

***FIBRAS VEGETALES EN EL HORMIGÓN Y SU
PROTECCION***

MONOGRAFIA

AUTORES: Lic *Magali Torres Fuentes* MSc

Lic. *Wilfredo F. Olivera Muñiz*

2000

1. La naturaleza orgánica de las fibras vegetales

1.1 Estructura de la célula vegetal

La célula vegetal está constituida por tres partes esenciales: núcleo, citoplasma y membrana celular, pero presenta características propias en su construcción como son:

- 1. Presencia de la pared celulósica que protege a la delicada membrana plasmática.**
- 2. Posesión de diversos orgánulos citoplasmáticos dentro de los que se encuentran los denominados plastidios que cumplen funciones específicas, destacándose los plastos asimiladores que determinan la nutrición característica de los vegetales autótrofos por la propiedad que tienen dichos orgánulos de realizar la fotosíntesis debido a los pigmentos que poseen.**
- 3. Desarrollo de un amplio sistema de vacuolas que surgen en el citoplasma con pequeñas cavidades llenas de jugo celular donde se almacenan diversos productos elaborados por la célula. Estos con el envejecimiento de la célula, pueden confluír para formar una gran vacuola central desplazándose el protoplasma hacia la periferia de la célula. (anexo 1)**

Tanto las formas como los tamaños de las células vegetales son muy variables, pues dependen de múltiples factores como son: la condición de aislamiento de los organismos unicelulares o la asociación para constituir tejidos, el acomodo de cada célula dependen de las presiones ejercidas por las que las secundan y el estado de turgencia celular.

Las células vegetales pueden tener diferentes formas:

- ##### Esférica: Se encuentran lo mismo en organismos unicelulares que en tejidos u otras asociaciones de células.**
- ##### Poliédrica: Es muy frecuente en células agrupadas.**
- ##### Isodiamétrica: Cuando las células tienen iguales dimensiones (en los tres sentidos del espacio) como por ejemplo: una célula cúbica.**
- ##### Anisodiamétrica: Cuando la longitud predomina, determinando que las células sean alargadas o tubulosas.**

En tejidos pueden adoptar formas estrelladas, ganchudas, reniformes y otras muchas.

Las dimensiones pueden oscilar entre 0,2 micrómetros a varios centímetros, como sucede con muchas fibras vegetales (las del ramié alcanzan hasta 5 cm). (1)

1.2. Estructura de la fibra vegetal

Las fibras vegetales están formadas generalmente por células muy alargadas, prosenquimáticas, muertas y con un lumen muy reducido. Se encuentran en la corteza formando cordones separados o bien cilíndricos en el floema. Las fibras se dividen en dos grandes grupos: fibras del xilema y fibras de otros tejidos extraxilares. Las fibras del xilema se originan a partir de los mismos tejidos meristemáticos que las células del xilema, constituyendo una parte integral del mismo. Las fibras axilares se relacionan con el floema, llamándose por esto también fibras liberianas.

Existen diferentes tejidos vegetales, los cuales pueden formar parte de la estructura de la fibra dentro de los que se encuentran: tejidos meristemáticos primarios y secundarios, tejidos de protección primarios y

secundarios, tejidos parenquimáticos y tejidos mecánicos. Estos últimos a su vez se dividen en: colénquima y esclerénquima.

El colénquima es un tejido vivo de células más o menos alargadas con membranas primarias celulósicas y desigualmente engrosadas. La estructura y disposición de las células colenquimáticas en el cuerpo de la planta indican que la función primaria de este tejido es sostén.

El término esclerénquima, se refiere a complejos de células con membranas engrosadas, a menudo lignificadas, cuya función principal es de índole mecánica.

Tal engrosamiento ofrece mayor resistencia que las del colénquima. Sus células son muy duras y de ahí su derivación del griego σκληρός, duro y enchyma, sustancia, significando su dureza.

Las células esclerenquimáticas carecen, cuando son adultas, de protoplasto vivo. Esta característica combinada con la presencia de membranas secundarias, distingue el esclerénquima del parénquima y del colénquima.

El esclerénquima se compone de células pétreas y de fibras esclerenquimáticas. Ambas son células muertas, con las membranas constituidas por carbohidratos muy fuertemente engrosadas y con frecuencia, aunque no siempre lignificadas. (1)

Un tipo específico de fibra vegetal es el sisal, la cual es una fibra que se extrae de las hojas de Agave sisalana las que pueden tener una longitud de hasta 1,5 m y cuyo contenido asciende entre 3,5 y 5%. El diámetro de la

misma en menor de 0,2 mm y estas están compuestas de alrededor de 100 células de fibras con una longitud de 52mm. (anexo 2)

1.3. Estructura de la pared celular

El desarrollo de la pared celular comienza inmediatamente después de la división nuclear con la formación de la placa celular.

