

Analysis of concrete beams with additional reinforcement of the bamboo splints

Análisis de vigas de hormigón con refuerzo adicional a la armadura de talas de bambú

N. Y. Tsutsumoto *, J. L. P. Melges**, C. F. Fioriti ^{1**}, J. L. Akasaki**, M. M. Tashima**

* Instituto Federal de São Paulo (IFSP), São Paulo, BRASIL

** Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, BRASIL

Fecha de Recepción: 30/05/2018

Fecha de Aceptación: 15/03/2019

PAG 124-135

Abstract

The aim of this paper is to evaluate, through bending tests, the structural behavior of reinforced concrete beams additionally reinforced by bamboo splints. The bamboo splints are prepared from the stems of the Bambusa vulgaris species. To examine the strength of adhesion between the bamboo splint and concrete, pull out tests are performed for the specimens. The results of the pullout tests of the test samples show the strengthening of the nodes leading to an increase of the normal tension and rupture of splint and not its slip. According to the results of the bending beams, the presence of bamboo splints increases their load capacity when compared with the reference beams. This is indicative of a reduction in the amount of steel required as the structural element. The insertion of the bamboo splints in the beams provides a better performance in terms of the deflection and also leads to a slight increase in the load capacity of the beams. It is worth mentioning that the beams additionally reinforced by bamboo splints exhibit the same pattern of cracking as for reference beams.

Keywords: Concrete beam, reinforcement with bamboo, structural analysis, alternative material

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar, a través de ensayos de flexión, el comportamiento estructural de vigas de hormigón armado reforzadas por talas de bambú. Las talas de bambú fueron preparadas a partir de la especie *Bambusa vulgaris*. Para examinar la resistencia al arrancamiento entre las talas de bambú y el concreto, se realizaron ensayos en cuerpos de prueba. Los resultados de los ensayos de arrancamiento mostraron el fortalecimiento de los nudos, llevando a un aumento de la tensión normal y de la ruptura de la tala y no de su deslizamiento. De acuerdo con los resultados de las vigas en los ensayos de flexión, la presencia de talas de bambú aumenta su capacidad de carga en comparación con las vigas de referencia. Esto es indicativo de una reducción en la cantidad de acero necesaria como elemento estructural. La inserción de las talas de bambú en las vigas proporciona un mejor desempeño en términos de deflexión y también lleva a un ligero aumento en la capacidad de carga de las vigas. Es importante resaltar que las vigas adicionalmente reforzadas por talas de bambú exhiben el mismo patrón de fisuración que las vigas de referencia.

Palabras clave: Viga de hormigón, refuerzo con bambu, análisis estructural, material alternativo

1. Introducción

Se ha estudiado e investigado el bambú, como material alternativo al acero de refuerzo usado tradicionalmente en la construcción, con el fin de utilizarlo para reforzar elementos de hormigón teniendo en cuenta la necesidad de usar materiales alternativos y renovables en el sector de la construcción el cual crece día a día.

Según (Ferreira, 2007), el porcentaje ideal de "refuerzo" de bambú depende del tipo de estructura, la distribución de la carga, la carga final dimensionada y de los aspectos económicos relacionados con la obtención de esos materiales. El autor señala que el porcentaje ideal se encuentra entre el 1,25% y 8,33%.

Debido a la superficie suave y a las características orgánicas e higroscópicas del bambú, (Ghavami, 2005) considera que estas características limitan la adhesión entre los materiales y, en consecuencia, su aplicación. Sin embargo, (Ghavami, 2005) asegura que el bambú es un material que posee propiedades mecánicas adecuadas para ser usado en elementos estructurales de hormigón.

¹ Autor de correspondencia:

Universidade Estadual Paulista, São Paulo, BRASIL
E-mail: fioriti@fct.unesp.br

En un estudio sobre vigas de hormigón reforzadas longitudinalmente con acero y bambú, (Lima et al., 2005) concluyeron que, debido al bajo módulo de elasticidad del bambú respecto del acero, las vigas reforzadas con bambú se deformaron más que las reforzadas con acero. Además, es posible aplicar los procedimientos de dimensionamiento usuales para las vigas de hormigón reforzado a los de las vigas reforzadas con bambú, puesto que todas obedecen a la teoría de Bernoulli-Kirchoff.

(Ghavami, 2005) preparó vigas con y sin refuerzo de acero, usando dos porcentajes de bambú en relación a la sección transversal de la viga (3,33% y 5%). El autor aplicó dos capas de Negrolin® a las piezas de bambú, colocando arena fina después de aplicar la segunda capa del material impermeabilizante. Este tratamiento del bambú permitió aumentar el valor de la tracción de adhesión entre los materiales. Considerando los resultados obtenidos, se concluyó que la cantidad ideal de bambú para reforzar las vigas es de un 3% en relación a la sección transversal. Las vigas reforzadas con bambú resisten un 400% más de carga que las vigas sin ningún tipo de refuerzo.

