

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 579**

51 Int. Cl.:

E04G 23/02 (2006.01)

B32B 17/04 (2006.01)

C04B 28/02 (2006.01)

C03C 25/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2003 E 03772070 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.12.2015 EP 1539649**

54 Título: **Método y sistema de tela de matriz inorgánica**

30 Prioridad:

30.07.2002 US 209471

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

05.04.2016

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN ADFORS CANADA, LTD. (100.0%)
1795 Baseline Road
Grand Island, NY 14072, US**

72 Inventor/es:

**ALDEA, CORINA-MARIA y
ROBERTS, DAVID, GERAINT**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 565 579 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 y sistema de tela de matriz inorgánica

Campo de la invención

Esta invención se refiere a un método para el refuerzo de soportes estructurales

5 Antecedentes de la invención

Las paredes, columnas y otras estructuras construidas de materiales tales como hormigón o pasta de cemento, unidades de ladrillo o mampostería, y similares se usan generalmente como estructuras de soporte. Los túneles, soportes estructurales de construcción, soportes de puentes, soportes de pasos elevados sobre autopistas y soportes de estructuras de aparcamiento son solo unos pocos de los muchos usos de estos soportes estructurales de cemento. Estos soportes pueden existir en una amplia variedad de formas siendo las más comunes las secciones transversales circulares, cuadradas y rectangulares. Sin embargo, se han usado muchas otras formas de sección transversal, incluyendo secciones transversales de formas poligonales regulares e irregulares. El tamaño de los soportes estructurales también varía enormemente dependiendo del uso deseado.

Los soportes estructurales que tienen alturas y longitudes que exceden de 15,24 m (50 pies) se usan comúnmente en varias aplicaciones.

Es una práctica común reforzar soportes estructurales de cemento con varillas, malla o barras de acero. El refuerzo de acero proporciona mucha resistencia estructural añadida (por ejemplo, resistencia de compresión, tracción, flexión y/o cizalladura) al soporte, pero ha habido numerosos incidentes de fallo estructural de estos soportes cuando se someten a cargas asimétricas y desplazamiento horizontal generado durante terremotos y explosiones. Las estructuras de hormigón, aunque adecuadas en compresión, están sometidas a agrietamiento, colapso, y pérdida parcial debido a tensiones asociadas a terremotos, explosiones, hundimiento y elevación del terreno. El fallo estructural de tales estructuras puede tener consecuencias devastadoras. Por consiguiente, hay una necesidad continuada de mejorar la capacidad de soportes estructurales de hormigón y cemento reforzado o sin reforzar para soportar las cargas asimétricas y desplazamientos horizontales que se aplican durante un terremoto o explosión-

Un modo de incrementar la integridad estructural de estructuras de soporte es incluir refuerzo metálico adicional previamente a formar el soporte estructural. Se pueden incorporar otras características de diseño en la fabricación de la estructura de soporte para incrementar su resistencia a la carga asimétrica o desplazamiento horizontal. Sin embargo, hay cientos de miles de soportes estructurales existentes localizados en áreas propensas a terremotos, que no tienen refuerzo metálico adecuado o diseño estructural para soportar altos grados de carga asimétrica o desplazamiento horizontal. Por consiguiente, hay una necesidad de proporcionar un sistema simple, eficiente y relativamente barato para reforzar tales soportes estructurales existentes para prevenir o reducir la probabilidad de fallo durante un terremoto o explosión.

Un enfoque para reforzar estructuras cementosas, tales como columnas de hormigón, es envolver la superficie exterior de la estructura con una capa de refuerzo de composite, o plástico reforzado con tela (FRP). En la patente de EE.UU. No. 5.607.527 de Isley, Jr., una capa de refuerzo de composite que tiene por lo menos una capa de tela localizada dentro de una matriz de resina se envuelve alrededor de la superficie exterior de una columna de hormigón. La capa de tela tiene primer y segundo orillos paralelos que se extienden alrededor de la superficie exterior circunferencial de la columna en una dirección sustancialmente perpendicular al eje de la columna. Las fibras preferidas descritas por Isley incluyen unas hechas de vidrio, poliaramida, grafito, sílice, cuarzo, carbono, cerámica y polietileno. Las resinas apropiadas sugeridas por esta patente incluyen poliéster, epoxi, poliamida, bismaleimida, éster vinílico, uretanos, y poliurea, siendo preferidas las resinas basadas en epoxi.

Otro enfoque para reforzar un soporte estructural cementoso se describe en la patente de EE.UU. No. 6.017.588 de Watanabe et al. Esta patente describe el uso de un FRP para reforzar un soporte estructural formando una primera capa sobre la superficie de la estructura de soporte, formando, si es necesario, una capa de masilla sobre la primera capa, aplicando una resina de impregnación sobre la primera capa (o capa de masilla) antes, después, o antes y después del revestimiento con láminas de fibra para permitir que la resina penetre en los espacios de las láminas de fibra, seguido de curado de la resina, la imprimación, masilla y resina de impregnación. La imprimación, masilla y resina de impregnación de esta referencia incluyen todas una composición de resina. Las láminas de fibra descritas pueden incluir fibras de carbono, aramida o vidrio. La ventaja declarada de la estructura reforzada de esta patente es la adherencia incrementada del refuerzo de la superficie del soporte estructural.

Los sistemas de FRP de refuerzo tales como los descritos anteriormente a menudo pueden ser inflamables, tóxicos y difíciles de manejar durante la aplicación. También proporcionan, después del curado, pobre resistencia al fuego, pobre unión al hormigón o ladrillo que se está reforzando, y pobre permeabilidad al aire/agua, dando como resultado la creación de la acumulación de humedad. Adicionalmente, son bastante caros y tienden a deslaminarse cuando fallan.

Se necesita un sistema de reparación o refuerzo para estructuras de soporte existentes o para estructuras de

soporte de nueva construcción.

El documento EP 1 063 366 (Weber Broutin) describe un método para reforzar un soporte estructural que tiene las características de precaracterización de la reivindicación 1.

Sumario de la invención

5 Según la presente invención, se proporciona un método para reforzar un soporte estructural que tiene las características de caracterización de la reivindicación 1.

10 A diferencia de otros tipos de fibras de vidrio, tales como vidrio E, el vidrio AR tiene un alto grado de resistencia al ataque alcalino y una mayor retención de la resistencia con el tiempo. Esto es debido a la presencia de un nivel óptimo de Zirconia (ZrO_2) en las fibras de vidrio. Este tipo de vidrio exhibe un alto grado de resistencia química, resistiendo la muy alta alcalinidad producida por la hidratación de materiales cementosos convencionales tales como el cemento Portland ordinario.

15 La matriz de material cementoso preferida está compuesta de un material tal como el cemento, hormigón o mortero. Más preferentemente la matriz de material cementoso comprende cemento Portland ordinario que tiene fibras de refuerzo cortadas dispersas por todo el cemento. Tales fibras pueden incluir las hechas de carbono, vidrio AR, celulosa, rayón o materiales poliméricos, tales como aramidas, poliolefinas, poliéster, o sus híbridos, por ejemplo.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una vista en perspectiva de la sección transversal de una estructura de soporte que tiene un sistema de refuerzo ejemplar según la presente invención.

20 La FIG. 2 es una vista parcial de la sección transversal de una estructura de soporte que tiene una realización del sistema de refuerzo de la presente invención.

La FIG. 3 es una vista frontal de una muestra de pared de unidad de mampostería de hormigón (CMU) usada para ensayar realizaciones alternativas del sistema de refuerzo de la presente invención.

La FIG. 4 es una vista frontal de una muestra de pared montada en un marco de ensayo.

25 La FIG. 5 es un diagrama de una muestra de pared y marco de ensayo que muestra las localizaciones de las medidas de desplazamiento y direcciones de las fuerzas horizontales y verticales.

La FIG. 6 es una vista frontal de la muestra 1 de pared que muestra el crecimiento de grietas durante el ensayo de cizalladura en el plano.

La FIG. 7 es un gráfico que muestra una curva de carga lateral-distorsión de carga frente a desplazamiento para la muestra 1 de pared y la curva de carga lateral-distorsión para la muestra de control.

30 La FIG. 8 es una vista frontal de la muestra 2 de pared que muestra el crecimiento de grietas durante el ensayo de cizalladura en el plano.

La FIG. 9 es un gráfico que muestra una curva de carga lateral-distorsión de carga frente a desplazamiento de la muestra 2 de pared y la curva de carga lateral-distorsión para la muestra de control.

35 LA FIG. 10 es una vista frontal de la muestra 3 de pared que muestra el crecimiento de grietas durante el ensayo de cizalladura en el plano.

LA FIG. 11 es un gráfico que muestra una curva de carga lateral-distorsión de carga frente a desplazamiento de la muestra 3 de pared y la curva de carga lateral-distorsión para la muestra de control.

LA FIG. 12 es una vista en perspectiva de una muestra de tripleta que tiene un sistema de refuerzo ejemplar según la presente invención.

40 La FIG. 13 es un gráfico que muestra una representación de carga frente a desplazamiento de la cruceta para los ensayos de tripleta.

La FIG. 14 ilustra diferentes configuraciones de sistemas de refuerzo de polímero reforzado con fibra (FRP) aplicadas a muestras de pared ensayadas en condiciones similares a las empleadas para ensayar las paredes 1-3.

45 La FIG. 15 es un gráfico que compara los incrementos de carga de ingeniería para las muestras de pared 1-3 para muestras de pared que tienen sistemas de refuerzo de FRP aplicados en las diferentes configuraciones mostradas en la FIG. 14, frente a la muestra de control que no tiene refuerzo.

La FIG. 16 es un gráfico que compara los desplazamientos de pared para muestras de pared 1-3 entre sí y también con muestras de pared reforzada FRP previamente ensayadas.

Descripción detallada

Se proporciona un sistema de refuerzo y un método de refuerzo de un soporte estructural usando el sistema de refuerzo de la presente invención. El sistema de refuerzo tiene unión mejorada con una estructura de soporte cementoso y es menos probable que se deslamine del soporte estructural que los sistemas de refuerzo existentes.

5 Según la presente invención, se definen los siguientes términos:

Malla/fibras cruzadas depositadas unidas por adhesión. Telas tejidas que consisten en capas de hilos textiles paralelos superpuestos unos sobre otros en ángulos recto o agudo. Estas capas están unidas en las intersecciones de los hilos por medio de un adhesivo, pegamento o mediante unión térmica.

10 Composite/material cementoso. Un material de fraguado hidráulico inorgánico, tal como los que contienen cemento portland, mortero, enlucido, cenizas volantes, escoria, sílice pirógena, metacaolín, yeso, geopolímero y/u otros ingredientes, tales como agregado, que incluye arena o grava, aditivos o mezclas, tales como agentes espumantes, resinas, incluyendo refuerzos acrílicos, aditivos resistentes a la humedad, aditivos que reducen la contracción (SRA), mezclas que atrapan aire (AE), retardantes del fuego, y fibras cortadas, que incluyen vidrio, PVA, polipropileno, celulosa, grafito, o sus híbridos.

15 Revestimientos/aglomerantes/ acabados. Compuestos, generalmente orgánicos, aplicados a las telas después del procesado (por ejemplo, tejido o tricotado) para proteger las fibras y dar estabilidad a la tela.

20 Fibra. Un término general usado para referirse a los materiales filamentosos. A menudo, se usa fibra como sinónimo de filamento. Se acepta en general que un filamento tiene habitualmente una longitud finita que es por lo menos 100 veces su diámetro. En la mayoría de los casos, se prepara por estiramiento de un baño fundido, hilando, o por deposición sobre un sustrato.

Filamento. La unidad más pequeña de un material fibroso. Las unidades básicas formadas durante el estirado e hilado, que se reúnen en hebras de fibra para su uso en composites. Los filamentos usualmente son de longitud extrema y de diámetro muy pequeño. Algunos filamentos textiles pueden funcionar como un hilo cuando son de suficiente resistencia y flexibilidad.

25 Fibra de vidrio. Una fibra hilada a partir de un producto inorgánico de fusión que se ha enfriado hasta un estado rígido sin cristalización.

Filamento de vidrio. Una forma de vidrio que ha sido estirada hasta un pequeño diámetro y longitudes largas.

Matriz Inorgánica. Un material de matriz que comprende en su mayor parte ingredientes inorgánicos, tales como cerámicas, vidrios, materiales cementosos, y geopolímeros (resinas inorgánicas), por ejemplo.

30 Telas tricotadas. Telas producidas entrecruzando cadenas de filamentos, hebras o hilo.

Estera. Un material fibroso que consiste en filamentos cortados orientados al azar, fibras cortas, o filamentos arremolinados unidos sin apretar con un aglomerante.

Mechas. Varios filamentos continuos, hebras, o recogidos en un haz paralelo.

35 Apresto. Compuestos, generalmente orgánicos, aplicados en forma de revestimiento fino a mechas después del estiramiento de filamentos de vidrio para unir los filamentos individuales conjuntamente y endurecerlos para proporcionar resistencia a la abrasión durante el procesado (por ejemplo, tejido o tricotado).

Resistencia a la tracción. La máxima carga o fuerza por unidad de área de sección transversal, dentro de la longitud de la galga, de la muestra. El esfuerzo de tracción requerido para romper una muestra dada.

40 Tex. Una unidad para expresar la densidad lineal (o medida) igual al peso en gramos de 1 kilómetro de hilo, filamento, fibra u otra hebra textil.

Urdimbre. El hilo, fibra o mecha que va en sentido longitudinal en una tela tejida. Un grupo de hilos, fibras o mecha de largas longitudes y aproximadamente paralelos.

Punto de urdimbre. El punto de urdimbre es un tipo de punto en el que los hilos van en general longitudinalmente en la tela.

45 Tejer. La manera particular en la que se forma una tela entrelazando hilos, fibras o mecha. Tejer se puede definir adicionalmente por "tipo de tejido", tal como tejido de gasa de vuelta, por ejemplo.

Trama. Los hilos o fibras transversales en una tela tejida. Aquellas fibras que son perpendiculares a la urdimbre. También llamada relleno, hilo de relleno o textura.

Tela tejida. Un material (usualmente una estructura plana) construido entrelazando hilos, fibras, mechas o filamentos

para formar tales patrones de tela como telas planas, satén arnés, o de gasa de vuelta.

Hilo. Un conjunto de filamentos, fibras o hebras, ya sea naturales o manufacturados, para formar una longitud continua que es apropiado para su uso en tricotado, tejido o entretejido en forma de materiales textiles. El conjunto de filamentos, fibras o hebras pueden tener algún o ningún giro.

5 Haciendo referencia a la FIG. 1, se muestra un sistema 10 de refuerzo que refuerza una estructura 20 de soporte. La presente invención se puede usar para reforzar una amplia variedad de estructuras de soporte. Tales estructuras de soporte pueden incluir, por ejemplo, paredes, vigas, planchas de sistemas de tela de aislamiento exterior (EIFS), chimeneas, estanterías, depósitos, columnas, silos, pozos, tuberías, conductos, túneles y similares. La estructura de soporte puede ser plana, circular, o de cualquier otra forma. La invención es especialmente bien apropiada para
10 reforzar estructuras de soporte que comprenden materiales de cemento o de albañilería, tales como cemento, hormigón, ladrillo y bloques de hormigón, que pueden ser reforzados o no reforzados. Un soporte estructural especialmente apropiado para el sistema de refuerzo de la presente invención es paredes de mampostería no reforzada (URM).

