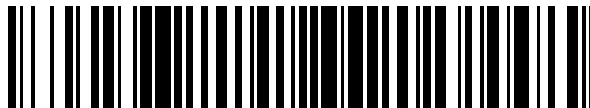


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 929 892**

51 Int. Cl.:

E04C 5/07 (2006.01)

E04G 23/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2016 PCT/IB2016/053897**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2017 WO17002043**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2016 E 16770796 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2022 EP 3318690**

54 Título: **Polímero de refuerzo de fibra de carbono y su respectiva técnica de aplicación para el reforzamiento de estructuras de concreto**

30 Prioridad:

30.06.2015 PT 2015108611

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

02.12.2022

73 Titular/es:

**CLEVER REINFORCEMENT IBERICA- MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO LDA. (50.0%)
Rua de Portugal n 20 Zona Industrial da Fontainhas Mota s/n
7350-297 Elvas, PT y
UNIVERSIDADE DO MINHO (50.0%)**

72 Inventor/es:

**OLIVEIRA DE BARROS, JOAQUIM ANTÓNIO y
FERRAZ MARQUES DOURADO, FILIPE NUNO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 929 892 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

Polímero de refuerzo de fibra de carbono y su respectiva técnica de aplicación para el reforzamiento de estructuras de concreto

5

Campo técnico

La presente solicitud describe un producto laminado de polímero reforzado con fibra de carbono y la técnica respectiva para el reforzamiento de estructuras de concreto.

10

Antecedentes

En varios casos de proyectos en el reforzamiento de estructuras de concreto reforzado (RC), la necesidad del reforzamiento a flexión requiere medidas adicionales en el refuerzo de cizallamiento para evitar la ocurrencia de este tipo de modo de falla frágil, que, en general, se produce sin signos de su ocurrencia. Así, para estos casos la práctica de rehabilitación se somete a la aplicación de dos sistemas de refuerzo, uno para la flexión y otro para el cizallamiento. Una situación similar también ocurre para losas, donde a veces la necesidad de reforzamiento a flexión para momentos de flexión negativos requiere reforzamiento por punzonado.

15

20

25

30

35

Los dos inventores, el Prof. Joaquim Barros de la Universidade do Minho, y el Ing. Filipe Dourado, CEO de Clever Reinforcement Iberica - Materiais de Construção Lda., tiene una intensa colaboración en la investigación sobre el área de polímeros de refuerzo de fibra de carbono (CFRP - Carbon Fiber Reinforcement Polymer) aplicada de acuerdo con la técnica de Montado Cerca de la Superficie (NSM), y que en portugués se puede designar como "Instalação proximo da superficie". Desde principios del siglo actual, el Ing. Filipe Dourado ha colaborado con la investigación en curso llevada a cabo por el Prof. Joaquim Barros sobre el uso de productos laminados de CFRP aplicados de acuerdo con la técnica NSM para el reforzamiento de estructuras de hormigón, mampostería y madera. Se ha evaluado la eficiencia de esta técnica para el reforzamiento de flexión de vigas y losas de RC [1-3], para el reforzamiento de cizallamiento de vigas de RC [4,5], así como para el incremento simultáneo de la capacidad de flexión y disipación de energía de las columnas de RC, donde se ha demostrado que estos productos laminados de CFRP se utilizan con tiras (aros) de láminas de CFRP húmedas para reforzamiento de cizallamiento y confinamiento de concreto [6]. Las condiciones de unión de los productos laminados de CFRP aplicados de acuerdo con la técnica de NSM se han investigado adecuadamente [7]. Recientemente, el uso conjunto de sistemas CFRP para el reforzamiento a flexión y de cizallamiento se exploró por la investigación experimental [8] y numérica [9], que ha demostrado el interés por el concepto de producto laminado de CFRP destinado a desarrollarse bajo el presente proyecto. Recientemente se evaluó la extraordinaria eficiencia en el reforzamiento de cizallamiento proporcionado por varillas que se insertaron en agujeros ejecutados en la sección de vigas de RC, habiendo demostrado que es posible convertir el modo de falla frágil por cizallamiento en modo de falla dúctil por flexión [10].

40

45

La herencia de conocimiento adquirida por los inventores en los últimos quince años en el ámbito del reforzamiento de estructuras con materiales compuestos ha permitido una profunda comprensión de las ventajas y debilidades de los sistemas actuales. Las desventajas de las técnicas de reforzamiento basadas en el uso de polímeros reforzados con fibra (FRP) son principalmente su desprendimiento prematuro, especialmente cuando se utiliza la técnica de refuerzo unido externamente (EBR), así como su susceptibilidad a altas temperaturas y actos de vandalismo. Cuando se aplica de acuerdo con la técnica de NSM, la capacidad de reforzamiento de los productos laminados de CFRP no se aprovecha completamente, debido a la desprendimiento prematuro de la cubierta de concreto que incluye estos productos laminados, o por deslizamiento junto al sustrato.

50

El documento JP2003003674 divulga un sistema de refuerzo que comprende una parte en forma de lámina, equipada con una pluralidad de porciones de extensión que se extienden hacia afuera desde cada una de las cuatro esquinas de la porción de lámina. Esta invención es una lámina hecha de fibras que se aplica en la superficie de tres caras de una viga.

55

El documento JP2012207387 divulga una estructura de refuerzo para madera que incluye una varilla de fibra de aramida de la cual se dobla un extremo y una madera con un agujero y una ranura que se extiende desde el agujero a lo largo de la cara frontal, y el extremo de la varilla de fibra de aramida se inserta en el agujero y la varilla de fibra de aramida se extiende de un extremo al otro extremo y se encaja en la ranura.

Descripción general

60

65

La presente invención describe un producto laminado de polímero de refuerzo de fibra de carbono (CFRP) de acuerdo con la reivindicación 1, un uso de este de acuerdo con la reivindicación 5 y un método para el reforzamiento de una viga o losa de concreto de acuerdo con la reivindicación 3. Un producto laminado de CFRP con una forma de clip (no de acuerdo con la invención) está formado por tres segmentos rectos y dos zonas de transición, o bastón, constituidas por dos segmentos rectilíneos y una zona de transición (codo), en los cuales las ramas de extremidades aseguran el reforzamiento de cizallamiento en vigas o perforaciones en losas, en tanto que la parte restante del producto laminado asegura el refuerzo a flexión. Este producto está destinado a aplicarse en el área de construcción.

Estudios analíticos y simulaciones numéricas avanzadas, y los estudios paramétricos realizados con estos modelos

proporcionaron información privilegiada que es el terreno para el producto laminado de CFRP que ahora se presenta. De hecho, el producto laminado desarrollado resulta de la transformación de un producto laminado actualmente producido por Clever Reinforcement Iberica - Materiais de Construção Lda en su fábrica de Elvas, donde un mecanismo desarrollado permite ejecutar las zonas de transición (codos) que otorga el producto laminado con el clip (no de acuerdo con la invención) o configuraciones en forma de bastón.

Estas configuraciones aseguran al producto laminado la capacidad de reforzamiento, simultáneamente, en vigas de RC de flexión y cizallamiento, en losas de RC de flexión y punzonado, y en flexión con anclaje en el caso de columnas, balcones, voladizos y elementos relacionados. El producto laminado original CFRP tiene una sección transversal constante, con un ancho que puede variar entre 10 y 20 mm, y un espesor de 1,4 mm.

