

Losa de hormigón para forjados sin acero de refuerzo

Flagstone of concrete for wrought without reinforcement steel

MSc. Ing. Juan Ángel LEÓN SUÁREZ*

Ing. Héctor CIRIANO MARANTE**

*Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz
e-mail: jalsz@nauta.cu

**EPIA 11
e-mail: hectico164@gmail.com

Recibido: 11 febrero 2021

Aceptado: 4 marzo 2021

RESUMEN

Esta publicación trata sobre el proceso de diseño, construcción y ensayo de un modelo de losa de hormigón con forma de arco, sin acero de refuerzo, para colocar entre viguetas de entresijos y cubiertas en la construcción de viviendas. En la introducción se hace una síntesis sobre el uso de la tecnología de losas y viguetas y de los conceptos que se relacionan con el nuevo diseño, luego se presentan los resultados del diseño y las explicaciones con fotos de la construcción y prueba del modelo. La investigación se desarrolla por los autores de este artículo en el marco del Trabajo de Diploma de julio, 2019: *Losas de hormigón con mínimo refuerzo para forjados entre viguetas*.

Palabras clave: losa de hormigón

ABSTRACT

This publication is about the process for the design, construction and test of a concrete slab model with arch shape, without steel reinforce, for it be supported between joists of mezzanines and roofs of houses. In the introduction there is a synthesis of the use of slabs and joists technology and about the new design concepts, afterward, are exposed explanations with photos of the slab model construction and the load test. This research is developed by the authors of this article in the grade thesis of July, 2019: “Slabs of concrete with minimum reinforce for forged between joists”.

Keywords: Flagstone of concrete

INTRODUCCIÓN

La tecnología constructiva de viguetas y forjados en las estructuras de cubiertas y entresijos se generaliza en países desarrollados antes que las losas de hormigón armado, esto es posible por la avanzada producción de perfiles laminados que actúan como viguetas para soporte de los forjados que cubren el espacio ente las mismas. Los forjados pueden ser piezas prefabricadas o construidas *in situ* y tienen amplia diversidad de diseños según sus diferentes geometrías y materiales. En Cuba, en las tres primeras décadas del siglo xx, con el incremento de la importación de perfiles de acero y el surgimiento de fábricas de piezas para forjados, se expande esta tecnología en la construcción de edificaciones para diferentes destinos, estas hoy pertenecen al



Fig. 1 Cubierta construida por la unidad de Producción Alternativa Nadales

Fuente: Foto tomada por los autores

patrimonio ecléctico edificado en todas las ciudades. Actualmente, en la provincia de Camagüey se extiende el uso de un sistema de forjados para entresijos y cubiertas en la construcción de viviendas (Fig. 1), con viguetas de hormigón armado y losas prefabricadas planas y rectangulares (tabletas) de 0,75m a 1,00m de longitud, 0.30m a 0.50m de ancho y 0.04m a 0.05m de espesor, tienen como refuerzo una malla electrosoldada de barras de acero de 6.5mm de diámetro.



Fig. 2 Cubierta del Proyecto de rehabilitación de "La Gran Antilla"

Fuente: Foto tomada por los autores

Las tabletas, se colocan también sobre perfiles laminados en entresijos y cubiertas de obras de rehabilitación del Centro Histórico de Camagüey para reemplazar las deterioradas estructuras de forjados originales (Fig. 2).

La producción de losas prefabricadas planas depende del suministro de mallas electrosoldadas cuyas barras de acero se importan. Son recomendables las soluciones técnicas que propicien la reducción de importaciones, con este propósito, el MSc. Ing. Juan Angel León Suárez propone la modificación de la geometría de estas losas con

su conversión fundamentada en arco estructural, para reducir el efecto de la flexión y la necesidad del acero de refuerzo. Esta idea se materializa en el del trabajo de diploma del Ing. Héctor Ciriano Marante, Losas de hormigón con mínimo refuerzo para forjados entre viguetas, (2019) donde se hacen los cálculos estructurales, la construcción y el ensayo de un prototipo de losa. Los métodos de investigación que se aplican desde la concepción de la idea hasta el resultado final son el histórico, el hipotético deductivo y el de experimentación, porque con el estudio de los diferentes tipos de forjados existentes en Cuba y en Europa y la observación de la fabricación de las losas actuales, se deduce que: es posible diseñar un modelo de losa que funcione como arco estructural sin acero de refuerzo. Luego se debe construir un prototipo del diseño para someterlo a una prueba de carga y comprobar el acierto de la hipótesis.