15 El sistema 10 de refuerzo comprende por lo menos una capa 12 fibrosa abierta resistente a los álcalis (dos capas fibrosas se muestran en la FIG. 1) y una matriz 14 inorgánica. Las capas 12 fibrosas están incrustadas dentro de la matriz 14. El sistema 10 se aplica a una superficie de la estructura 20 de soporte.

20 La siguiente descripción detallada y ejemplos describen el uso de la presente invención para soportar una estructura mediante la aplicación a una superficie de la estructura; sin embargo, se entenderá por los expertos en la técnica que la presente invención no está limitada a ello, sino que se puede aplicar a cualquier número de superficies dependiendo de la forma o tipo de estructura de soporte. De este modo, por ejemplo, el sistema de refuerzo de la presente invención se puede aplicar a una superficie exterior y a una superficie interior de una pared de un edificio, tubería, pared u otra estructura.

25 La matriz 14 inorgánica comprende preferentemente un material cementoso, tal como pasta de cemento, mortero u hormigón, y/u otros tipos de materiales tales como yeso y geopolímeros (resinas inorgánicas). Más preferentemente, la matriz inorgánica comprende cemento Portland que tiene fibras cortadas dispersas por todo el cemento. Preferentemente, las fibras son fibras de vidrio AR pero también pueden incluir, por ejemplo, otros tipos de fibras de vidrio, aramidas, poliolefinas, carbono, grafito, poliéster, PVA, polipropileno, fibras naturales, fibras celulósicas, rayón, y sus híbridos. La matriz inorgánica puede incluir otros ingredientes o aditivos tales como cenizas volantes, látex, escorias y metacaolín, resinas, tales como acrílicos, poli(acetato de vinilo), o similares, cerámicas, que
30 incluyen óxido de silicio, óxido de titanio, y nitrito de silicio, aceleradores del fraguado, agua y/o aditivos resistentes al fuego, tales como siloxano, bórax, cargas, retardantes del fraguado, agentes dispersantes, tintes y colorantes, estabilizantes de la luz y estabilizantes térmicos, mezclas que reducen la contracción, agentes de atrapamiento de aire, o sus combinaciones, por ejemplo. En una realización preferida, la matriz inorgánica incluye una resina que puede formar una unión adhesiva con un revestimiento resinoso aplicado a la capa fibrosa abierta resistente a los
35 álcalis.

Preferentemente, la matriz inorgánica tiene buena unión con la estructura de soporte. El cemento Portland, por ejemplo, tiene una excelente adherencia al hormigón, ladrillos y unidades de mampostería de hormigón (CMUs). La matriz inorgánica puede contener agentes de curado u otros aditivos tales como agentes colorantes, estabilizantes de la luz y estabilizantes térmicos, por ejemplo.

40 Una superficie 16 interior de la matriz inorgánica está preferentemente en contacto directo con una superficie 22 de la estructura de soporte. Debido a la compatibilidad preferida de la matriz 14 inorgánica con la estructura 20 de soporte, no hay ningún requisito de que se aplique cualquier material adhesivo entre los dos materiales, sin embargo, no se excluye la adición de un adhesivo entre, o dentro de, la matriz inorgánica y la estructura de soporte.

45 Las capas 12 fibrosas resistentes a los álcalis son un material de refuerzo para la matriz 14 inorgánica. Las capas 12 fibrosas preferentemente proporcionan durabilidad a largo plazo para el sistema 10 de refuerzo en el medio altamente alcalino de la matriz inorgánica en el que la matriz comprende materiales tales como pasta de cemento, mortero u hormigón o geopolímeros. Las capas fibrosas pueden comprender fibras de vidrio, fibras de PVA, fibras de carbono o fibras de aramida, por ejemplo, o cualquiera de sus combinaciones. Lo más preferentemente, las capas fibrosas comprenden vidrio AR (vidrio resistente a los álcalis), tal como el fabricado por Saint Gobain Vetrotex con el nombre comercial Cem-FIL®. A diferencia de otros tipos de fibras de vidrio, tales como vidrio E, el vidrio AR tiene un
50 alto grado de resistencia al ataque alcalino y una mayor retención de la resistencia con el tiempo. Esto es debido a la presencia de un nivel óptimo de Zirconia (ZrO₂), por ejemplo, preferentemente de alrededor de 10% a alrededor de 25% de ZrO₂, en las fibras de vidrio. Este tipo de vidrio exhibe un alto grado de resistencia química, resistiendo la muy alta alcalinidad producida por la hidratación de los materiales cementosos, tales como cemento Portland ordinario. Además, el vidrio AR tiene superiores propiedades de refuerzo necesarias para su uso en aplicaciones resistentes a terremotos y explosiones. Tiene una alta resistencia a la tracción y módulo y no se corroe. Aunque
55 menos preferidas, se pueden emplear otras fibras de vidrio, tales como vidrio E, vidrio ECR, vidrio C, vidrio S y vidrio A, que no son inherentemente resistentes a los álcalis, cuando tales fibras están revestidas con un material resistente a los álcalis, tales como revestimiento resinoso de poli(cloruro de vinilo).

Las fibras de vidrio AR preferidas se producen preferentemente en forma de mechas o hilos. La densidad lineal de las fibras de vidrio AR preferentemente varía de alrededor de 76 tex cuando se emplean hilos hasta 2.500 tex cuando se emplean mechas. Cuando se usan fibras de carbono, se proporcionan preferentemente en forma de estopas, variando el número de filamentos de alrededor de 3.000 a 24.000. Las propiedades preferidas del vidrio AR incluyen una resistencia a la tracción del filamento virgen de por lo menos alrededor de 1275,53 MPa (185.000 psi) o superior, el módulo de Young de elasticidad de aproximadamente 68947 a 82737 MPa (10-12 millones de psi), deformación en el punto de rotura de por lo menos alrededor de 1,5% o más, captación de agua por lo menos de alrededor de 0,1%, y temperatura de ablandamiento de alrededor de 860°C.

Las capas 12 fibrosas se pueden formar, por ejemplo, por varios métodos de tejido, tales como tejido plano o de gasa de vuelta, o tricotando o depositando fibras continuas. Las capas fibrosas también pueden ser cañamazo depositado o estar formadas de fibras continuas o discontinuas orientadas al azar en una estera no tejida. Haciendo referencia a la FIG. 2, en una realización preferida, las capas 12a y 12b fibrosas son capas fibrosas bi-direccionales de fibra de vidrio que tienen dos mechas por pulgada de fibras en una dirección (por ejemplo, la dirección de la urdimbre, trama o relleno) y una mecha por pulgada de fibra en una dirección a 90 grados respecto a la otra dirección (por ejemplo, la dirección de la urdimbre). (En otra realización preferida, las capas fibrosas bi-direccionales de fibra de vidrio tienen una mecha por pulgada en cada dirección). La variación de la orientación de la fibra, la concentración y el tipo de fibra permite el ajuste de la resistencia para una aplicación específica. El uso de diferentes métodos de tricotado, trenzado o tejido de la tela también se puede emplear para producir un refuerzo más fuerte. Las aberturas 18 en la capa 12 fibrosa (véase la FIG. 1) deben ser suficientes para permitir la interconexión entre las capas 14a-c de la matriz 14 inorgánica dispuesta en cada lado de las capas fibrosas 12a y 12b.

La capa fibrosa también incluye preferentemente un apresto. Los aprestos preferidos para su uso con una capa fibrosa que comprende vidrio AR incluyen aprestos acuosos que comprenden una de las siguientes mezclas: 1) un polímero epoxi, agentes de copulación de vinilo y amina y un tensioactivo no iónico; 2) un polímero epoxi, agente de copulación de amina y un tensioactivo no iónico; 3) un polímero epoxi, agentes de copulación metacrílica y epoxi, y tensioactivos catiónicos y no iónicos (lubricantes parafínicos); 4) acrilatoamina polimerizada anhidra (por ejemplo, la sustancia descrita en la Solicitud de Patente PCT No. WO 99/31025, que se incorpora aquí como referencia), agentes de copulación metacrílica y epoxi y un tensioactivo no iónico; y 5) epoxiamina polimerizada anhidra (por ejemplo, como se describe en la Patente de EE.UU. No. 5.961.684 de Moireau et al., que se incorpora aquí como referencia), agentes de copulación de vinilo y amina, y un tensioactivo no iónico, siendo producida cada una de las mezclas anteriores por Cem FIL Reinforcements de Saint Gobain Vetrotex Cem-FIL® S.L., una compañía de Saint-Gobain Vetrotex. Preferentemente, el tensioactivo no iónico comprende un organo-silano. Estos aprestos son compatibles con los revestimientos preferidos para la capa fibrosa de vidrio AR como se describe a continuación y las matrices de cemento, y mejoran la resistencia del vidrio inicial y la facilidad de la formación de la tela. Los aprestos comprenden preferentemente no más de 2,5% en peso, y lo más preferentemente menos de 1,5% en peso de la capa fibrosa.

Las capas fibrosas también pueden incluir un revestimiento 24 opcional. Se prefieren los revestimientos en los que la capa fibrosa comprende vidrio; sin embargo, los revestimientos no son necesarios cuando la capa fibrosa comprende vidrio AR, PVA, fibras de carbono o de aramida. El revestimiento 24 proporciona protección mecánica y química de las capas 12 fibrosas de vidrio. El revestimiento es preferentemente un polímero o copolímero que contiene acrilato y/o cloruro de vinilo. El revestimiento 24 es preferentemente acrílico o plastisol de PVC, pero puede ser de poli(alcohol vinílico) (PVA), caucho de estireno-butadieno (SBR), poliolefina, ácido acrílico, poliésteres insaturados, éster vinílico, epoxis, poliacrilatos, poliuretanos, poliolefinas, compuestos fenólicos, y similares. Los ejemplos de revestimientos preferidos incluyen un revestimiento acrílico fabricado por Saint Gobain Technical Fabrics, una compañía de Saint Gobain, con la etiqueta número 534 y un revestimiento de plastisol de PVC fabricado por Saint Gobain Technical Fabrics con la etiqueta número V38. El uso de plastisol de PVC como un revestimiento mejora adicionalmente la resistencia a los álcalis de la capa fibrosa en la matriz inorgánica. El uso de acrílico como un revestimiento promueve la adherencia de la capa fibrosa a la matriz inorgánica, especialmente cuando la matriz incluye acrílico.

El revestimiento puede contener adicionalmente aditivos resistentes al agua, como por ejemplo, parafina, y la combinación de parafina y sal de amonio, productos químicos fluorados diseñados para impartir repelencia al alcohol y al agua, tales como FC-824 de 3M Co., organohidrogenopolisiloxanos, aceite de silicona, emulsiones de cera-asfalto y poli(alcohol vinílico) con o sin una cantidad minoritaria de poli(acetato de vinilo). Además, se pueden añadir al revestimiento los retardantes de la llama, tales como complejo de fósforo bromado, parafina halogenada, pentóxido de antimonio coloidal, bórax, vermiculato no expandido, arcilla, sílice coloidal y aluminio coloidal. Adicionalmente, se pueden añadir al revestimiento ingredientes opcionales, tales como pigmentos, conservantes, dispersantes, catalizadores, cargas y similares.

El revestimiento se aplica preferentemente mediante revestimiento por inmersión de la capa fibrosa en el revestimiento, pero se puede aplicar por cualquier otra técnica conocida en la técnica, tal como pulverización, revestimiento con rodillo, y similares. El % en peso del revestimiento dependerá del tipo de revestimiento, variando preferentemente de 10 a 200% en peso del peso total del revestimiento y de la fibra. El revestimiento se puede aplicar en varios grosores. Preferentemente, el revestimiento se aplica de modo que no sobresalen fibras de la capa fibrosa del revestimiento, sin embargo, el revestimiento, alternativamente, se puede aplicar de forma intermitente.

Después de la aplicación del revestimiento 24, las aberturas 18 en las capas 12a y 12b fibrosas deben ser suficientes para permitir la interconexión entre las capas 14a-c de la matriz 14 inorgánica dispuestas a cada lado de las capas fibrosas.

- 5 Según una realización preferida de la presente invención, el apresto y el revestimiento de una capa fibrosa de vidrio AR se combinan para optimizar el rendimiento de tracción y la retención de resistencia de tracción después del envejecimiento, y para mejorar la compatibilidad entre el vidrio AR, el apresto, el revestimiento y la matriz de cemento. Preferentemente, el revestimiento 24 se adhiere al apresto y la matriz 14 inorgánica se adhiere al revestimiento 24. Una combinación preferida incluye un apresto seleccionado del grupo que consiste en 1) un polímero epoxi, agentes de copulación de vinilo y amina y un tensioactivo no iónico; 2) un polímero epoxi, agente de copulación de amina y un tensioactivo no iónico; 3) un polímero epoxi, agentes de copulación metacrílica y epoxi, y tensioactivos catiónicos y no iónicos (lubricantes parafínicos); 4) acrilatoamina polimerizada anhidra, agentes de copulación metacrílica y epoxi y un tensioactivo no iónico; y 5) epoxiamina polimerizada anhidra, agentes de copulación de vinilo y amina, y un tensioactivo no iónico, y un revestimiento polimérico seleccionado del grupo que consiste en acrílico y plastisol de PVC. La Tabla 1 muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción y retención de la tracción después de un ensayo de envejecimiento acelerado con NaOH al 5%, un ensayo de Tri-álcali (TAT) y un ensayo de hebra en cemento (SIC) usando varias combinaciones de revestimiento/apresto, en comparación con vidrio AR y vidrio E sin revestir.
- 10
- 15

Propiedades de tracción de fibras de vidrio revestidas y sin revestir

Tabla 1

Tipo de material	Apresto	Tipo	Etiqueta	Revestimiento	Etiqueta	Tipo	Resistencia a la tracción (g/tex)				Retención de tracción (%)						
							No envejecido	Envejecido TAT	Envejecido NaOH	Envejecido SIC	Retención TAT	Retención NaOH	Retención SIC	SIC			
Cem-FIL 5197 greige	5197 ¹	resina acuosa		ninguno		ninguno	40,65										
Cem-FIL 5197 V38	5197	resina acuosa	V38 ²	Plastisol de PVC			60,14	61,24	57,05			101,83	94,86				
Cem-FIL 5197 534	5197	resina acuosa	534 ³	acrílico			62,40	39,89	37,97			63,93	60,85				
Cem-FIL 019/2 V38	019/2 ⁴	resina acuosa	V38	Plastisol de PVC			71,97	74,15	64,90			103,03	90,18				
Cem-FIL 019/3A15	019/3 ⁵	resina acuosa	A15 ⁶	PVA			57,75		39,58				68,54				
Cem-FIL 020/2 K29	020/2 ⁷	resina anhidra	K29 ⁸	acrílico			88,2	89,93	45,04			101,96	51,07			35,71	
Cem-FIL 020/2 P3	020/2	resina anhidra	P3 ⁹	EEA/SA			86,69	88,85	53,1			102,49	61,25			37,72	
Cem-FIL 020/2 V38	Q20/2	resina anhidra	V38	Plastisol de PVC			84,28	89,17	63,47			105,80	75,31			64,31	
Cem-FIL 5197 K29	5197	resina acuosa	K29	acrílico			64,64	83,85	0			129,72	0,00			40,22	
Cem-FIL 5197 P3	5197	resina acuosa	P3	EEA/SA			66,06	73,09	0			110,64	0,00			39,96	
Cem-FIL 020/1 A15	020/1 ¹⁰	resina anhidra	A15	PVA			73,93		47,61				64,40				
Vidrio E K29		resina acuosa	K29	acrílico			83,97	56	33,16			66,69	39,49			16,79	

(Continuación)

Tipo de material	Apresto	Etiqueta	Tipo	Resistencia a la tracción (g/tex)	Resistencia a la tracción (g/tex)				Retención de tracción (%)		
					No envejecido	Envejecido TAT	Envejecido NaOH	Envejecido SIC	Retención TAT	Retención NaOH	Retención SIC
		Revestimiento			Inicial	TAT	NaOH	SIC	TAT	NaOH	SIC
Vidrio E P3		Etiqueta	Tipo								
	resina acuosa	P3	EEA/SA		89,09	68,04	0	14,4	76,37	0,00	16,16

1 Una mezcla de un polímero epoxi, agentes de copulación de vinilo y amina y un tensioactivo no iónico producido por Cem FIL Reinforcements.
 2 Producido por Cem FIL Reinforcements.
 3 Producido por Cem FIL Reinforcements.
 4 Una mezcla de un polímero epoxi, agentes de copulación de vinilo y amina y un tensioactivo no iónico producido por Cem FIL Reinforcements.
 5 Una mezcla de un polímero epoxi, agentes de copulación metacrílica y epoxi y tensioactivos no iónicos y catiónicos producidos por Cem FIL Reinforcements.
 6 Producido por Cem FIL Reinforcements.
 7 Una mezcla de epoxiamina polimerizada anhidra, agentes de copulación de vinilo y amina y tensioactivo no iónico producido por Cem FIL Reinforcements.
 8 Producido por Cem FIL Reinforcements.
 9 Producido por Cem FIL Reinforcements.
 10 Una mezcla de acrilatoamina polimerizada anhidra, agentes de copulación metacrílica y epoxi y un tensioactivo no iónico producido por Cem FIL Reinforcements.

