtico, o es externo con respecto a dicha estructura principal.

12. Un pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11, **caracterizado por que** dicho sensor (2) es un extensímetro, un transductor de presión, un LVDT, un sensor de láser, una célula de carga, un clinómetro, un sensor piezométrico o un dispositivo similar.

13. Un pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12, **caracterizado por que** dichos datos medidos por dicho o cada sensor (2) útiles para el cálculo de dicha intensidad y / o dirección de las fuerzas que han de aplicarse por el accionador (23) son por lo menos presiones, deflexiones, rotaciones, deformaciones, tensiones o niveles de carga.

14. Un pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 13, **caracterizado por que** la transmisión de dichos datos legibles entre dicho sensor (2) y dicho controlador (6) y la transmisión de dichos datos procesados entre dicho controlador (6) y dicho o cada accionador (23) se realiza mediante tecnología de circuito electrónico, de comunicación por fibra óptica, de radiofrecuencia, por infrarrojos, de WI-FI o de BlueTooth™.

15. Un pórtico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 14, **caracterizado por que** este es capaz de proporcionar soporte para el encofrado de estructuras de colada *in situ* o para segmentos prefabricados, vigas prefabricadas, o incluso para otros elementos estructurales de material.

16. Un método para equipar un pórtico previamente existente, con un sistema de pretensado de auto-ajuste, proporcionando de esta manera un pórtico de acuerdo con la reivindicación 1.