La existencia de esta membrana visible al microscopio óptico es una de las características de las células vegetales. La membrana celular o también llamada pared celular, membrana esquelética o membrana pectocelulósica constituye una especie de exoesqueleto que da protección y sostén mecánico a la célula vegetal, a la par que sirve para mantener el balance con la presión osmótica.

Se distingue la pared celular por ser rígida o semirrígida, más o menos resistente, delgada o alcanzando un espesor tal que invade el contenido celular dejando un pequeño espacio llamado lumen por ejemplo en las fibras, en la cubierta de algunas semillas duras, algunas cáscaras de frutas y en otras partes de la planta.

Las células jóvenes tienen la membrana más delgada que las adultas. El espesor de la membrana varía según la edad y tipo de célula; presenta una estructura compleja, independientemente que sea delgada o gruesa. (1).

1.3.1 Estructura microscópica.

Atendiendo a la estructura microscópica pueden distinguirse tres partes fundamentales: la lámina media conocida también como lámina primordial o primitiva, la membrana primaria y la membrana secundaria. (anexo 3)

Lámina media: Esta lámina separa a dos células contiguas. Al principio está compuesta fundamentalmente de sustancias pécticas. Se origina en los fragmoplastos y es la que separa una célula de otra. Es amorfa, coloidal y ópticamente inactiva; está compuesta principalmente de sales de ácido péctico (pectato de calcio y magnesio), siendo responsables estas sustancias de la cohesión entre las células adyacentes. Cuando la célula envejece puede impregnarse de lignina y otras sustancias como sucede por ejemplo en los tejidos leñosos. (1)

La lignina es un complejo polímero tridimensional con un peso molecular probable del orden de los 10 000, formado por unidades fenilpropanoídicas ($C_6 - C_3$). Está incrustada en la celulosa de las paredes celulares de las plantas superiores, dándoles a éstas la resistencia mecánica; es una especie de "cemento" biológico, posiblemente esterificada a grupos oxihidrilo de la celulosa. La estructura química de la lignina no está bien esclarecida, aunque experimentalmente sugiere que este compuesto es el resultado de la polimerización de unidades ($C_6 - C_3$), esencialmente de alcoholes, coniferílicos, cumarílicos y sinapílicos.

Membrana primaria: Esta membrana es delgada (de dos o tres micrómetros), se forma sobre la lámina media durante el crecimiento de la célula; es la primera que se forma en el desarrollo de una célula y a veces es la única. Está constituida por hemicelulosa, celulosa y compuestos pécticos, aunque el contenido de celulosa en esta membrana es aún relativamente

pequeño (entre 8 y 14 %). Esta membrana ~~tién~~ puede lignificarse y generalmente está asociada a protoplasmas vivos.

Membrana secundaria: La membrana secundaria se deposita en capas sobre la membrana primaria y puede ser delgada o gruesa. Se reconoce en ellas tres capas principales: una capa ~~del~~ más externa, formada inmediatamente después de la membrana primaria; una capa gruesa en la parte media y una más interna, limitando con la cavidad celular (lumen) en células muertas o con la membrana citoplasmática en células vivas.

La membrana ~~secunda~~aria se forma después que la célula ha dejado de crecer, por consiguiente, no experimenta aumento en superficie como la primaria. Se caracteriza por su compleja estructura y ausencia de homogeneidad.

Su composición química es semejante a la ~~primaria~~ en que presenta una gran proporción de celulosa; al principio está formada de celulosa y derivados de ésta y posteriormente se depositan otras sustancias entre las cuales se encuentra la lignina. Su principal función es mecánica.

Las células que ~~presentan~~ membranas secundarias carecen de protoplasma, esto es, son células muertas, tal como ocurre con las fibras, las tráqueas y las traqueidas y contrario a las membranas primarias, durante su desarrollo no presentan cambios reversibles. (1)

1.3.2 Estructura submicroscópica.

La organización estructural de la pared celular tiene como base la celulosa. Las grandes macromoléculas de celulosa que forman la pared celular, no se encuentran libres, sino agrupadas y distribuidas según una red regular de longitud variable. Estas cadenas están dispuestas paralelamente asociadas según un modelo definido, constituyendo las micelas.

Las micelas se unen en el llamado sistema micelar, constituyendo microfibrillas. (1)

En la naturaleza, las moléculas de celulosa están ligadas unas a otras en formaciones paralelas llamadas microfibrillas. celulosa es un polisacárido lineal (formado por carbono, hidrógeno y oxígeno) constituido por unidades de Dglucosa ligadas unas a otras, en largas cadenas, por enlaces (1-4-β) glucosídicos. El largo de esas cadenas varía de acuerdo al tipo de celulosa (natural o manufacturada) (2).