DESARROLLO

Diseño, construcción y prueba del prototipo de losa

La losa que se estudia es una bóveda de altura en su centro: $f= 25$ mm, con longitud, ancho y espesor iguales a los de las losas planas que se fabrican actualmente. El modelo con soporte sobre viguetas de hormigón se destina a la construcción de viviendas; en obras de rehabilitación puede apoyarse en perfiles laminados que usualmente tienen separación de 0,5 a 0,75 metros. La configuración de los extremos de la losa restringe el deslizamiento y hace posible que existan las reacciones horizontales en los apoyos para la función estructural del arco. En la colocación sobre perfiles, el borde inferior de la losa permite un espacio para mortero de recubrimiento en ala inferior. En las siguientes imágenes (Figs. 3 y 4) se muestra el modelo de losa para los dos tipos de apoyo.

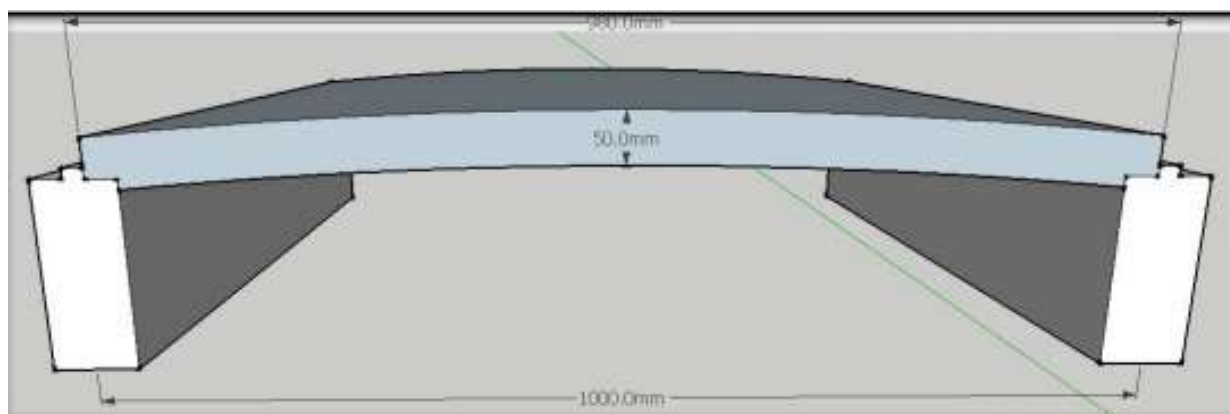


Fig. 3 Esquema de losa sobre viguetas de hormigón
Fuente: Elaborado por los autores

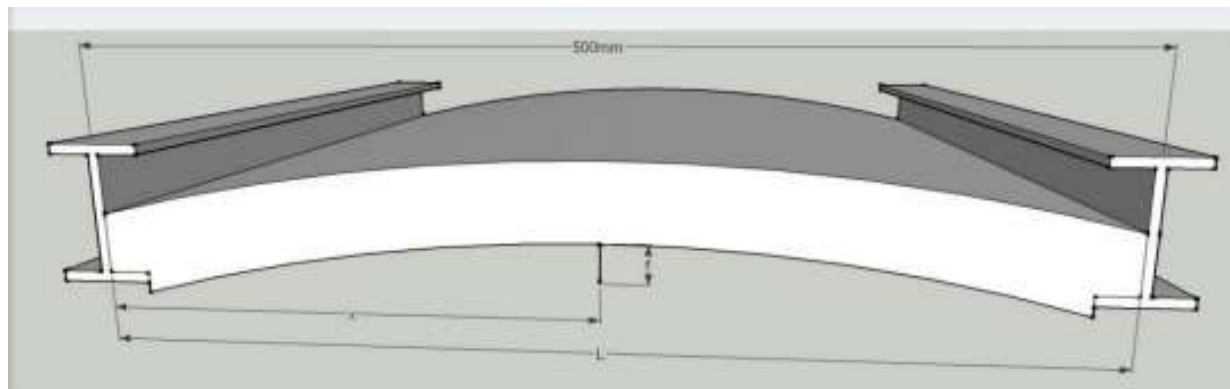


Fig. 4 Esquema de losa sobre perfiles de acero
Fuente: Elaborado por los autores

Para construir el prototipo es necesario calcular las alturas (ordenadas) de la curvatura del arco, para lo que se asume una altura en el centro $f=0,025$ m. Para intervalos de 0,10 m en los valores de X, los valores de Y que se obtienen en función de X describen la curvatura idónea para construir el piso del encofrado que garantiza el comportamiento de la losa como arco estructural. Con la siguiente expresión se calculan las ordenadas que definen el contorno del arco.

$$y = \frac{4xf}{L^2}(L - X)X$$

En el esquema del análisis estructural para la losa de cubierta, (Fig. 5) la carga de diseño incluye el peso propio de la losa prefabricada y de la losa *in situ* (carpeta) que se construye como terminación de cubierta, más la carga de uso de 0,8kN/m.