Las extremidades del producto laminado CFRP se introducen en agujeros abiertos en la sección del elemento a que se va a reforzar, de manera similar a la técnica de sección de canal embebido (ETS), que demostró una eficiencia extraordinaria en el reforzamiento de cizallamiento de vigas de concreto [10]. La inclinación y longitud de las extremidades del producto laminado dependen del tipo de refuerzo que se va a ejecutar, por lo que son datos del proyecto de reforzamiento. El programa experimental más grande y completo realizado hasta la fecha con respecto al uso de productos laminados de CFRP para el reforzamiento de cizallamiento de vigas de RC de acuerdo con la técnica de NSM [4] ha demostrado que la eficiencia de esta técnica depende significativamente de la inclinación de los productos laminados, la calidad del concreto circundante, el porcentaje de estribos de acero existentes en la viga a fortalecer y la rigidez de los sistemas de reforzamiento. Por otro lado, los resultados de las pruebas de evaluación de eficiencia de la técnica de ETS para el reforzamiento de cizallamiento de vigas han demostrado que debido al hecho de que los elementos de refuerzo de reforzamiento se introducen en la sección, se garantiza un nivel de eficiencia mucho superior en comparación con las técnicas de NSM y EBR. Esto se justifica por el mayor confinamiento ofrecido por el concreto que circunda estos elementos de refuerzo cuando se utiliza la técnica de ETS, así como la superficie de fractura más grande que se desarrolla durante el proceso de extracción de los elementos de refuerzo cruzados por las grietas de cizallamiento. Estas conclusiones también se confirmaron por los estudios paramétricos presentados [5].

Para evaluar el potencial del nuevo tipo de producto laminado, los productos laminados de CFRP estándar se transformaron manualmente, para estar con la configuración prevista, es decir, clip (no de acuerdo con la invención) o bastón, y se llevó a cabo un programa exploratorio experimental preliminar que consiste en vigas y losas de RC, a partir del cual se verificó la mayor eficiencia de estos nuevos productos laminados y su técnica de reforzamiento respectiva, en comparación con los productos laminados y técnicas tradicionales, como se muestra en las figuras 7 y 8. De hecho, los productos laminados de CFRP con un clip (no de acuerdo con la invención) o configuración de bastón con las extremidades insertadas en la sección son muy eficientes en el reforzamiento de cizallamiento y punzonado. Esto se debe al alto confinamiento proporcionado por el concreto circundante al producto laminado, la superficie más grande que resiste a la fractura de concreto que se moviliza durante el proceso de extracción de un producto laminado atravesado por una grieta de cizallamiento potencial, y el efecto de anclaje proporcionado por la parte central del producto laminado utilizado para el reforzamiento a flexión. A su vez, la eficiencia para el reforzamiento a flexión es muy superior a la lograda con los productos laminados de CFRP estándar aplicados de acuerdo con la técnica de NSM, ya que las extremidades del nuevo producto laminado, cuando se introducen en los agujeros ejecutados dentro de la sección, aseguran un efecto de anclaje extraordinario a la parte media del producto laminado utilizado para el reforzamiento a flexión. Por lo tanto, la transición entre los tres segmentos, dos en el producto laminado de bastón, que forman este nuevo producto laminado son las zonas críticas. Estas zonas se realizan a través de un mecanismo diseñado para asegurar la inclinación adecuada sin pérdida de rigidez y resistencia. Estas zonas se tratan termo-mecánicamente, manteniendo una configuración trenzada, y que se recubren con un manguito de fibra.

De esta manera, los resultados de la investigación experimental, analítica y numérica, junto con los resultados exploratorios ya realizados, muestran que el producto laminado propuesto tiene una eficiencia superior en comparación con lo que se asegura por los actuales. Las extremidades de este nuevo tipo de producto laminado, al insertarse en la sección del elemento que se va a reforzar, están más protegidas contra el efecto perjudicial de las altas temperaturas, en comparación con los actuales sistemas de FRP comercializados. Por lo tanto, incluso bajo fuego, los nuevos tipos de productos laminados funcionan como tendones, en los que el anclaje está asegurado por las zonas de las extremidades del producto laminado que se incrustan en el concreto de acuerdo con la técnica de ETS. Este tipo de producto laminado también se puede usar en el reforzamiento a flexión de columnas y voladizos/consolas (tipos de balcón y relacionados), con plena movilización de la capacidad de tracción del producto laminado de CFRP. En este caso, las extremidades del producto laminado se insertan, con la inclinación y longitud de anclaje deseadas, en agujeros ejecutados en los elementos conectados a las columnas o en los elementos conectados a los voladizos o consolas.

El presente producto laminado de CFRP tiene la capacidad de, simultáneamente, servir como un refuerzo para el reforzamiento a flexión y cizallamiento de vigas de RC, y para reforzamiento a flexión y perforación de losas de RC. También se puede aplicar en el reforzamiento a flexión de columnas de RC, balcones y voladizos, mediante el anclaje de la extremidad inclinada del nuevo producto laminado de CFRP, designado en este caso como producto laminado adhesivo, en los agujeros ejecutados en elementos de hormigón conectados a los elementos que se van a reforzar. La capacidad de reforzamiento de este producto laminado es mayor que cualquier otro sistema de FRP actualmente en el mercado, ya que la deformación por tracción máxima posible para que se movilice es cercana a la deformación por tracción final, como se observó en los programas experimentales exploratorios ya ejecutados, así como a través de simulaciones numéricas

realizadas. La técnica para la aplicación de este nuevo tipo de producto laminado también contribuyó a su mayor eficiencia de reforzamiento, dado que más allá de los beneficios derivados de un buen anclaje de producto laminado, sus extremidades están protegidas del efecto perjudicial de las altas temperaturas, por lo que el producto laminado, incluso bajo fuego, desarrolla una capacidad de refuerzo, como si se tratara de un tendón, mucho más grande que cualquier sistema de FRP existente. El adhesivo epoxi (S&P 55) utilizado para unir las extremidades del producto laminado al concreto circundante, llena por sí mismo el espacio entre el producto laminado y el sustrato en los agujeros debido a su alta fluidez, lo que permite un llenado más completo y rápido que los sistemas de unión actualmente existentes.

A lo largo de esta solicitud se considera que una fluidez elevada es igual a una viscosidad entre 850 e 1150 mPa*s.