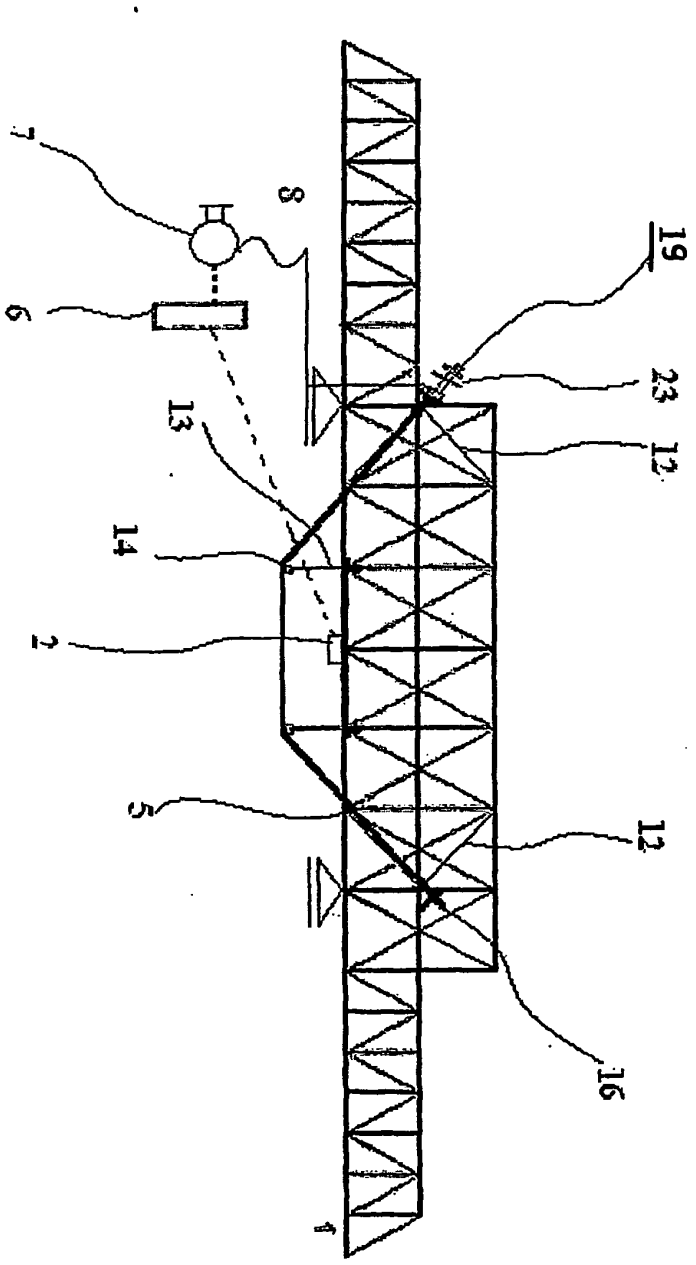

FIG. 1

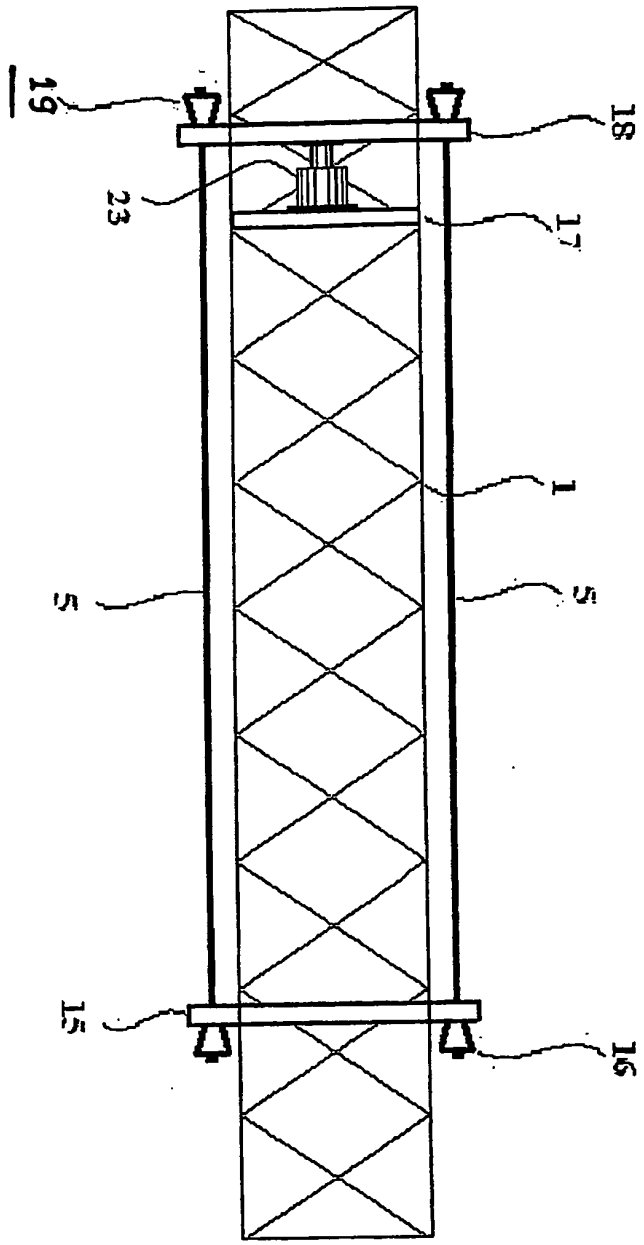

FIG. 2

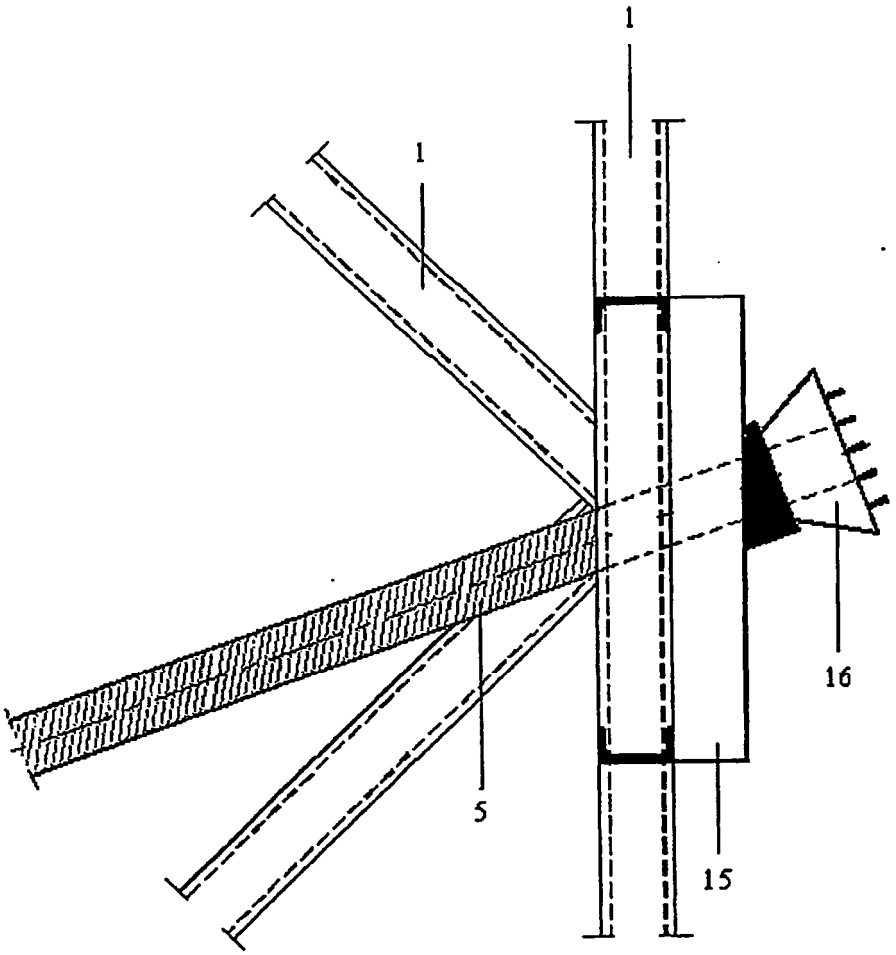