- Al realizar el ensayo de envejecimiento acelerado con NaOH al 5%, se recogieron muestras de fibra de vidrio de tela sin dañar de buena calidad. Se ensayaron muestras tanto de la dirección de la máquina como de la dirección transversal a la máquina, teniendo cada muestra una longitud de 330 mm y una anchura de 50 mm. Las muestras se sumergieron libremente en un baño alcalino de NaOH (hidróxido de sodio) al 5% en agua destilada durante 28 días, siendo reemplazado el baño después de cada ensayo. Después del acondicionamiento en el baño de álcali, las muestras se lavaron con por lo menos 1 litro de agua destilada por lo menos diez veces. Tras el lavado, las muestras de tela se secaron durante siete días a temperatura ambiente. Después del secado, las muestras de tela se ensayaron para ver la tensión a una velocidad de 305 cm/h (2 pulg/min) usando una abertura de mordaza de 12,7 cm (5 pulgadas).
- El ensayo de TAT se realizó según el borrador de European Standard (Copyright 1997, CEN Members) preparado por el Technical Committee para el European Committee for Standardization (CEN) y presentado a los miembros del CEN. Las muestras finales individuales revestidas se colocaron en una disolución de tres álcalis que consiste en 1 g de NaOH, 0,5 g de Ca(OH)₂, y 4 g de KOH en 1 litro de agua destilada a 60°C. Después de veinticuatro horas, se sacaron y se lavaron con agua del grifo hasta que se alcanzó un pH de 9. Las muestras se colocaron a continuación en una disolución ácida de HCl al 0,5% durante una hora, se sacaron y se lavaron con agua del grifo hasta que se alcanzó un pH de 7. Las muestras se secaron a continuación durante una hora en un horno a 60°C. Después del secado en el horno, las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente durante veinticuatro horas y a continuación se ensayaron para ver su tensión.
- Los ensayos de SIC evalúan la resistencia a los álcalis de la hebra o filamentos de vidrio en cemento, midiendo la resistencia a la tracción de una hebra situada en un bloque de mortero de cemento. Se instalan hebras bien estiradas en un marco de molde metálico con los extremos libres revestidos con una mezcla de revestimiento para proteger las partes de las fibras que no estarán en contacto con el cemento. Después de mezclar la pasta de cemento, que tiene una relación de agua a cemento de 1:0,43 y una relación de cemento a arena de 1:0,34, se llena el molde con la pasta de cemento y se hace vibrar para evitar la formación de burbujas de aire cerca de las hebras. Se permite que el cemento fragüe durante una hora a temperatura ambiente, a continuación durante veintitrés horas en agua fría, después de lo cual se retira el marco del molde.
- Las muestras que contienen el bloque de cemento y hebras se enviejen subsecuentemente por inmersión en agua a 80°C durante cuatro días. Las muestras se sumergen a continuación en agua fría. Las muestras se ensayan a continuación para ver la resistencia a la tracción usando un dinamómetro.
- Los resultados del TAT, envejecimiento acelerado en NaOH, y los ensayos de SIC revelan que ciertas fibras de vidrio AR revestidas tienen resistencia a la tracción mejorada sobre el vidrio AR y vidrio E sin revestir. Los resultados de los ensayos también indican que la combinación de apresto y revestimiento afecta el rendimiento de tracción. Los aprestos anhidros superan a los aprestos acuosos. Además, los resultados revelan que una combinación de apresto/revestimiento de apresto anhidro Cem-FIL 020 con el revestimiento V38 de plastisol de PVC Cem-FIL proporciona el mejor rendimiento de tracción.
- El sistema 10 de refuerzo se puede aplicar a un soporte 20 estructural existente de la siguiente manera ejemplar. Una superficie 22 exterior del soporte 20 estructural se humedece, preferentemente con agua. (Antes de humedecer la superficie exterior del soporte estructural, se prefiere que la superficie se limpie de materia extraña y se limpie con un jabón suave, si es necesario). Una primera capa 14c de matriz inorgánica se aplica a continuación con una paleta o similar técnica de revestimiento a la superficie 22 humedecida del soporte 20 estructural. Se debe entender que la matriz está en un estado húmedo o sin curar cuando se aplica al soporte 20. Preferentemente, el grosor de las capas de matriz varía de 0,16 a 0,63 cm (de 1/16 a ¼ de pulgada), y más preferentemente el grosor es de alrededor de 0,32 cm (1/8 pulgadas). Si el grosor es demasiado grande, la matriz puede exhibir agrietamiento por contracción.
- Una vez que se ha aplicado la primera capa 14c de matriz inorgánica, una capa 12b fibrosa resistente a los álcalis se incrusta en la primera capa 14c de la matriz. Esto se puede realizar a mano o mediante cualquier método automatizado. Generalmente, las capas fibrosas se proporcionarán en forma de rollo y se cortarán del rollo a la forma y longitud deseadas. Las capas fibrosas se pueden orientar en una variedad de modos, tanto con respecto a la orientación de la estructura de soporte como con respecto a la orientación de las otras capas fibrosas empleadas en el sistema de refuerzo. La variación de la orientación de las capas fibrosas en estas formas puede mejorar las características de refuerzo y ductilidad del sistema de refuerzo.
- Después de incrustar una capa 12b fibrosa en la primera capa 14c de la matriz, se aplica una segunda capa 14b de la matriz inorgánica sobre la capa 12b fibrosa. De nuevo, esta capa tiene preferentemente un grosor entre 0,16 y 0,63 cm (1/16 y 1/4 pulgadas), y más preferentemente es de alrededor de 0,32 cm (1/8 pulgada). Después de aplicar cada capa 14a-c de matriz inorgánica, la matriz se puede aplicar con una paleta para proporcionar una superficie substancialmente lisa.
- Como se muestra en la realización ejemplar en las FIGs. 1 y 2, después de que se ha aplicado la segunda capa 14b de matriz inorgánica, se puede incrustar una segunda capa 12a fibrosa en la segunda capa 14b de la matriz y una tercera capa 14a de matriz inorgánica aplicada sobre la segunda capa 12a fibrosa. Si se desea, se puede incrustar una tercera capa fibrosa en la tercera capa 14a de matriz y una cuarta capa de matriz inorgánica aplicada sobre la

tercera capa fibrosa. Aunque se prefiere que el sistema de refuerzo incluya entre 1 y 3 capas fibrosas y entre dos y cuatro capas de matriz inorgánica, se pueden emplear capas fibrosas y capas inorgánicas adicionales. Las capas fibrosas adicionales y las capas de matriz inorgánica se aplicarán de la misma manera que se describe anteriormente. Una vez que se han aplicado todas las capas deseadas del sistema, el sistema se puede dejar secar o curar por sí mismo o se puede curar o fraguar por cualquier medio conocido.

Se prefiere que el sistema 10 de refuerzo se aplique a la superficie 22 de la estructura de soporte 20 de modo que sustancialmente toda la superficie está cubierta. Sin embargo, en ciertas aplicaciones, puede ser beneficioso aplicar el sistema de refuerzo sólo a aquellas partes de la estructura de soporte que son más propensas a fallar, o experimentar la carga más alta de cizalladura o flexión, por ejemplo.

El sistema de refuerzo incrementa el rendimiento general de los soportes estructurales incrementando la carga hasta el fallo e incrementando los límites de flexión o la ductilidad del sistema de soporte estructural. A diferencia de los sistemas de polímero reforzado con fibra convencionales que pueden ser tóxicos, difíciles de manejar, costosos, sujetos a deslaminación, y tener mala resistencia al fuego y permeabilidad al agua/aire, el sistema de refuerzo de la presente invención es fácil de instalar, y tiene mejorada resistencia al fuego y mejorada unión a hormigón, unidades de mampostería de hormigón (CMU) y ladrillo. Adicionalmente, el sistema de refuerzo es menos probable que se deslamine del soporte estructural, permite que el hormigón o CMU respire debido a la similar permeabilidad al aire y agua, tiene un aspecto estético agradable (se puede mezclar con el acabado de hormigón) y es de más bajo coste.

Ejemplos específicos

Esta invención y sus ventajas se describen adicionalmente con referencia a los siguientes ejemplos específicos. Los ejemplos se desea que sean meramente ilustrativos y no se debe interpretar que limitan el alcance de la invención. En los siguientes ejemplos, el método como se describe anteriormente se empleó y ensayó en muestras de pared de mampostería y tripleta. Se obtuvieron resultados que indican significativamente mejorado refuerzo sísmico para todo el sistema de soporte.

Ejemplo 1

Haciendo referencia a la FIG. 3, se construyó una muestra ligeramente reforzada de pared 100 de bloques de CMU (pared 1) a partir CMUs 110 de 20,32 x 20,32 x 40,64 cm (8 x 8 x 16 pulgadas). Los CMUs se construyeron de un mortero de tipo N, que consiste en 1 parte de arena, 3 partes de cemento Portland de tipo I, 1 parte de cal hidratada y agua en cantidad suficiente para hacer la mezcla de mortero viable para el técnico. La pared era de diez capas de alta con las dos capas superiores y las dos capas inferiores de 40,64 cm (16 pulgadas) más anchas que las seis capas centrales formando una forma de "I". Todos los bloques en las dos capas superiores y dos capas inferiores estaban totalmente cementados para obtener mejor transferencia de carga de un marco de carga (véase la Fig. 4) durante el ensayo y aumentar la probabilidad de que no ocurra un fallo de la pared en las amplias secciones superior e inferior de la pared. Se colocó una barra 120 de refuerzo de acero # 4 en las celdas que rodean al pilar central. Todos los bloques que contienen las barras de refuerzo de acero estaban totalmente cementados. Se usó un lecho de mortero de cubierta de la cara de tres octavos de pulgada sobre los bloques de CMU con las bandas transversales de unidades adyacentes a los bloques cementados completamente en el lecho para evitar que la lechada fluya dentro de las celdas adyacentes. Se colocó refuerzo 130 de unión Dur-o-wal en las juntas del lecho entre las dos capas superiores y dos capas inferiores.

El sistema de refuerzo de la presente invención en este ejemplo comprendía una capa fibrosa de vidrio resistente a los álcalis que comprende vidrio AR fabricado por Saint Gobain Corp. de St. Catherines, Ontario, Canadá, con el nombre comercial Cem-FIL® que tiene un apresto que comprende una mezcla de polímeros epoxi, vinilo y agentes de copulación de amina, y tensioactivos no iónicos producidos por Cem FIL Reinforcements con el número 5197 de etiqueta de producto, y un revestimiento que comprende un acrílico, y una matriz inorgánica cementosa fabricada por Quickrete Companies de Atlanta, Georgia con el nombre comercial QuickWall®. La matriz QuickWall® se mezcló en un mezclador de mortero eléctrico con agua y un fortificante acrílico.

La capa fibrosa de vidrio AR era una capa fibrosa bidireccional revestida que comprende una red de malla abierta insertada de trama tejida con urdimbre, con dos mechas por pulgada en la dirección de la trama y una mecha por pulgada en la dirección de la urdimbre (véase la Fig. 2), y que tiene hilos tricotados de poliéster. El revestimiento comprendía un acrílico aplicado a la capa fibrosa en con % en peso de aproximadamente el 25-28% de DPU. Las mechas eran de aproximadamente 1.200 Tex. La capa fibrosa de vidrio AR se corta de un rollo 76,2 cm (30 pulgadas) de ancho hasta las dimensiones correspondientes de la pared 100 de bloque de CMU de muestra.

Una primera capa de matriz QuickWall® se aplicó con una paleta en la pared de la muestra con aproximadamente 0,32 cm (1/8 pulgada) de grosor. A continuación se presionó a mano dentro de la matriz húmeda una primera capa fibrosa de vidrio AR. La primera capa fibrosa de vidrio AR se orientó de modo que la dirección de la trama de la capa fibrosa que tiene dos mechas se alineó horizontal a la parte inferior de la pared de la muestra. A continuación se aplicó con una paleta una segunda capa de matriz de aproximadamente 0,32 cm (1/8 pulgada) de espesor. Una segunda capa fibrosa de vidrio AR se incrustó a mano a continuación en la segunda capa de matriz. La segunda capa fibrosa de vidrio AR se orientó de modo que la dirección de la trama de la capa fibrosa estuviera alineada

perpendicular a la parte inferior de la pared de la muestra. Finalmente, una tercera capa de matriz de aproximadamente 0,32 cm (1/8 pulgada) de grosor se aplicó con una paleta sobre la segunda capa fibrosa para formar una superficie relativamente lisa.

5 Antes de efectuar el ensayo descrito a continuación, la muestra pared reforzada con el sistema de refuerzo se dejó curar durante 30 días.