La naturaleza de este nuevo tipo de producto laminado y la técnica de reforzamiento se basan en la acumulación de conocimientos sólidos respaldados por investigaciones experimentales, numéricas y analíticas realizadas durante los últimos 15 años sobre el uso de FRP para el reforzamiento estructural. Esta investigación permitió demostrar que los productos laminados de CFRP de sección transversal rectangular, cuando se aplican de acuerdo con la técnica de NSM, son más eficaces en el reforzamiento a flexión que los sistemas aplicados de acuerdo con la técnica de EBR. Esto proviene del hecho de que el producto laminado está confinado dentro de una ranura ejecutada en la cubierta de concreto, por lo tanto, el desprendimiento prematuro observado en los sistemas aplicados de acuerdo con la técnica de EBR no se registra en los productos laminados aplicados de acuerdo con la técnica de NSM. Más allá de esto, los modelos analíticos y numéricos han demostrado que cuanto mayor es la relación entre el perímetro del producto laminado y su sección transversal, mayor es su capacidad de fijación al sustrato de concreto [2]. Sin embargo, la alta concentración de tensión en las extremidades de los productos laminados de CFRP aplicados de acuerdo con la técnica de NSM conduce al desprendimiento de la cubierta de concreto que comienza en esas áreas y progresa a lo largo de casi todo el producto laminado [3]. Esto limita el reforzamiento potencial del producto laminado ya que la deformación por tracción máxima movilizada puede ser significativamente menor que la deformación por tracción final del producto laminado. Por lo tanto, al haber doblado las extremidades en el producto laminado, insertado en los agujeros ejecutados en la sección de la estructura que se va a reforzar, se evita el desprendimiento prematuro y las partes críticas del producto laminado se protegen contra el efecto perjudicial de las altas temperaturas típicas de un incendio.

Por otro lado, la investigación realizada sobre el reforzamiento de cizallamiento con productos laminados de CFRP aplicados de acuerdo con las técnicas de NSM y ETS ha demostrado que la eficiencia de reforzamiento es mayor cuando se utiliza la técnica de ETS, dado el mayor confinamiento asegurado por el concreto circundante [10]. Por tal hecho, en el producto laminado propuesto, sus extremidades se aplican de acuerdo con las técnicas de ETS, pero ahora se recurre al producto laminado de sección rectangular debido al hecho ya indicado de que esta geometría asegura mejores condiciones de unión que el refuerzo de sección circular. Además de eso, el adhesivo que se aplicará en estas zonas, de alta fluidez, asegurará un llenado de espacio más rápido y más completo entre el producto laminado y el sustrato circundante.

Intervalos y posibles variaciones

La eficiencia y rentabilidad de la técnica de reforzamiento depende del rigor asegurado para la longitud e inclinación requeridas de las extremidades del producto laminado, así como de la calidad y rigor en la ejecución de las zonas de transición (codos). Sin embargo, un error por debajo del 10% ya sea en la inclinación o en la longitud de las extremidades no afecta significativamente el rendimiento del nuevo tipo de producto laminado y la técnica de reforzamiento respectiva, así como en el procedimiento de ejecución temporal de esta técnica. Se admite un nivel de error igual para el diámetro de los agujeros donde se insertan las extremidades del producto laminado. Estas tolerancias relativamente altas se justifican por la flexibilidad adecuada de las zonas de transición del producto laminado, lo que permite algún ajuste en el sitio de trabajo con respecto a la inclinación de las extremidades del producto laminado. La inclinación de extremidades del producto laminado varía de 30 a 90 grados con el eje de la viga (o la superficie media de la losa), y debe ser lo más ortogonal posible a las grietas debido al cizallamiento (vigas) o perforación (losas). Teniendo en cuenta los modos de cizallamiento y falla de punzonado observados en vigas y losas de concreto reforzado, respectivamente, la inclinación de las extremidades de los productos laminados debe estar cerca de 45 grados, pero una variación de +/- 15 grados es perfectamente aceptable (inclinaciones de 30 a 60 grados), y la suposición de extremidades verticales (ortogonales al eje de la viga o a la superficie media de la losa) aún puede ser una alternativa efectiva cuando las dificultades en la ejecución de los agujeros inclinados son un obstáculo considerable por razones técnicas/económicas. La longitud de cada una de las partes que componen el producto laminado, dependerá completamente de las condiciones del proyecto para el reforzamiento estructural, pero un error del 10% no compromete su eficacia. Sin embargo, cuanto mayor sea la longitud de los productos laminados incrustados en la sección transversal del elemento de RC que se va a reforzar, mayor será la eficiencia del reforzamiento de cizallamiento/punzonado.

Breve descripción de las figuras

Para comprender mejor la técnica, las figuras se presentan en el anexo, que representan realizaciones preferibles que, sin embargo, no se pretende que limiten el objeto de la presente invención, que solo se define y se limita por las reivindicaciones anexas.

La figura 1 muestra un tipo de clip de producto laminado de CFRP que no forma parte de la presente invención.

La figura 2 muestra un tipo de bastón de producto laminado de CFRP de acuerdo con la invención.

La figura 3 muestra una aplicación de producto laminado tipo clip para el reforzamiento a flexión y cizallamiento simultáneos de vigas de concreto reforzado que no forma parte de la invención.

5 La figura 4 muestra una aplicación de producto laminado tipo clip para el reforzamiento a flexión y punzonado simultáneos de losas de concreto reforzado que no forma parte de la invención.

La figura 5 muestra una aplicación de producto laminado tipo clip para el reforzamiento a flexión de columnas de concreto reforzado con extremidades del producto laminado ancladas que no forman parte de la invención.

La figura 6 muestra una aplicación de producto laminado tipo bastón para el reforzamiento a flexión a momentos de flexión negativos de estructuras de concreto reforzado de tipo voladizo como balcones de acuerdo con la invención.

10 La figura 7 muestra una viga reforzada.

La figura 8 muestra una prueba exploratoria sobre el uso de los nuevos tipos de productos laminados para el reforzamiento a flexión y punzonado simultáneos de losas de RC: a) configuración de los productos laminados; b) falla por punzonado de la losa de referencia; c) falla por flexión en la losa de RC reforzada con un incremento del 30% en la capacidad de carga y del 33% en la capacidad de desviación, utilizando un pequeño porcentaje de los nuevos productos laminados, ejecutados mediante un proceso manual por transformación de los productos laminados de Clever.

Descripción de las realizaciones

20 En lo sucesivo, se describirán algunas realizaciones de una manera más detallada, que sin embargo no se propone que limiten el alcance de la invención. La presente solicitud describe los productos laminados de CFRP como los que se muestran en las figuras 1 y 2, así como la técnica de reforzamiento para estructuras de concreto utilizando estos productos laminados.

Tipos de productos laminados

25

Los productos laminados mostrados en las figuras 1 y 2 se elaboran a partir de productos laminados de sección transversal de $1,4 \times 10 \text{ mm}^2$ o $1,4 \times 20 \text{ mm}^2$. La transformación, ejecutada por un automatismo, introduce las zonas de transición (Tz), codos, presentadas en las figuras mencionadas, que es el producto laminado capaz de tomar una forma de clip (figura 1) (no de acuerdo con la invención) o una forma de bastón (figura 2). La zona de transición se ejecuta mediante un tratamiento termo-mecánico, en el que por incremento de temperatura, con un horno existente en el mecanismo, el adhesivo se vuelve viscoso, de manera que se hace posible asegurar la inclinación requerida a la extremidad de los productos laminados. Este proceso es seguido por la aplicación de un movimiento de rotación a la parte formada por la zona de transición y su extremidad del producto laminado correspondiente, en tanto que la otra parte del producto laminado se mantiene sujeta, lo que introduce una configuración de trenzado a la zona de transición. Esta zona de transición luego se sumerge con adhesivo y se recubre con un manguito de fibra para lograr la rigidez prevista, que es el proceso finalizado mediante el curado de esta zona.