Las áreas en las cuales las cadenas están con un enlace más cerrado son llamadas cristalinas porque se mira el cristal cuando es examinado bajo difracción de rayos x: aquellas en las cuales la cadena está separada y estrictamente paralela son llamadas amorfas. El área cristalina está fuertemente unida una a otra y tiene una mayor resistencia al rompimiento por sustancias químicas y enzimas. En áreas amorfas están los enlaces sueltos y fácilmente penetrados por químicos (celulolisis).(2)

Las microfibrillas visibles con el microscopio óptico están compuestas por microfibrillas de unos 250:10 m de diámetro, las que a su vez se hallan constituidas por cerca de 2 000 cadenas de celulosa. Alrededor de 100 de estas cadenas están unidas entre sí en fibrillas elementales (anexo 4) (3)

El sistema micelar se encuentra compenetrado con el sistema intermicelar (conjunto de espacios intercelulares), encontrándose además de la celulosa, diversos componentes de la membrana celular. Los componentes no celulósicos, tales como: lípidos, pectinas, hemicelulosa, lignina, cera, cutina, sebrina y otras sustancias que se depositan entre los espacios microfibrilares clásicos (anexo 4) (1)

Alrededor del 65 % de la fibra de sisal está compuesta de celulosa, lo cual sucede principalmente en las microfibrillas. Para esta y otras fibras vegetales aparecen reportados en la literatura datos de propiedades físicas y químicas.

La hemicelulosa (alrededor del 12 %) está compuesta por polisacáridos, principalmente xilosa. El grado de polimerización de la hemicelulosa está entre 50 y 200. La hemicelulosa principalmente se halla en la capa externa de la pared de la célula de la fibra, en otras palabras, la pared primaria y en las láminas medias. En la fibra de sisal la hemicelulosa tiene propiedades ácidas.

La pectina (alrededor del 1 %) se encuentra en las láminas medias, las cuales contienen 70 % de lignina. (1)

2. Utilización de las fibras vegetales en el hormigón

Los trabajos realizados en el campo de las fibras naturales como refuerzo de hormigones y morteros han estado muy determinados por las fibras propias que posee cada país, totalmente con un carácter local.

Se reportan más de 40 países en el mundo, que de una forma u otra usan fibras orgánicas en el proceso constructivo.

En general, estos empleos han estado determinados por el quehacer cotidiano de generación tras generación de los países pobres, sin una argumentación científica técnica en la mayoría de los casos.

Los primeros trabajos de utilización de fibras de celulosa como refuerzo de hormigón se recogen en la década del 30.

En 1936 Datta (4) reporta un experimento con bambú como refuerzo de hormigón en la India. Para introducir la reducción del bambú con el agua lo trata con crudo de petróleo y otros aceites.

En 1950 Bose (5) reporta el uso del bambú como refuerzo del hormigón. Él construye edificaciones con este material en 1929 y observa que en 1942 el bambú con que construye una pieza no indica descomposición.

Los países desarrollados, en especial Gran Bretaña y Suecia, han llevado a cabo las investigaciones fundamentales del uso de fibras orgánicas en países tercermundistas que son los que las poseen, como aplicación de uso real, destacándose los institutos de investigación IT Building Materials Workshop de Gran Bretaña y el Swedish Cement and Concrete Research Institute de Suecia.

En la década de 1950 el Elmendorf Research Inc. desarrolla materiales de cemento que contienen fibras de asbestos. El método de producción y las propiedades del material son descritos por Elmendorf A, Moslemí A.A. y Haines C. (6, 7 y 8)

En Gran Bretaña en el sector de investigación y desarrollo en fibras para el hormigón en la década del 60, se concentra el trabajo sobre fibras de vidrio y de acero. Sin embargo, en otros países del mundo se desarrollan investigaciones con fibras vegetales.

Se reporta que Bremant (9) obtiene una patente en 1966 por un método para manufacturar productos de cemento reforzado con fibras naturales, como el miraguano o yute.

Estudios sobre fibras de sisal como refuerzo del hormigón se hacen en Suiza en 1971 por Nilsson (10). Fibras cortadas con un largo de 300mm fueron introducidas en un medio ambiente por 5 meses y se observa una reducción en la fortaleza a la tensión de alrededor del 75 %.

Posteriormente se realizan estudios de durabilidad en colaboración con otras instituciones internacionales como el Department of Civil Engineering at the University in Dar es Salaam in Tanzania. El objetivo de este proyecto es encontrar mecanismos con el cual controlar la descomposición producida por la combinación de materiales orgánicos naturales y materiales inorgánicos y hacer recomendaciones para aumentar la durabilidad de los mismos.

También se estudian las fibras de celulosa para reforzar hormigón. Carlson y Ödeen (11) realizan una investigación exploratoria. El resultado indica que la fortaleza a la compresión y a la tensión disminuyen cuando la fibra de celulosa es mezclada.

Sundén (12) patenta un método que favorece la adhesión entre fibras de celulosa y la matriz cementicia por tratamiento de las fibras de celulosa en ácido salicílico.