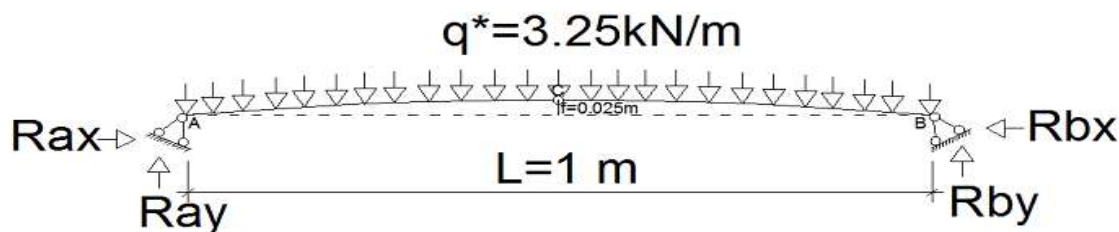


Fig. 5 Esquema de cargas para cubierta
Fuente: Elaborado por los autores

En la losa de entrepiso, el esquema de análisis considera como peso propio: el de la losa, la carpeta, el relleno y la terminación con pisos de baldosas. La carga de uso es de 2 kN/m². (Fig. 6)

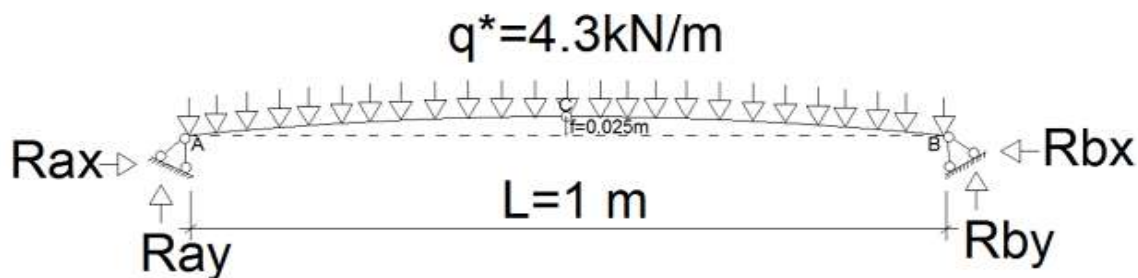


Fig. 6 Esquema de cargas para entrepiso
Fuente: Elaborado por los autores

$$N_{\text{resistente}} = 0.9 \times f'c \times b \times h$$

$$N_{\text{resistente}} = 0.9 \times 20 \text{MN/m}^2 \times 0.5 \text{m} \times 0.05 \text{m}$$

$$N_{\text{resistente}} = 0.45 \text{MN} = 450 \text{kN}$$

$$N_{\text{resistente}} = 450 \text{kN} \gg N_{\text{real}} = 20,5 \text{kN}$$

En ambos casos, en la investigación se comprueba que no hay momento flector en el centro del arco. El esfuerzo de compresión en la sección central para la losa de cubierta es de 16,25 kN y para la de entrepiso es de 20,5 kN. Con el siguiente cálculo se demuestra que de la capacidad resistente a compresión es muy superior al esfuerzo real en la losa de espesor $h=0,05\text{m}$ y ancho $b=0,5\text{m}$, para una resistencia de hormigón $f'c=20\text{MPa}$

También se comprueba el efecto de la posible tracción en la superficie inferior que puede surgir por la manipulación de la losa al ser sostenida por los extremos sin confinamiento horizontal, para lo cual, se calcula del momento flector debido al peso propio de la losa solamente y la tensión de tracción. Con la expresión $\sigma = \frac{M}{I} \times y$ se obtiene una tensión de tracción actuante, $\sigma = 0,45$ MPa, la resistencia a tracción del hormigón es $f_c = 0.62 \times \sqrt{f_c} = 2.77$ MPa, la cual es muy superior. Después de las comprobaciones con los cálculos, se procede a construir el prototipo de losa para lo cual se hace un encofrado con un piso de lámina de acero galvanizado con guarderas en el perímetro. En los extremos de apoyo la madera debe tener la configuración que se muestra (Fig. 7).