FIG. 3

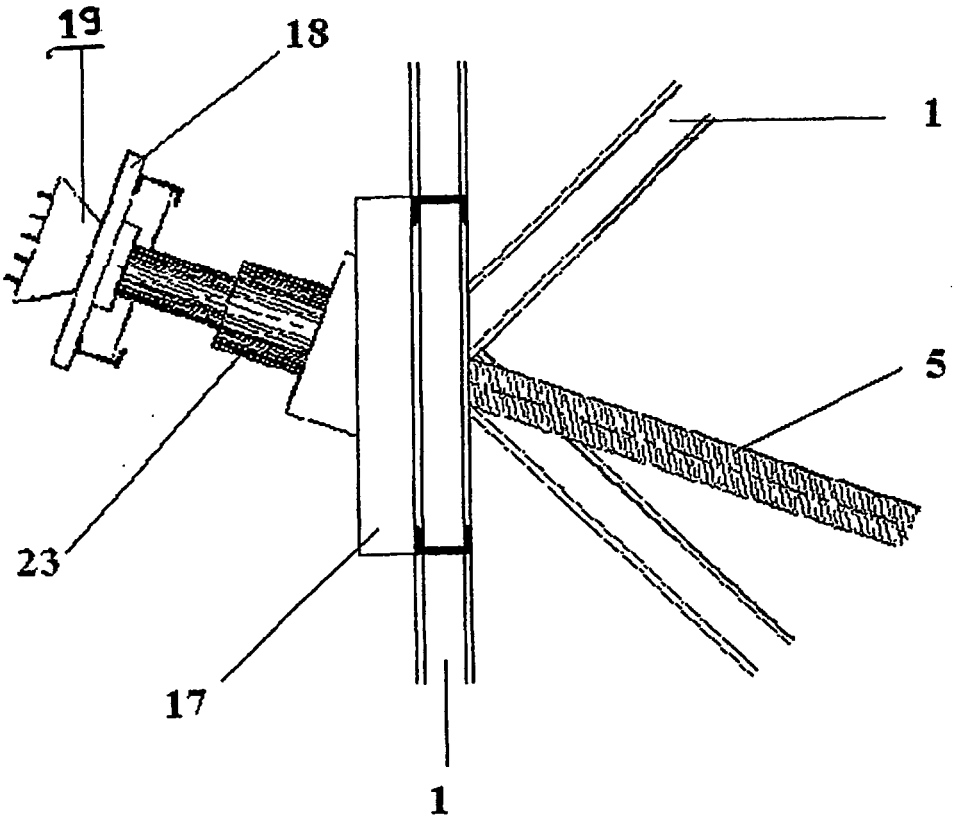

FIG. 4

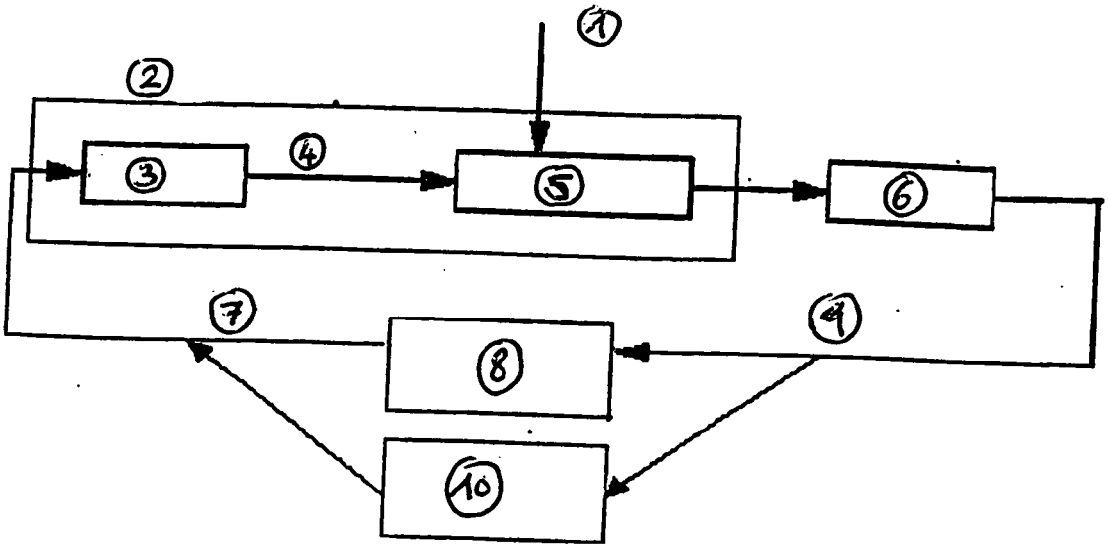

FIG. 5