35

40 En la figura 1 se muestra con precisión una representación del producto laminado de CFRP con una forma de clip (no de acuerdo con la invención) con sus dos extremidades inclinadas, que son capaces de tener dos inclinaciones diferentes ($\Theta 1$ and $\Theta 2$). El producto laminado está formado por tres ramas: central con una longitud de L_b , que tiene la función fundamental de garantizar el reforzamiento a flexión del elemento de RC que se va a reforzar; ambas extremidades, cuya longitud puede ser diferente, $LS1$ y $LS2$, que tienen como objetivo principal proporcionar el reforzamiento de cizallamiento requerido. Estas ramas están conectadas por una zona de transición (TZ), que está formada por un tratamiento termo-mecánico complementado por una camisa de fibra con el fin de asegurar la resistencia y rigidez requeridas para evitar una falla prematura debido al desarrollo de un gradiente de tensión causado por la variación en la orientación de las partes del producto laminado y la existencia de diferentes condiciones de anclaje en las partes de los productos laminados.

45

50 En la figura 2 se muestra una representación de un producto laminado de CFRP tipo bastón con una extremidad plegada, que es capaz de tomar la orientación deseada. El producto laminado está formado por dos ramas, una con una longitud L_b para el reforzamiento a flexión, y otra con una longitud L_s que puede servir para el reforzamiento de cizallamiento y/o para asegurar un anclaje adecuado a la parte de reforzamiento a flexión. Estas ramas se conectan por un área de transición (TZ).

Técnicas de reforzamiento

55

60 La técnica de reforzamiento consiste en instalar la parte del producto laminado destinada al reforzamiento a flexión (L_b en las figuras 1 y 2) en una ranura hecha en la cubierta de concreto del elemento de RC para reforzar (zona con una longitud $L1$ y $L2$ como se muestra en la figura. 3a) y en la instalación de la extremidad (extremidades) del producto laminado en agujeros previamente abiertos en la sección del elemento que se va a reforzar (figura 3a, 3e y 3f). Después de la ejecución de la ranura y agujeros, se limpian con aire comprimido o una técnica equivalente. La ranura debe tener un ancho (ag) entre 4,5 y 5,5 mm (figura 3g) y una altura (bg) igual a la altura de la sección transversal del producto laminado más 1,0 a 3,0 (figura 3g). Por otro lado, el diámetro del agujero debe ser igual a la mayor dimensión de las dimensiones de la sección transversal del producto laminado más 1,0 a 3,0 mm (figura 3f). Antes de introducir el producto laminado en la ranura y los agujeros, el producto laminado se limpia con un agente desengrasante. El adhesivo para fijar la parte L_b del producto laminado al concreto, S&P 220, se produce de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de adhesivos, aunque se puede utilizar otro adhesivo siempre que se demuestre mediante pruebas de extracción que se

65

logran condiciones iguales o superiores de unión del producto laminado al concreto. El adhesivo se aplica con espátula, tubo exprimible u otro mecanismo de boquilla para llenar completamente la ranura con el adhesivo en toda la longitud L_b y parte de la zona de transición para sellar la parte inferior de los agujeros. En las caras laterales del producto laminado (10 o 20 mm de ancho), a lo largo de la longitud L_b , se aplica una fina capa de adhesivo, y el producto laminado se introduce inmediatamente en la ranura y agujeros respectivos. Después de que se han aplicado los productos laminados, y en tanto que se asegura un período de curado para el adhesivo de al menos 24 horas, se introduce un adhesivo de alta fluidez por gravedad, en la parte superior de los agujeros, con el fin de unir las extremidades del producto laminado al concreto circundante (figuras 3e, 3f y 3h). El período de curado para los dos tipos de adhesivos usados debe ser el indicado por el fabricante de estos adhesivos.

Los productos laminados en forma de clip (no de acuerdo con la invención) son especialmente adecuados para el reforzamiento a flexión y cizallamiento simultáneos de vigas. En el ejemplo que se muestra en la figura 3a, una viga con una sección transversal en T se refuerza para momentos de flexión positivos y fuerzas de cizallamiento al usar un producto laminado de clip (L1) dispuesto a lo largo del plano de simetría longitudinal de la viga, como se muestra en la figura 3c, y mediante dos productos laminados de clip (L2) dispuestos a lo largo de la viga, cerca de las caras laterales de la viga, como se muestra en la figura 3b. A lo largo de la longitud L_1 , la viga se refuerza por flexión con 3 productos laminados, como se muestra en las figuras 3a y 3d, en tanto que en la longitud L_2 la viga tiene solo 2 productos laminados para el reforzamiento a flexión, como se muestra en las figuras 3a y 3c. La parte central de los productos laminados (L_b) asegura el reforzamiento a flexión y ofrece resistencia contra la propagación de grietas por flexión (CRf), en tanto que las partes de las extremidades de los productos laminados (L_s) aseguran el reforzamiento de cizallamiento y ofrecen resistencia a la apertura y deslizamiento de las grietas por cizallamiento (CRs). Las partes laterales del producto laminado, en tanto que están inclinadas, se insertan en agujeros abiertos en la sección transversal de la viga, con un diámetro igual al lado más grande de la sección transversal del producto laminado, b_f , más aproximadamente 2 mm, como se muestra en la figura 3e. Después de instalar el producto laminado, el agujero se llena con adhesivo de alta fluidez para llenar por gravedad los espacios existentes entre el producto laminado y la pared del agujero, como se muestra en las figuras 3h y 3f.

Los productos laminados de clip (no de acuerdo con la invención), como se muestran en la figura 4, también se proponen para el reforzamiento a flexión y punzonado simultáneos de losas de RC. Las partes centrales de los productos laminados se utilizan para el reforzamiento a flexión, así como para asegurar las condiciones de anclaje a las partes de las extremidades del producto laminado. Estas partes de extremidad tienen la función principal de asegurar el reforzamiento de punzonado y proporcionar condiciones de anclaje adecuadas a la parte central del producto laminado dedicado al reforzamiento a flexión. La parte central del producto laminado ofrece resistencia a la propagación de grietas por flexión (CRf), en tanto que las ramas de las extremidades ofrecen resistencia a la apertura y deslizamiento de grietas por cizallamiento (CR).

El productos laminados de clip (no de acuerdo con la invención) o de bastón, como se muestra en la figura 5, también se pueden utilizar para el reforzamiento a flexión de columnas, donde la parte no inclinada tiene la función de asegurar el reforzamiento a flexión requerido, y la extremidad (extremidades) para asegurar las condiciones de anclaje necesarias para un reforzamiento a flexión eficaz evitando un desprendimiento prematuro del producto laminado.

Los productos laminados de bastón, como se muestra en la figura 6, se indican particularmente para incrementar la capacidad de flexión para el momento de flexión negativo en estructuras de tipo voladizo, tal es el caso de los balcones que se muestran en la figura. La parte horizontal del producto laminado asegura el reforzamiento de flexión previsto, en tanto que la longitud L_a asegura las condiciones de anclaje del producto laminado previstas.

La figura 7 muestra la configuración de reforzamiento de las vigas de RC adoptadas en el programa experimental en curso.

La figura 8 muestra la configuración de reforzamiento de las losas de RC adoptadas en el programa experimental actual - figura 8a, el modo de falla frágil por punzonado registrado en la losa de referencia, como se muestra en la figura 8b, y el modo de falla dúctil por flexión observado en la losa de RC reforzada con los nuevos tipos de productos laminados de CFRP, como se muestra en la figura 8c.

