

00-8-78



4 JUL 1972

404533

memoria descriptiva

Int. Cl.: C04B

CLASE DE REGISTRO

Una Patente de Invención, por veinte años en España.

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE

Battelle Development Corporation.
- sociedad norteamericana -

RESIDENCIA Y DOMICILIO

Columbus, Ohio 43201 (EE.UU.)
505 King Avenue.

OBJETO

" Procedimiento para la preparación de un material de dos fases para mejorar la resistencia de flexión en hormigón conteniendo fibras ".

INVENTOR :

David Reid Lankard (EE.UU.).

PRIORIDADES:

Son solicitudes norteamericanas del 6 de Julio de 1971 y 7 de Junio de 1972, presentadas en la misma fecha.

MC/.

404533



- 1.-

1 El presente invento se refiere a un procedimiento
para preparar un material de dos fases comprendiendo fibras
pequeñas en hormigón como en la patente de EE.UU. número
5 3.429.094 de James P. Romualdi. Se refiere particularmente
a mejoras para procurar que tal material tenga por lo menos
una resistencia de flexión preseleccionada.

10 Durante años se ha reconocido y aceptado, como una
limitación ineludible, la baja resistencia tensil del hormi-
gón y se ha tenido en consideración en las aplicaciones del
hormigón.

15 En el pasado los intentos para compensar la falta
de resistencia tensil en el hormigón han comprendido usual-
mente, bien sea barras de acero sin tensar o pretensadas de
refuerzo. Ninguno de los dos sistemas supera la baja limita-
ción de resistencia tensil, sino que cada una meramente pasa
al lado de ello. Por lo tanto, el hormigón reforzado de es-
ta manera convencional se caracteriza por el hecho de que se
20 forman grietas y propagan a través de regiones en tensión.
Tales grietas se forman con sollicitaciones relativamente ba-
jas y continúan, bien sea hasta que alcancen una superficie
libre o hasta que alcancen una región, que esté en compresión.

25 Además, la resistencia tensil, exhibida en hormi-
gón, convencionalmente reforzado o liso, según se determina
por ensayos normalizados, no puede ser de confianza para fi-
nes de diseño, puesto que la formación de pequeñas grietas
incipientes, debidas a fatiga, choque térmico o cavidades,
reduce sustancialmente la resistencia tensil del hormigón.
30 La formación incipiente de grietas y subsiguiente propagación

404533

4 JUL 1971

- 2. -

1 de las mismas no siempre es evidente, pero las condiciones
favorables para ello no pueden predecirse. Aún el ejercicio
de procedimientos de control, excepcionalmente rígidos, no
siempre reduce al mínimo la formación y crecimiento de grie
5 tas. Por lo tanto, se ha aceptado desde hace mucho tiempo
que alrededor de la mitad del material en una viga de hormi
gón, normalmente reforzada, es inútil para resistir cargas
tensiles. Los efectos perjudiciales de grietas de tensión
en vigas de hormigón reforzado no se limita solamente a la
10 pérdida de área resistente a la carga. Por ejemplo, es apa
rente que el agrietamiento de tensión limita severamente la
eficacia de los tanques de hormigón para contener líquidos.
También el uso de hormigón reforzado en estructuras marinas
se reduce agudamente a causa del efecto corrosivo del agua
15 salada sobre el acero de refuerzo expuesto por grietas de
tensión.

El invento de Romualdi procura un material de dos
fases, que comprende hormigón y fibras finas cortas en el
mismo, que tienen primero resistencia tensil a las grietas,
20 en el orden de dos a tres veces la del hormigón reforzado
convencionalmente y se caracteriza por resistencia sustan-
cial a la formación y propagación de grietas tensiles o de
fatiga. El material posee atributos de un material homogé-
neo porque experimenta flujo plástico extenso sin desintegra
25 ción. También tiene la habilidad para absorber energía más
eficazmente que el hormigón reforzado convencionalmente.

El presente invento comprende principalmente pro-
cedimientos mejorados para procurar por lo menos una resis-
30 tencia de flexión preseleccionada en material de dos fases

404533

-4 JUL 1972

- 3.-

1 del tipo de Romualdi incluyendo y distribuyendo fibras en
una mezcla de hormigón en dimensiones y cantidades específicas
5 para procurar ciertas áreas medias de trabazón de las
fibras, que forman intersección en planos normales a la solici-
tación en regiones conocidas de máxima sollicitación ten-
sil. Se ha encontrado, como una parte del presente invento,
que la primera resistencia de flexión a las grietas y la úl-
tima resistencia a la flexión en tales materiales dependen
de tales áreas de trabazón de promedio y que se obtienen me-
10 joras sustanciales controlando apropiadamente las dimensio-
nes y cantidades de las fibras según se expondrá a continua-
ción. El área de trabazón de cada fibra, es aproximadamente
igual al perímetro de su sección transversal multiplicada
por su longitud.

15 En un método para preparar un material de dos fa-
ses, que comprende el preparar una mezcla de hormigón con
fibras de un material, teniendo un módulo de elasticidad de
por lo menos aproximadamente 20.000.000 de libras por pulga-
da cuadrada distribuidas en sustancia uniformemente en el
20 mismo con un espaciamiento medio entre fibras de hasta apro-
ximadamente 0,3 pulgadas, una forma típica del presente in-
vento comprende la mejora de procurar el material de dos fa-
ses por lo menos con una resistencia de flexión preseleccio-
nada incluyendo y distribuyendo las fibras en la mezcla, en
25 la cantidad específica de tal modo que la proporción b de (1)
el área media de trabazón de las fibras que forman intersec-
ción en regiones conocidas de máxima sollicitación tensil, a
(2) el área de los planos, es por lo menos un valor predeter-

30

404533



- 4.-

1 minado, suficiente para procurar la resistencia de flexión
preseleccionada en tales regiones.

La proporción b deseablemente es por lo menos de
alrededor de

5
$$\frac{1}{C} (U - U_0)$$

en que, U = es la resistencia última de flexión preseleccio-
nada en dichas regiones,

10 U_0 = la U intercepta una extensión de una línea
recta inscribiendo valores medidos de las U respecto a las b ,
y, C = la inclinación de dicha línea.

Los valores de U_0 y C han sido determinados típicamente
midiendo las últimas resistencias de flexión de una
pluralidad de valores sustancialmente diferentes de la propor-
15 ción b en muestras de ensayo del material de dos fases, ins-
cribiendo los valores mejorados de U como una función lineal
de b en coordenadas rectangulares, extendiendo la línea mar-
cada para interceptar el eje de U para obtener U_0 y midiendo
la inclinación de la línea para obtener C .

20 La proporción b también puede ser por lo menos de
alrededor de

$$\frac{1}{C} (F - f_0)$$

en que F = es la resistencia de flexión de agrietamiento
primera, preseleccionada en dichas regiones.,

25 F_0 = la F de intersección de una extensión de
una línea recta inscribiendo valores medidos de F contra b ,
y, C = la inclinación de dicha línea.

Los valores de f_0 y C han sido determinados típicamente mi-
diendo las primeras resistencias de flexión de agrietamiento

30

404533

JUL 1972



- 5.-

1 para una pluralidad de valores, sustancialmente diferentes
de la proporción b , en muestras de ensayo del material de dos
fases, inscribiendo los valores mejorados de F como una fun-
ción lineal de b en coordenadas rectangulares, prolongando
5 la línea inscrita para interceptar el eje de F para obtener
 f_0 y midiendo la inclinación de la línea para obtener C .

