

MATERIAL POLIMÉRICO COMO CELDAS DE DEFORMACIÓN DE PILOTES DE CONTROL

POR NORMA PATRICIA LÓPEZ ACOSTA,
EDUARDO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ,
FERNANDO PEÑA MONDRAGÓN
Y GABRIEL AUVINET

Los pilotes de control son un tipo de cimentación que se ha empleado en un número importante de edificios en la Ciudad de México. Estos sistemas constan de tres elementos fundamentales: 1) el pilote (de punta o de fricción), 2) el marco de carga, y 3) las celdas de deformación. Las celdas de deformación que se colocan entre la cabeza del pilote y el mecanismo de control, juegan un papel importante en el sistema ya que controlan la carga que se transmite a cada pilote, además, si se desconectan, permiten corregir los movimientos diferenciales del edificio ocasionados por la consolidación local y por el hundimiento regional.

En general, las celdas de deformación están constituidas por un arreglo de cubos de madera deformable tipo caobilla. Recientemente, personal de la Coordinación de Geotecnia en conjunto con un grupo de la Coordinación de Ingeniería Estructural llevaron a cabo una serie de pruebas en cubos de

madera tipo caobilla (5×5 cm de lado), en el Laboratorio de Estructuras y Materiales del Instituto de Ingeniería de la UNAM, de las que se ha podido determinar que (López-Acosta *et al*, 2015):

a) La carga de fluencia depende de la masa y peso volumétrico de los cubos. A mayor masa, mayor carga de fluencia. Así, en un arreglo de cubos, los primeros cubos en deformarse son los de menor masa.

b) Los cubos con fibras en posición vertical experimentan fallas frágiles, mientras que los cubos con fibras en dirección horizontal presentan fallas dúctiles. Estos últimos contribuyen al mejor funcionamiento de los sistemas de pilotes de control.

c) La humedad en la madera afecta el funcionamiento del sistema, pues disminuye su capacidad de carga.

d) Los arreglos de cubos que tienen láminas divisorias se deforman de manera más uniforme respecto a los arreglos que no tienen láminas separadoras (cuando se alcanza la deformación máxima).

La transmisión de cargas de un edificio a un sistema con pilotes de control ocasiona que con el paso del tiempo los cubos de madera se deformen y deban remplazarse cuando resulte necesario (lo que ocurre cuando se alcanza la deformación máxima), como parte del mantenimiento de este tipo de sistemas.

Debido a la no uniformidad en la deformación de los cubos de madera, se ha sugerido remplazarlos por otros materiales como el neopreno de dureza controlada (Segovia, 2010), solución que no ha sido suficientemente documentada a la fecha. Por otro lado, recientemente se ha propuesto sustituir los arreglos de cubos de madera (figura 1a) por elementos en forma cilíndrica, constituidos por material polimérico (figura 1b).



Figura 1. a) Arreglo de 3 niveles de 5×4 cubos de madera (≈ 50 t de capacidad), b) Cilindro polimérico de 50 t de capacidad.

El Instituto de Ingeniería ensayó estos nuevos elementos (cilindros poliméricos), con la finalidad de estudiar su comportamiento mecánico. Las pruebas de laboratorio realizadas (de compresión simple a carga controlada) y sus especificaciones se resumen en la Tabla 1. Se evaluaron doce cilindros con capacidades distintas: 50, 75 y 100 t. Los cilindros de 50 t equivalen aproximadamente a un arreglo de tres niveles o camas de 5×4 cubos de madera, los de 75 t a un arreglo de tres camas de 6×5 cubos, y los de 100 t equivalen a un arreglo de tres camas de 7×6 cubos de madera.

En las figuras 2a y 3a se muestran las celdas de deformación de madera y material polimérico respectivamente, antes de la prueba. En las figuras 2b y 3b se presentan las deformaciones generadas después de la aplicación de carga axial en estos materiales.

Tabla 1. Pruebas realizadas en cilindros poliméricos

No. de prueba	Capacidad (t)	Condición	Velocidad de carga
1	50	Seca	2 t / min
2	50	Seca	
3	50	Seca	
4	50	Húmeda	
5	75	Seca	2 t / min
6	75	Seca	
7	75	Seca	
8	75	Húmeda	
9	100	Seca	2 t / min
10	100	Seca	
11	100	Seca	
12	100	Húmeda	



Figura 2. Celda de deformación de madera (tipo caobilla).



Figura 3. Celda de deformación de material polimérico.

Las celdas de deformación de madera presentaron un comportamiento elastoplástico con falla dúctil. En algunos arreglos, los cubos de madera experimentaron deformaciones importantes (figura 4). Los especímenes de material polimérico ensayados exhibieron un comportamiento aproximadamente elastoplástico con falla dúctil, y una deformación más uniforme que en los arreglos con madera y láminas divisorias. Algunos de los cilindros poliméricos presentaron grietas internas como se muestra en la figura 5.