Referencias

1. Sena-Cruz, J.M.; Barros, J.A.O.; Coelho, M.; Silva, L.F.F.T., "Efficiency of different techniques in flexural strengthening of RC beams under monotonic and fatigue loading", *Construction and Building Materials Journal*, 29, 275-182, 2011.
2. Barros, J.A.O.; Dias, S.J.E.; Lima, J.L.T., "Efficacy of CFRP-based techniques for the flexural and shear strengthening of concrete beams", *Cement and Concrete Composites Journal*, 29(3), 203-217, marzo de 2007.
3. Barros, J.A.O., Fortes, A.S., "Flexural strengthening of concrete beams with CFRP laminates bonded into slits", *Cement and Concrete Composites Journal*, 27(4),471-480, 2005.
4. Dias, S.J.E.; Barros, J.A.O., "Shear strengthening of RC beams with NSM CFRP laminates: experimental research and analytical formulation", *Composite Structures Journal*, 99, 477-490, 2013.
5. Bianco, V., Barros, J.A.O., Monti, G., "Three dimensional mechanical model to simulate the NSM FRP strips shear strength contribution to a RC beam: parametric studies", *Engineering and Structures*, 37, 50-62, 2012.

6. Perrone, M., Barros, J.A.O., Aprile, A., "CFRP-based strengthening technique to increase the flexural and energy dissipation capacities of RC columns", *ASCE Composites for Construction Journal*, 13(5), 372-383, octubre de 2009.
7. Costa, I.G.; Barros, J.A.O., "Critical analysis of fibre-reinforced polymer near-surface mounted double-shear pull-out tests", *Strain - An International Journal for Experimental Mechanics*, doi: 10.1111/str.12038, 2013.
- 5 8. Costa, I.G., Barros, J.A.O., "Flexural and shear strengthening of RC beams with composites materials - the influence of cutting steel stirrups to install CFRP strips", *Cement and Concrete Composites Journal*, 32, 544-553, 2010.
9. Barros, J.A.O.; Costa, I. G.; Ventura-Gouveia, A., "CFRP flexural and shear strengthening technique for RC beams: experimental and numerical research", *Advances in Structural Engineering Journal*, 14(3), 559-581, 2011.
- 10 10. Barros, J.A.O.; Dalfre, G.M., "Assessment of the effectiveness of the embedded through-section technique for the shear strengthening of RC beams", *Strain International Journal*, 49(1), 75-93, 2013.

La presente tecnología no se restringe, naturalmente, de ninguna manera a las realizaciones descritas en este documento y una persona experta en la técnica podría predecir muchas posibilidades de modificación de tecnología sin desviarse del alcance de la invención que solo se define por las reivindicaciones anexas.

15 Las siguientes reivindicaciones definen la invención y sus realizaciones preferidas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un producto laminado de polímero reforzado con fibra de carbono con una forma de bastón para reforzar una viga de concreto reforzado con un eje o una losa de concreto con un plano de losa, la viga o losa que tiene estribos incrustados en el interior y una cubierta de concreto, cuya viga o losa comprende ranuras y agujeros para la inserción de este producto laminado de polímero reforzado con fibra de carbono y material adhesivo de alta fluidez, donde la forma de bastón comprende dos segmentos rectilíneos (Ls, Lb) y una zona de transición (Tz) que conecta los dos segmentos rectilíneos (Ls, Lb), donde el segmento externo (Ls) forma una extremidad de la forma de bastón del producto laminado de polímero reforzado con fibra de carbono, donde en uso la inclinación de la extremidad varía entre 30 y 90 grados con respecto al eje de viga o el plano de losa de la viga de concreto reforzado o losa de concreto que se va a reforzar respectivamente.
- 10
2. Un producto laminado de polímero reforzado con fibra de carbono de acuerdo con la reivindicación anterior, que presenta una sección transversal constante con un ancho entre 10 y 20 mm y un espesor de 1,4 mm.
- 15
3. Método de refuerzo para un refuerzo de una viga de concreto o losa de concreto al usar el producto laminado de polímero reforzado con fibra de carbono de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende los siguientes pasos:
- 20
- abrir una ranura en la cubierta de concreto de la viga de concreto reforzado o losa de concreto que se va a reforzar;
 - abrir un agujero con un diámetro igual a la dimensión máxima de la sección transversal del producto laminado más 1,0 a 3,0 mm;
 - limpieza de la ranura y agujero
- 25
- B5 con aire comprimido;
- Limpieza del producto laminado con un agente desengrasante;
 - Ejecución de adhesivo y su aplicación a lo largo de la ranura, y aplicación de una fina capa de adhesivo en los lados laterales de uno de los segmentos rectilíneos del producto laminado;
 - Introducción del segmento rectilíneo (Lb) para reforzamiento a flexión en la ranura, e introducción del otro de los
- 30
- segmentos rectilíneos (Ls) del producto laminado que forma la extremidad en el agujero;
 - Después de curar el adhesivo aplicado en un segmento rectilíneo (Lb), llenar con adhesivo de alta fluidez el espacio entre el otro segmento rectilíneo que forma la extremidad (Ls) del producto laminado y la pared del agujero.
- 35
4. Método de refuerzo de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el ancho de la ranura abierta en la cubierta de concreto está comprendido entre 4,5 y 5,5 mm.
5. Uso del producto laminado de polímero reforzado con fibra de carbono de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, para el refuerzo de una viga o losa de concreto reforzado.