Así, un método típico para preparar un material de
dos fases, comprendiendo una mezcla de hormigón y fibras de
un material teniendo un módulo de elasticidad de por lo menos
10 alrededor de 20.000.000 de libras por pulgada cuadrada uni-
formemente distribuido en esencia en el mismo con un espaci-
amiento medio entre fibras de hasta aproximadamente 0,3 pulga-
das de acuerdo con el presente invento, comprende las etapas
de medir la resistencia de flexión para una pluralidad de áreas
15 medias de trabazón, sustancialmente diferentes, de las fibras,
por área unitaria, en planos normales a la sollicitación ten-
sil, en muestras de ensayo del material de dos fases, y pro-
curando y distribuyendo las fibras en una cantidad tal en la
mezcla a granel, que el área media de trabazón de las fibras
20 interseccionando planos normales a la sollicitación en regio-
nes conocidas de máxima sollicitación tensil, sea suficiente
para procurar por lo menos una resistencia preseleccionada
de flexión en tales regiones.

25 Las fibras típicamente tienen un área de sección
transversal desde alrededor $2,5 \times 10^{-5}$ hasta 3×10^{-3} pul-
gadas cuadradas y alrededor de $1/4$ a 3 pulgadas de largo y
la longitud media es desde alrededor de 40 a 300 (preferente-
mente desde alrededor de 150 a 300) desde la raíz cuadrada

30

404533



- 6.-

1 del área de sección transversal, y preferentemente por lo
menos alrededor de una pulgada. Con fibras de una longitud
dada y de un material seleccionado y forma elegida disponi-
ble en una pluralidad de áreas de sección transversal, las
5 fibras usadas tienen preferentemente el área de sección trans-
versal para la que el producto del coste por peso unitario
por la raíz cuadrada del área de sección transversal sea el
mínimo.

En los dibujos representa,

10 La fig. 1 una vista seccional longitudinal de una
porción de una viga de material de dos fases fabricada por
un método del presente invento.

En esta figura significan las flechas M la tensión.

15 La fig. 2 es un gráfico en coordenadas rectangula-
res de la última resistencia a la flexión, U, contra área de
trabazón de fibra media por área unitaria, b en una viga co-
mo en la fig. 1.

20 Los ensayos se efectuaron sobre muestras de $2\frac{1}{2}$ x 3
x 6 pulgadas estando centradas en el punto central con las
siguientes características

- A • .010X1.0in., 0.72 v/o
- F ○ .010X0.5in., 1.44 v/o
- B ■ .010X1.0in., 1.44 v/o
- 25 C □ .010X1.0in., 2.16 v/o
- G ● .0059X0.5in., 2.36 v/o
- H □ .020X1.5in., 2.72 v/o
- I ▲ .010X1.0in., 0.34 v/o
- L ▽ .016X1.5in., 1.94 v/o

30

404533



- 7.-

1 En la figura 2 significa N la última resistencia
a la flexión U en libras por pulgada cuadrada, mientras que
O significa área de trabazón efectiva de fibras, P significa
5 área crítica de trabazón, Q es la resistencia de mortero co-
rriente.

\underline{b} (pulgadas cuadradas/pulgadas cuadradas)

La figura 3 es un gráfico en coordenadas rectangu-
lares de primera resistencia de flexión de agrietamiento F
10 contra área media de trabazón de fibras por área unitaria \underline{b}
en una viga como en la figura 1.

Las muestras son vigas de mortero conteniendo fi-
bras de $2\frac{1}{2} \times 3 \times 16$ pulgadas) sus características son:

- 15
- A ● .010X1.0in., 0.72 v/o
 - F ○ .010X1.5in., 1,44 v/o
 - B ■ .010X1.0in., 1,44 v/o
 - C ▢ .010X1.0in., 2.16 v/o
 - G ● .0059X0.5in., 2.36 v/o
 - H □ .020X1.5in., 2.72 v/o
 - 20 I ▲ .010X1.0in., 0,34 v/o
 - L ▽ .016X1.5in., 1,94 v/o

En la figura 3 significan R primera resistencia de
flexión al agrietamiento, F por libra por pulgada cuadrada,
P significa área de trabazón crítica, Q significa resisten-
25 cia de mortero corriente, O significa área efectiva de tra-
bazón de fibra, \underline{b} (pulgada cuadrada/pulgada cuadrada).

La figura 4 es un gráfico mostrando la conducta de
deflexión de carga en vigas como en la fig. 1, en que las fi

30

404533

-4 JUL 1972

- 8.-

1 bras, distribuidas en la misma, tienen igual área de traba-
zón media, pero diferente longitud y diámetro en cada viga.
Las vigas están construidas con mortero conteniendo fibras
5 con la misma área de trabazón de fibra eficaz. En la figura
significa V el punto central de carga de la viga cargada en
libras y W significa deflexión del punto del centro de la
viga en pulgadas.

10 En general este invento comprende un procedimien-
to para fabricar un material de dos fases comprendiendo hor-
migón con fibras, tales como alambre, de un material tenien-
do un módulo de elasticidad de por lo menos alrededor de
20.000.000 de libras por pulgada cuadrada (psi) distribuido
15 en el mismo de modo sustancialmente uniforme, con un espacio
medio entre fibras, (es decir entre sus ejes) de hasta alre-
dedor de 0,3 pulgadas. Las fibras procuran un mecanismo de
detención de grietas, que incrementa la resistencia contra
el agrietamiento y procura tenacidad hasta un grado hasta
ahora inobtenible por otros medios en el hormigón convencio-
20 nal.

El material típicamente es preparado mezclando
proporciones dadas de piezas cortas de alambre directamente
con cemento, arena y agua.

25 En la fig. 1 se ilustra una sección longitudinal
a través de una viga 10 de hormigón en tensión con fibras
12 cortas, orientadas al azar en la misma. La viga 10 pue-
de ser preparada primeramente mezclando arena, cemento y
agua en una hormigonera y añadiendo subsiguientemente a ello
las fibras. A causa de que las fibras individuales pueden
30

404533



- 9.-

1 tener una tendencia a aglomerarse, algunas veces es deseable
proyectarlas dentro del tambor rotativo por medio de un meca-
nismo soplador adecuado. Después de encontrarse las fibras
en la mezcla puede añadirse más agua según se requiera.
5 Deberá ponerse cuidado en ajustar la proporción de agua/ce-
mento. Cuando la mezcla sea, o bien demasiado húmeda o de-
masiado seca, existirá una tendencia a reunirse algunos tipos
de fibras en grumos. La proporción correcta de agua/cemento
se determina por observación visual de la masa sometida a
10 mezclado. También ha sido observado que con proporciones más
altas de longitud a diámetro existe una mayor tendencia a la
aglomeración de fibras individuales durante la mezcla. En
adición a cemento, arena y agua la mezcla de hormigón también
15 puede incluir agrupaciones gruesas, en que las piezas deben
tener dimensiones mayores de 0,3 pulgadas. Cuando se use
árido grueso, el % de volumen de las fibras deberá ser tal
que el espacio medio entre ellas en la arena, cemento y agua,
en la porción, que ocupa los intersticios entre los áridos
20 gruesos, no sea mayor de 0,3 pulgadas. Se afirma que la sor-
prendente mejora en la resistencia al agrietamiento, procura-
da por el material de hormigón de dos fases, de acuerdo con
este invento, resulta de una conducta de dos fases a los es-
paciamientos críticos de fibra. Para entender mejor esta
25 conducta es necesario considerar la conducta del hormigón
sometido a sollicitación tensil. Cuando el hormigón es some-
tido a sollicitación tensil, una de las muchas grietas inheren-
tes al material aumentará para formar una grieta que se pro-
pagará a través de la zona tensil, dando así por resultado