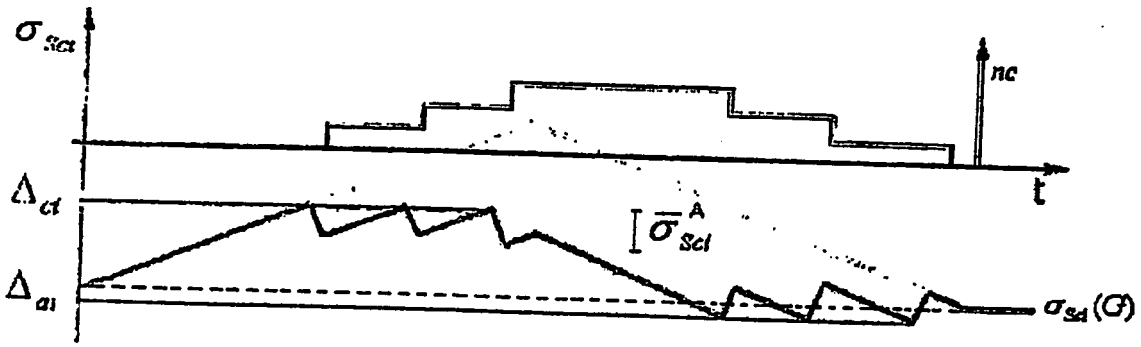

FIG. 6

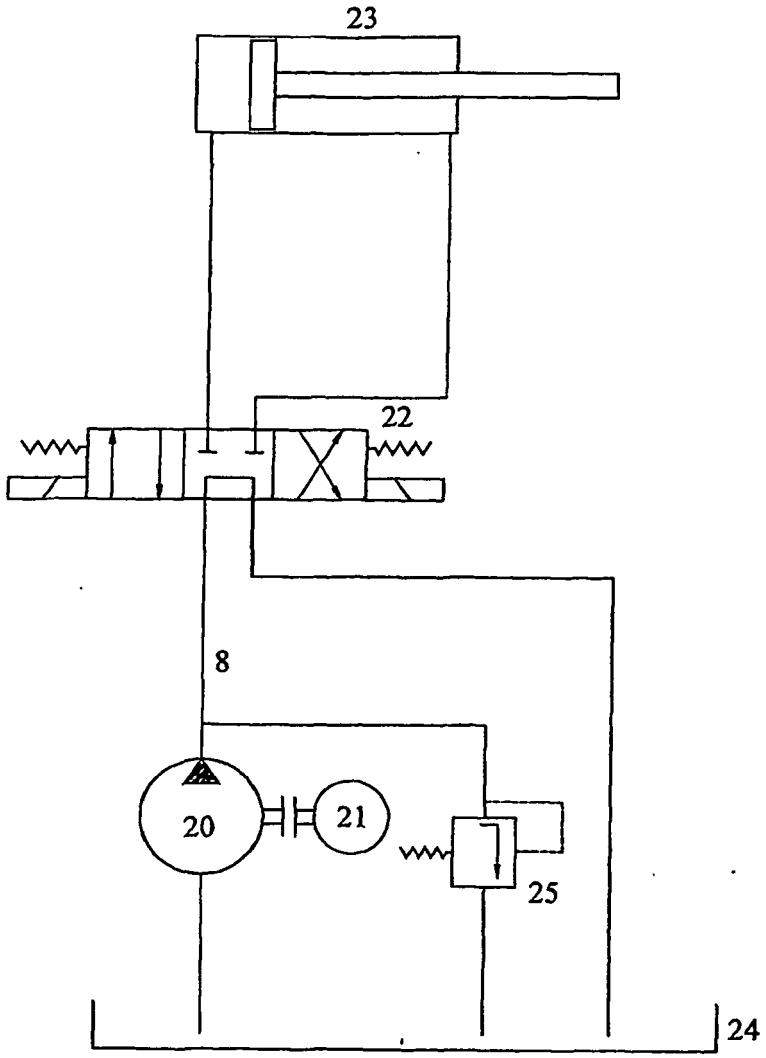

FIG. 7

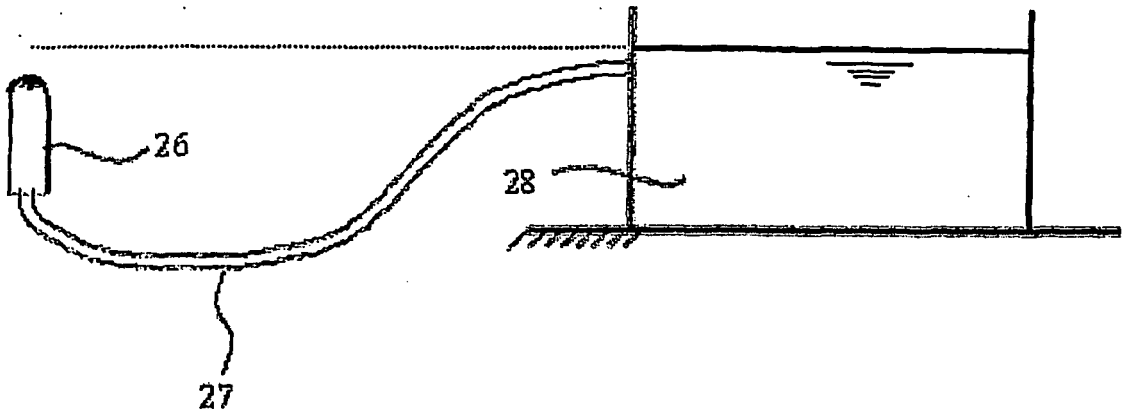