10 La pared de muestra reforzada con el sistema de refuerzo ejemplar de la presente invención según el método ejemplar de la presente invención se ensayó para ver la cizalladura en el plano en el U.S. Army Engineer Research and Development Center, Construction Engineering Research Laboratory. Haciendo referencia a las FIG. 3-5, la muestra 100 de pared con el sistema 150 de refuerzo aplicado en ella se fijó en un marco 160 de ensayo de carga y se sujetó en su lugar usando tubos 162 de acero atornillados sobre las orejas 102 superiores e inferiores de la muestra y canales y varillas 164 de acero unidas al marco 160 de carga usando cáncamos 166. El marco 160 de ensayo de suelo de carga comprendía una pared fuerte de reacción de hormigón reforzado post-tensado y un marco de acero. Un accionador hidráulico de 110 kip (no mostrado) con una carrera de $\pm 50,8$ cm (± 20 pulg.) se unió a la pared fuerte para proporcionar fuerzas horizontales (HF) a la pared 100 de muestra por medio de un tubo 170 de acero atornillado a la viga 168 superior de hormigón. Dos accionadores de 50 kip (Norte y Sur) (no mostrados) con una carrera de $\pm 7,62$ cm (3 pulgadas) se unieron al marco de acero y al tubo 170 de acero horizontal para proporcionar carga axial (vertical) (FVS y FVN) para simular la carga muerta por encima de la muestra de pared. El sistema hidráulico para el accionador estaba controlado por ordenador.

20 En la pared 100 de muestra se colocaron instrumentos usando dos transductores diferenciales variables lineales y ocho galgas de desviación (yo-yo) lineales para monitorizar los movimientos de la muestra de pared (D1 - D10) (Véase la Fig. 5). Para el ensayo de cizalladura en el plano, el accionador Sur se estableció como control de carga y el Norte como control de carrera; se aplicó una carga inicial de 27 kip a cada uno. El accionador Norte (que aplica la fuerza FVN) que estaba bajo control de carrera también era esclavo de la señal de carrera del accionador Sur vertical (que aplica la fuerza FVS). La carga de esta manera permitió que la fuerza de los accionadores verticales variara con respecto los unos de los otros mientras se mantiene una carga axial total de 54 kip constante, lo que obliga a la viga de hormigón superior del marco 160 de ensayo a permanecer horizontal y paralela a la viga de hormigón inferior del marco 160 de ensayo. Esta configuración pone una carga de cizalladura en el plano en la muestra de pared. Se aplicaron fuerzas horizontales (HF) cíclicas a la muestra de pared usando el accionador horizontal. La Tabla 2 muestra el tiempo de entrada (s) y el desplazamiento mm (pul.) al que la pared estaba sometida durante el ensayo. Se determinaron las fuerzas de desplazamiento en el fallo de la muestra de pared.

30

Tabla 2

Tiempo (s)	Desplazamiento mm (pulg.)	Tiempo (s)	Desplazamiento mm (pulg.)	Tiempo (s)	Desplazamiento mm (pulg.)
0	0 (0)	400	0 (0)	787,5	-10,2 (-0,4)
12,5	0,5 (0,02)	412,5	2,51 (0,1)	800	0 (0)
25	0 (0)	425	0 (0)	812,5	15,2 (0,6)
37,5	0,5 (-0,02)	437,5	-2,5 (0,1)	825	0 (0)
50	0 (0)	450	0 (0)	837,5	-15,2 (-0,6)
62,5	0,5 (0,02)	462,5	2,51 (0,1)	850	0 (0)
75	0 (0)	475	0 (0)	862,5	15,2 (0,6)
87,5	-0,5 (-0,02)	487,5	-2,5 (-0,1)	875	0 (0)
100	0	500	0 (0)	887,5	-15,2 (-0,6)
112,5	1 (0,04)	512,5	5 (0,2)	900	0 (0)
125	0 (0)	525	0 (0)	912,5	20,3 (0,8)
137,5	-1 (-0,04)	537,5	-5,1 (-0,2)	925	0 (0)
150	0 (0)	550	0 (0)	937,5	-20,3 (-0,8)
162,5	1 (0,04)	562,5	5 (0,2)	950	0 (0)
175	0 (0)	575	0 (0)	962,5	20,3 (0,8)
187,5	-1 (-0,04)	587,5	-5,1 (0)	975	0 (0)
200	0 (0)	600	0 (0)	987,5	-20,3 (-0,8)
212,5	1,5 (0,06)	612,5	7,6 (0,3)	1000	0 (0)
225	0 (0)	625	0 (0)	1012,5	25,4 (1)
237,5	-1,5 (-0,06)	637,5	7,6 (-0,3)	1025	0 (0)
250	0 (0)	650	0 (0)	1037,5	-25,4 (-1)
262,5	1,5 (0,06)	662,5	7,6 (0,3)	1050	0 (0)
275	0 (0)	675	0 (0)	1062,5	25,4 (1)
287,5	-1,5 (-0,06)	687,5	-7,6 (-0,3)	1075	0 (0)
300	0 (0)	700	0 (0)	1087,5	-25,4 (-1)
312,5	2 (0,08)	712,5	10,2 (0,4)	1100	0 (0)
325	0 (0)	725	0 (0)	1112,5	30,5 (1,2)

(continuación)

Tiempo (s)	Desplazamiento mm (pulg.)	Tiempo (s)	Desplazamiento mm (pulg.)	Tiempo (s)	Desplazamiento mm (pulg.)
337,5	-2 (-0,08)	737,5	-10,2 (-0,4)	1125	0 (0)
350	0 (0)	750	0 (0)	1137,5	-30,5 (-1,2)
362,5	2 (0,08)	762,5	10,2 (0,4)	1150	0 (0)
375	0 (0)	775	0 (0)	1162,5	30,5 (1,2)
387,5	-2 (-0,08)				

Haciendo referencia a la FIG. 6, durante el transcurso del ensayo de pared para la pared 1, el agrietamiento del refuerzo comenzó durante los ciclos de desplazamiento horizontal de 5,1 mm (0,2 pulgadas) en las esquinas inferiores (LS y LN) de la muestra y a continuación se comenzó a propagar hacia abajo en forma de típicas grietas

de cizalladura de hormigón a alrededor de 45 grados. En los desplazamientos horizontales de 15,2 y 20,3 mm (0,6 y 0,8 pulgadas), el agrietamiento comenzó a aparecer intermitentemente en el medio del pilar central comenzando la formación de una grieta X. Al desplazamiento de 25,4 mm (1,0 pulgada), aparecieron significativamente más grietas diagonalmente desde la esquina reentrante norte superior (UN) hacia abajo. Al mismo tiempo el agrietamiento comenzó a crecer hacia arriba y a un ángulo de 45 grados a partir de esa esquina. Finalmente, a 30,5 mm (1,2 pulgadas) de desplazamiento, el refuerzo se agrietó desde la esquina reentrante norte superior (UN) diagonalmente a través de toda la muestra hasta la esquina reentrante sur (LS), y la cara posterior de los bloques de CMU del pilar se separó por cizalladura y cayó al suelo poniendo fin al ensayo.

La FIG. 7 muestra una curva de carga lateral-distorsión de carga frente a desplazamiento (en D4 y D7) para la muestra de pared 1, así como la curva de carga lateral-distorsión para la muestra de control. La muestra de control era una pared de CMU como se describe anteriormente sin la aplicación del sistema de refuerzo.

Ejemplo 2

Una segunda muestra 200 de pared (pared 2) que tiene un sistema de refuerzo aplicado se ensayó usando el mismo método de ensayo que el descrito anteriormente con respecto a la muestra 1 de pared. La pared 2 se preparó según los materiales y procedimiento descritos en el Ejemplo 1 y el sistema de refuerzo aplicado a la pared 2 se preparó con los materiales descritos en el Ejemplo 1. La única diferencia entre los Ejemplos 1 y 2 es con respecto al método de aplicación del refuerzo. Al aplicar el sistema de refuerzo de la pared 2, la primera capa fibrosa de vidrio se orientó de modo que la dirección de la trama de la tela que tiene dos mechas estaba a un ángulo de 45° con respecto a la parte inferior de la pared que va desde la esquina izquierda superior (US) hasta la esquina derecha inferior (LN). La segunda capa fibrosa de vidrio se orientó de modo que la dirección de la trama de la capa fibrosa estaba alineada perpendicular a la parte inferior de la pared 200 de muestra.

Haciendo referencia a la FIG. 8, el refuerzo de la pared 2 comenzó a mostrar grietas a un desplazamiento horizontal de 7,6 mm (0,3 pulgadas) de la misma manera que la pared 1. Aparecieron grietas en las esquinas reentrantes inferiores (LS y LN) y se propagaron hacia abajo, como es típico del crecimiento de grietas de cizalladura de hormigón. A 15,2 mm (0,6 pulgadas) de desplazamiento horizontal, comenzó a aparecer una grieta X a través de la sección de la pila central de la pared. A continuación, a 20,3 mm (0,8 pulgadas) de desplazamiento el refuerzo desarrolló una grieta horizontal cerca de la segunda junta del lecho de la pila. La cara posterior de los bloques de CMU se separó por cizalladura y la pared comenzó a desplomarse dando por finalizado el ensayo.

La FIG. 9 muestra una curva de carga lateral-distorsión de carga frente a desplazamiento (en D4 y D7) para la muestra de pared 2, así como la curva de carga lateral-distorsión para la muestra de control. De nuevo, la muestra de control era una pared de CMU sin la aplicación del sistema de refuerzo.

Ejemplo 3

Una tercera muestra 300 de pared (pared 3) que tiene un sistema de refuerzo aplicado se ensayó usando el mismo método de ensayo que el descrito anteriormente con respecto a las muestras 1 y 2 de pared. La pared 3 se preparó según los materiales y el procedimiento descrito en el Ejemplo 1. El sistema de refuerzo aplicado a la pared 3 se preparó con las composiciones de materiales descritas en el Ejemplo 1, excepto que la capa final de matriz aplicada al refuerzo comprendía material de QuickWall Sanded® de QuickCrete que tiene más arena que el producto QuickWall® normal.

El sistema de refuerzo aplicado a la pared 3 incluía una tercera capa fibrosa de vidrio incrustada en la tercera capa de matriz y una cuarta capa de matriz (el material QuickWall Sanded®) aplicada como revestimiento superior. Al aplicar el sistema de refuerzo de la pared 3, la primera capa fibrosa de vidrio se orientó de modo que la dirección de la trama de la tela que tiene dos mechas estuviera a un ángulo de 45° con respecto a la parte inferior de la pared que va desde la esquina izquierda superior (US) hasta la esquina derecha inferior (LN). La segunda capa fibrosa de vidrio se orientó de modo que la dirección de la trama de la capa fibrosa estuviera a un ángulo de 45° con respecto a la parte inferior de la pared que va desde la parte superior derecha (UN) hasta la esquina izquierda inferior (LS). La tercera capa fibrosa de vidrio se orientó de modo que la dirección de la trama de la capa fibrosa estuviera alineada perpendicular a la parte inferior de la pared 3.

Haciendo referencia a la FIG. 10, el agrietamiento en el refuerzo se inició a 0,5 mm (0,2 pulgadas) de desviación horizontal en la esquina reentrante norte inferior (LN). De 0,3 pulgadas a 2,54 cm (1,0 pulgadas) de desplazamiento, la grieta creció a lo largo de la unión del lecho en una localización hasta una longitud de 7 pulgadas. A 10,2 mm (0,4 pulgadas) de desplazamiento horizontal comenzó una grieta en la otra esquina reentrante inferior (LS), en ángulo hacia abajo. Continuó en la siguiente amplitud de desplazamiento horizontal. A 20,3 mm (0,8 pulgadas) de desplazamiento, una nueva grieta comenzó allí y siguió la unión del lecho aproximadamente 20,32 (8 pulgadas). Se inició una grieta diagonal a lo largo de la misma línea en la que se inició el fallo en la pared 1 a 0,5 pulgadas de desplazamiento horizontal y creció durante los ciclos de desplazamiento de 0,8. A 20,3 mm (0,8 pulgadas) de desplazamiento se inició una grieta en la esquina reentrante norte superior (UN) que se inclina hacia arriba. A continuación, a 2,54 cm (1,0 pulgada) de desplazamiento horizontal, se iniciaron varias grietas más en esa esquina y todas crecieron hacia arriba a ángulos variables. Durante los ciclos de desplazamiento horizontal de 2,54 cm (1,0

pulgada) los bloques de CMU comenzaron a romperse por cizalladura, y dado que la pared estaba en peligro inminente de desplome, se detuvo el ensayo. El examen de los extremos y la parte trasera de la pared reveló que la cara posterior tenía un grieta X bien desarrollada y la cara frontal estaba empezando a desprenderse por cizalladura justo detrás del refuerzo. El refuerzo no falló durante este ensayo.

- 5 La FIG. 11 muestra una curva de carga lateral-distorsión de carga frente a desplazamiento (en D4 y D7) para la muestra de la pared 3, así como la curva de carga lateral-distorsión para la muestra de control. De nuevo, la muestra de control era una pared de CMU sin la aplicación del sistema de refuerzo.

Ejemplo 4

10 Haciendo referencia a la FIG. 12, se construyeron tres muestras 400 de tripleta usando CMUs estándar de 20,32 x 20,32 x 40,64 cm (8 x 8 x 16 pulgadas). Las muestras 400 de tripleta se construyeron a partir de tres bloques 402, 404 y 406, colocados en una unión apilada con el bloque central 404 desfasado 1,9 cm (3/4 pulgada). El sistema 410 de refuerzo aplicado a las tres muestras de tripleta se preparó con las composiciones de materiales descritos en los ejemplos anteriores, excepto que las capas de la matriz comprendían material de QuickWall® Sanded en comparación con el producto QuickWall® normal.

15 El procedimiento de aplicación del sistema de refuerzo para las tres muestras 400 de tripleta era idéntico al procedimiento de aplicación para las tres muestras de pared descritas anteriormente. La primera muestra de tripleta (tripleta 1) recibió dos capas fibrosas de vidrio. La primera capa fibrosa de vidrio de la primera tripleta estaba orientada de modo que la dirección de la trama de la capa fibrosa que tiene dos mechas estaba alineada horizontal a la parte inferior de la tripleta de punta (como se muestra en la Fig. 2). La segunda capa fibrosa de vidrio estaba orientada de modo que la dirección de la trama de la capa fibrosa estuviera alineada perpendicular a la parte inferior de la tripleta. La segunda muestra de tripleta (tripleta 2) también recibió dos capas fibrosas de vidrio. La primera capa fibrosa de vidrio de la segunda muestra estaba orientada de modo que la dirección de la trama de la tela estaba a un ángulo de 45° con respecto a la parte inferior del triplet que va desde la esquina izquierda superior hasta la esquina derecha inferior. La segunda capa fibrosa de vidrio estaba orientada de modo que la dirección de la trama de la capa fibrosa estaba alineada perpendicular a la parte inferior de la muestra de tripleta. La tercera muestra de tripleta (tripleta 3) recibió tres capas fibrosas de vidrio. La primera capa fibrosa de vidrio de la tercera muestra de tripleta estaba orientada de modo que la dirección de la trama estaba a un ángulo de 45° con respecto a la parte inferior de la tripleta que va desde la esquina izquierda superior hasta la esquina derecha inferior. La capa segunda capa fibrosa de vidrio estaba orientada de modo que la dirección de la trama de la capa fibrosa estaba a un ángulo de 45° respecto a la parte inferior de la tripleta que va desde la esquina de la parte derecha superior a la esquina izquierda inferior. La tercera capa fibrosa de vidrio estaba orientada de modo que la dirección de la trama de la capa fibrosa estaba alineada perpendicular a la parte inferior de la tripleta. Al igual que con las muestras de pared, las tripletas se dejaron curar durante treinta días antes del ensayo.