(Ferreira, 2002) ensayó vigas con armadura de acero fabricadas con bambú en estado natural y con bambú tratado

con barniz y envuelto con alambre de púas para mejorar la adhesión entre los materiales. Al analizar los resultados, el autor notó que el bambú presentaba un comportamiento estructural satisfactorio al ser insertado como refuerzo estructural en el hormigón. Cabe señalar que, con un aumento de 8cm² de refuerzo de bambú, la carga de ruptura se cuadruplicó.

(Agarwal et al., 2014) prepararon vigas no reforzadas, reforzadas con acero, con bambú tratado y con bambú no tratado. El porcentaje de refuerzo de las muestras con bambú fue del 1,49%. El tratamiento del bambú consistió en la aplicación de Sikadur 32 Gel® y de una capa de arena. Los resultados de los ensayos a flexión demostraron que las vigas reforzadas con bambú tratado obtuvieron un aumento significativo en la fuerza de ruptura, siendo comparables con los del acero. Cuantitativamente, con un refuerzo de bambú tratado de sólo un 1,5%, se obtuvo un 29% de aumento en la

capacidad de resistencia. Sin embargo, las vigas no tratadas presentaron peores resultados que las vigas no reforzadas. Por lo tanto, esta investigación evaluó el comportamiento estructural de las vigas de hormigón reforzadas con tablillas de bambú, fabricadas con tallos de bambú de la especie Bambusa vulgaris, mediante ensayos de resistencia a la flexión.

2. Materiales y métodos

2.1. Dosificación del hormigón

La dosificación del hormigón se basó en el trabajo de (Santos et al., 2010), quien usa el método propuesto por (O'Reilly Díaz, 1998). El objetivo de este método es obtener un hormigón con una resistencia mínima a la compresión de 25MPa a los 28 días. En la (Tabla 1) se presenta la dosificación del hormigón.

Tabla 1. Dosificación del hormigón

Materiales	Consumo (kg/m)
Agua	192
Cemento	342
Aena	907.4
Grava	1009.2
Relaciones	Indice
Relación (1:m)	6.2
Contenido de mortero seco (%)	56.8
Volumen de mortero (%)	65.7
Relacion Agua/Cemento (W/C)	0.6

Se prepararon probetas de ensayo cilíndricas, de 15cm de diámetro por 30cm de alto, densificadas en una mesa vibratoria, para verificar las características del hormigón

elaborado con la dosificación seleccionada. Los resultados se muestran en la (Tabla 2).

Tabla 2. Propiedades mecánicas del hormigón a los 7 y 28 días

	Resistencia a la compresión el séptimo día (MPa)	Resistencia a la compresión el día 28 (MPa)	Módulo de elasticidad el día 28 (MPa)	División de la resistencia a la tracción a los 28 días (MPa)	Absorción de agua el día 28 (%)
Vigas de referencia de hormigón	16.6 ± 0.5	25.4 ± 0.5	31.5 ± 0.6	2.7 ± 0.2	5.2 ± 1.1
Vigas de bambú reforzadas con hormigón	17.4 ± 0.1	26.3 ± 0.4	28.4 ± 1.5	3.0 ± 0.5	7.0 ± 0.1
Normas	NBR 5739 (ABNT, 2007)		NBR 8522 (ABNT, 2008)	NBR 7222 (ABNT, 2011)	NBR 9778 (ABNT, 2009)
Nota: Para desviaciones relativas máximas > 6%, se calcularon valores discrepantes y nuevos promedios según lo prescrito en el ítem 3.6.4 de NBR 7215 (ABNT, 1997).					



2.2. Refuerzo de acero

Se usaron barras cilíndricas de acero de 5 y 4,20mm de diámetro para formar los refuerzos de las vigas. Las barras

utilizadas eran clase CA 60 ($f_{yk} = 60 \text{ kN/cm}^2$). Las características de las barras de acero se presentan en la (Tabla 3).

Tabla 3. Características geométricas y mecánicas de las barras de acero [NBR 6892-1 (ABNT, 2013)]

Diametro (mm)	Area (cm)	Resistencia al rendimiento (MPa)*	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
4.20	0.138	694.9	769	189.4
5	0.196	592.8	690.3	168.5

* El límite elástico se obtuvo gráficamente, considerando una deformación residual de 2 por 1000.

2.3. Tablillas de bambú

• Preparación de las tablillas para el ensayo de extracción por deslizamiento

Para los ensayos de extracción por deslizamiento se prepararon diez tablillas de bambú de $70 \times 2 \times 0,5\text{cm}$. En cada ensayo, se insertó una tablilla de 30cm de largo en el hormigón de relleno de las probetas cilíndricas.

A continuación, las vigas se impermeabilizaron por inmersión en látex en cuatro oportunidades, formando un total de cuatro capas, que corresponden a un aumento de 0,15g de látex por cm^2 del área superficial de la tablilla. Se caracterizó el látex, encontrándose un contenido del 41,7% de goma con un pH de 11.