En el Asian Institute of Technology Bangkok se realizan estudios sobre fibras de coco en cemento a mediados de la década del 60 por Pama y col. (13).

Este investigador realiza estudios de bagazo como posible material para techo. También estudia las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Los estudios de durabilidad son también aplicados a la resistencia al fuego.

En 1972 Chittenden (14) realiza un estudio sobre la combinación de cemento y madera. Este estudio en sus inicios pretende atraer la atención sobre la posibilidad de crear una industria en los países en desarrollo para la producción de materiales de bajo costo.

The Concrete Society of Britain (15) en 1973 presenta un resumen de las investigaciones sobre fibras en hormigón. Se mencionan las propiedades mecánicas de la fibra de sisal y su utilidad como refuerzo en yeso en Australia y Nueva Zelanda. Las fibras de sisal son unas de las más fuertes dentro de las fibras naturales; está ampliamente difundido el cultivo y uso para reforzar hormigones.

Este estudio indica la posibilidad de reforzar el hormigón con fibras naturales. Se refiere al experimento que realiza Carlsson en Building Research Station que muestra que una mezcla de pequeñas cantidades de sisal en el hormigón aumenta su dureza pero reduce su fortaleza de compresión y flexión. El hormigón con fibras naturales no es recomendable para su uso al aire libre.

En 1974 Clifton y Frohnsdorf (16) llevan a cabo una revisión especial sobre fibras como refuerzo de materiales cementicios. Los autores observan que las fibras de celulosa pueden ser atacadas biológicamente y pueden romperse en un medio alcalino.

Zonsveld (17) en 1975, también hace referencia a los experimentos que realiza Carlsson y plantea que al mezclar fibras de sisal con hormigón aumenta la necesidad de agua en la matriz cementicia y las relaciones del cemento se ven afectadas por sustancias que se desprenden de la fibra de sisal.

En este mismo año Fördös (18) plantea que la durabilidad de las fibras puede ser mejorada, por ejemplo, cubriendo la fibra, por modificación de la matriz a través de la adición de vapores de sílica o polímeros y el uso de otros cementos, por ejemplo, cemento aluminado.

En Egipto Youssef (19, 20 y 21) refuerza hormigón con bambú y listones de palmeras en 1976. Utiliza una cubierta de betún como protección contra descomposición biológica.

En 1977 Majudar y Swamy (22) proporcionan un estudio de las fibras en el hormigón y mencionan la posibilidad de reforzar el hormigón con fibras naturales como algodón, yute y sisal. Ellos sólo hacen una revisión de los factores importantes para la durabilidad de las fibras en el hormigón. Señalan además que las fibras de celulosa contienen sustancias, las cuales retardan el endurecimiento del hormigón y tienen un efecto negativo sobre su fortaleza. En su estudio indican la posibilidad del ataque biológico a que están sometidas las fibras naturales en el hormigón.

También Jarman (23) menciona en su investigación sobre fibras, la posibilidad de utilizar fibras de coco como refuerzo del hormigón.

En 1979 en el Royal Military College of Science, Smith (24) en Ghana, realiza un estudio sobre hormigón reforzado con bambú desde el punto de vista de

la construcción de paneles y vigas para sustituir madera. Los resultados obtenidos son satisfactorios.

En Brasil Ghavami y Hombeech (25) presentan el resultado de un programa de investigación iniciado en la Universidad Católica de Río de Janeiro. Este programa comprende una investigación sobre la posibilidad de usar bambú como alternativa del acero para hormigón reforzado.

En su investigación utilizan diferentes sustancias repelentes al agua para aumentar la durabilidad de las fibras. Proponen 15 tratamientos diferentes. Escogen entre otras sustancias barniz, epóxido, cera, arena sulfurada, queroseno, calentado a 150°C. Los mejores resultados son con los tratamientos de cera y epóxido.

También en 1979 Miettunen, A, y Oy Partek A.B. (26) estudian las posibilidades de usar fibras de sisal para reforzar hormigón.

La durabilidad de las fibras de sisal en la matriz de cemento es objeto de una extensa investigación. Diferentes especies de sisal y coco son sometidas a un examen acelerado en cajas climáticas en Finlandia.

El grado de refuerzo y el pretratamiento de las fibras varía, pero ambos, el refuerzo del hormigón con fibras de sisal y ~~refuerzo~~ refuerzo del hormigón con fibras de coco, provoca debilitamiento de las fibras.

El coco posee fibras duras unidas entre sí por un material blando. Es el método tradicional de los países pobres, aún cuando existe la actividad alternativa de utilizar métodos mecánicos de extracción que son más caros y requieren un basamento tecnológico.

Las fibras de sisal son pretratadas en el laboratorio y guardadas en disolución alcalina y examinadas y medida la fuerza de tensión después de 1, 3, 7 y 28 días.