35 Las tripletas 400 se ensayaron en un marco de ensayo de un millón de libras. Las muestras se colocaron sobre la placa de carga del marco de ensayo de modo que el bloque central desfasado estuviera hacia arriba. Se atornillaron placas de acero a los extremos de las muestras de tripleta y se apretaron para aplicar una fuerza de sujeción de 1776 kg (4800 libras) sobre las tripletas. Esta fuerza corresponde a la carga axial de 150 psi aplicada a las muestras de pared. Las tripletas se cargaron a continuación en compresión a una velocidad de carga constante de 0,0686 mm/s (0,0027 pulg./s). La Tabla 3 lista las cargas máximas para cada una de las muestras de tripleta.

40 Tabla 3

Cargas máximas para ensayos de tripleta	
Identificación de la tripleta	Carga máxima (lb) Kg
1	(43,175) 16,113
2	(47,350) 17,671
3	(48,031) 17,925

45 Dado que el sistema de refuerzo se aplicó a sólo una cara de las muestras de tripleta, había menos resistencia a la carga en la cara sin refuerzo aplicado. Esto dio lugar a una cizalladura de la envoltura de la cara posterior y compresión de la cara central en la parte posterior hasta un nivel de las caras del bloque contiguo. En todos los casos, la cara con el refuerzo aplicado resistió la compresión. La FIG. 13 es un gráfico de carga frente a desplazamiento de cruceta para el ensayo de tripleta.

La tripleta 1 tenía el mínimo daño en el sistema de refuerzo. Había unas pocas grietas finas de aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada) distribuidas a lo largo de las juntas de mortero a alrededor de un ángulo de 30 grados con respecto a la horizontal.

La tripleta 2 mostró el mayor daño en el refuerzo. Se desarrollaron grietas en las esquinas reentrantes en la tripleta. Se desarrolló una grande en la parte inferior y se desarrollaron menores en la parte superior. El examen del refuerzo reveló el inicio de alguna deslaminación. Después de retirar la tripleta de la máquina de ensayo, la cara de la CMU del bloque central se desprendió del refuerzo, que se mantuvo intacto.

- 5 La tripleta 3 produjo pequeñas grietas finas en las esquinas reentrantes superiores del refuerzo, que era el único daño visible en el lado del refuerzo de la muestra.

Resultados

10 El beneficio de aplicar la matriz inorgánica reforzada con tela de vidrio AR para soportar estructuras tales como las paredes descritas anteriormente es añadir resistencia a la estructura de soporte y mejorar el rendimiento de la estructura incrementando los límites de desviación. Estos beneficios dan como resultado una mejor resistencia a terremotos y explosiones. Las curvas de carga lateral-distorsión, como las mostradas en las FIGs. 7, 9 y 11 indican la resistencia de ingeniería de la estructura de soporte en consideración. La resistencia de ingeniería se define como la carga máxima transcrita por la curva de carga lateral-distorsión. Para fines de ingeniería, la resistencia de ingeniería es un mejor indicador del rendimiento del sistema que la carga máxima medida porque incorpora un factor de seguridad que puede estar presente o no cuando se considera el valor de la carga máxima.

15 Para cada muestra pared reforzada ensayada, la carga de ingeniería mejoró frente a una muestra de control que no tiene refuerzo. La pared 1, que exhibe un incremento de resistencia del 57% sobre el control, funcionó la mejor, seguida de la pared 3 que tiene un incremento del 42% y la pared 2 que tiene un incremento del 38%. La FIG. 14 ilustra diferentes configuraciones de sistemas de refuerzo de polímero reforzado con fibra (FRP) aplicados a muestras de pared ensayadas en ensayos anteriores en el U.S. Army Engineer Research and Development Center, Construction Engineering Laboratory en condiciones similares. Las muestras reforzadas de FRP se cargaron con cizalladura en el plano con 54 kips de carga axial aplicada a ellas. La FIG. 15 compara los incrementos de carga de ingeniería para las paredes 1-3 con las paredes de la muestra que tienen sistemas de refuerzo de FRP aplicados en las diferentes configuraciones mostradas en la FIG. 14, sobre la muestra de control que no tiene refuerzo.

25 La carga horizontal máxima que resistió cada pared, junto con la carga de ingeniería y sus comparaciones con las paredes de control se listan en la Tabla 4. El orden de resistencia a la carga horizontal máxima para cada pared es el mismo que el orden de carga de ingeniería. Además de proporcionar el máximo incremento de resistencia, la pared 1 también exhibía el mejor desplazamiento antes del fallo. La FIG. 16 compara los desplazamientos de pared entre sí y también con muestras de pared reforzada con FRP ensayadas en ensayos anteriores. La Tabla 5 lista el desplazamiento máximo entre galgas D7 y D4 (Véase la Fig. 5) para las paredes 1-3, y compara esos valores con los del control que no tienen refuerzo aplicado. Las paredes ensayadas mostraron mejoras que varían del 29% para la pared 2 al 44% para la pared 1.

Tabla 4

Comparaciones de carga de la pared que muestran máxima carga de ingeniería						
Pared No.	Carga máx. (L) kN (kips)	(EL) (kips) kN	Δ_L (kips) kN	Δ_{EL} (kips) kN	Δ_L (%)	Δ_{EL} (%)
1	248 (55,7)	237 (53,28)	79 (17,68)	86 (19,37)	46,50	57,12
2	222 (49,96)	208 (46,81)	53 (11,94)	57 (12,9)	31,40	38,04
3	237 (53,25)	215 (45,26)	68 (15,23)	64 (14,35)	40,06	42,32
Control	169 (38,02)	151 (33,91)				

35

Tabla 5

Comparaciones de desplazamiento de la pared que muestran el máximo desplazamiento			
Pared No.	Máx. desplazamiento cm (pulgadas)	Δ_S cm (pulgadas)	Δ_S (%)
1	3,11 (1,224)	2,22 (0,876)	43,97
2	1,47 (0,577)	0,58 (0,229)	29,13
3	1,60 (0,631)	0,72 (0,283)	37,64
Control	0,88 (0,348)		

ES 2 565 579 T3

5 Para resumir los resultados del ensayo de las muestras de pared 1-3, el sistema de refuerzo de matriz inorgánica reforzada con vidrio AR del presente sistema añadió 209 - 236 kN (47 - 53 kips) de resistencia horizontal, o 38% - 57% a la resistencia de ingeniería de las muestras de pared en cizalladura en el plano. El material añadió de 1,47 a 3,1 cm (0,58 - 1,22 pulgadas) de desplazamiento horizontal, o 29% - 44% a las muestras de pared en cizalladura en el plano. La pared 1, que tiene dos capas fibrosas de tela aplicadas a 0° y 90° entre sí y la pared rindió mejor que las otras configuraciones. Tres capas fibrosas de vidrio, dos alineadas a $\pm 45^\circ$ y la tercera a 0° y 90° respecto a la muestra de pared, rindieron mejor que dos capas fibrosas de vidrio alineadas a 0° y 90° entre sí, pero a $\pm 45^\circ$ con respecto a la muestra de pared. Todos los fallos de la pared fueron debidos a la cizalladura entre las caras frontal y posterior de los bloques. No hubo deslaminaciones del sistema de refuerzo de las paredes 1-3 de las paredes de
10 CMU.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para reforzar un soporte (20) estructural, en el que un sistema (10) de refuerzo que comprende una capa (12) fibrosa de vidrio AR incrustada en matriz (14) de material cementoso se aplica al soporte (20) estructural, en el que dicha capa (12) fibrosa de vidrio AR tiene un apresto aplicado sobre ella, y se aplica un revestimiento (24) resinoso sobre el apresto, siendo dicha matriz (14) de material cementoso (14) adherente a dicho revestimiento (24) resinoso, y siendo adherente dicho revestimiento (24) resinoso a dicho apresto,
- caracterizado por el hecho de que
- 10 el apresto comprende una de las siguientes mezclas (i) un polímero epoxi, agentes de copulación de vinilo y amina y un tensioactivo no iónico, o (ii) un polímero epoxi, agentes de copulación metacrílicos y epoxi, y tensioactivos catiónicos y no iónicos, por ejemplo lubricantes parafínicos,
- y el revestimiento (24) resinoso se selecciona del grupo que consiste en acrílico y plastisol de PVC.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la capa (12) fibrosa es una capa fibrosa abierta bi-direccional.
3. El método de la reivindicación 1, en el que la capa (12) fibrosa incluye hilos de vidrio AR.
- 15 4. El método de la reivindicación 1, en el que la capa (12) fibrosa está formada de fibras continuas o discontinuas orientadas al azar en una estera no tejida.
5. El método de las reivindicaciones 1-4, en el que la matriz (14) de material cementoso comprende cemento Portland.
6. El método de la reivindicación 5, en el que la matriz (14) de material cementoso incluye una resina que forma una unión adhesiva con dicho revestimiento (24) resinoso.
- 20 7. El método de las reivindicaciones 1-6, en el que el revestimiento (24) resinoso comprende por lo menos un polímero que contiene uno o más de un acrilato y un cloruro de vinilo.
8. El método de la reivindicación 1, en el que el revestimiento (24) comprende plastisol de PVC y el apresto comprende una mezcla de epoxiamina polimerizada anhidra, agentes de copulación de vinilo y amina y un tensioactivo no iónico.