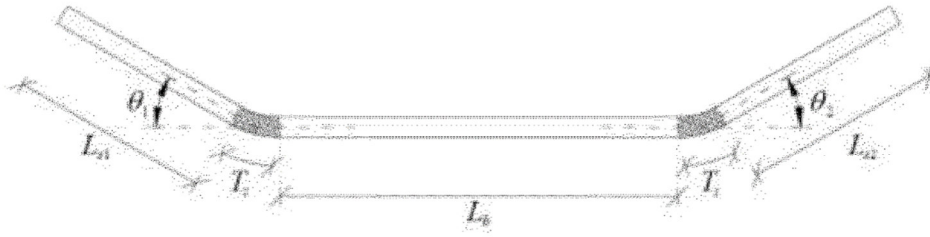


Fig. 1

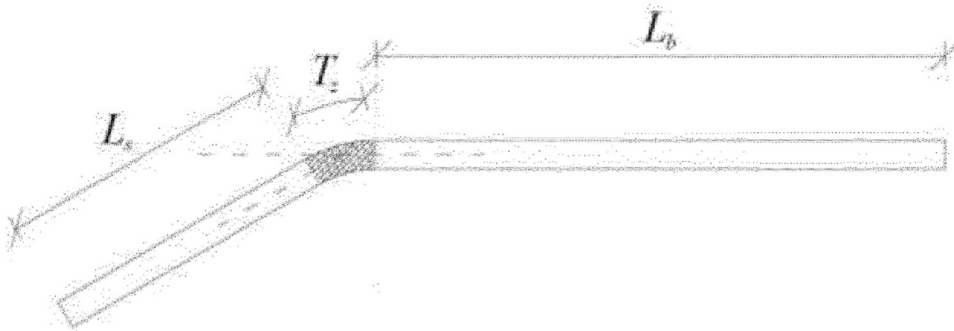


Fig. 2

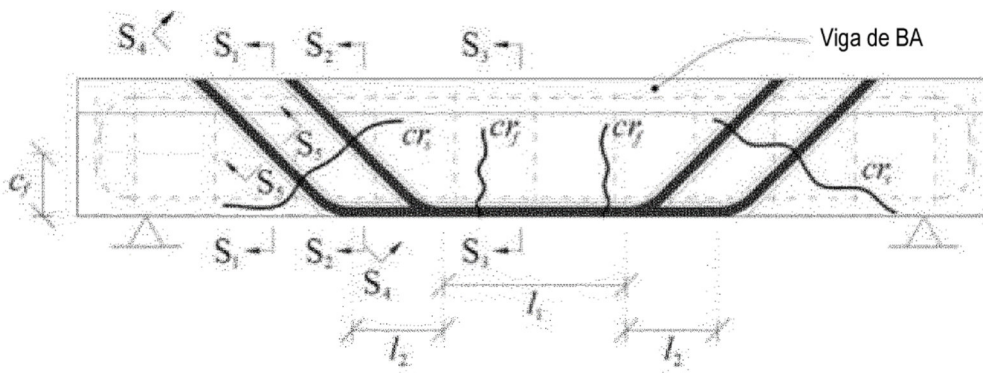


Fig. 3 a)

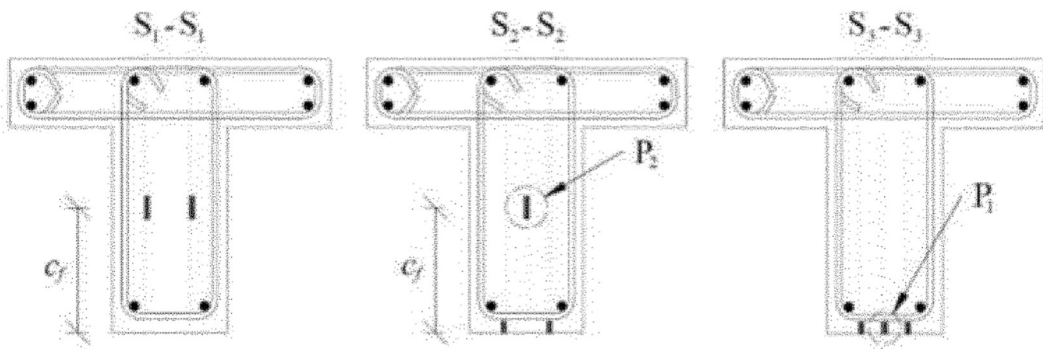


Fig. 3 b)

Fig. 3 c)

Fig. 3 d)

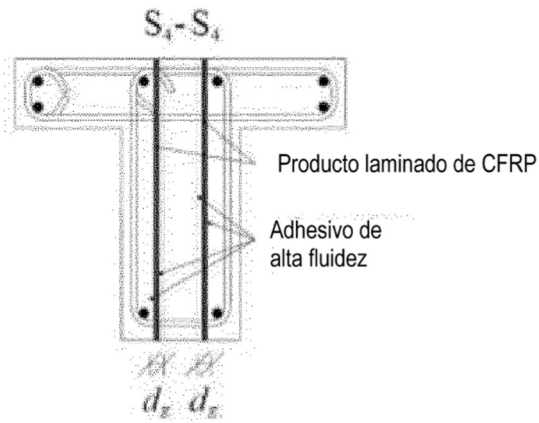


Fig. 3 e)

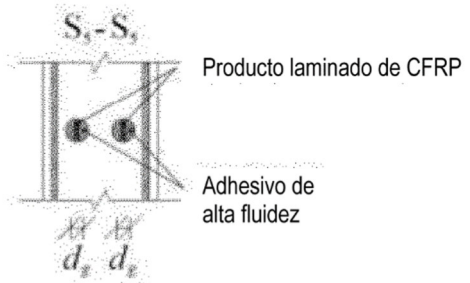


Fig. 3 f)

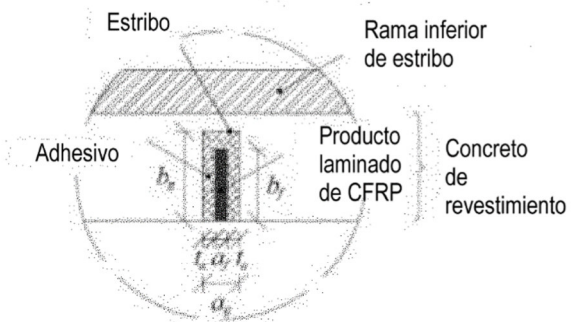


Fig. 3 g)

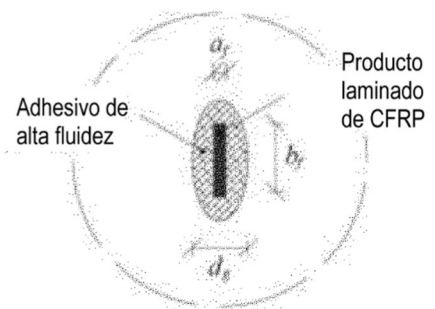


Fig. 3 h)