30

404533



-10.-

1 el fallo del miembro. Se supone que en los espaciamientos
críticos de fibra, aquí descritos, los desplazamientos, que
se desarrollan en el material por delante del filo de la
grieta, se hacen reaccionar con la fibra, produciendo por
5 ello una fuerza sobre la matriz, suficiente para evitar el
estiramiento del hormigón en la vecindad inmediata de la
grieta. Una fibra individual sólo puede extenderse en una
pequeña cantidad, si es que se extiende, para evitar el ali-
vio de fuerzas resistentes, que mantienen unida la grieta.
10 Alambres rizados u otras configuraciones onduladas, usadas
para reforzar estructuras de hormigón en el pasado, no son
esenciales para la práctica de este invento y, en efecto,
serían considerablemente menos eficaces que las fibras sus-
tancialmente rectas, que son las preferidas. Tampoco las fi-
15 bras de un material teniendo un módulo de elasticidad menor
de alrededor de 20.000.000 de libras por pulgada cuadrada
serían eficaces porque la detención de grietas tiene que te-
ner una rigidez considerablemente mayor que la matriz. A
causa de que la resistencia del hormigón está relacionada
20 con el tamaño de grietas internas inherentes al mismo, cuan-
to menor sea el espaciamiento entre fibras y, por consiguien-
te, cuanto menor sea la grieta tolerable, tanto mayor es la
resistencia tensil, que puede ser conseguida:

El material de la patente de Romualdi comprende
25 una forma totalmente nueva de material de hormigón. La na-
turaleza de este nuevo material y la conducta única de dos
fases, resultante en el mismo, con espaciamientos críticos
de las fibras, pueden comprenderse mejor por comparación
con el hormigón armado convencional, en que se han previsto

30

404533⁻⁴



- 11.-

1 en la técnica anterior variedades de tamaños y formas de re-
fuerzos. Las propiedades distintivas del material anterior
resultan de las funciones totalmente diferentes, realizadas
5 por los elementos de refuerzo en cada caso. En hormigón
convencional reforzado sin tener en cuenta el tamaño y la
forma del refuerzo, la última capacidad portante de carga
de la estructura es mejorada. Esto significa que la estruc-
tura será retenida unida después de la primera grieta, pero
10 la primera grieta todavía aparece aproximadamente en el mis-
mo momento de flexión que en la viga de hormigón corriente
de las mismas dimensiones. Barras pesadas reforzadoras de
acero actúan para llevar la carga tensil en hormigón refor-
zado, convencionalmente siguiendo el agrietamiento. Confi-
15 guraciones cortas, onduladas o de otro modo irregulares de
la técnica anterior pueden disponerse para mantener unido
el hormigón agrietado en virtud de su configuración. En el
invento de Romualdi se añaden al hormigón, fibras sustancial-
mente rectas, teniendo un alto módulo de elasticidad, de una
20 manera tal que esté por debajo del espaciamiento máximo crí-
tico, debajo del cual existe un incremento en la resistencia
tensil de flexión o resistencia al agrietamiento del hormigón.
Por lo tanto, la plena resistencia tensil del hormigón conte-
niendo fibra puede ser de confianza para fines de diseño y
25 la influencia de ambientes corrosivos en la práctica se dis-
minuye al mínimo. En la siguiente formación de la primera
grieta visible en el material de Romualdi (a la fuerza ten-
sil), su conducta se desvía ulteriormente de aquella del hor-
migón reforzado. En este último la conducta de fragilidad
30 prevalece y las grietas se propagan libremente con pequeña



404533

- 12.-

1 resistencia hasta que el refuerzo empuje hacia fuera (en la
resistencia última). En el presente material se necesita
una gran cantidad de energía para propagar una grieta de fi-
bra a fibra y el material es estable en la presencia de grie-
5 tas como en un material dúctil. Ambos materiales tienen una
más alta resistencia última que el hormigón no reforzado.
La característica excepcional del hormigón reforzado convencion-
cionalmente recibe en ésta más alta resistencia última. La
resistencia al agrietamiento del hormigón reforzado, antes
10 mencionado, no difiere de aquella del hormigón no reforzado
corriente y también permanece frágil. El carácter único del
presente hormigón reside en su capacidad de demostrar una
resistencia al agrietamiento mucho mayor que el hormigón re-
forzado convencionalmente junto con ductilidad.

15 Aunque las fibras pueden ser colocadas en una va-
riedad de posiciones, el elemento esencial en la práctica
del invento de Romualdi, es la provisión del espaciamiento
crítico. El mismo descubrió que se obtiene un material de
hormigón ampliamente mejorado teniendo excepcional resisten-
20 cia al agrietamiento, cuando el espaciamiento medio entre
fibras orientadas al azar es menor de 0,5 pulgadas. Este
parece ser un valor de umbral y los incrementos de resisten-
cia al agrietamiento se hacen máximos cuando el espaciamien-
to medio entre alambres se reduce por debajo de 0,3 pulgadas.

25 Puede hacerse una derivación matemática para descri-
bir la relación espacial de fibras orientadas al azar. Aun-
que pueden emplearse numerosas formas de cálculo para descri-
bir estas relaciones, se ha encontrado que un cálculo de re-

30



404533

- 13.-

1 gla de pulgar para determinar el tanto por ciento de volumen
de la fibra necesaria para conseguir un espaciamento medio
particular de fibras cortas, se procura por la fórmula:

$$5 \quad S = \frac{13,8d}{\sqrt{P}}$$

Donde S = espaciamento medio en una distribución
uniforme de fibras cortas en pulgadas

d = diámetro medio de las fibras, en pulgadas

10 P = tanto por ciento, por volumen, de fibras en
la mezcla.

15 Por ejemplo, para alcanzar un espaciamento medio
entre fibras no mayor de 0,3 pulgadas, 0,08% de volumen de
fibras teniendo un diámetro de 0,006 pulgadas ó 0,21% de vo-
lumen de fibras teniendo un diámetro de 0,010 pulgadas, se-
ría lo requerido.

20 De lo arriba mencionado resulta aparente que las
fibras de diámetro menor son más favorables para conseguir
el espaciamento de frenadores de grietas de acuerdo con el
invento de Romualdi dentro de los límites prácticos de tan-
to por ciento de volumen de fibras en la mezcla. General-
mente se ha encontrado, que para un tanto por ciento de vo-
lumen dado, las proporciones más altas de longitud a diáme-
tro, procuran una resistencia al agrietamiento algo mejor y
resistencia última mejorada. Para un diámetro dado y tanto
25 por ciento de volumen de fibras una longitud mayor (por
ejemplo, 1,5 pulgadas contra 1/2 pulgada en una viga de 2 x
2 x 12 pulgadas) de una menor distribución al azar de las
fibras y favorece su orientación en la dirección de la soli-
30 citación tensil principal. Los materiales de dos fases te-



1 niendo detenciones de agrietamiento de mayor proporción de longitud a diámetro tienen más alta resistencia última porque tienen características más adecuadas, que favorecen el soportar una carga tensil.

5 Detalles de los métodos mejorados del presente invento y los resultados y ahorros superiores, que pueden conseguirse, se exponen en los siguientes ejemplos.

E J E M P L O S

10 Todas las muestras fueron hechas usando una fórmula de mortero consistente en 1,0 parte de cemento a 2,4 partes de arena para hormigón a una proporción de agua-cemento de 0,45. El cemento fué de un único lote de cemento Portland del tipo I. La arena glacial lavada usada fué también de un solo lote y tuvo un módulo de finura de 3,0, un peso específico (SSD) de 2,59 y una absorción de 2,65%.

15 Toda la fibra de alambre usada fué de un solo lote de acero de alto contenido de carbono, teniendo un módulo de elasticidad de alrededor de 20.000.000 de libras por pulgada cuadrada. Se prepararon como sigue ocho lotes de 1,5 pies cúbicos.

(1) El mortero (arena, cemento, agua) fué preparado en una hormigonera del tipo de tambor de 3,4 pies cúbicos.