25

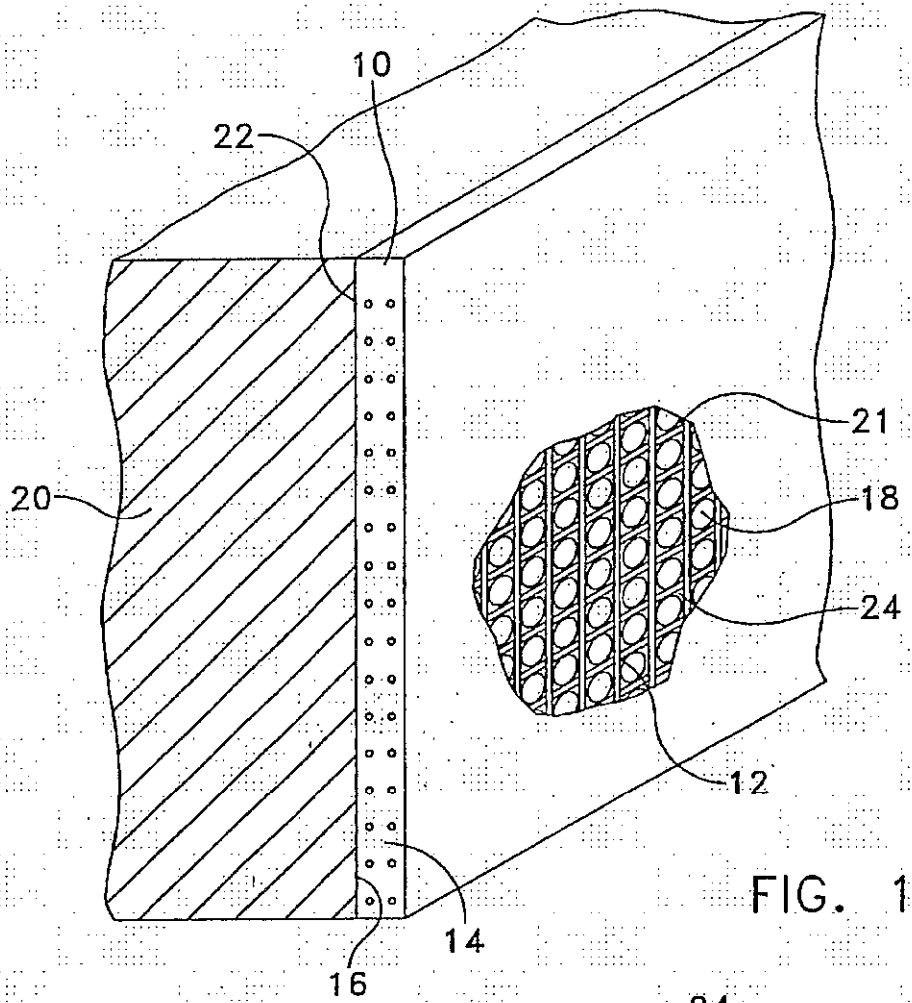


FIG. 1

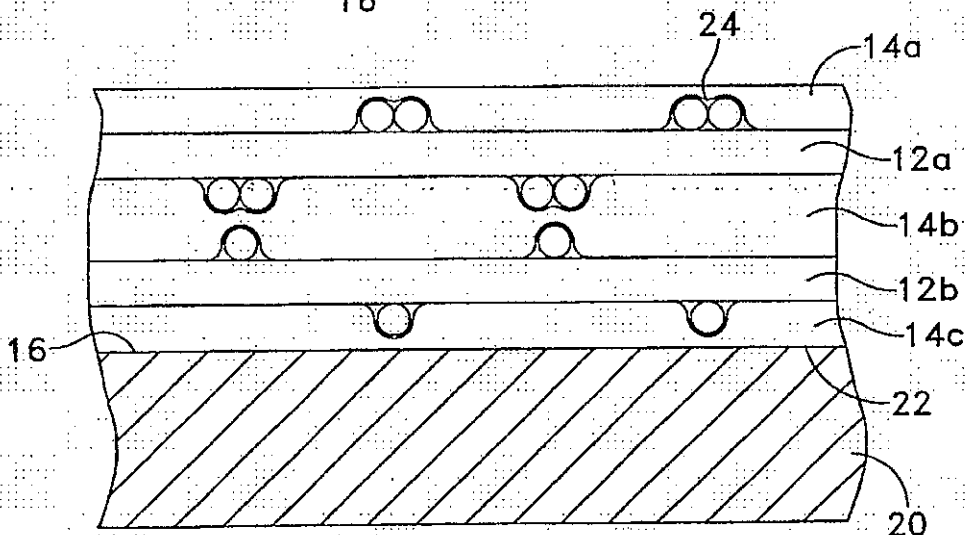


FIG. 2

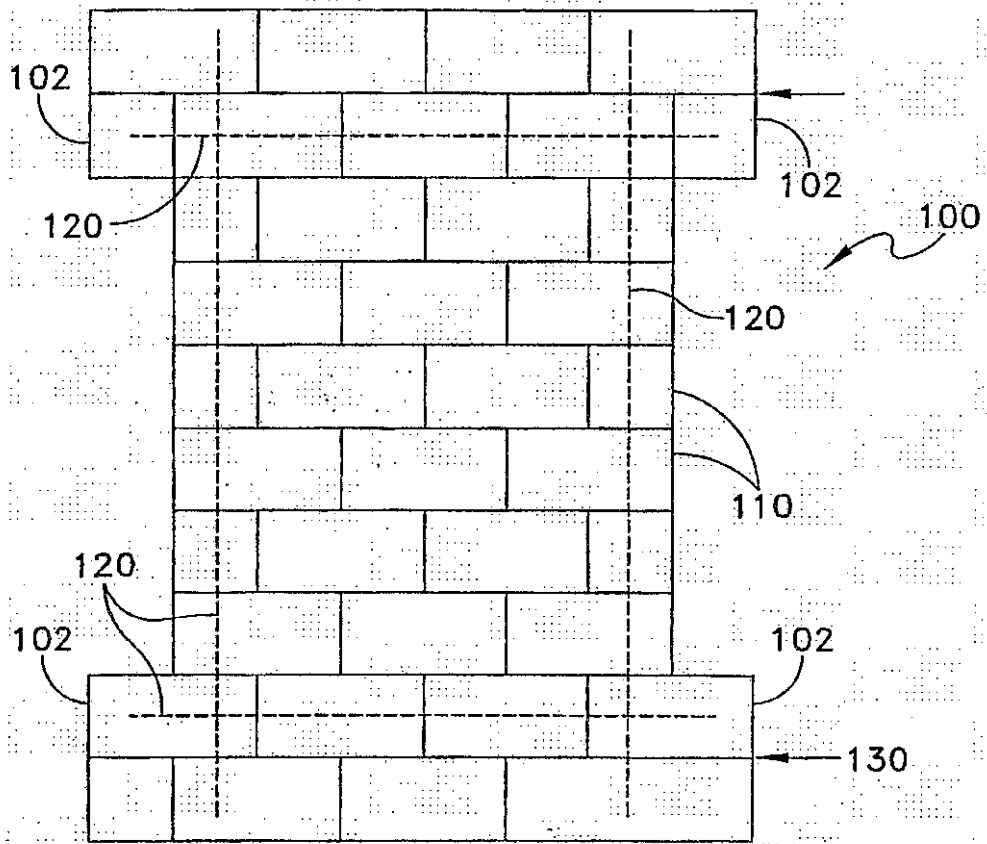


FIG. 3

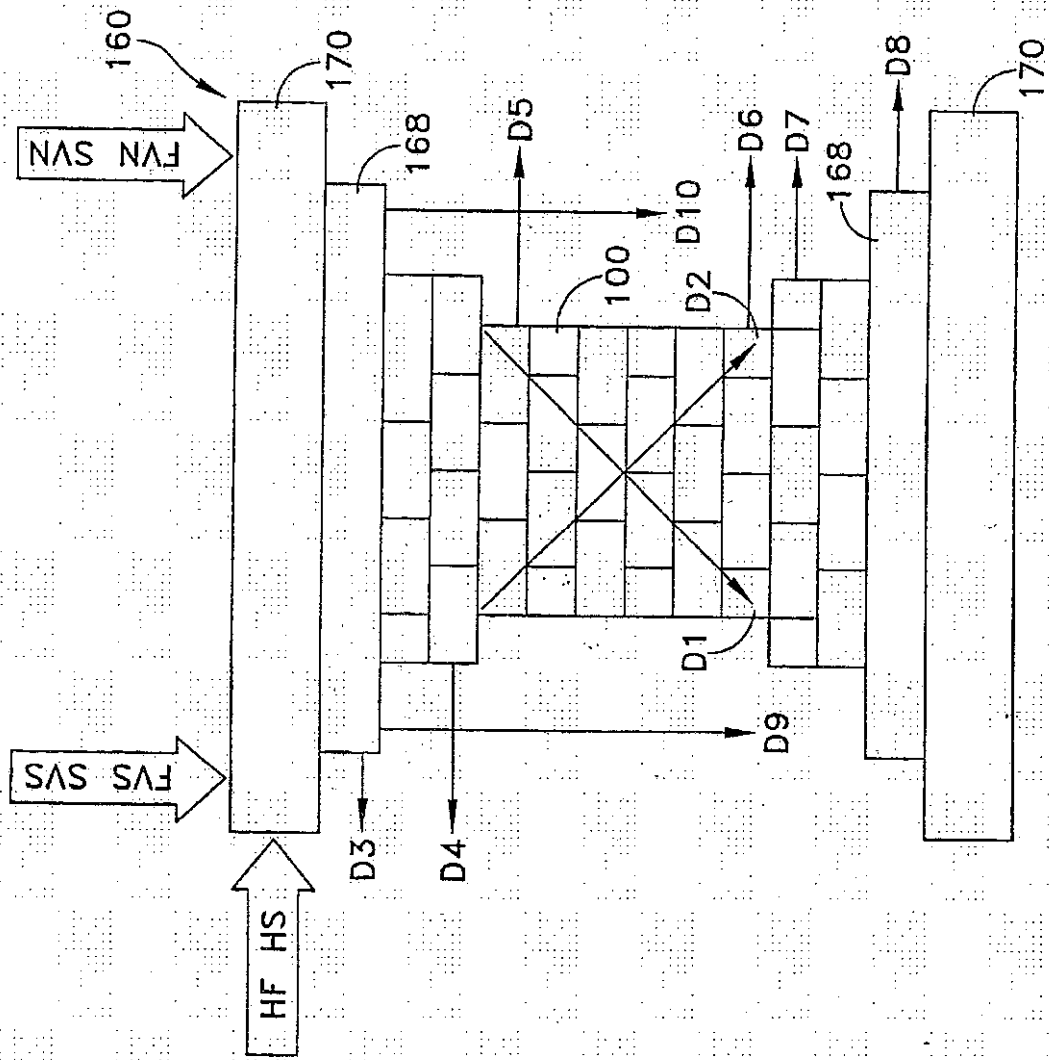


FIG. 5