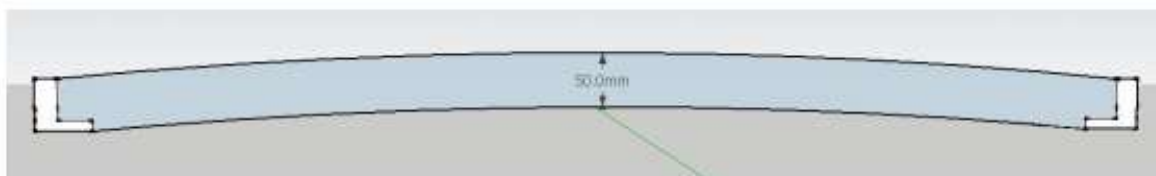


Fig. 7 Esquema de configuración del encofrado
Fuente: Elaborado por los autores

Después se procede a elaborar el hormigón manualmente con dosificación 1:2:2 para cemento P350, arena de la cantera Viet-Nam Heroico y granito. Se toman tres probetas de muestra. En el final de las labores, los ejecutores están junto a la losa terminada y las tres probetas de muestra testigo, que después de 28 días de curado se someten a prueba de carga. (Fig. 8)

El ensayo de las probetas se realiza en el laboratorio de la Planta Fernando Álvarez perteneciente a la UEB de Prefabricado y Premezclado Camagüey. Los resultados de las pruebas son los siguientes: 14.2MPa, 16.8MPa y 17MPa, para un promedio de 16MPa, estos valores se analizan con la participación del técnico del laboratorio y después de la observación de las características de la rotura, se llega a la conclusión de que la dosificación de 1:2:2 no



Fig 8: Ejecutores junto a la losa terminada
Fuente (Ciriano Marante, 2019)

es la adecuada para obtener 20 MPa, la cantidad de arena debe ser menor. Aunque la resistencia real del hormigón es inferior a la supuesta para el diseño, el comportamiento de la losa al final del estudio es adecuado, lo cual se demuestra en los resultados de las pruebas. La losa, durante su traslado y

colocación sobre el soporte del ensayo, resiste la operación de ser levantada manualmente por sus extremos (Fig. 9).



Fig. 9: Proceso de traslado y colocación de la losa
Fuente: (Ciriano Marante, 2019)

Esta comprobación demuestra que, como está previsto en los cálculos anteriores, el efecto de la flexión durante el traslado es insignificante y no produce daño en la losa. Aunque la resistencia del hormigón real es menor que la del diseño, la losa es inalterable en esta prueba, esto es una característica positiva del comportamiento del prototipo. Para garantizar que no haya distribución irregular de tensiones en los apoyos debe existir contacto total y uniforme de la losa sobre el soporte, esto se logra con la colocación de pasta de cemento en los bordes de apoyo (Fig. 10), este procedimiento debe cumplirse en la técnica de ejecución del montaje sobre las viguetas.



Fig. 10 Pasta de cemento en los bordes de apoyo
Fuente: (Ciriano Marante, 2019)

El soporte de acero tiene la rigidez suficiente para que no haya deslizamiento horizontal en los apoyos. (Fig. 11)



Fig. 11 Soporte de acero para la losa
Fuente: (Ciriano Marante, 2019)

La carga de prueba consiste en sacos de arena de 0,54 kg que se colocan en tres camadas, como una carga distribuida. La carga de diseño equivalente (máxima permisible) para la losa de entrepiso es de 430 kg. La primera camada de sacos es de 162kg, con la segunda camada se alcanzan 324kg, y en la tercera se llega a 432 kg

superándose la carga de diseño y no se observa ninguna fisura en la losa. Se procede al incremento del peso con una pieza de acero de 60kg para un total de 492kg y no aparecen aún fisuras en la losa. Se decide el aumento de la carga con un molde de probeta de 17 kg, para un total de 509kg. (Fig. 12).



Fig. 12 Final de la prueba
Fuente: (Ciriano Marante, 2019)

Con la carga de 509 kg se produce un leve sonido que proviene del fallo por rotura (Fig. 13) porque aparece una fisura en la superficie inferior de la losa, esto decide el final de la prueba.



Fig. 13 Fisura de la losa
Fuente: (Ciriano Marante, 2019)

El colapso no tiene carácter catastrófico, pues no hay desintegración de la losa, lo cual puede considerarse como una cualidad positiva del comportamiento estructural del modelo.

CONCLUSIONES

1. Los resultados de la prueba realizada son indicativos de que las losas de hormigón con geometría de arco sin acero de refuerzo pueden ser una opción para forjados en entresijos y cubiertas de viviendas. Lo anterior se continuará fundamentando por medio del desarrollo de un mayor número de ensayos de losas, en los que se utilice la resistencia del hormigón a la compresión prevista.
2. El diseño de la losa permite su uso sobre viguetas de hormigón y en perfiles de acero, esto último es una ventaja aprovechable en obras de rehabilitación del Centro Histórico de Camagüey.
3. Se pueden producir losas de menor longitud, con el cambio de la posición de guarderas de los extremos dentro del mismo encofrado.

REFERENCIAS

Ciriano Marante, H. (2019). Losas de hormigón con mínimo refuerzo para forjados entre viguetas. Trabajo de diploma, Universidad de Camagüey 'Ignacio Agramonte Loynaz', Camagüey, Cuba.