25 (2) 30 libras de mortero fueron tomadas del lote y se usaron en la determinación de peso unitario del mortero y en la preparación de tres muestras de viga (2,5 x 3,0 xx 16,0 pulgadas).

(3) Fibra de acero en la cantidad deseada fué añadida al mortero restante, a mano, dispersando la fibra den-



404533

- 15.-

1 tro de la hormigonera en rotación. Después de haberse agregado toda la fibra se continuó el mezclado hasta que se consiguió una dispersión uniforme.

5 (4) 10 muestras de vigas (2,5 x 3,0 x 16,0 pulgadas) se hicieron de la mezcla conteniendo fibras. Cada viga fué preparada de cantidades pesadas individualmente de la mezcla para conseguir exactamente la misma cantidad de material en cada viga. Ligera vibración externa (60 cps) se usó en la preparación de todas las muestras (incluyendo las 10 muestras de mortero corriente).

15 (5) 2 vigas de cada lote fueron vertidas sobre una criba de 0,25 pulgadas poco después de vaciado (antes de que ocurriera cualquier fraguado) y el mortero fué desprendido por lavado para determinar la cantidad efectiva de fibra en cada viga en relación con la computada (estudio de lavado de desprendimiento de fibra).

20 (6) El contenido de aire atrapado de la mezcla, después de la adición de la fibra de acaro, fué determinado usando el método de presión (ASTM C231).

(7) Todas las muestras fueron curadas en los moldes en niebla a 73° F. durante 24 horas.

25 (8) Después del desmoldeo las muestras de vigas fueron curadas en vapor a baja presión (140° F) durante 7 días antes del estudio.

Una descripción completa de los lotes preparados en el estudio y las propiedades y otra información pertinente de las mezclas frescas se presentan en la tabla 1.

30 Las mediciones de resistencia a la flexión fueron hechas en las muestras de vigas usando la técnica de punto

404533



- 16.-

1 de centro sobre un espacio de luz de 15 pulgadas. Este gran
espacio de luz fué elegido para aumentar la deflexión de las
muestras conteniendo fibra de acero, durante la carga. Todas
5 las mediciones se hicieron usando una máquina de ensayos uni-
versales de Baldwin con capacidad de 60.000 libras y un régi-
men de carga de 0,04 pulgadas por minuto. Se obtuvieron re-
registros completos de deflexión-carga para cada muestra ensa-
yada (deflexión registrada autográficamente como viaje de
cabeza de platina).

10 Los datos, obtenidos sobre la primera grieta y úl-
tima resistencia a la flexión de las vigas, se presentan en
la tabla 2 y se ilustran gráficamente en las figuras 2 y 3.
De las figuras puede observarse que existe una relación li-
neal entre la resistencia última a la deflexión U y el área
15 efectiva de trabazón de fibra y entre la resistencia de fle-
xión de la primera grieta F y el área efectiva de trabazón
de fibra.

Las inscripciones de U frente a b no vuelven a ex-
trapolarse por la resistencia del mortero corriente. Para
20 las condiciones de la presente investigación se indica, qué
adiciones de fibras dan por resultado menores áreas de traba-
zón de fibra eficaces, que alrededor de 1,8-pulgadas cuadra-
das/pulgadas cuadradas, por lo que no procuraría ninguna me-
jora, ni sobre U, ni sobre F en relación al mortero corriente.

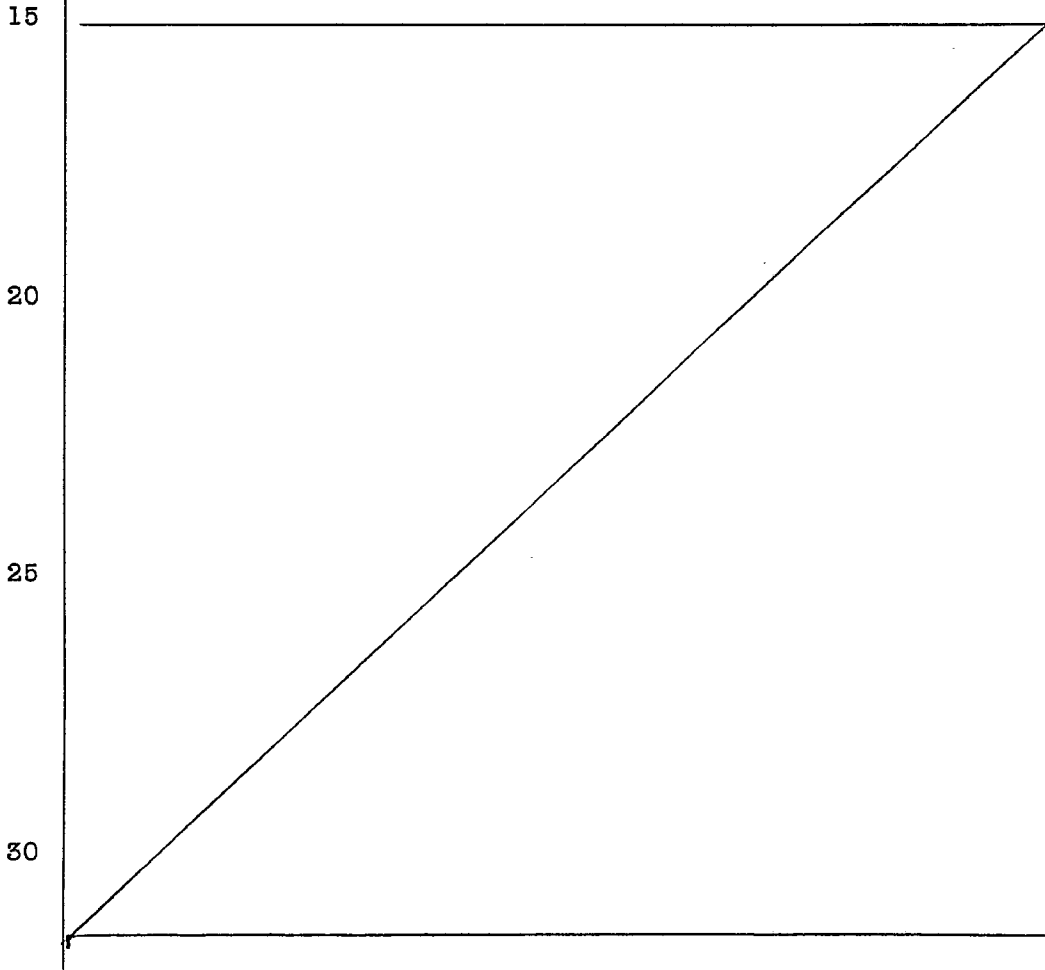
25 La conducta de deflexión de carga de las vigas con-
teniendo fibras teniendo la misma área de trabazón de fibra
calculada, fué similar para deflexiones hasta la deflexión
a la última resistencia de flexión (como atestiguan las mis-
mas F y U para vigas con igual b), independientemente del ti-
30

404533

4 JUL 1972

- 17.-

1 po de fibra usado. La conducta post última de deflexión de
carga, sin embargo, se influirá por la longitud de las fi -
bras, como se ilustra en las figuras 4. Lógicamente, el ré-
gimen de carga (σ) disminuye con la deflexión creciente
5 (ξ) después de haberse excedido la resistencia última ($d\sigma/d\xi$)
deberían ser proporcionales al régimen de disminución
del área eficaz de trabazón de fibra (b) con deflexión cre-
ciente ($-db/d\xi$). Por lo tanto, el régimen de fallo de car-
ga después de la resistencia última debería aumentar según
10 se disminuye la longitud de las fibras (suponiendo diámetro
constante y v/o). Para las mezclas ilustradas en la fig. 4
se espera que la más alta $db/d\xi$ debería exhibirse por la
mezcla conteniendo fibras de 0,5 pulgadas de largo y 0,006
pulgadas de diámetro.