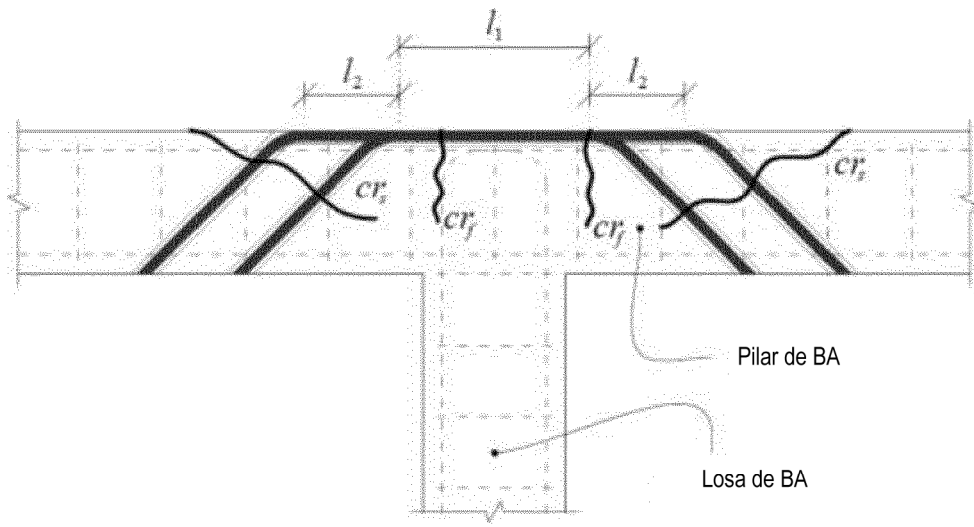


Fig. 4

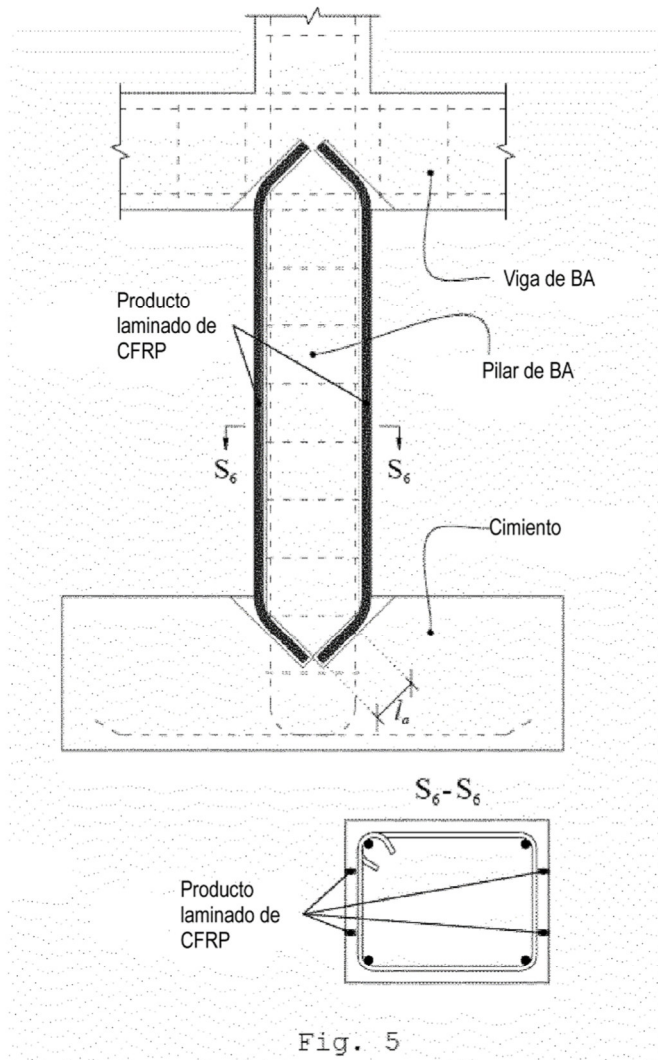


Fig. 5

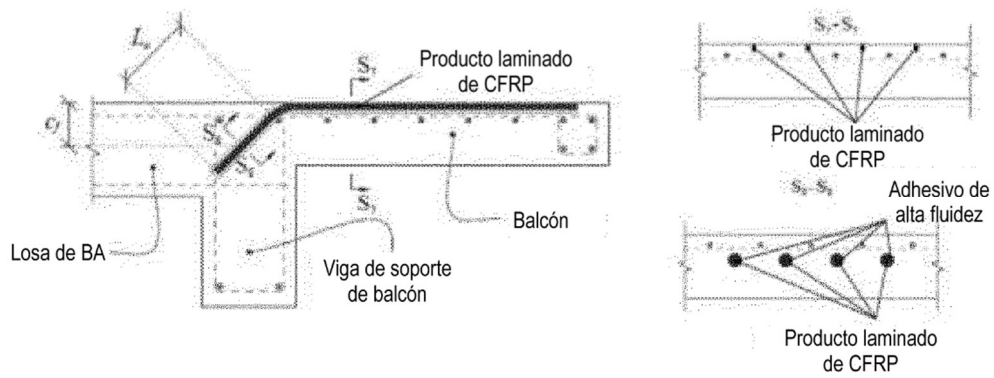


Fig. 6

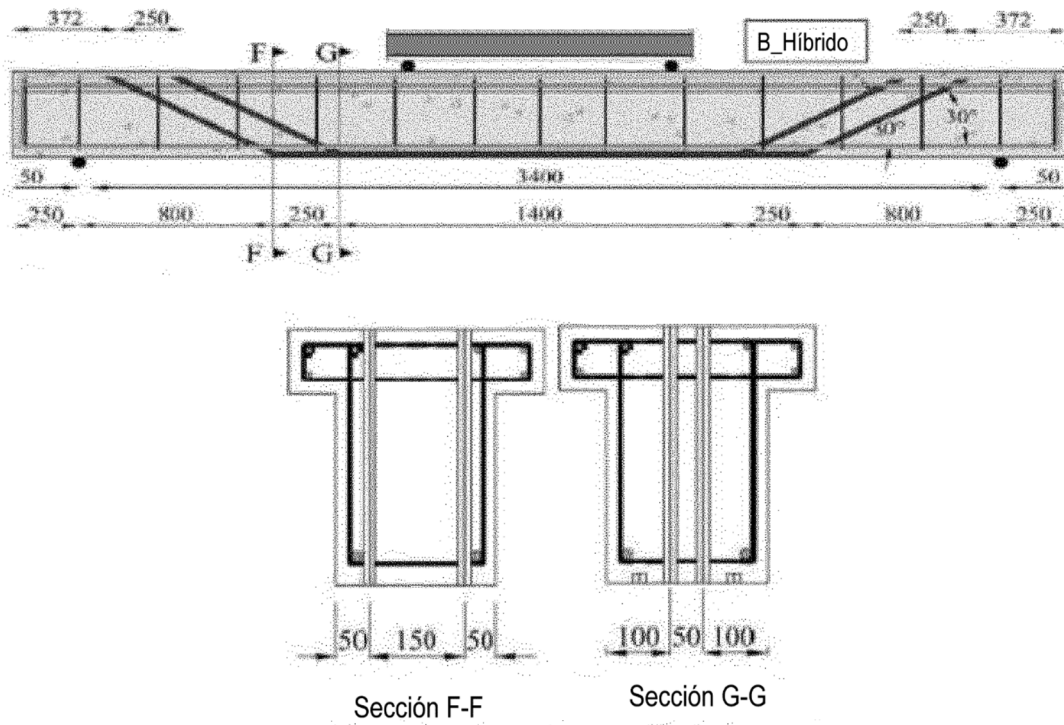