FIG. 8

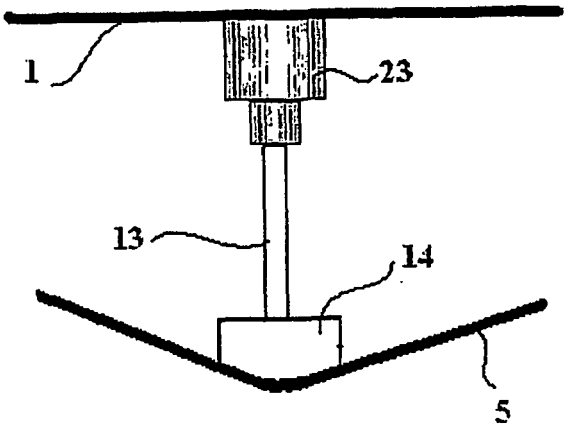

FIG. 9

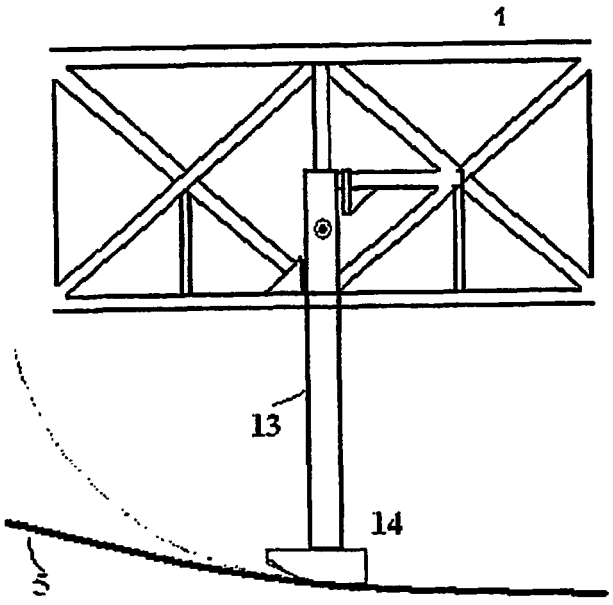

FIG. 10