De las pruebas efectuadas, en la figura 6 se muestran gráficas esfuerzo-deformación obtenidas en los ensayos cuatro cilindros poliméricos de 50 t de capacidad nominal en condición seca y uno en estado húmedo. En la misma figura se incluye la gráfica esfuerzo-deformación obtenida para un arreglo de 3 niveles de 5×4 cubos de madera en estado seco (que se considera equivalente a los cilindros ensayados de 50 t).

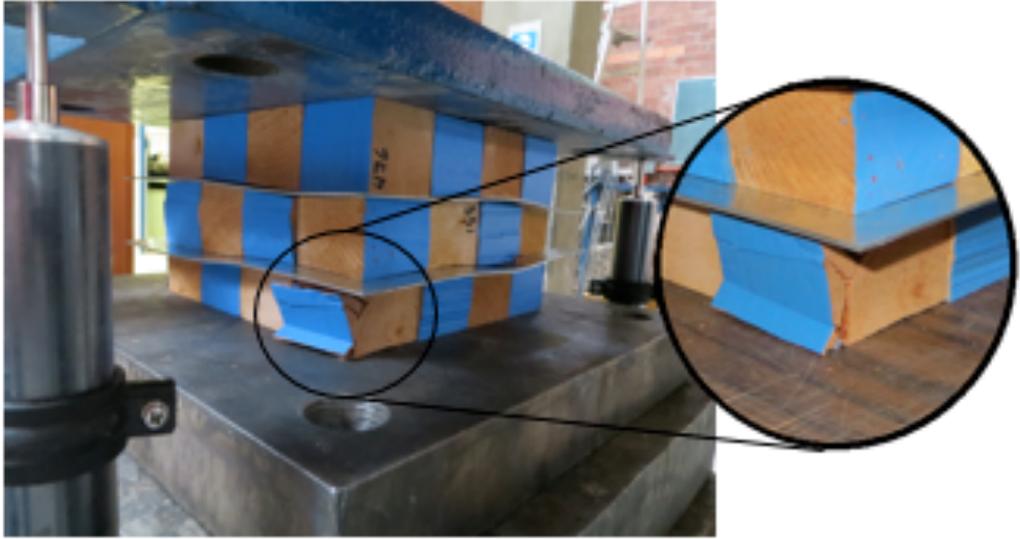


Figura 4. Grietas del material (arreglo de cubos de madera) después de la prueba.

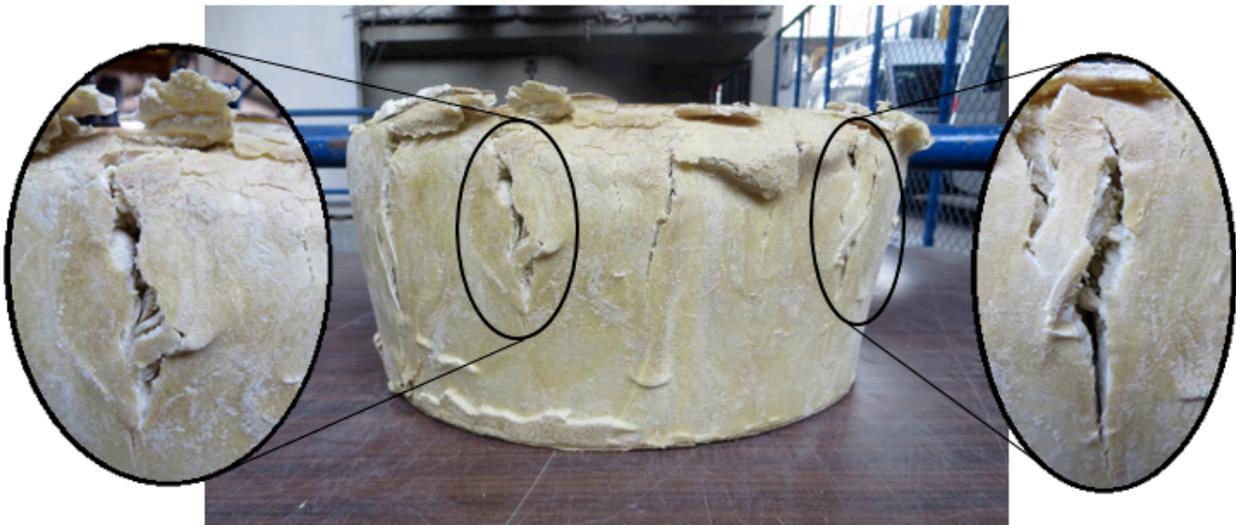


Figura 5. Grietas del material polimérico después de la prueba.