Fig. 7

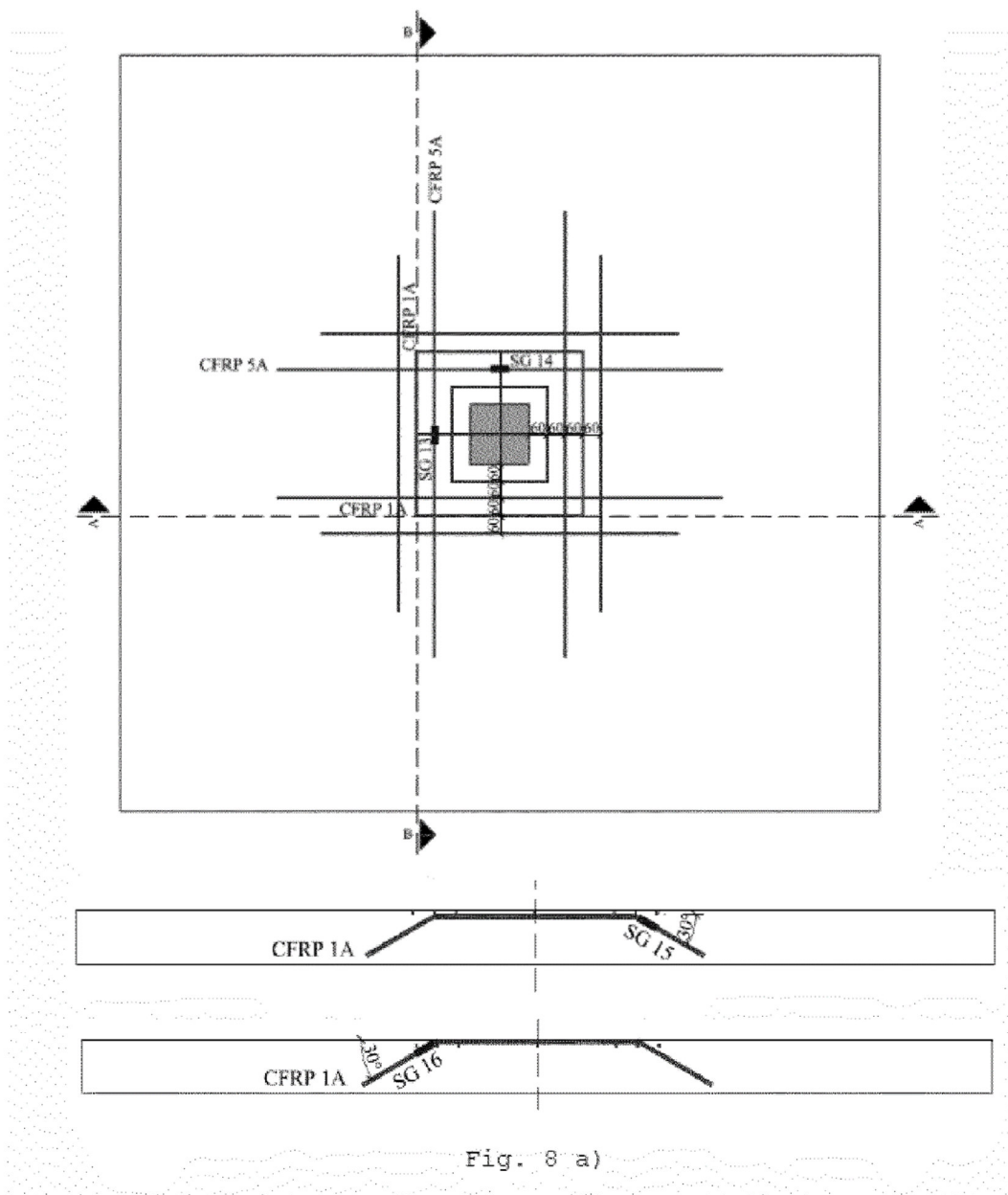


Fig. 8 a)

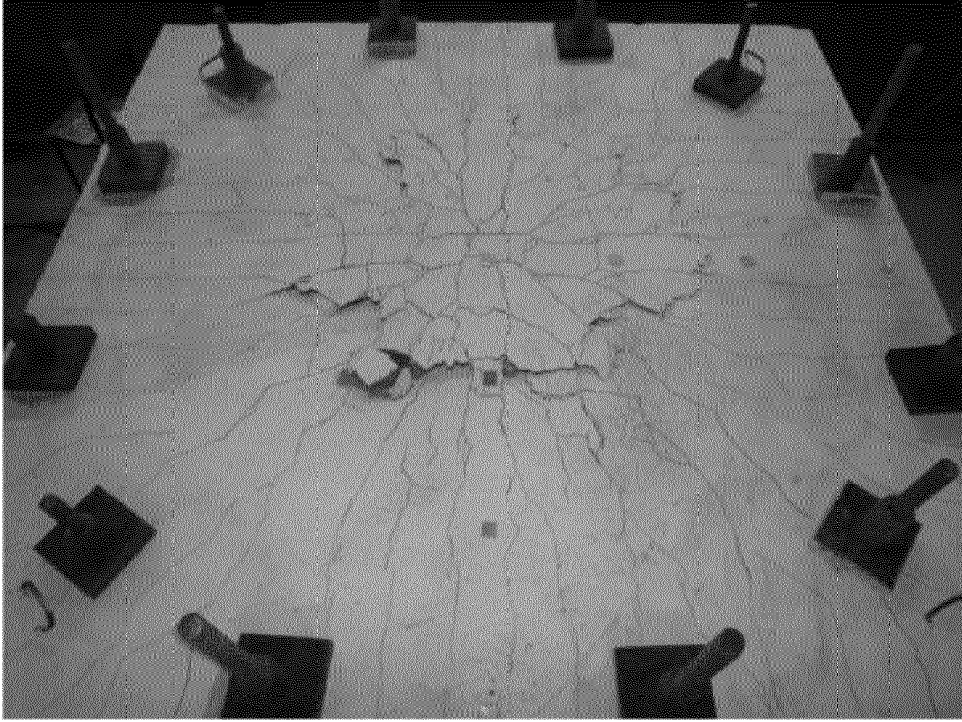


Fig. 8 b)

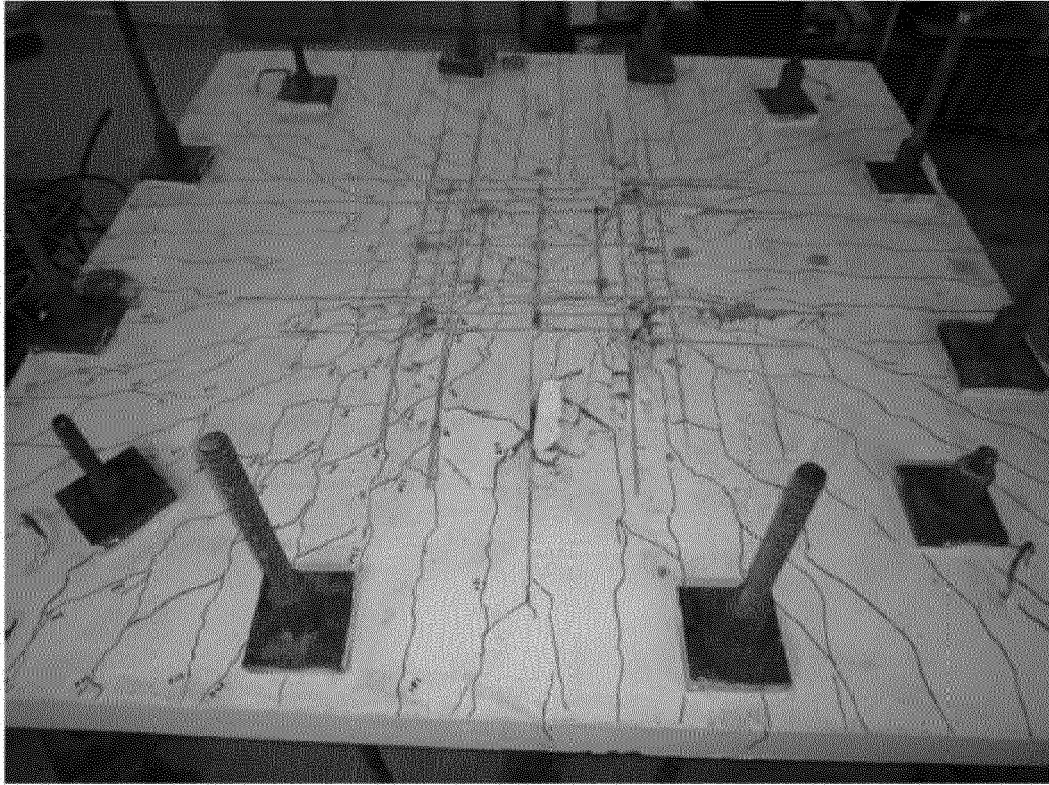


Fig. 8 c)