Miembros del Building Materials Workshop, entre ellos Parry (27) demuestran la producción de tejado laminar de hormigón reforzado con fibras cortadas de hojas de palmeras. Realizan además, estudios de durabilidad.

En 1980, Cook (28 y 29) presenta un reporte sobre fibras vegetales para reforzar hormigón. Observa que las fibras orgánicas pueden ser descompuestas biológicamente si no son protegidas en el medio alcalino, lo que conlleva a una pérdida de su fortaleza.

Parry (30 y 31) propuso la teoría de que las fibras impiden la ocurrencia de la fractura en estados tempranos y dan una alta fortaleza a la tensión del compuesto. Parry nota que no hay signos de descomposición en láminas de techo en tiempo de 4 años. Su teoría es cuestionable.

Castro y Nutman (32 y 33) en México en 1981 presentan un estudio sobre el maguey y fibras de lechuguilla en hormigón. Uno de los aspectos estudiados es la durabilidad del compuesto. Las distintas especies se someten en diferentes condiciones de humedad y temperatura. Observan diferentes comportamientos en el debilitamiento de las fibras.

En 1982 Wells (34) discute la posibilidad de usar fibras de celulosa para reemplazar asbestos en los productos de asbesto cemento, revisa las

propiedades de durabilidad de fibras de celulosa reforzadas en láminas manufacturadas en Gran Bretaña con silicato de calcio.

Dada la experiencia mundial y ser la fibra de henequén, empleada por sus características tensomecánicas satisfactorias, se consideró posible el uso de la misma en el hormigón, buscando mejorar las propiedades de éste. Se produce el fibrequén (fibras de henequén convenientemente dosificadas en el hormigón)

Las fibras de henequén de ser incorporadas a los hormigones, dadas sus características resistentes y bajo costo, no habían sido investigadas científicamente en su composición con hormigones y morteros, correspondiendo a Cuba y a Matanzas en específico, donde a partir de 1985 se iniciaron dichas investigaciones en el ámbito mundial. (35)

En 1989 Bentur y Akerst (36) en una serie de trabajos plantean un estudio de durabilidad. Evalúan dos tipos de fibras de celulosa como refuerzo de hormigón y las comparan. En estos trabajos estudian la correlación entre cambios microestructurales y edades en condiciones ambientales y en atmósfera de dióxido de carbono y en condiciones aceleradas. Utilizan técnicas de difracción de rayos X y microscopía electrónica.

Ellos plantean que las fibras de celulosa en hormigón armado tienden a carbonatarse, que la matriz alrededor de las fibras no es extremadamente densa y que las fibras son debilitadas por rupturas de las mismas y que esto está asociado con la expansión del compuesto. (37 y 38)

2.1 Fundamentación teórica del debilitamiento de las fibras vegetales en el hormigón.

Las fibras vegetales son más afectadas por las condiciones del tiempo y el medio alcalino que las restantes fibras fabricadas por el hombre. (39)

En muchas publicaciones se reporta el debilitamiento del hormigón reforzado con fibras orgánicas, por tanto son débiles en términos de durabilidad. La degradación está dada por la presencia de poros de agua alcalina en el hormigón que reaccionan con sustancias componentes de la fibra.

Algunos mecanismos han sido considerados para explicar cambios ocurridos en las propiedades mecánicas en productos de cemento basados en celulosa:

- 1. Hidrólisis alcalina de las moléculas de celulosa que causan la degradación de las cadenas, lo que lleva a una reducción en el grado de polimerización y disminución en la fortaleza.**
- 2. Disolución de la lignina y la hemicelulosa en la matriz alcalina, lo que lleva a una ruptura de las uniones entre las células que forman las fibras.**
- 3. Ataque microbiológico que ocurre preferentemente en matrices menos alcalinas.**
- 4. Incremento de la unión fibra matriz que pueden llevar al debilitamiento de las fibras y bajo ciertas condiciones a un incremento en su fortaleza. (36 y 31)**

El tercer mecanismo planteado es imposible que ocurra con las fibras embebidas en matrices de cemento Portland, dada la alta alcalinidad que poseen y el cuarto es poco conocido dada la interfase que se produce en la matriz cementicia cercana a la fibra.

Por tanto el modelo asumido de degradación de las fibras en ambientes alcalinos, como es el mezclar fibra en hormigón, está condicionado por:

1ro: Mecanismos de degradación ocurren al final de la cadena molecular. El grupo final que tiene características reductivas, reacciona con iones hidroxilo y forma el ácido isosacárico, el cual se desprende de la cadena. Los grupos finales siempre se liberan de esta rama. La probabilidad de que los grupos finales formen en cambio ácido metasacárico, el cual no se desprende de la cadena molecular y es estable en disoluciones alcalinas es poco probable (40).

2do: Divisiones moleculares que hacen que el grado de polimerización decrezca. No ocurre hasta temperaturas mayores de 100 °C.