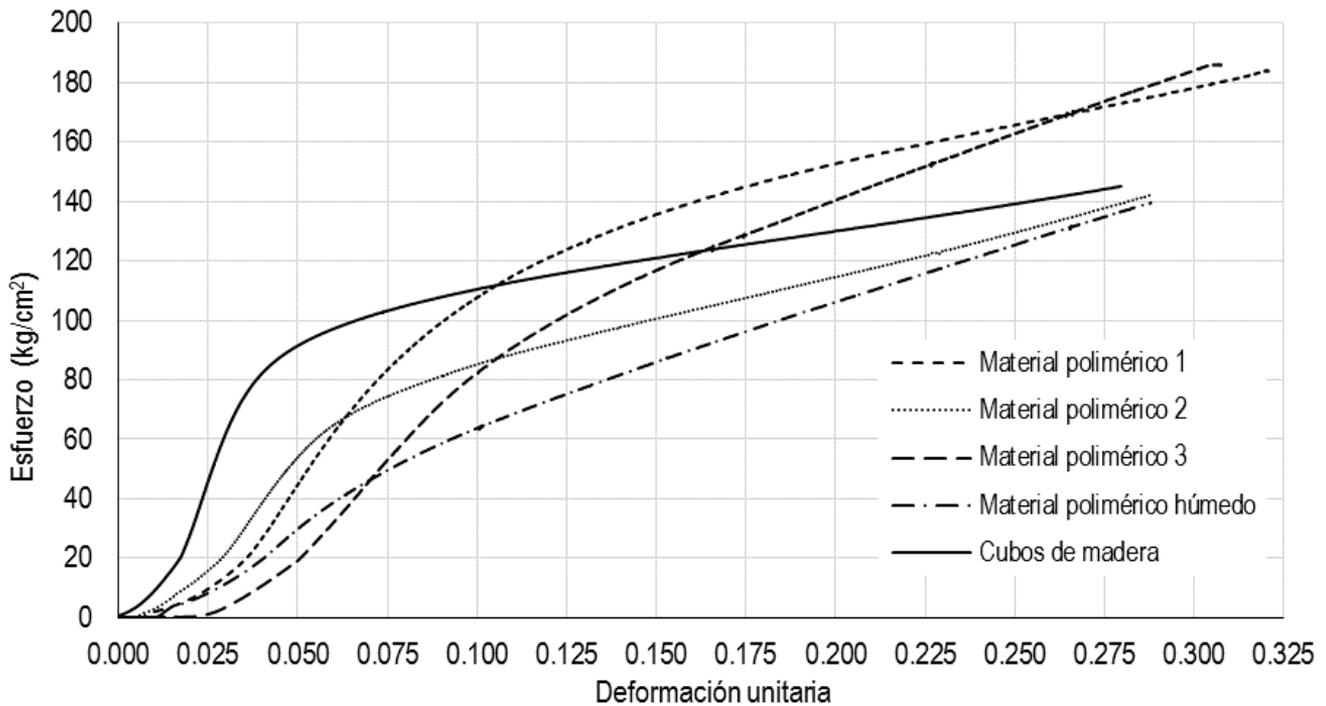


Figura 6. Gráficas esfuerzo – deformación.

De las gráficas de la figura 6, el arreglo de tres niveles de 5×4 cubos de madera exhibió una carga de fluencia de 50.50 t, mientras que los cilindros poliméricos en estado seco presentaron 67.65 t (material polimérico 1), 39.51 t (material polimérico 2) y 50.71 t (material polimérico 3), es decir, capacidades de carga mayores y menores que su capacidad nominal. El cilindro polimérico húmedo presentó una carga de fluencia de 31.44 t, esto es que, al igual que en la madera, la humedad disminuye la carga de fluencia del material polimérico. Por otra parte, todos los especímenes poliméricos presentaron un módulo de elasticidad en la rama elástica menor que el obtenido en la prueba del arreglo de tres niveles de 5×4 cubos de madera.

Agradecimientos

El Instituto de Ingeniería de la UNAM agradece a la empresa MC Cimentaciones S.A. de C.V. por los cubos de madera, y a la empresa Pilotes de Control S.A. de C.V. por los cilindros

poliméricos, proporcionados para las pruebas que se realizaron en su Laboratorio de Estructuras y Materiales.

Referencias

- López-Acosta, N.P., Peña, F., Martínez, E., Bejarano, L. y Auvinet, G. (2015). *Pruebas de laboratorio en celdas de deformación de pilotes de control*, Gaceta del Instituto de Ingeniería de la UNAM, No. 112, Agosto 2015, ISSN 1870-347X, pp. 14-17.
- Segovia, J. A. (2001) *Capítulo 6: Recimentación de estructuras*, en Manual de cimentaciones profundas, SMMS, A.C., pp. 247-261.