Después de impermeabilizadas, la grasa se con papel de periódico y cinta crepé, en los 5cm de los extremos de las tablillas que se insertarían en el hormigón, destinando sólo los 20cm centrales de la tablilla para que ocurriera la adhesión tablilla-hormigón. Por lo tanto, la longitud de adherencia se redujo de 30 a 20cm a fin de obtener una menor fuerza de extracción por deslizamiento y reducir la posibilidad de ocurrencia de una ruptura en el nodo externo de la probeta de hormigón.

• Tablillas usadas en las vigas de hormigón

Para realizar los ensayos a flexión de las vigas de hormigón, se usaron tablillas de bambú de $160 \times 2 \times 0,5 \text{ cm}$.

2.4. Preparación de las vigas

Se fabricó un total de cuatro vigas, de dos tipos:

- Dos vigas de hormigón reforzado con acero que se usaron como vigas de referencia; de aquí en adelante mencionadas como vigas de referencia.

- Dos vigas de hormigón reforzado con acero y reforzadas adicionalmente con tablillas de bambú; de aquí en adelante mencionadas como vigas reforzadas con bambú.

El porcentaje de armadura de bambú usado en relación a la sección transversal de cada viga fue de 1,6%, que se encuentra dentro del límite del 1,25 al 8,3% como lo estipula (Raj, 1991).

Se usaron cuatro encofrados de madera terciada y madera plastificada de $160 \times 12,4 \times 15\text{cm}$ para moldear las vigas.

Para el refuerzo de acero longitudinal de la cara inferior de las vigas, se usaron dos barras de acero de 5mm de diámetro cada una. En la cara superior de la viga, se usaron como soporte dos barras de 4,2mm de diámetro. Para el refuerzo a cortante, se usaron estribos de 4,2mm de diámetro, con dos ramas verticales, espaciados cada 8cm. Para asegurar un recubrimiento de 1cm del refuerzo externo (en este caso, el estribo), se usaron espaciadores del tipo EPR 24-4.

Para elaborar el refuerzo de las vigas reforzadas con acero con refuerzo adicional de tablillas de bambú, se insertaron tres tablillas, una lo largo de la cara inferior (centradas entre las barras inferiores) y dos a lo largo de los costados. Las tablillas colocadas a lo largo de los costados se fijaron a una distancia de 1,5cm en relación a la barra inferior de modo de evitar problemas al hormigonar.

De las cuatro vigas fabricadas, en dos de ellas se instalaron extensómetros en los refuerzos principales (Figura 1). Las dos vigas se usaron como vigas de referencia y una viga reforzada con bambú, donde el bambú se usó como refuerzo adicional para la armadura.



Figura 1. Vigas reforzadas con acero y con refuerzo adicional de tablillas de bambú, instrumentadas con extensómetros

A continuación, todas las vigas fueron hormigonadas y densificadas en mesa vibratoria. Luego de un periodo de tres días, las vigas fueron desencofradas y colocadas en una cámara húmeda donde permanecieron por un periodo de 28 días.

Cabe señalar que antes de hormigonar las vigas con refuerzo adicional de tablillas de bambú, se aplicó una resina epóxica en los extremos de las tablillas para mejorar su capacidad de anclaje.

2.5. Ensayos de extracción por deslizamiento

Se prepararon diez probetas de ensayo usando encofrados metálicos de 15cm de diámetro por 30cm de alto. Cinco de ellas fueron reforzadas en todos los nodos y cinco con refuerzo de tablillas en los nodos que no estaban en contacto con el hormigón. Las tablillas se colocaron en el centro del molde de manera que parte de su longitud quedara sumergida dentro del hormigón de relleno. El desmoldado se realizó con un vibrador de inmersión al día siguiente de la inmersión y, luego, las probetas se colocaron en una cámara húmeda durante 28 días.

Después de este periodo de tiempo y antes de practicar los ensayos, las probetas fueron refrentadas con

yeso, sobre el que se colocó una placa metálica cuando aún el yeso se encontraba en su estado plástico. Se usó una rótula para alinear la pieza de ensayo y, sobre ésta, una placa metálica rectangular, una carga o distribuidor uniforme entre la máquina de ensayos a la probeta de ensayo.

Los ensayos de extracción por deslizamiento se practicaron en una máquina universal. El extremo inferior de la tablilla, embebida dentro de la probeta, se colocó bajo la parte central de la máquina de ensayos, mientras que el otro extremo, fabricado con bambú aparente, fue asegurado con la mordaza ubicada en la parte superior de la máquina de ensayos (Figura 2).

Se instaló un reloj comparador, que se usa para medir los desplazamientos, entre la parte central y superior de la máquina para medir la elongación de la porción de la tablilla que no estaba inmersa en el hormigón.

Los ensayos se realizaron con incrementos de carga de 50 kgf hasta que el bambú se rompiera o deslizará. Después del ensayo de extracción por deslizamiento, las probetas se seccionaron longitudinalmente mediante ensayos de compresión diametral, permitiendo así un análisis del estado de las losas embebidas en el hormigón y de aquellas que se deslizaron.