30

25

20

15

10

5

1

T A B L A 1

IDENTIFICACION DE LOTE Y PROPIEDADES DE BOTES CONTENIENDO MORTERO FRESCO CON FIBRAS.

Identificación de fibras	Parámetro de fibras			Cantidad volumen por ciento	Calculada	Lavado de extracción fibra grs.			
	Diámetro pulgas	Longitud pulgas	Longitud pulgas			Area efectiva de bazon de fibra en pulgada 2	Peso unitario de mortero sin fibra libras/ pie 3	Contenido de aire del mortero con fibra Volumen	Viga 1
A	0.010	1.0	0.72	3.0	137.3	4.6	122	108	111
B	0.010	1.0	1.44	6.0	137.8	5.0	225	246	222
C	0.010	1.0	2.16	9.0	137.1	5.3	301	374	333
F	0.010	0.5	1.46	3.0	135.6	5.2	237	236	222
G	0.0059	0.5	2.36	9.0	136.1	4.8	3.9	404	364
H	0.020	1.5	2.72	9.0	137.8	4.2	429	431	420
I	0.010	1.0	0.34	1.5	137.0	4.7	59	56	55
L	0.016	1.5	1.94	7.5	136.8	4.9	349	299	299

404533

-4 JUL 1972



404533



30 25 20 15 10 5 1

T A B L A 2

PROPIEDADES DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS DE MORTERO CORRIENTE Y CONTENIENDO FIBRAS

Iden- tifi- cación de lote	Diá- metro de pulga- -das	Longi- tud de pulga- -das	Canti- dad de volumen por ciento	Area efec- tiva b de trabazón de fibra 2/ pulgada 2	Resisten- cia últi- ma a la flexión de mortero	Resistencia a la flexión de mezcla de fibras, psi.	Proporción entre resistencia a últi- tima y primera grieta.	
					Primera grieta	Ultima		
A	.010	1.0	0.72	3.0	890	1100	1140	1.03
F	.010	0.5	1.44	3.0	905	1115	1130	1.01
B	.010	1.0	1.44	6.0	970	1630	1925	1.18
C	.010	1.0	2.16	9.0	975	1845	2410	1.31
G	.0059	0.5	2.36	9.0	920	1970	2350	1.20
H	.020	1.5	2.72	9.0	860	1920	2510	1.31
I	.010	1.0	0.34	1.5	895	940	940	1.00
L	.016	1.5	1.94	7.5	820	1590	1840	1.16



1 Para calcular las áreas de trabazón, el área eficaz de trabazón de fibras B se define como el área de superficie por la longitud de todas las fibras contenidas en el plano de fractura de una muestra de flexión en forma de viga y puede calcularse como sigue.

$$B = nA \quad (1)$$

donde

n = número de fibras en el plano de fractura de una viga al flexionarse

10 A = área de superficie de una fibra de longitud x , y diámetro D en pulgadas cuadradas

B = área eficaz de trabazón de fibra en pulgadas cuadradas, y

$$n = N/S$$

15 A = $\tau_c D x$ (despreciando los extremos de las fibras)

en que

N = número total de fibras en la muestra = W/w

S = subunidades de fibra en la muestra = L/x (sin dimensiones).

20 D = diámetro de la fibra, en pulgadas

x = longitud de la fibra, en pulgadas

w = peso de una fibra de la longitud x , y diámetro D, en gramos.

25 L = longitud de la muestra de viga, en pulgadas.

W = peso total de las fibras en la muestra de viga en gramos.

Sustituyendo en la ecuación 1, se obtiene

$$B = \left\{ \frac{W/w}{L/x} \right\} \left\{ \tau_c D x \right\} = \tau_c D x^2 \frac{W}{Lw} \quad (2)$$



1 Expresando B en términos de pulgadas cuadradas de
 área de trabazón de fibra por pulgada cuadrada de superficie
 de fractura, la ecuación 2 se convierte en

$$5 \quad b = \frac{\pi C D x^2 W}{I w a} \quad (3)$$

donde

a = área de sección transversal de la superficie
 de fractura en la muestra de viga (pulgadas cuadradas) y las
 unidades para b son pulgada cuadrada/pulgada cuadrada.

10 Haciendo ahora referencia a la figura 2 y al resu-
 men del invento anteriormente citado, se observa que en los
 ejemplos, inscribiendo los valores mejorados de U, como fun-
 ción lineal de b, en coordenadas rectangulares, produce una
 línea, que tiene una inclinación C = 216 y que se extiende
 15 para interceptar el eje U dando $U_0 = 520$.

Por lo tanto

$$U = 520 + 216b \quad (b > 1,8)$$

de lo que

$$20 \quad B = \frac{1}{216} (U - 520).$$

Similarmente, de la fig. 3, $f_0 = 640$ y $C = 144$.

por tanto

$$F = 640 + 144b \quad (b > 1,8)$$

de lo que

$$25 \quad B = \frac{1}{144} (F_0 - 640).$$

30 Se ha encontrado, como una parte del presente in-
 vento, que para obtener los resultados mejorados del invento,
 las fibras dispuestas en la mezcla de hormigón deberán tener
 un módulo de elasticidad de por lo menos alrededor de 20.000.

404533

-4-



- 22.-

1 000 de libras por pulgada cuadrada y que las fibras deberán
tener alrededor de $2,5 \times 10^{-5}$ hasta 3×10^{-3} pulgadas cuadra
das de área de sección transversal y alrededor de 1/4 hasta
3 pulgadas de longitud con la longitud media de alrededor de
5 40 hasta 300 (y preferentemente alrededor de 150 a 300) ve-
ces la raíz cuadrada del área de sección transversal. Para
fibras, que son circulares en sección transversal, los diá-
metros serían de alrededor de 6 a 73 milésimas de pulgada
con longitudes medias de alrededor de 30 hasta 250 (pefe-
10 rentemente alrededor de 125 a 250) veces los diámetros.

Con fibras de una longitud dada y de un material
y una forma seleccionados (tal como circular) disponible en
una pluralidad de áreas (diámetros) de sección transversal,
15 las fibras usadas pueden tener cualquier área de sección
transversal dentro del alcance arriba indicado, y como se
menciona en la figura 4, cuanto más largas sean dichas fi-
bras (por lo menos de alrededor de una pulgada de largo) son
generalmente preferibles. Dentro del alcance, y siendo igua
20 les otros parámetros, el coste de las fibras puede reducir-
se al mínimo seleccionando el área de sección transversal
(diámetro) para la que el producto del coste por unidad de
peso por la raíz cuadrada del área de sección transversal
(o similarmente el producto del coste por unidad de peso por
25 el diámetro) es mínimo. Por ejemplo, con alambres circula-
res de un material seleccionado y longitud disponible en dos
diámetros, por ejemplo, 10 milésimas y 20 milésimas de pul-
gada, dos alambres, cada uno de 10 milésimas de diámetro,
procuran la misma área de trabazón media que un alambre de
30

404533



- 23.-

1 20 milésimas de pulgada de diámetro, pero que tiene sólo la
mitad del área total de sección transversal y, por lo tanto,
pesa sólo la mitad que el alambre mucho mayor. Por lo tanto,
cuanto más fino sea el alambre, menos costoso es el uso, en
5 tanto que su coste por unidad de peso sea menor que dos ve-
ces el coste por unidad de peso del alambre mayor.

Naturalmente que muchos factores pueden afectar a
las características de una mezcla de hormigón y las posibles
variaciones son incontables. El presente invento, por lo
10 tanto, puede ser definido apropiadamente sólo de la manera
aquí expuestas, por lo que el ensayo preliminar de rutina,
de acuerdo con la presente exposición, permite a los expertos
en la técnica poner en práctica el invento con la máxima efi-
cacia para procurar resistencias a la flexión preselecciona-
15 das, sustancialmente mejoradas en materiales de hormigón,
conteniendo fibras del tipo Romualdi.