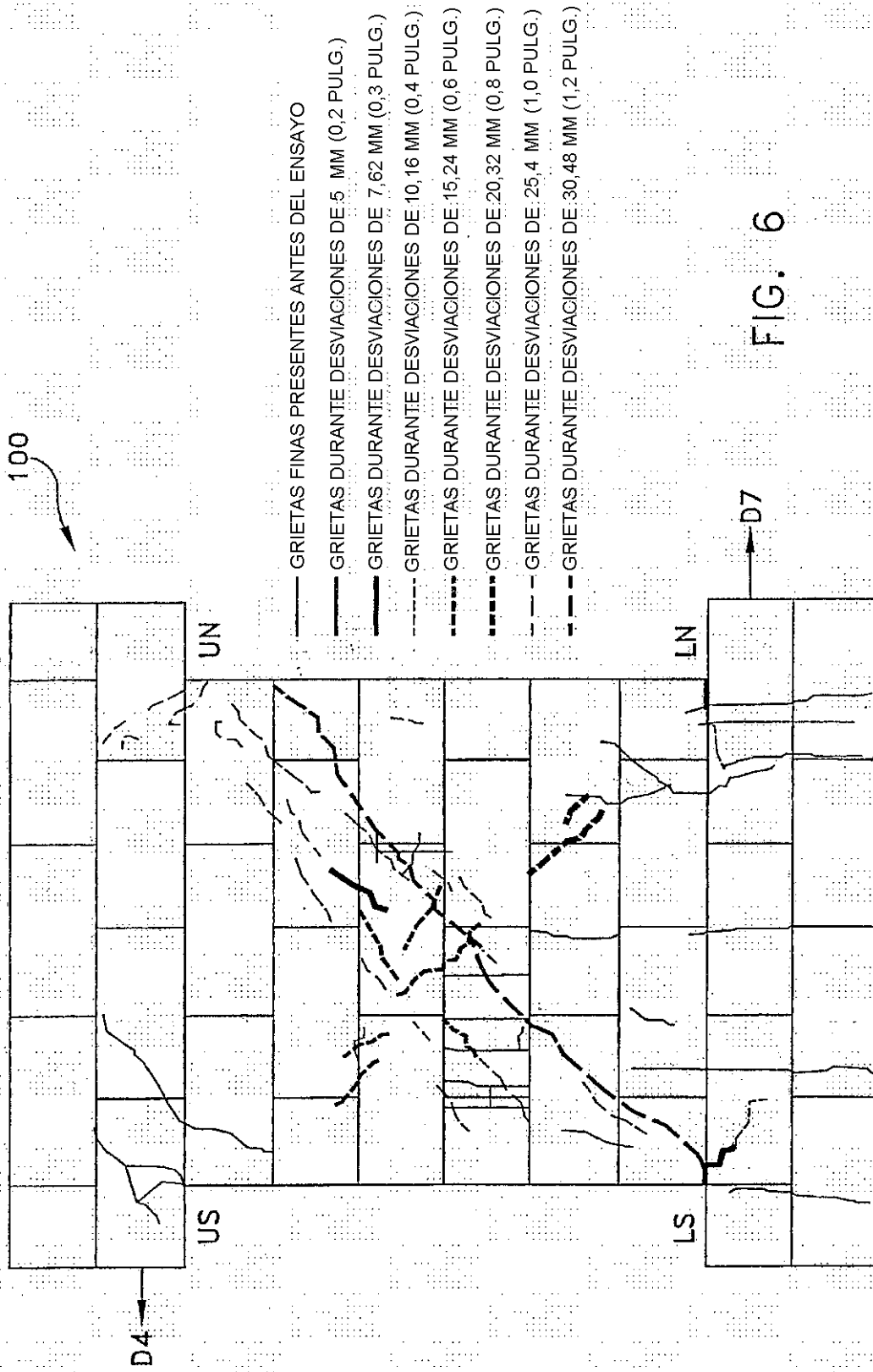


FIG. 6

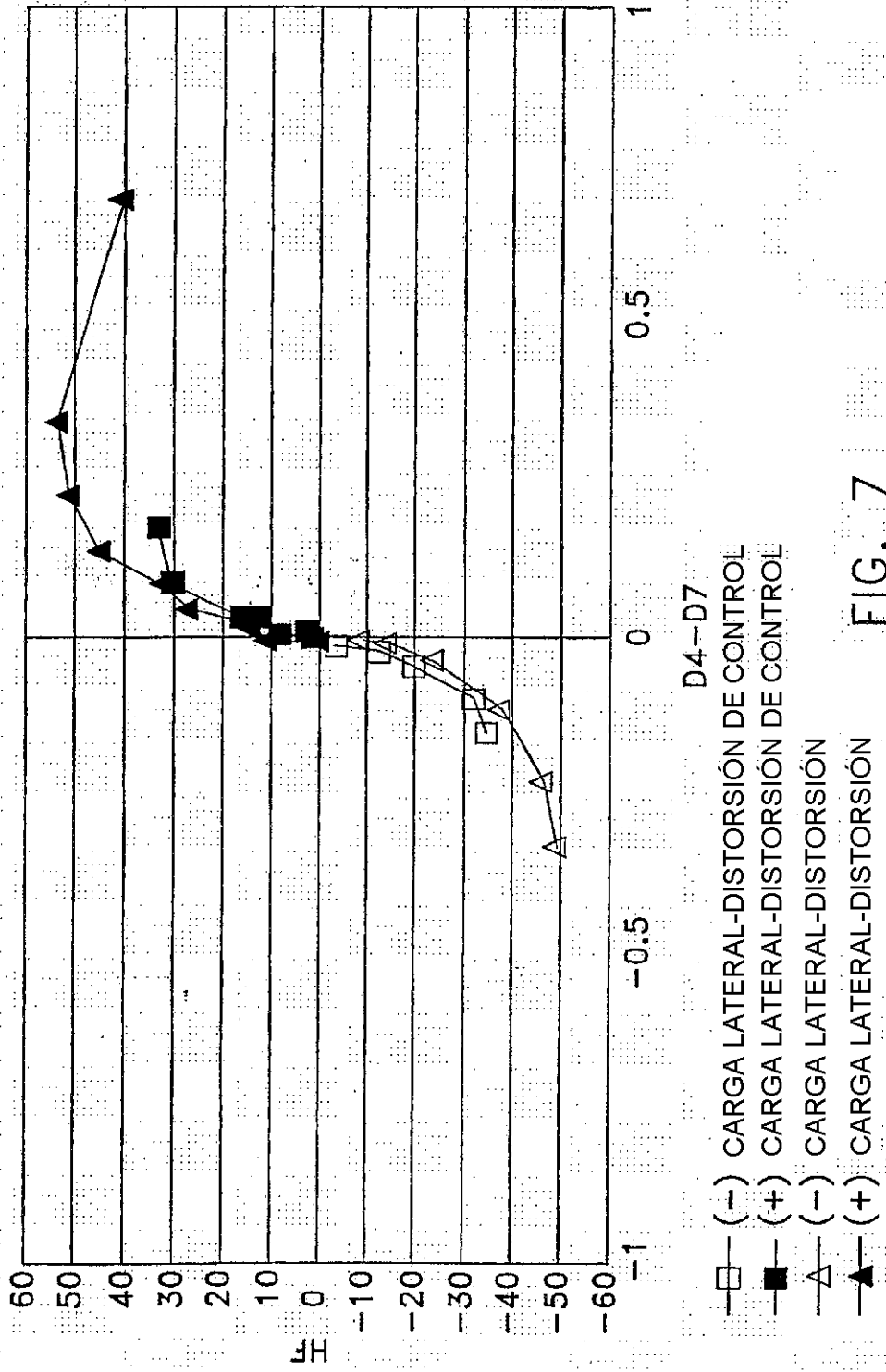


FIG. 7

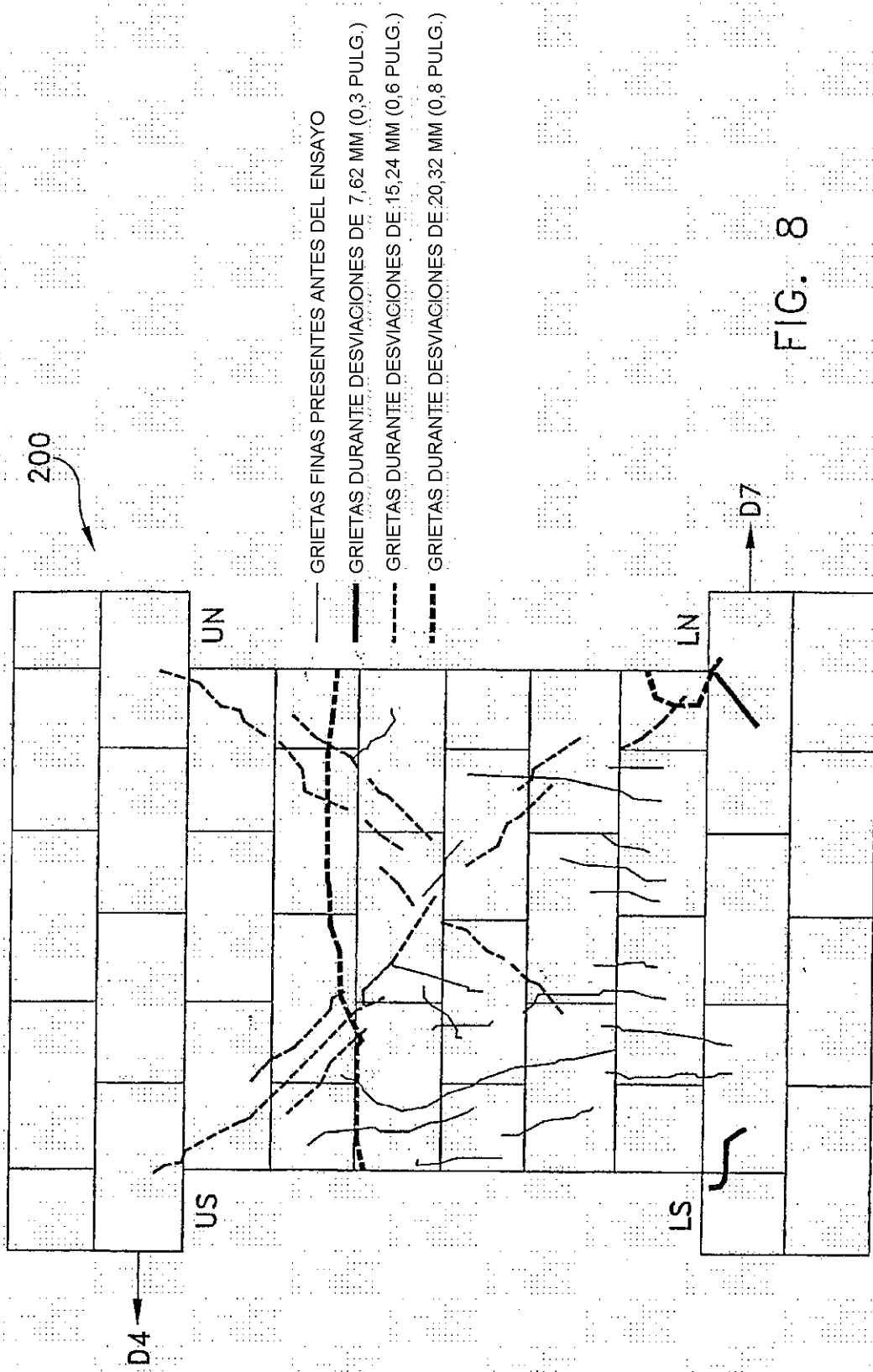


FIG. 8

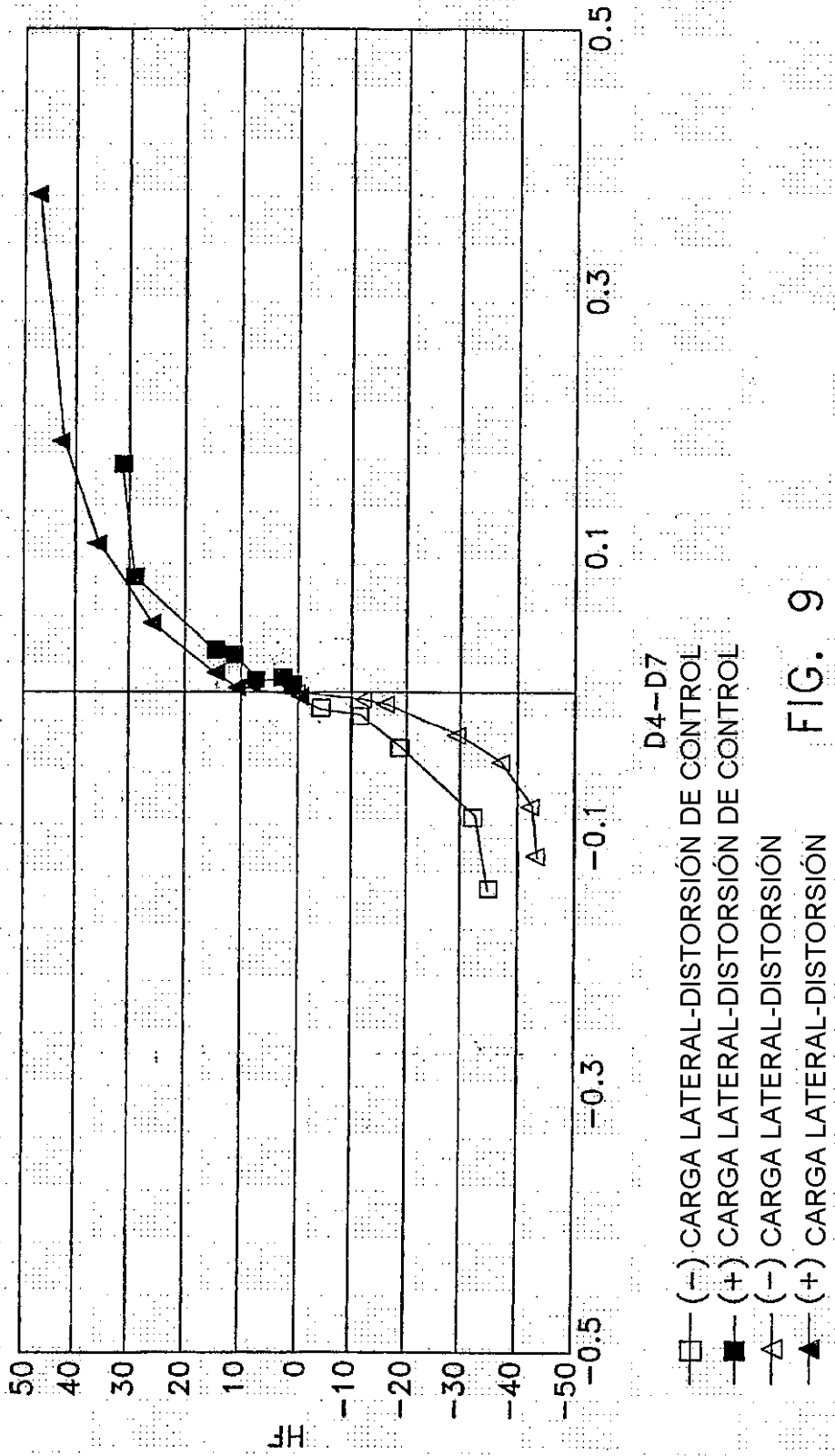
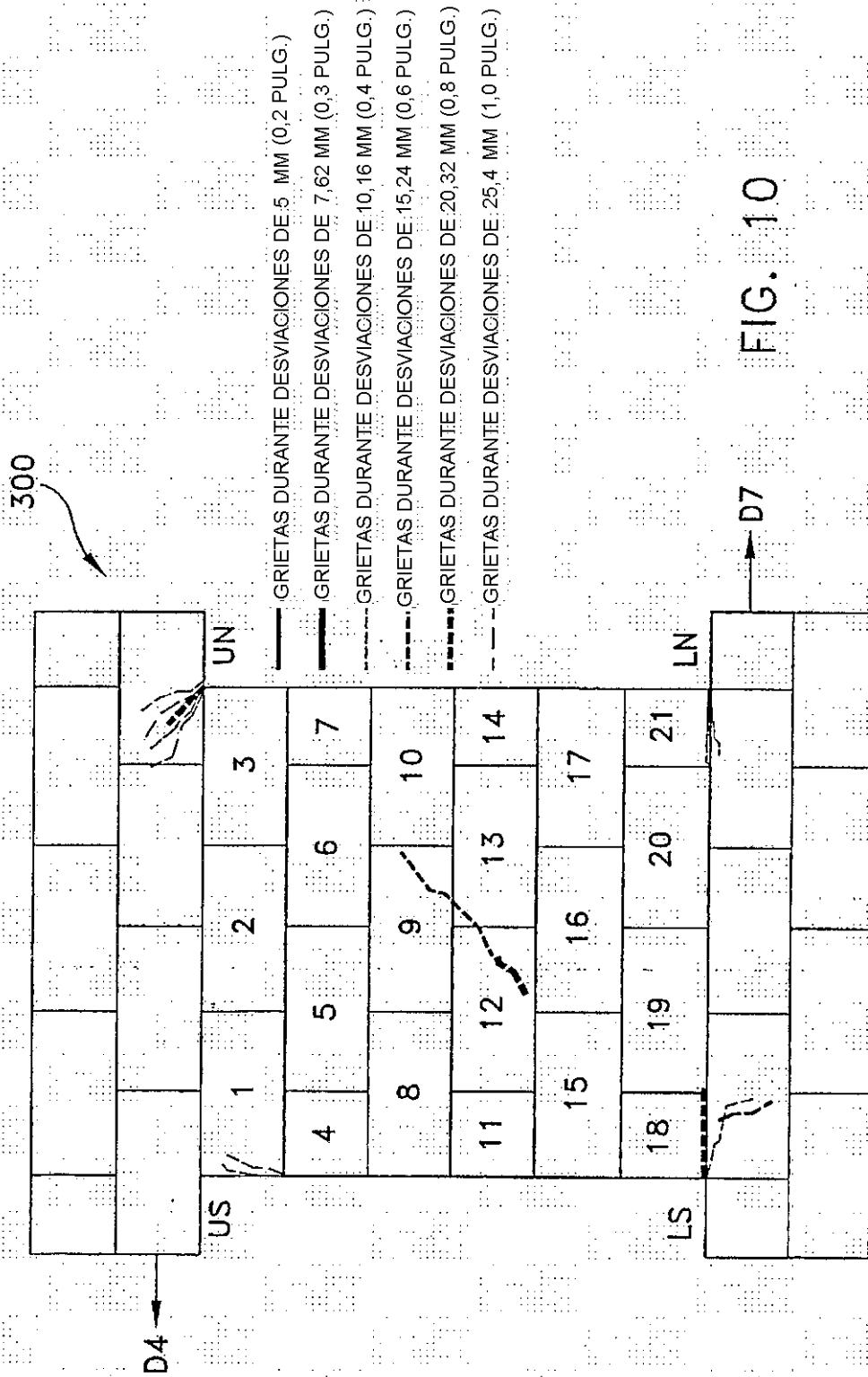