Figura 2. Probeta de ensayo ubicada en la prensa preparada para el ensayo de extracción por deslizamiento

Después de la ruptura o deslizamiento de la tablilla, se realizaron pruebas de adhesión y tracción normal.

2.6. Ensayos de flexión

La Figura 3 presenta el esquema estático usado en los ensayos a flexión. Se propone que la región central imite la flexión pura.

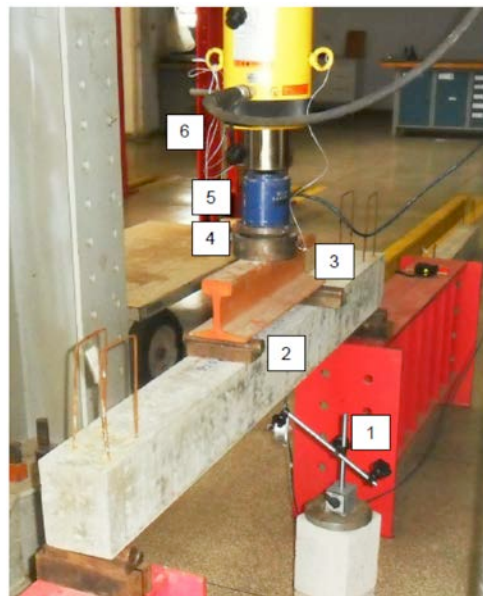


Figura 3. Aparatos usados en los ensayos a flexión: 1) reloj comparador, 2) rodillo, 3) perfil metálico para transferir la carga a la viga en dos puntos que definen la región central, 4) rótula, 5) célula de carga y 6) gato hidráulico.

La fuerza es aplicada por un gato o actuador hidráulico acoplado a una célula de carga de 30 tnf. Se usa un perfil metálico para distribuir la fuerza en el tramo central de la viga. Se coloca una bola metálica entre la célula de carga y el perfil metálico, permitiendo que el cilindro hidráulico se acomode a las posibles imperfecciones de la superficie del perfil. Se mide el desplazamiento vertical en la región media de la viga con un indicador de dial. Los sensores de deformación (Strain Gauges), célula de carga y el reloj comparador se conectaron a un Sistema de Adquisición de Datos (DAQbook 120, IOtech) por interface con el programa DASYLab 5.0.

Las vigas fueron ensayadas después de los 28 días y se les aplicó una velocidad de carga de 1kgf/s. Para acomodar las vigas en el sistema y eliminar cualquier tipo de holgura entre los aparatos, se practicó un ciclo de carga conocido también como "primer." Después del primer, se aplicaron

cargas a las vigas hasta que el actuador hidráulico no observó más ganancia de carga o hasta la ruptura de la viga.

3. Resultados y discusión

3.1 Ensayo de extracción por deslizamiento

Los gráficos de tracción normal y tensión de adhesión correspondientes a los ensayos de extracción por deslizamiento se muestran en las (Figura 4) y (Figura 5), respectivamente. Los valores medios de las tensiones normales al momento de la ruptura (o deslizamiento) de las probetas con y sin refuerzo interno en los nodos con tablillas de bambú fueron de 97 y 76,5 MPa, respectivamente; esto muestra que el refuerzo de los nodos internos logró un incremento del 28% sobre la tensión normal.