3ro: Ruptura molecular de los componentes de las fibras por el medio alcalino, acelerándose a temperaturas mayores de 70 a 80 °C y concluyendo a 120 °C.

El segundo aspecto no es posible que ocurra a temperatura ambiente y los restantes no se producen en la celulosa o al menos en cuantías mínimas y se producen en la lignina en mayor grado y en la hemicelulosa en grado intermedio.

Considerando la celulosa, la hemicelulosa y la lignina como los componentes principales de las fibras orgánicas, entonces queda evidenciado que la causa primaria en los cambios característicos de las fibras en el hormigón es asumida, debido a la descomposición química de la lignina y la hemicelulosa. Los poros de agua alcalina rompen la unión entre las células individuales de la fibra, convirtiéndose las largas fibras en numerosas y pequeñas células que pierden en capacidad resistente en el hormigón. (anexo 5). Los lugares vacíos (lumen de la fibra) son llenados por hidróxido

de calcio y las fibras pierden su flexibilidad; a este proceso se le llama: "mineralización". (41)

3. Protección de la fibra vegetal utilizada en el hormigón.

Según la literatura, una forma de evitar o demorar la descomposición de las fibras utilizadas en el hormigón, es la protección de éstas con sustancias bloqueadoras, sustancias repelentes al agua y con una mezcla de ambos tipos de sustancias. (41)

3.1. Efecto de la impregnación de la fibra con sustancias bloqueadoras

Las sustancias bloqueadoras reaccionan con ciertos componentes de la fibra y se forman sustancias muy difíciles de disolver posteriormente en el medio alcalino.

Durante discusiones con expertos que trabajan en investigación de la celulosa, Treiber (42), por ejemplo, propone impregnar las fibras con sulfato de sodio, silicato de sodio monohidratado, sulfito de sodio heptahidratado, sulfato de magnesio y otros compuestos de magnesio, hierro y cobre. Ranby (43), consideró que las sales de bario deben ser utilizadas como sustancia bloqueadoras.

Otra variante propuesta es el empleo de antioxidantes, Ranby (43) propone el tratamiento con hidroxilamina, sales de sulfito, sulfato de sodio y nitritos. Mjoberg (40), propone impregnar las fibras con borohidruro de sodio, ácido sulfídrico o antraquinona.

Treiber menciona la posibilidad de prevenir la oxidación, impregnando las fibras con compuestos de arsénico, de cromo o antioxidantes utilizados en la industria de plásticos.

La impregnación de las fibras con sustancias que fueron usadas en diversos experimentos (41) y que pueden bloquear los componentes de esta y evitar su descomposición en un medio alcalino, como por ejemplo: cromato de sodio, metasilicato de sodio, nitrito de sodio y ácido sulfanílico; conducen en varios casos a una reducción en la resistencia a la tensión.

Cuando los especímenes son añejados en una caja climática se puede observar que las sustancias impregnadoras usadas, tampoco tienen éxito en la prevención de la indeseable fragilidad.

3.2. Efecto de la impregnación de la fibra con sustancias repelentes al agua

La impregnación de la fibra con sustancias repelentes al agua evita la penetración del agua alcalina en el poro, por lo que no es probable que esta se descomponga químicamente. (44)

Los primeros trabajos los realizó Den Uijil (45), con fibras de bambú y propuso tratarlas con productos bituminosos, aceite de linaza con trementina, plomo con barniz, poliéster y resinas epóxicas.

Mohan y Rai (46), indican que las fibras de coco pueden ser tratadas con aceite de marañón. Miettunen (47), trata las fibras de sisal con estearato de calcio y varios plásticos, con vistas a mejorar la durabilidad de las fibras en el hormigón. Treiber (42), propone impregnar las fibras con aceite silicon o

alternativamente con carboximetil celulosa. Mjoberg (40) ha propuesto asfalto como sustancia de impregnación y Ranby (43) la resina fenol formaldehído y resinas fenólicas.

Otras sustancias utilizadas para impregnar las fibras de sisal fueron: dicloruro de polivinilo, ácido esteárico y sus sales y se demuestra que el acondicionamiento de la fibra impregnada en el poro de agua del hormigón, a una temperatura de 70 °C con estas sustancias, redujo la resistencia a la tensión, al compararlas con las fibras no impregnadas. Esto es probable debido a la reducción de la adhesión entre la fibra y la matriz. (41)

Sin embargo, cuando las fibras impregnadas fueron añejadas, se pudo notar una posible demora en la fragilidad de las mismas al usar ácido esteárico como sustancia impregnadora.

3.3. Efecto de la impregnación de las fibras con sustancias bloqueadoras y repelentes al agua.

El método no es más que una combinación de los dos anteriores.