FIG. 9



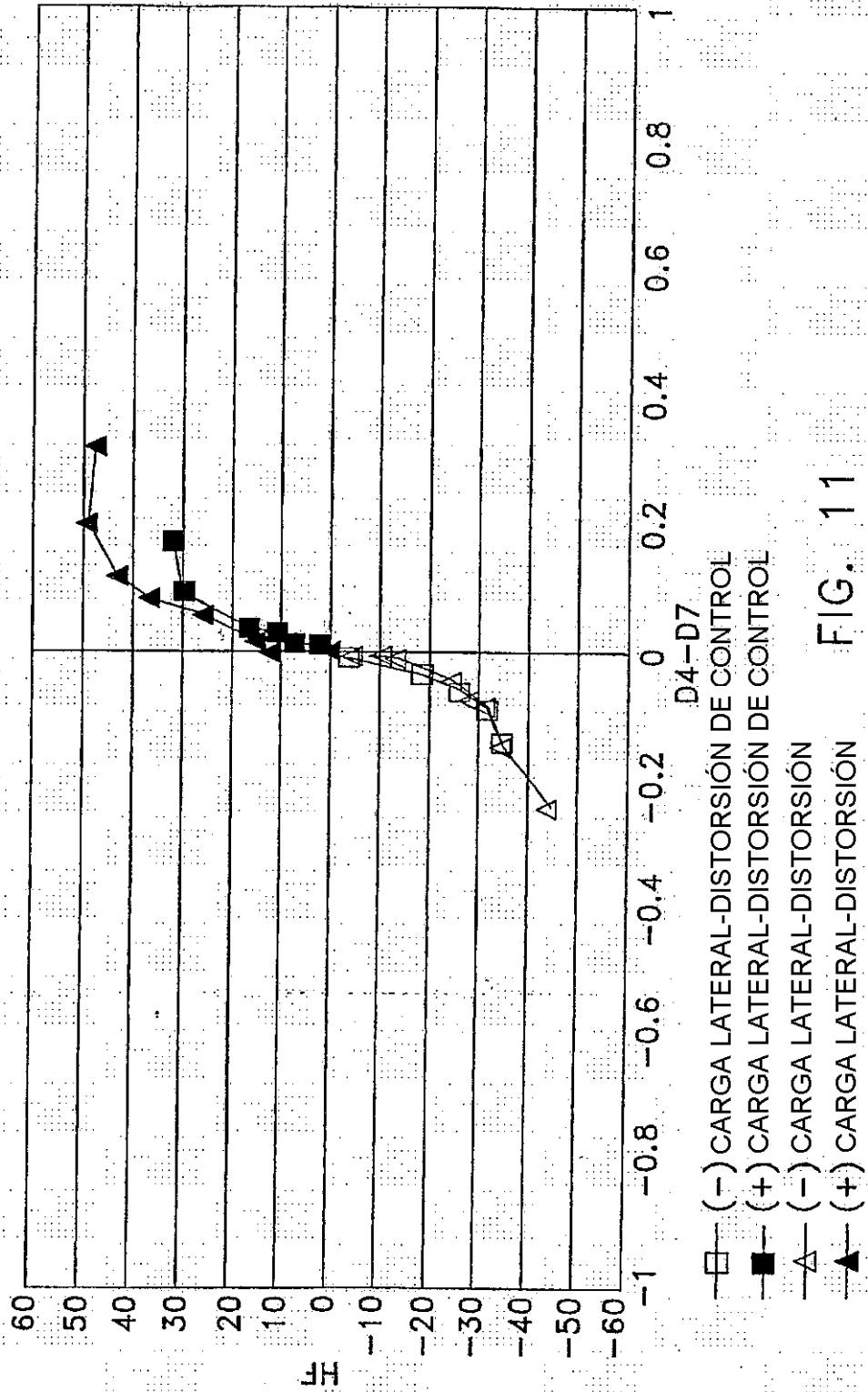


FIG. 11

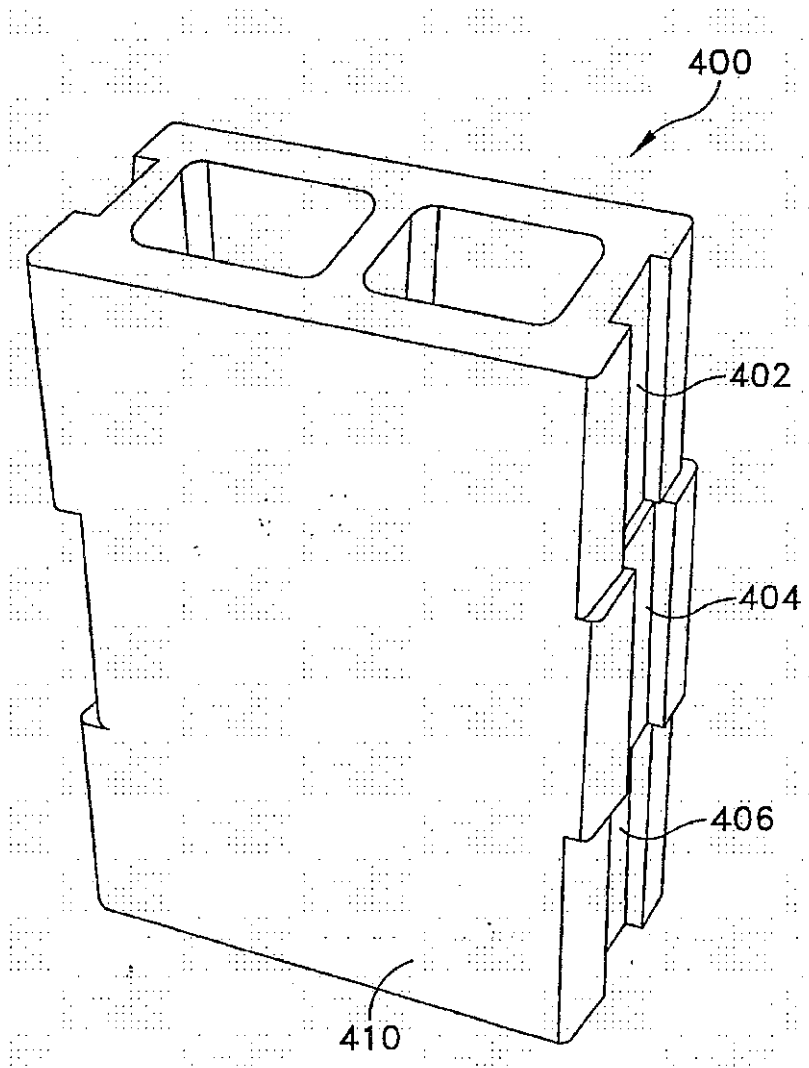


FIG. 12

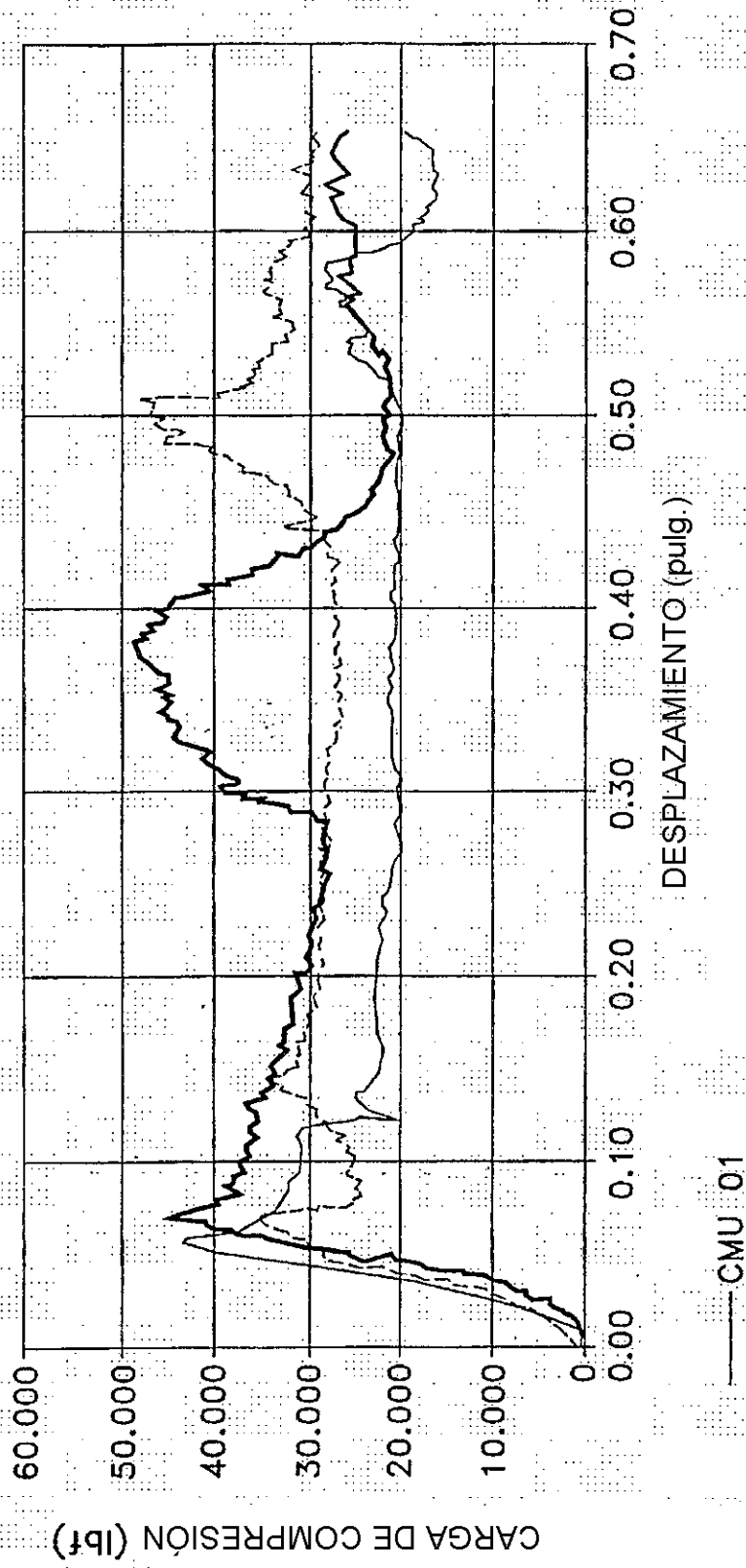


FIG. 13

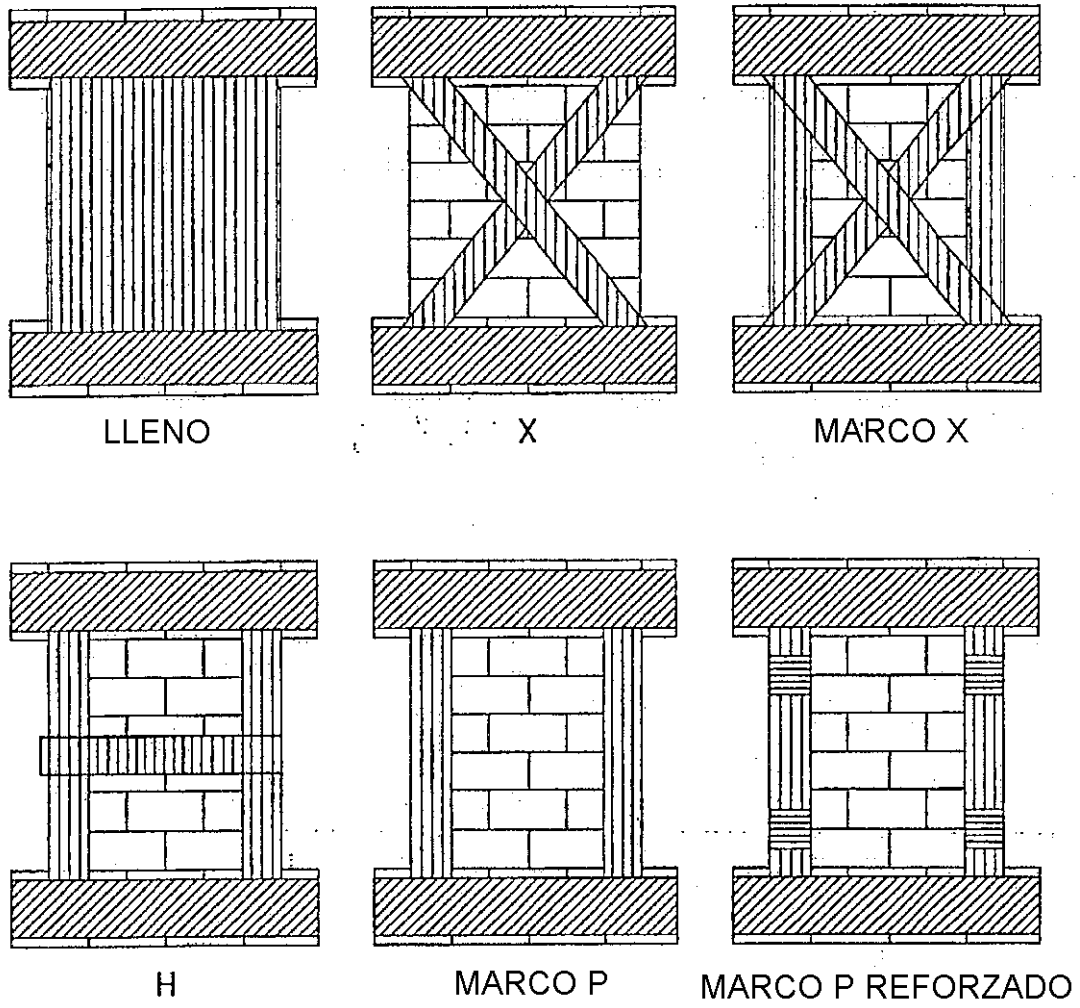


FIG. 14

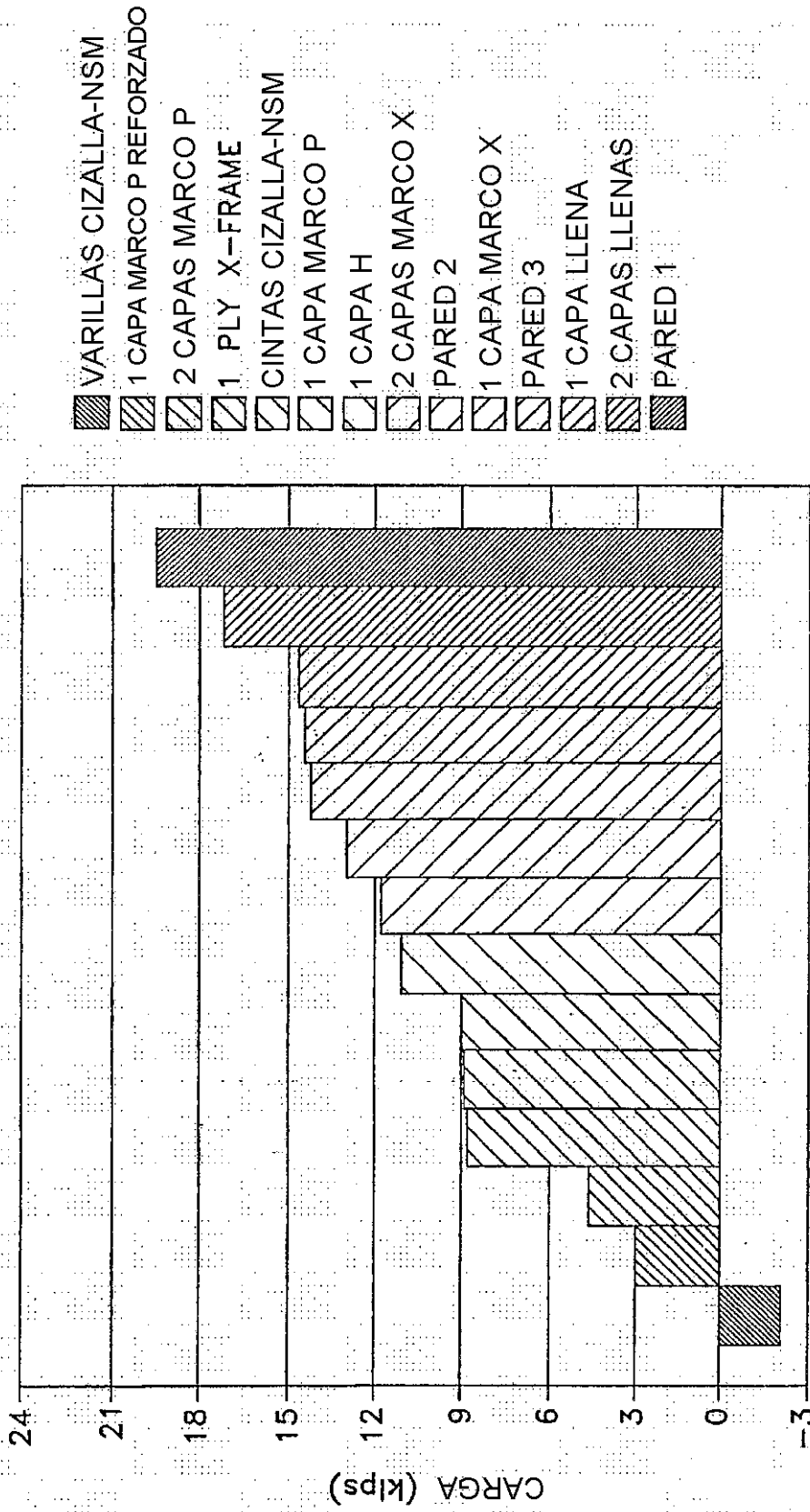


FIG. 15

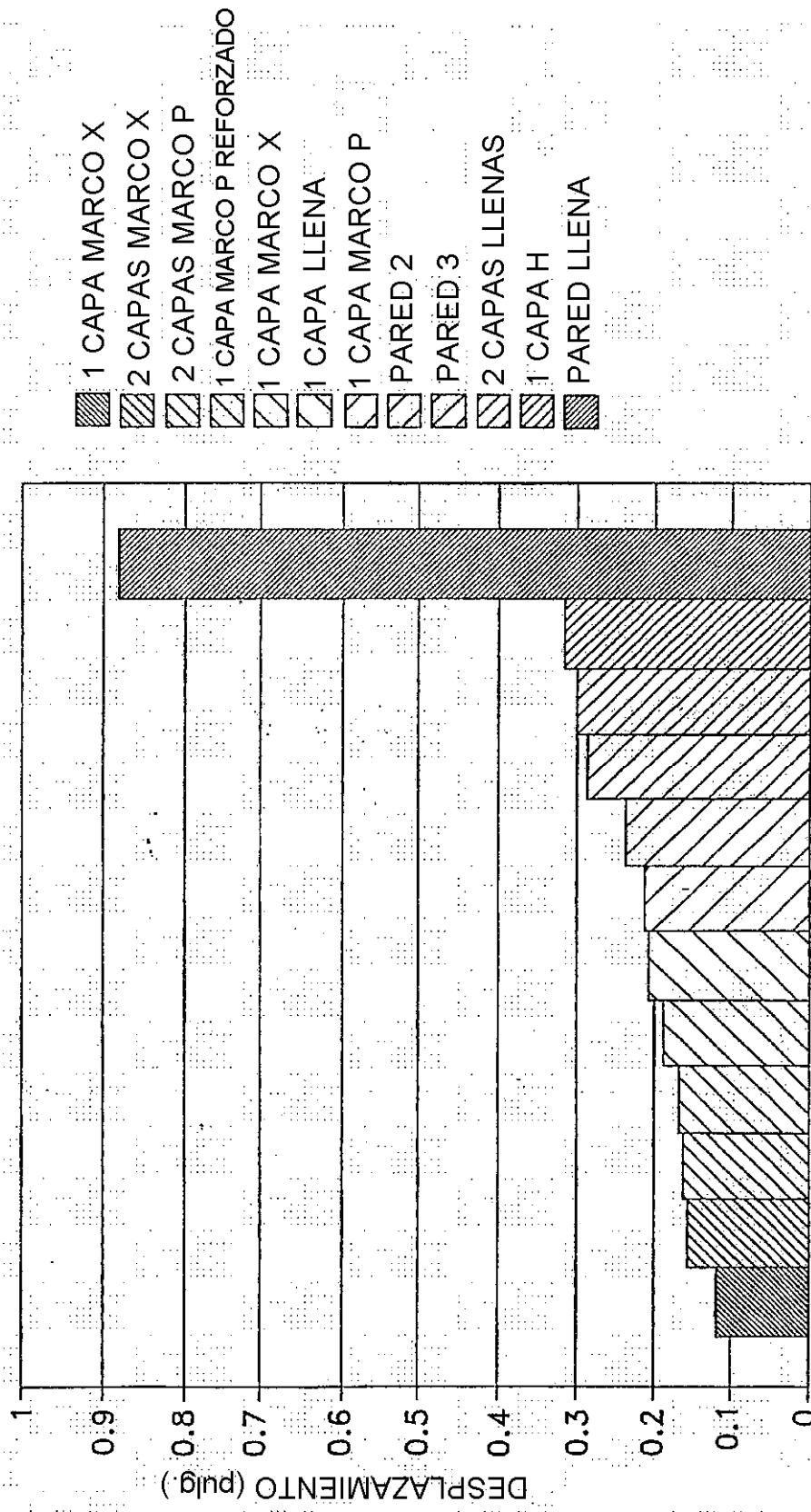


FIG. 16