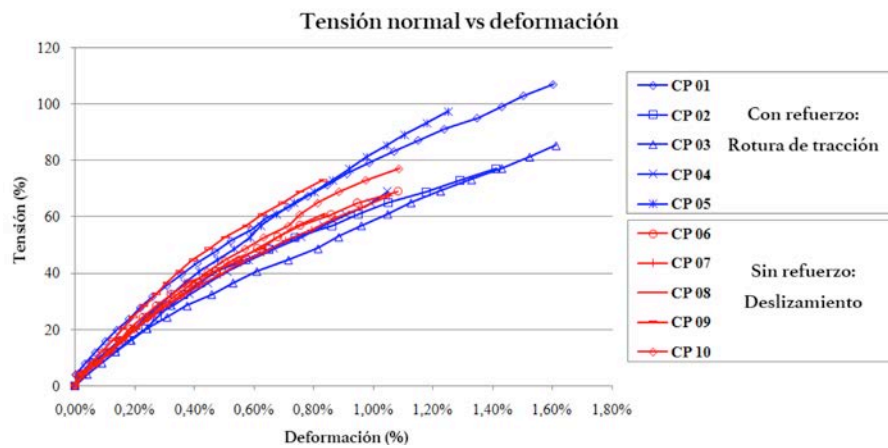


Figura 4. Ensayo de extracción por deslizamiento: tracción normal

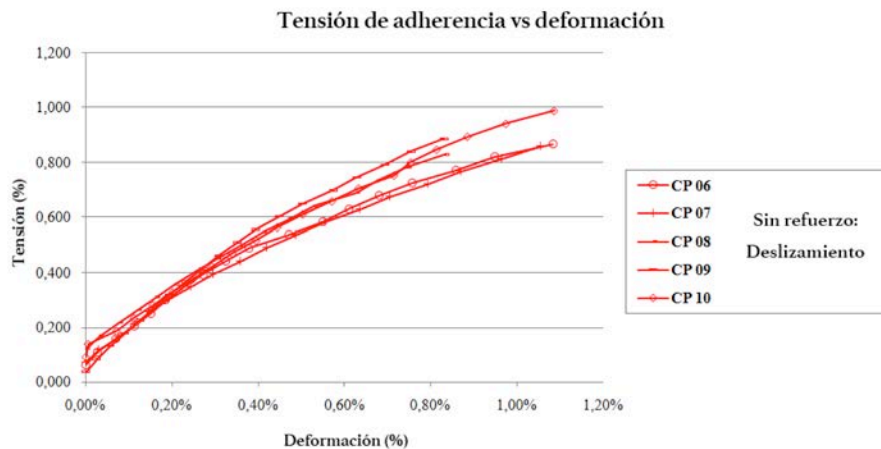


Figura 5. Ensayo de extracción por deslizamiento: tracción de adhesión sólo para probetas con



El valor promedio de la tracción de adhesión al momento del deslizamiento para las probetas sin refuerzo interno de tablillas de bambú en los nodos fue de 0,9 MPa. Para las probetas reforzadas en todos los nodos, la ruptura por tracción se observó en las tablillas.

En las probetas reforzadas en todos los nodos, se observaron las siguientes formas de ruptura: en CP 01, la ruptura ocurrió en el nodo reforzado interno; en los CPs 02, 03 y 04, la ruptura ocurrió en el nodo reforzado externo reforzado después del desprendimiento de los refuerzos y en CP 05, se observó la ruptura de la tablilla fuera de la región nodal, más específicamente en la región de adhesión junto a la abrazadera de la prensa, aunque uno de los refuerzos ya mostraba un desprendimiento.

3.2. Ensayo de flexión

Los principales parámetros obtenidos en los ensayos de resistencia a la flexión se presentan en las (Figura 6) (Figura 7) (Figura 8) (Figura 9).

Sin embargo, antes de discutir los resultados, es importante mencionar que al alcanzar una deflexión de 6mm, correspondiente a una razón deflexión/vano de 1/250, en el centro de la viga, se considera que la viga ha alcanzado un Estado Límite Último en un desplazamiento visual excesivo. Aún más, para no causar daño al equipo de medición durante el ensayo, se retiró el indicador de dial después de alcanzar una deflexión de 8mm.

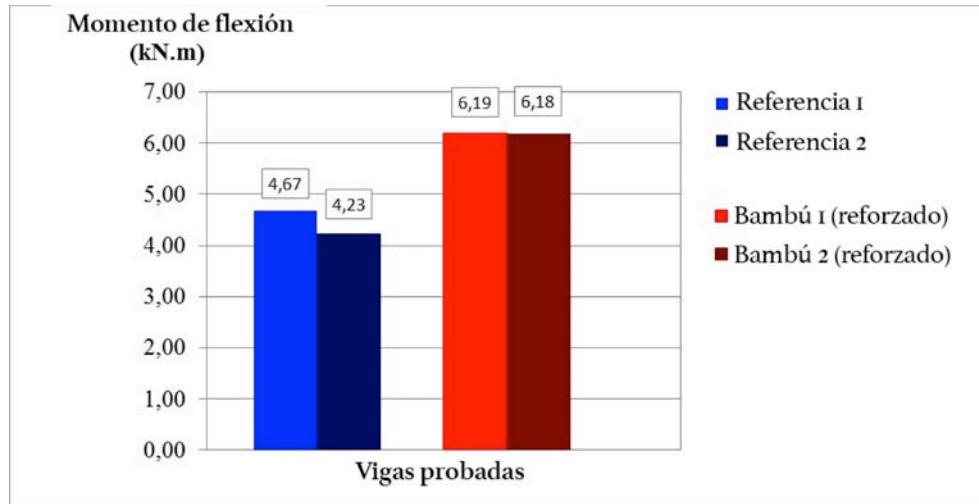


Figura 6. Gráfico comparativo del momento de flexión máximo (ruptura) soportada por cada viga

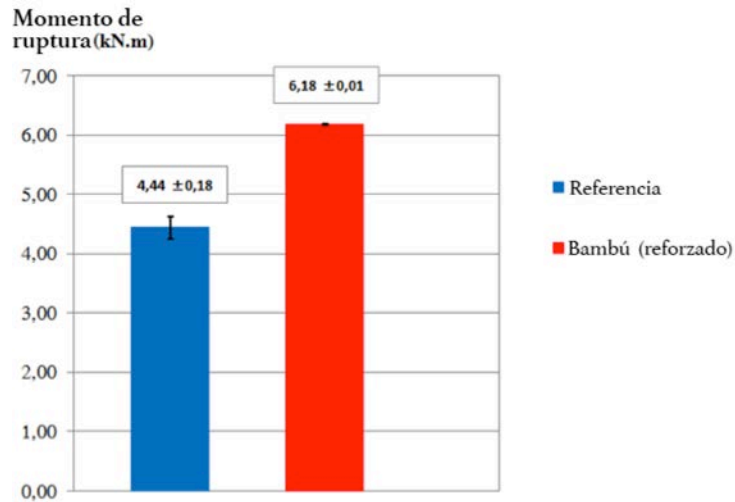


Figura 7. Gráfico comparativo de los valores medios y las desviaciones del momento de flexión a ruptura de las vigas