Las fibras primero son impregnadas con sustancias bloqueadoras y luego con sustancias repelentes al agua. La impregnación de la fibra del sisal con sustancias bloqueadoras y repelentes al agua no siempre conduce a una reducción en la resistencia a la tensión de la fibra.

El acondicionamiento de las fibras impregnadas con agua del poro del hormigón con una temperatura de 70°C reduce la resistencia a la tensión de la fibra. Después de añejar las fibras impregnadas con nitrato de bario y ácido esteárico, reactivos fotoquímicos y estearato de calcio y ácido esteárico respectivamente, nitrato de potasio y ácido esteárico y posiblemente

tetraborato de sodio y estearato de cromo y cromato de sodio se probó que ambos tenían un efecto retardante de la fragilidad del hormigón, planteándose que después de cuatro años las fibras aún poseían su propiedad resistente dentro del hormigón. (41)

Bibliografía

- 1. Piñal, C.S del y otros. Manual de Botánica General. La Habana: Ed. Ministerio de Educación Superior, pp. 102109, 163170.**
- 2. Caneva, J //et al//. Biology in the conservation of works of art. International Centre for the Study of the Preservation of Cultural Property, Rome, 1991.**
- 3. Robertis, E. D.F. de y E. M. F. Robertis. Biología celular y molecular I. La Habana: Ediciones Revolucionarias, 1986. pp.-288.**
- 4 Datta, K. Versuche über die verwendung von bambus im betombau. Der bauingenieur. 17 jahrgang Heft 3/4, pp.-177. January, 1936.**
- 5. Bose, T.N. Use of bamboo as reinforcement in cement concrete. Assn. Of Engrs- Journal Vol. 26, pp. 5262. April- June, 1950.**
- 6. Elmendorf, A. Vaughan, T. Wodhi J.S. Embedded fibre borad- A new low - cost, fire- resistant, wheather proof board for roofs, walls and floors, developed in the USA. Proccedings of the Symposium on Timber and Allied Products. New Delhi, may,1959. The National Builldings**

- Organization, Ministry of Works, Housing and Supply, Government of India, New Delhi, pp. 115124.*
7. Moslemi, A.A. *Particle board, Vo. 1. Materials. Southern Illinois University Press, pp. 178- 188, 1974.*
 8. Haines, C. Rothrock. R.R. *Process of curing board containing wood fibres and portland cement. United States Patent Office 3, 4, 38, 853. April, 1969.*
 9. Bremant, A. *Produit a base de cimentet de fibers végétales telles que: Brevet d' Invention No. 1.449.213 (040766), pp. 1. Paris, july, 1966.*
 10. Nilsson, L. *Reinforcement of concrete with sisal and other vegetable fibres. Thesis for the Bachelors of Engineering Degree. The Departament of Building Construction at the Royal Institute of Technology, Stockholm, pp. 1- 68. 1975.*
 - 11 Carlsson, B. ÖdeenK. *Cellulose concrete an orientating investigation. Swedish Council for Building Research. Report 13, 1977, pp71*
 - 12.Sundén. O. *Reinforced material system consisting of Acid Oligomer Silicic Acid- Modified Cellulose Fibers as the ReinforcementMal. Swedish Patent No. 398135, pp. -110, december, 1977.*
 13. Pama, R.P. Cook, D.J. Oranratschai, A. *Mechanical and physical properties of coir fibre boards. Conference on New Horizons in Construction Material, Lehigh University, pp.-3014, 1976.*
 - 14.Chittenden, A.E. *Wood and Cement: Past and Future. Reprint from Seventh World Forestry Congress, Buenos Aires, pp. 612-613. October, 1972.*
 15. Marotta, P. *Tests on Panels of Concrete Fibre Impregnated with Portland Cement. Division of Building Research CSIRO Australia, Report 2, pp. 1 18 1973.*

16. Clifton, J. Frohnsdorff, G. *Fibre reinforced cement materials. Cement Research Progress, 1974. Cement Division. American Ceramic Society, pp. 201- 234.*
17. Zounsveld, J.J. *Properties and testing of concrete containing fibres other than steel. RILEM Symposium, 1975. Fibre reinforced cement and concrete- Volume 1, pp. 217-226.*
18. Fördös, Z. *Evaluation of Fibre Reinforced of Cement based Composites. Inter Report, No. 380, BFL Karlstrup, pp.19, 1975.*
19. Youssef, M.A.R. *Bamboo as a substitute for steel reinforcement in structural concrete. International Symposium on New Horizons in Construction Material. Vol. 1. Envo Publishing Company Inc., pp. 525-554. 1976.*
20. Youssef, M.A.R. *Concrete structural members reinforced with date palm mid- ribs. World Construction, pp. 96-102. September, 1977*
21. Youssef, M.A.R. *Date- palm mid- ribs as a substitute for steel reinforcement in structural concrete. International Symposium on New Horizons in Construction Material. Vol. 1. Envo Publishing Company Inc.*
22. Majundar, A.J. Swamy, R.N. *Fibre concrete materials report prepared by RILEM Technical Committee -FRC, Materials and Structures (10). No. 56, pp. 103-120. March-April, 1977.*
23. Jarman C.G. *Recent research and development in hard fibres in: Conf. Proceeding. The future of natural fibres. Papers presented at the Shirley Institute. pp. 99-109, November, 1977.*
24. Smith, P.D. //et al/. *Bamboo fibre as reinforcing material in concrete. Appropriate Technology, Vol. 6. No. 6, pp.10, August. 1979.*
25. Gavami K, Van Hombeeck R. *Application of Bamboo as a Construction Material. Proceedings of the Latin American Symposium Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing. Paulo. Vol 1 pp. 46-66. October 1981.*