Otros ejemplos:

Hormigones conteniendo fibras fueron preparados,
20 usando una variedad de tamaños de fibras proporcionados, de
tal modo, que se produjeran áreas de trabazón de fibra efec-
tivas desde 1,0 a 6,0 en pulgadas cuadradas por pulgadas cua-
dradas. La mezcla de hormigón usada en todas las fórmulas
se ilustra en la tabla 3.

T A B L A 3

MEZCLA DE HORMIGON USADA EN LA INVESTIGACION DE AREA DE TRA-
BAZON DE FIBRA EFICAZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DE
HORMIGON CONTENIENDO FIBRAS.

30

404533



- 24.-

1

5

10

15

20

25

30

<u>Constituyente</u>	<u>lb/yd³</u>
Cemento tipo (I Portland)	864
Arena (SSD) (a)	1.600
Agregado nº 8 (b) (SSD)	715
Agua (c)	326
Fibra de acero (d) (variable)	80 a 344

(a) Superficie saturada, condición seca.

(b) 3/8-pulgadas de tamaño máximo

(c) WRDA, una mezcla reductora de agua, usada al régimen de 7 onzas por 100 libras de cemento (tipo A, ASTM designación C 494)

(d) Módulo de elasticidad alrededor de 29.000.000 libras por pulgada cuadrada.

Se preparó un total de 7 lotes de 1,5 pies cúbicos, incluyendo un lote de hormigón corriente y 6 lotes de hormigón conteniendo fibras. El tiempo total de mezcla es de 8 minutos incluyendo un periodo inicial de mezcla de 3 minutos, después del que se habían introducido en el mezclado, un periodo de ensayo de 3 minutos y un periodo final de mezcla de 2 minutos. El desplome y peso unitario de cada lote fueron determinados. Las muestras preparadas de cada lote incluyeron 5 muestras de vigas (4 x 4 x 14 pulgadas) para ensayos de resistencia a la flexión y 3 muestras cilíndricas (4 x 8 pulgadas) para mediciones de resistencia a la compresión.

Todas las muestras fueron preparadas aplanando a mano. Después de una cura de 24 horas en un recinto de nie

404533



- 25.-

1 bla (100 x 100 de humedad relativa, 73° F) en el molde, las muestras fueron curadas en vapor de baja presión a 140° F. durante otros 7 días (equivalente a 28 días de cura en recinto de niebla).

5 Se hicieron mediciones de resistencia a la flexión sobre una máquina universal de ensayo de Tinius-Olsen de 400.000 libras, usando la técnica de carga de tercer punto sobre una amplitud de luz de 12 pulgadas.

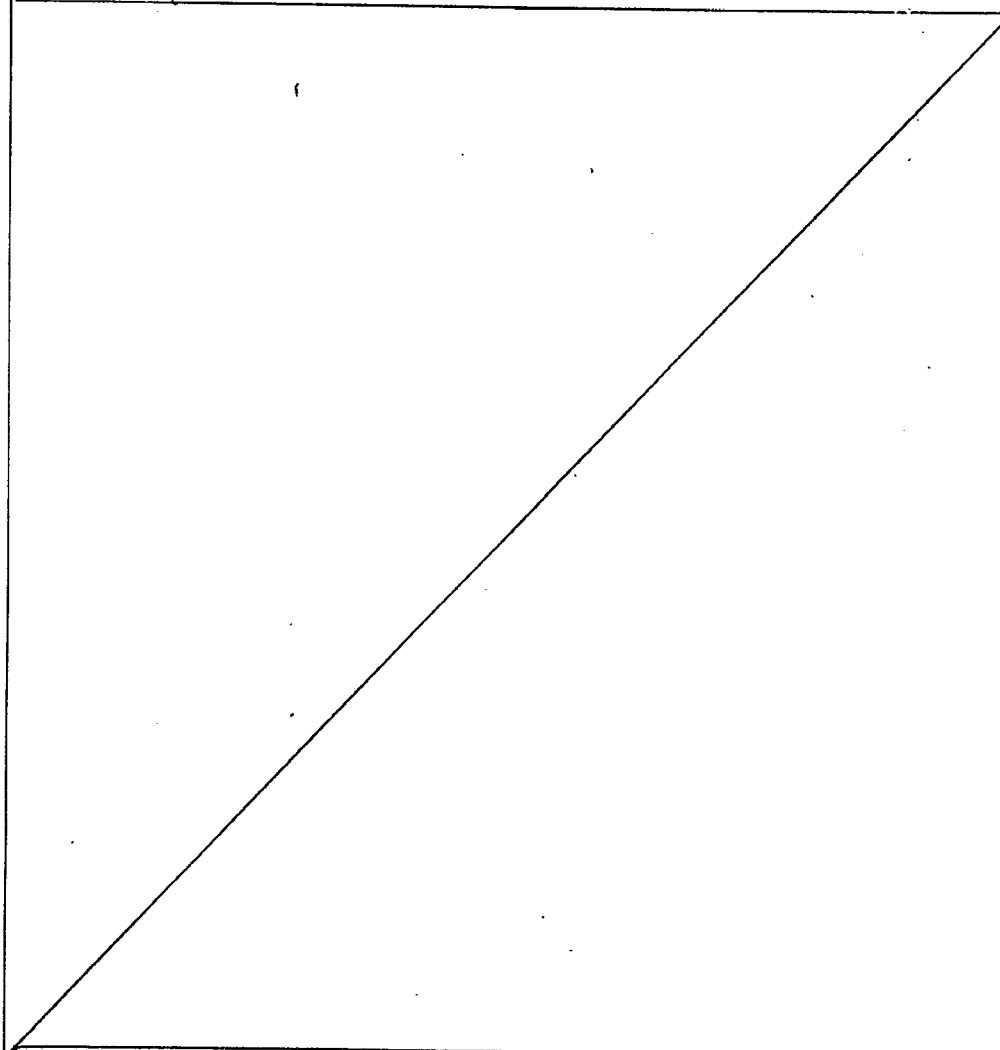
10 Una descripción de los lotes de hormigón corriente y de hormigón conteniendo fibras se presenta en la tabla 4 junto con los datos de resistencia obtenidos.

15

20

25

30



DESCRIPCIÓN Y PROPIEDADES DE LOTES EXPERIMENTALES DE HORMIGÓN CONTENIENDO FIBRAS.

Identificación (a) de hormigón	Área efectiva de trabajo de fibra b, pulgada ² / pulgada ²	Tamaño de fibra, diámetro y longitud, pulgadas	Cantidad de fibras, volumen por ciento	Desplome	Peso unitario libras/ pulgada ³	(b) de resistencia a la flexión	
						Resistencia a la flexión primera grieta	Resistencia última a la flexión psi

A	0	---	Ninguna fibra, hormigón corriente	4-1/4	143.0	660	660	7750
B	2.0	0.020 x 1.5	0.6	4	144.5	810	810	7545
I	3.0	0.020 x 1.0	1.4	1	148.8	885	920	7945
G	4.0	0.010 x 1.0	0.9	1-1/4	147.3	940	980	7635
C	4.0	0.020 x 1.5	1.2	1-1/2	149.8	955	970	8650
H	5.0	0.016 x 1.0	1.9	1/2	150.5	1035	1125	8000
D	6.0	0.020 x 1.5	1.8	1-1/2	151.5	1040	1300	8590

404533



- (a) La mezcla de hormigón usada en todos los lotes descrita en la Tabla 3. Todos los lotes fueron preparados con una proporción de agua:cemento (por peso) de 0,385.
- (b) Obtenido sobre vigas de 4 x 4 x 14 pulgadas, usando carga de tercer punto sobre extensión de luz de 12 pulgadas. Promedio de 5 ensayos.
- (c) Obtenido sobre cilindros de 4 x 8 pulgadas. Promedio de 3 ensayos.