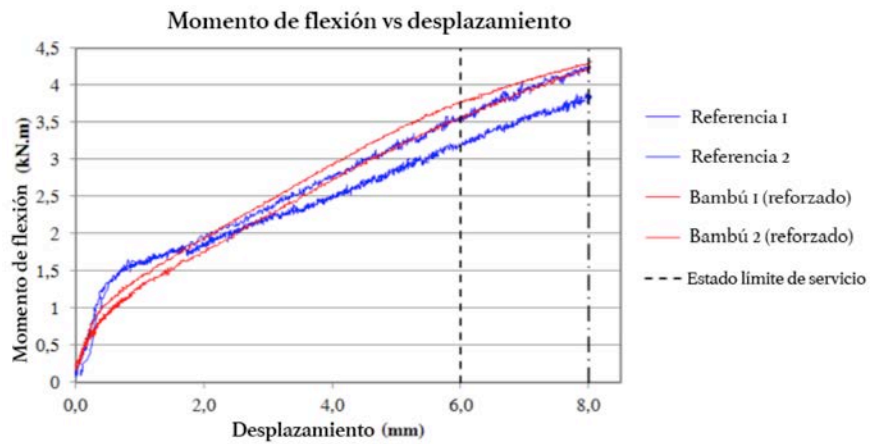


Figura 8. Gráfico comparativo de la variación del momento de flexión versus desplazamiento (o deflexión) de todas las vigas

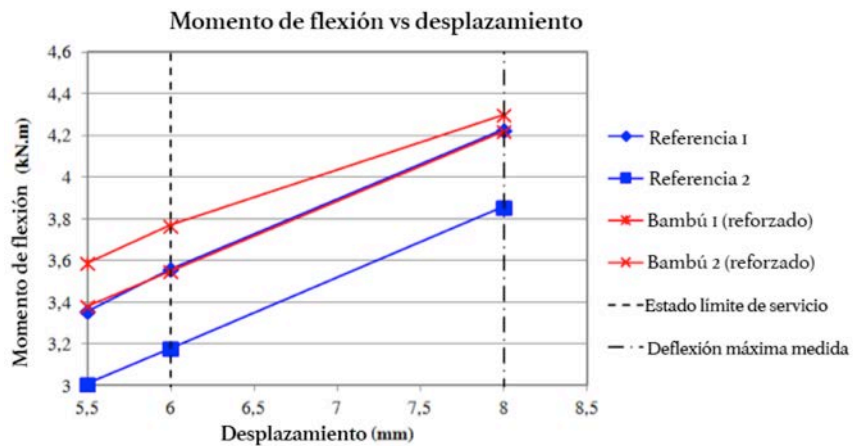


Figura 9. Gráfico comparativo de la variación del momento de flexión versus desplazamiento (o deflexión) de todas las vigas con deflexión entre 6 y 8mm

Los resultados obtenidos muestran que el refuerzo adicional con tablillas de bambú impermeabilizadas con látex incrementa un 39,4% la resistencia de la viga, lo que sugiere que ésta pueda soportar una carga mayor que la viga sin refuerzo adicional.

Respecto del momento correspondiente a la deflexión de 6mm en el centro de la viga (Estado Límite Último), la presencia del refuerzo produce un incremento de 8,9%. Lo anterior sugiere que el Estado Límite Último podría alcanzarse primero en la viga de referencia y sólo después en la viga reforzada con bambú. Para la deflexión de 8mm, se observó que el refuerzo adicional proporcionado por las tablillas de bambú provocó un incremento del 6,8%.

En cuanto al inicio del agrietamiento, el efecto del bambú no es favorable ya que el tiempo de agrietamiento para la viga reforzada con bambú es un 12,4% inferior al de la viga de referencia. Se observa que la deflexión a la que ocurre el agrietamiento es practicamente igual.

Las deformaciones en el hormigón, en el refuerzo longitudinal inferior y en las tablillas de bambú se evaluaron con extensómetros ubicados en el centro de la viga. Las (Figura 10) y (Figura 11) presentan los datos obtenidos por los extensómetros presentes en las vigas de referencia y en las reforzadas con bambú, respectivamente.