26. Miettunen, A. The effect of impregnating the fiber with repellent agents. From Durability of natural fibers in concrete. Stockholm / Sweden, 1983. pp. 8-11.
27. Parry, J P M. Development and Testing of Roof Cladding Materials Made from Fibre Reinforced Cement. II Building Materials Workshop Cradley Heath, Corngraves Trading State Overend Road, Cradley Heath. Warley West Midlands, pp. 1-70, February, 1980.
28. Cook, D J. Concrete and Cement Composites Reinforced with Natural Fibres. Fibrous Concrete. Proceedings of the Symposium on Fibrous Concrete Helds in London on 16th April 1980. The Concrete Society, Concrete International 1980, the Construction Press Lancaster, London, New York pp. 9-14, 1980.
29. Cook, D. J., Pama R P, Singh R V. The behaviour of bamboo reinforced concrete columnes subjected to eccentric loads. Magazine of Concrete Research, Vol. 30, No. 104, pp. 14-51, September 1978.
30. Parry, J. P. M. Development and Testing of Roof Cladding Materials Made from Fibre Reinforced Cement. A Project Undertaken by the II Building Materials Workshop under Contract to Intermediate
31. Parry, J. P. M. Development and Testing of Roof Cladding Materials Made from Fibre Reinforced Cement. Appropriate Technology 8, No. 2, pp. 20-23, September, 1981.
32. Castro, J. and Naaman, A.E. Cement Mortar Reinforced with Natural Fibers ACI Journal, pp. 6-172, June, 1981.
33. Nutman, F. J. Empire J. Exp. Agriculture 5, 1937. pp. 20-25
34. Wells, R.A. Future developments in fibre-reinforced cement, mortar and concrete. Composites, pp. 169-172, April, 1982.
35. Macías, J. Utilización de fibras orgánicas en hormigones: El fibrequén. Tesis de doctorado 1985.

36. Bentur, A. and Akerst, S.A.S. *The microstructure and properties of cellulose fibre reinforced cement composites cured in a normal environment. The International Journal of Cement Composites and Lightweight. Vol. 11, Number 2, 1989. pp. 98-109.*
37. Wijeyewickrema, A. *Matrix Crack Interaction in a Fiber Reinforced Brittle Matrix Composite. M153. 1992.*
38. Wijeyewickrema, A. *Matrix Cracking in a Fiber Reinforced Composite with Slips at the Fiber Matrix Interface. Reprint. M53. Gran Bretaña, 1993.*
39. Sobastano, H. V. Agopejan, T. *Transition zone of hardened cement past and vegetable fibre. In fibre reinforced cement and concrete. London, E and FN Spain, 1982.*
40. Mjogerg, I. *The effect of impregnating fiber with blocking agents. From Durability of natural fibers in concrete. Stockholm / Sweden, 1983. pp. 82-86.*
41. Gram H.E. *Durability of natural fabrics in concrete. Stockholm Sweden Ed. Swedish Cement and Concrete. Research Institute, 1983. p1087*
42. Treiber, E. *The effect of impregnating the fibre with water repellent agents. From: Durability of natural fibres in concrete. Stockholm/Sweden. 1983. pp. 8-11.*
43. Ranby, B. *The effect of impregnating fibre with blocking agents. From: Durability of natural fibres in concrete. Stockholm/ Sweden, 1983. pp. 5-10.*
44. Grellman, Wolfgang. *Analysis of Fracture Behaviour of Reinforced Polypropylene using R-Curve Concept. R03264. 1991.*
45. Den Uijl, J.A. *Beton met bamboe gewapend. Cement XXVIII. In Dutch, Number 6, 1976. pp. 27-31.*
46. Mohan, D. and Rai. M. *New building materials and techniques for rural housing. Bangkok Ed. Asian Institute of Technology, 1977. pp. 1077-1093.*

47. Miettunen, A. Private communication. Research laboratory in Pargas, Finland. 30. Miettunen, A. The effect of impregnating the fiber with waterrepellent agents. From Durability of natural fibers concrete. Stockholm / Sweden, 1983. pp. 86.