404533



- 27.-

1 La cantidad de fibras, requerida para producir el área de trabazón de fibra eficaz, se calculó de la relación,

$$W = \frac{b L w a}{\sigma_D x^2}$$

5 que resulta de la resolución de la ecuación (3) para W y donde (como en la ecuación (3))

W es el peso de fibras por muestra de viga en gramos.

b = área de trabazón de fibras eficaz, en pulgadas cuadradas/pulgadas cuadradas.

10 L = Longitud de la viga = 14 pulgadas.

a = x -área seccional de la viga = 16 pulgadas cuadradas.

w = peso de fibra individual del largo x, y diámetro D, en gramos.

15 D = diámetro de fibras en pulgadas

x = longitud de fibra, en pulgadas.

Los datos de resistencia frente al área de trabazón, cuando se inscriben sobre coordenadas rectangulares, como en las figuras 2 y 3, muestran relaciones similares lineales. Las ecuaciones para las curvas inscritas de los datos en la tabla 4 son

Para resistencia a la flexión última

$$U = 540 + 120 b \quad (1 \leq b \leq 6)$$

y para la primera resistencia de flexión al agrietamiento

$$F = 570 + 90 b \quad (1 \leq b \leq 6)$$

25 La mezcla de hormigón, usada en los ulteriores ejemplos, contenía un agregado de un tamaño máximo de 3/8 de pulgada con graduación aceptada de ASTM o AASHO. Estos son los tamaños y graduaciones preferidos del agregado.

30



1 Agregados de tamaño máximo mayor (con graduación
conforme a las normas aceptadas) pueden usarse en el hormigón
conteniendo fibras. Sin embargo, la cantidad máxima, que
5 puede usarse sin afectar adversamente a las propiedades de-
seadas del hormigón, depende de la proporción general de la
mezcla de hormigón y del tamaño (longitud y diámetro) y can-
tidad de las fibras.

10 Generalmente, cuando se aumenta la proporción de
longitud a diámetro, (proporción de aspecto) de la fibra, la
cantidad y tamaño máximo de áridos gruesos en la mezcla tiene
que reducirse, con el fin de mantener las deseadas caracterís-
ticas de elaboración, manipulación y colocación del hormigón
conteniendo fibras.

15 Cantidades incrementadas de fibras por encima de
aquellas, que procuran un área efectiva de trabazón b de al-
rededor de 6 pulgadas cuadradas/pulgadas cuadradas no fueron
factibles en el mezclado de hormigón de la tabla 3, ya que
el hormigón se hizo impracticable y se encontraron bajo des-
plome y alta porosidad con cargas más altas.

20 La relación lineal entre resistencia y contenido
de fibra para morteros y otros hormigones conteniendo fibras
se ha observado también para hormigones conteniendo otras fi-
bras, de longitud y diámetros dados. En general, cuando se
incrementa el contenido de fibra, se alcanza un punto, en que
25 la posibilidad de elaboración de la mezcla se reduce grande-
mente, como se evidencia por una pérdida de desplome de la
mezcla, aglutinación de las fibras en grumos y el fallo del
mortero u hormigón fresco para penetrar en los grumos de fi-

404533



- 29.-

1 bras. Esta situación puede afectar adversamente a la conso-
lidación de la mezcla fresca, al punto, en que incluso una
vibración externa prolongada deja de mover el material. Se
5 manifiesta una pobre consolidación como una matriz altamente
porosa en forma de panal. La carga de fibras, a la que se
alcanza esta situación, difiere para cada tipo de fibra (de
una longitud y un diámetro dados) para un mortero u otro
hormigón dados. Otra consecuencia de la pobre posibilidad de
10 elaboración es una distribución no uniforme de las fibras,
tanto en base de muestra a muestra como dentro de una mues-
tra dada. La experiencia ha demostrado que las cargas de fi-
bras, a las que se afecta adversamente la posibilidad de ela-
boración, se relaciona tanto con el diámetro, como con la
15 longitud de la fibra. Para una longitud dada de fibra, cuan-
to más pequeño sea el diámetro de la fibra, tanto menor será
el contenido de fibras requerido para disminuir la possibili-
dad de elaboración. Con una fibra de diámetro dado, lo mis-
mo está vigente cuando se incrementa la longitud.

20 Como guía general se ha encontrado que cualquier
hormigón o mortero fibroso de acero, que no fluya fácilmente
bajo condiciones moderadas de vibración externa, no tiene
posibilidad adecuada de elaboración.

25 A no ser que se indique de otro modo, el término
"área de trabazón", siempre que se usa aquí y esté o no con
otros adjetivos, significa "área de trabazón de fibras efi-
caz" B (o "b" donde sea área por unidad) como se define en
la sección sobre cálculos de áreas de trabazón. Las ecuacio-
nes derivadas en aquella sección se aplican específicamente
30

404533



- 30.-

1 a fibras que son circulares en sección transversal. Corres-
pondientes ecuaciones pueden ser derivadas similarmente para
fibras de cualquier otra forma de sección transversal, tal
como cuadrada, rectangular, elíptica, etc.

5 Aunque las formas del invento, aquí expuesto, cons-
tituyen ejecuciones preferidas al presente, son posibles mu-
chas otras. Aquí no se propone mencionar todas las posibles
formas o ramificaciones equivalentes del invento. Debe en-
tenderse que los términos aquí usados son meramente descrip-
10 tivos más que limitadores y que pueden introducirse varios
cambios sin apartarse de la idea y del alcance del invento.

15 N O T A
=====

La presente patente de invención, consta de las
siguientes reivindicaciones:

20 1.- Procedimiento para la preparación de un mate-
rial de dos fases para mejorar la resistencia de flexión en
hormigón conteniendo fibras, consistente en preparar un mate-
rial de dos fases, que comprende la preparación de una mezcla
de hormigón con fibras de un material teniendo un módulo de
elasticidad de por lo menos de alrededor de 20.000.000 de
25 pulgadas cuadradas, distribuidas de un modo sustancialmente
uniforme en la misma con un espaciamiento medio entre fibras
de hasta alrededor de 0,3 pulgadas, caracterizado por proveer
el material de dos fases, de por lo menos una resistencia
preseleccionada a la flexión por la inclusión y distribución

30

404533⁴



- 31.-

1 de las fibras en la mezcla en la cantidad específica, consis-
tente en la proporción b del área de trabazón media de las
fibras, formando intersección a planos normales a la solici-
tación, en regiones conocidas de la máxima sollicitación ten-
5 sil al área de los planos, que es por lo menos un valor pre-
determinado, suficiente para procurar la resistencia a la
flexión preseleccionada en dichas regiones.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, ca-
10 racterizado porque dicha proporción b es por lo menos de al-
rededor de $\frac{1}{C} (U - U_0)$ donde U = resistencia última a la
flexión preseleccionada en dichas regiones,

U_0 = la intercepción de U de un extensión de una
inscripción de línea recta de valores medidos de U contra b

15 y

C = el declive de dicha línea.

3.- Procedimiento, según la reivindicación 2, ca-
racterizado porque los valores de U_0 y C han sido determina-
dos midiendo las resistencias de flexión últimas para una
20 cantidad de valores sustancialmente diferente de la propor-
ción b en muestras de ensayo del material de dos fases, ins-
cribiendo los valores mejorados de U como una función lineal
de b en coordenadas rectangulares, extendiendo la línea ins-
crita para interceptar el eje de U para obtener U_0 y midien-
25 do el declive de la línea para obtener C .