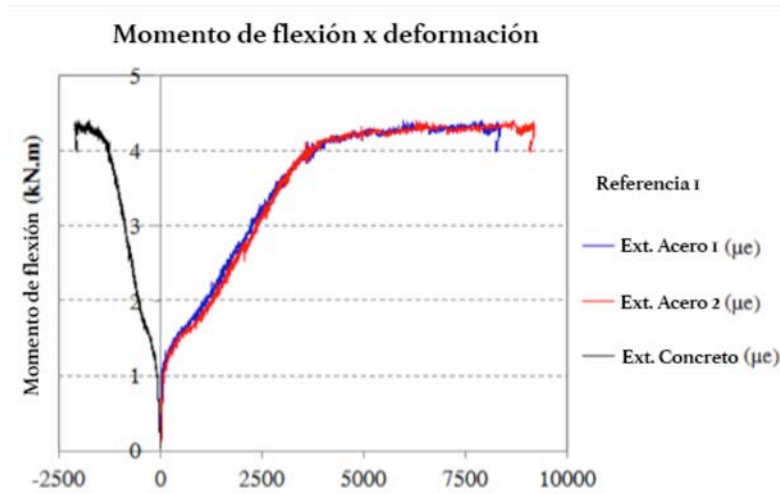


Figura 10. Datos obtenidos por el extensómetro colocado en la viga 1, de referencia

En el caso de la viga 1 de referencia, para el refuerzo a tracción en la situación correspondiente al momento de flexión final, se observa un nivel de flujo típico, con deformaciones sobre el 8%.

El hormigón muestra un comportamiento lineal y solamente cerca de la ruptura se produce una elevación

repentina de la línea neutra y, en consecuencia, existe una reducción en el área de hormigón comprimida y en la rotura. Antes del inicio del agrietamiento, la deformación en el hormigón era del 1,25%.

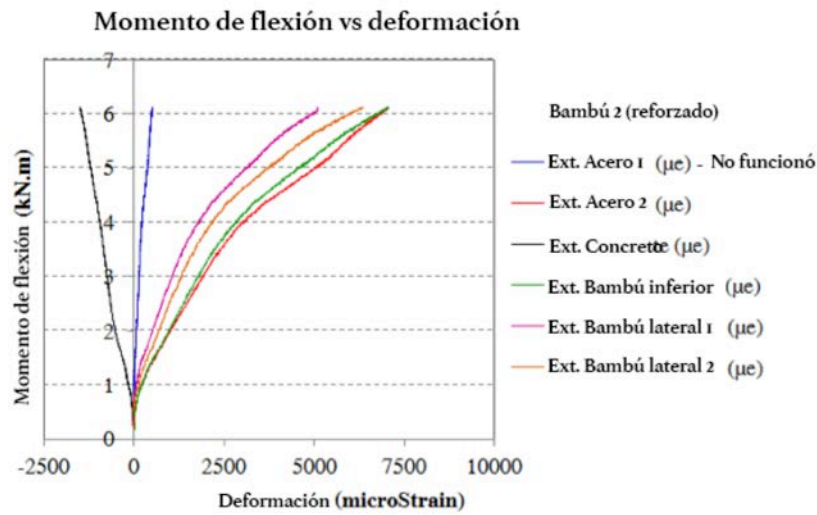


Figura 11. Datos de los extensómetros colocados en la viga 2, reforzada con bambú

En la viga 2, reforzada con bambú, la deformación del hormigón es del 1,5%. Sin embargo, en el acero es superior al 7,2%, lo que casi coincide con la deformación del bambú colocado en el costado inferior de la viga, lo que muestra que el bambú estaba bien adherido al hormigón.

El bambú lateral sufrió una deformación del 5,2%, un valor que es coherente ya que la posición de su centro de gravedad está sobre el bambú inferior (y acero).

Entonces, dado el hecho de que el bambú absorbe parte de la tensión de tracción, la deformación en el acero podría ser menor. Para el refuerzo, no se observe un umbral de flujo bien definido como en la viga 1 de referencia; sin embargo, comienza la plastificación. Además, se observa el

agrietamiento del hormigón resultante del ascenso de la línea neutral con una deformación en el hormigón que es mayor a la de la viga 2 de referencia debido al aumento de resistencia resultante del hormigón comprimido para equilibrar la tracción resultante proporcionada por el refuerzo de acero y el bambú.

3.3. Patrón de agrietamiento de las vigas

Las (Figura 12) y (Figura 13) muestran el comportamiento de las vigas de referencia y de las vigas reforzadas con bambú en relación con su patrón de agrietamiento.

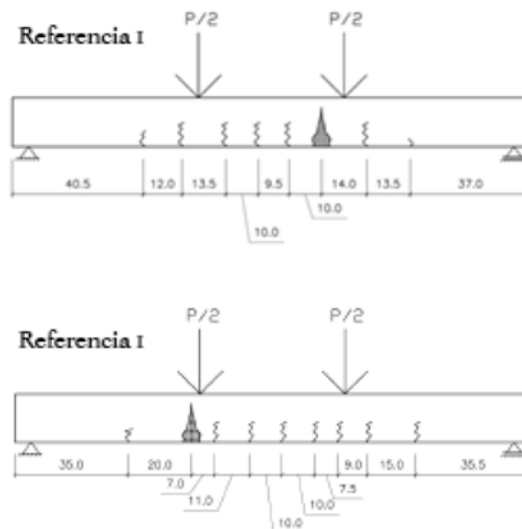


Figura 12. Agrietamiento de las vigas 1 y 2 de referencia, medido en centímetros

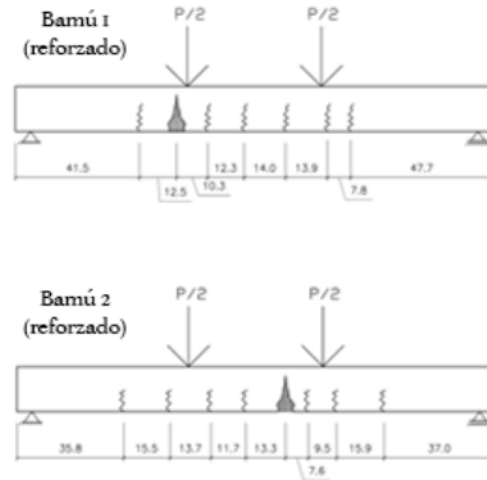


Figura 13. Agrietamiento de las vigas 1 y 2 reforzadas con bambú, medido en centímetros.

Es posible verificar que la ruptura de las vigas ocurre en la región central, como era de esperar, precisamente en la región sometida a los mayores momentos de flexión. Aparentemente, el patrón de agrietamiento es casi igual para todas las vigas ensayadas.

4. Consideraciones finales

El Bambú es una planta tropical, perenne y renovable, y además presenta una serie de ventajas, tales como: crecimiento rápido, alta resistencia mecánica, versatilidad, belleza y no requiere la replantación de las cañas. Sin dudas, el bambú constituye un excelente material potencial para diversas industrias, especialmente en el área de la construcción, donde se ha usado desde tiempos remotos. Por consiguiente, los ensayos de extracción por deslizamiento demostraron que el refuerzo de las tablillas de bambú en los nodos incrementó un 28% en tracción normal (76,5 a 97 MPa), provocando la ruptura de la tablilla, pero no su deslizamiento. El valor promedio de la tracción de adhesión observado para los aceros no reforzados fue de 0,9 MPa.

Los ensayos a flexión de las vigas demostraron que:

- La colocación de tablillas de bambú aumentó la resistencia de las vigas en un 39,4%.
- La inserción de tablillas de bambú en las vigas (tasa de bambú 1,6% en relación a la sección transversal de la viga) produjo una leve mejora en su capacidad de servicio.
- La inclusión de tablillas en las vigas indujo el agrietamiento a menores cargas. Cabe señalar que, para ambas vigas, de referencia y reforzada con bambú, el momento de agrietamiento es bajo y que la deflexión en la que ocurrió el agrietamiento también fue muy pequeña.
- En la ruptura de las vigas en la región central, donde el momento de flexión fue máximo, se notó un cambio significativo en el patrón de agrietamiento de las vigas.
- Las vigas reforzadas con bambú demostraron que para la deflexión máxima medida antes de retirar el reloj comparador, el módulo de elasticidad resultó igual a 7,5 GPa.

Por lo tanto, se puede concluir que el refuerzo adicional con bambú incrementa la resistencia de las vigas, lo que a su vez sugiere la posibilidad de reducir la cantidad de acero requerida para un elemento estructural.

5. Referencias



- Agarwal, A., Nanda, B., Maity, D. (2014).** Experimental investigation on chemically treated bamboo reinforced concrete beams and columns. *Construction & Building Materials*, v.71, 610-617.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2007).** NBR 5739: Concreto – ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Brasil, 9p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2013).** NBR ISO 6892-1: Materiais metálicos – ensaio de tração – parte 1: método de ensaio à temperatura ambiente. Rio de Janeiro, Brasil, 70p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1997).** NBR 7215: Cimento portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, Brasil, 8p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2011).** NBR 7222: Concreto e argamassa – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Brasil, 5p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2008).** NBR 8522: Concreto – determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, Brasil, 16p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2009).** NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, Brasil, 4p.
- Ferreira, G. C. S. (2002).** Vigas de concreto armadas com bambu. 2002. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Ferreira, G. C. S. (2007).** Vigas de Concreto Armadas com Taliscas de Bambu *Dendrocalamus giganteus*. 2007. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Lima, H. C.; Mesquita, L. P.; Fabro, G.; Willrich, F. L.; Czarnieski, C. J. (2005).** Vigas de concreto reforçadas com bambu *Dendrocalamus giganteus*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.4, 642-651.
- Santos, M. R., Fazzan, J. V., Melges, J. L. P., Akasaki, J. L. & Bertolino Junior, R. (2010).** Avaliação de flechas de protótipos de lajes treliçadas sem e com adição de resíduo de borracha de pneu. *Revista Internacional Construlink*, v.8, 5-16.
- Ghavami, K. (2005).** Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. *Cement & Concrete Composites*, v.27, 637-649.
- O’Reilly Díaz, V. (1998).** Método de dosagem de concreto de elevado desempenho. São Paulo: Pini, 122p.
- RAJ, V. (1991).** Treatise on utilization of bamboo as reinforcement in ferrocement. *Journal of Ferrocement*, v.21, 371-381.