4.- Procedimiento, según la reivindicación 1, ca-

404533

24 JUL 1972

- 32.-

1 racterizado porque dicha proporción b es por lo menos de al-
rededor de $\frac{1}{C} (F - f_0)$

5 donde F = la primera resistencia a la flexión de
agrietamiento preseleccionada, en dichas regiones,

f_0 = la intercepción de F de una extensión,
de una inscripción de línea recta de valores medidos de F
contra b

y

10 C = el declive de dicha línea.

5.- Procedimiento, según la reivindicación 4, ca-
racterizado porque los valores de f_0 y C son determinados
midiendo las primeras resistencias de flexión al agrietamien-
to para una cantidad de valores sustancialmente diferentes
15 de la proporción b , en muestras de ensayo del material de
dos fases, inscribiendo los valores mejorados de F como fun-
ción lineal inscrita para interceptar el eje F para obtener
 f_0 y midiendo el declive de la línea para obtener C .

20 6.- Procedimiento, según la reivindicación 1, ca-
racterizado porque las fibras tienen $2,5 \times 10^{-5}$ hasta _ _
 3×10^{-3} pulgadas cuadradas en área de sección transversal
y alrededor de 1/4 a 3 pulgadas de largo y la longitud media
es de alrededor de 40 a 300 veces la raíz cuadrada del área
25 de sección transversal.

7.- Procedimiento, según la reivindicación 6, ca-

30

404533



- 33.-

1 racterizado porque la longitud media de las fibras es de
alrededor de 150 a 300 veces la raíz cuadrada del área de
sección transversal.

5 8.- Procedimiento, según la reivindicación 6, ca-
racterizado porque la longitud media de las fibras es de al-
rededor de por lo menos una pulgada.

10 9.- Procedimiento, según la reivindicación 8, ca-
racterizado porque con fibras de una longitud dada y de un
material y forma seleccionada, disponible en una pluralidad
de áreas de sección transversal, las fibras usadas tienen
el área de sección transversal para la que el producto del
coste por peso de unidad, por la raíz cuadrada del área de
sección transversal es mínimo.

15 10.- Procedimiento, según las reivindicaciones
precedentes, para preparar un material de dos fases compren-
diendo una mezcla de hormigón y fibras de un material tenien-
do un módulo de elasticidad de por lo menos de alrededor de
20 20.000.000 de libras por pulgada cuadrada distribuidas en
esencia uniformemente en el mismo con un espaciamiento medio
entre fibras de hasta alrededor de 0,3 pulgadas, caracteriza-
do por las etapas de medir las resistencias a la flexión
para una pluralidad de áreas de trabazón medias, sustancial-
25 mente diferentes de las fibras por área unitaria en planos
normales a la sollicitación tensil en muestras de ensayo de
material de dos fases, y procurando y distribuyendo las fi-

404533

E4 JUL 1972

- 34.-

1

bras en una cantidad tal en la mezcla a granel, que el área media de trabazón de las fibras formando intersección con planos normales a la sollicitación en regiones conocidas de máxima sollicitación tensil, es suficiente para procurar por lo menos una resistencia preseleccionada a la flexión en dichas regiones.

5

10

11.- "Procedimiento para la preparación de un material de dos fases para mejorar la resistencia de flexión en hormigón conteniendo fibras".

15

Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva y se ilustra en las figuras adjuntas, constando la memoria de treinta y cuatro hojas foliadas, escritas a máquina por una sola de sus caras.

20

Madrid, a

E4 JUL 1972

CARLOS ROEB
P. P.

25

F. A. Francisco del Pozo

30

[Handwritten signature]

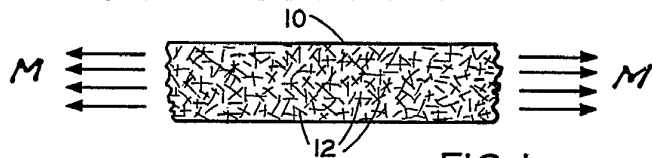


FIG. 1

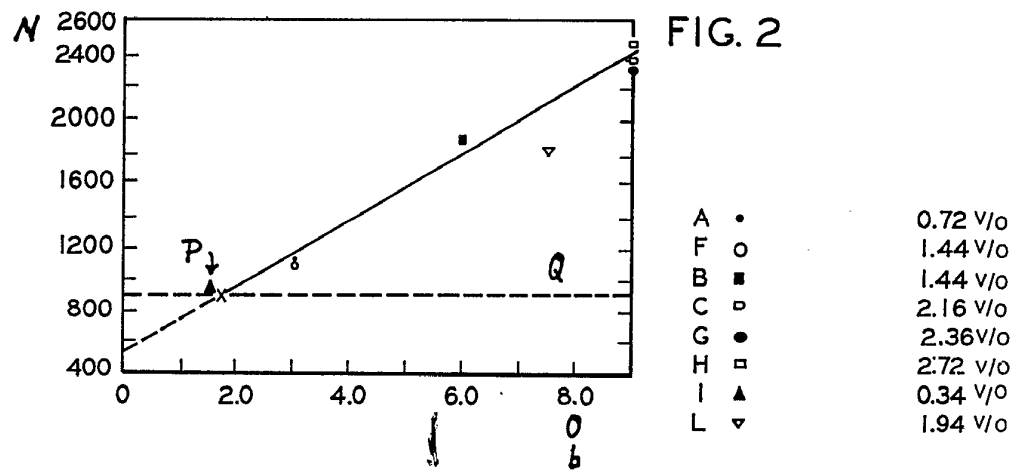


FIG. 2

FIG. 3

A	•	0.72 V/o
F	○	1.44 V/o
B	■	1.44 V/o
C	□	2.16 V/o
G	●	2.36 V/o
H	◻	2.72 V/o
I	▲	0.34 V/o
L	▼	1.94 V/o

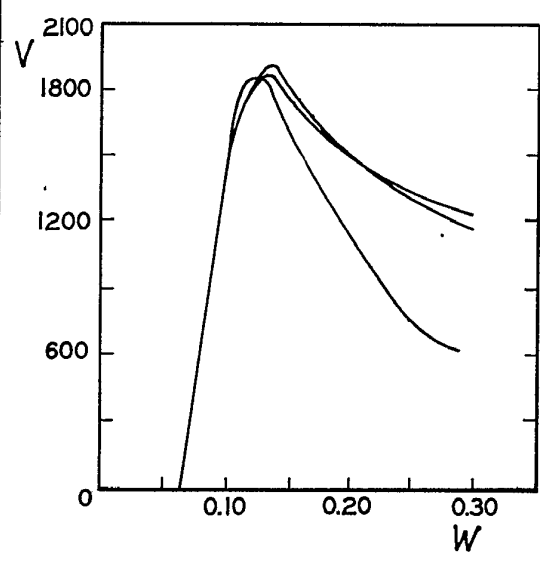
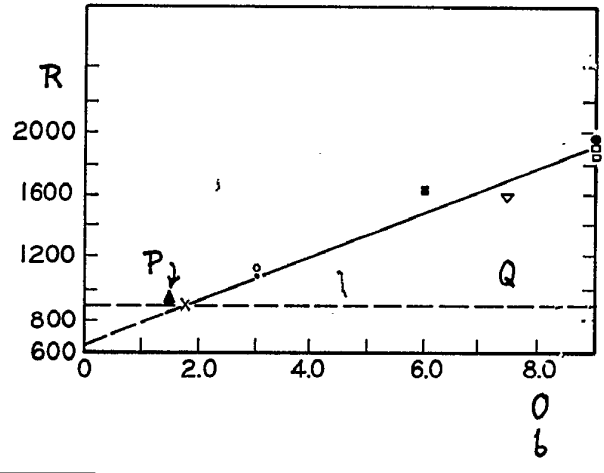


FIG. 4

ESCALA VARIABLE
 CARLOS ROEB
 P.P.

Fdo.: Francisco del Pozo