

DUCTILIDADES Y DISTORSIONES

DE FALLA EN LOSAS PLANAS POSTENSADAS REFORZADAS CON PERNOS CONECTORES DE CORTANTE

► Dr. Eduardo Arellano Méndez(1), Dr. Oscar M. González Cuevas(1)

Introducción

Las losas planas postensadas se emplean para cubrir grandes claros en la construcción de edificios de departamentos, oficinas, estacionamientos, etc. Su uso supone varias ventajas, como la mayor separación entre columnas con el mismo peralte de losa, control de las deflexiones máximas ante carga vertical, sencillez de la cimbra, ahorro en concreto y acero, etc. Su empleo en México se ha popularizado en los últimos años debido a la tendencia actual de vender los espacios en los edificios sin acabados ni muros divisorios, para que el propietario final sea quien realice la distribución de acuerdo con sus necesidades, por ello, el empleo de losas postensadas encasetonadas brinda mayor libertad arquitectónica.

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto (NTC-C) establecen que estas estructuras deben estar constituidas por un sistema dual (ver figura 1); el primero es un sistema de estructura rígida de concreto reforzado capaz de resistir por sí solo las acciones sísmicas; este sistema generalmente se construye en el perímetro del edificio. El segundo es el sistema de columnas con losa plana, que debe ser capaz de resistir las cargas gravitacionales, las acciones y deformaciones que le son inducidas, cuando trabaja en conjunto con el primer sistema, bajo la acción del sismo (NTC-C, 9.7.3).

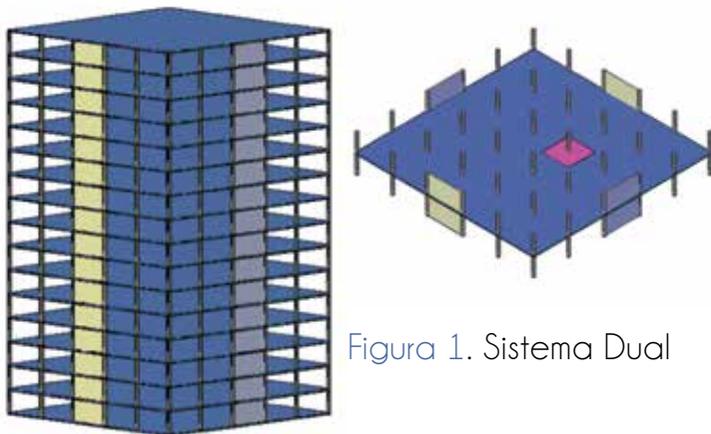


Figura 1. Sistema Dual

Usualmente, el sistema de losa plana se analiza por el método de la estructura equivalente o de marcos equivalentes y, con las acciones obtenidas, se diseña por flexión y se revisa por fuerza cortante. Para diseños preliminares o de manera aproximada, puede efectuarse con reglas sencillas para modelar el ancho de losa equivalente y la rigidez a flexión de las columnas. En las NTC-C se presentan estas reglas (Loera, 2000 y 2001). El efecto del postensado se toma en cuenta desde la fase de análisis estructural; un procedimiento usado ampliamente es la carga balanceada (Lin, 1963).

La revisión por fuerza cortante, especialmente la de cortante por penetración que se desarrolla en la conexión de una columna con la losa, existe incertidumbre y problemas que han motivado la realización de esta investigación. Recordando el comportamiento del cortante por penetración de una conexión losa-columna, se tiene cuando en la conexión actúa únicamente una carga axial, se origina un estado uniforme de esfuerzos cortantes en la llamada sección crítica que rodea a la columna. La falla en este caso es totalmente frágil y se presenta cuando el esfuerzo uniforme alcanza el esfuerzo resistente a cortante por penetración del concreto.

Si se tiene refuerzo por cortante en la conexión, la sección crítica se aleja de la columna y aumenta la resistencia de ésta. Cuando actúan en la conexión una carga axial y un momento flexionante simultáneamente, el estado de esfuerzos ya no es uniforme, y la resistencia se alcanza cuando el esfuerzo máximo desarrollado en la sección crítica llega a ser igual al esfuerzo resistente del concreto. En este caso, la falla ya no es totalmente frágil y la ductilidad que puede tener la conexión depende de la relación entre carga axial, fuerza cortante y momento flexionante; a menor carga axial, mayor ductilidad. Es importante señalar que aunque la resistencia para este caso puede calcularse con suficiente precisión en estructuras de concreto reforzado para fines prácticos, no sucede lo mismo para la ductilidad, y en conexiones de columnas de concreto reforzado con losas planas postensadas se tienen mayores incertidumbres, tanto en resistencia como en ductilidad, que en conexiones de concreto reforzado.

¹ Área de Estructuras, Departamento de Materiales, Unidad Azcapotzalco, Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200, Delegación Azcapotzalco, Distrito Federal, México. eam@correo.azc.uam.mx, omgc@correo.azc.uam.mx

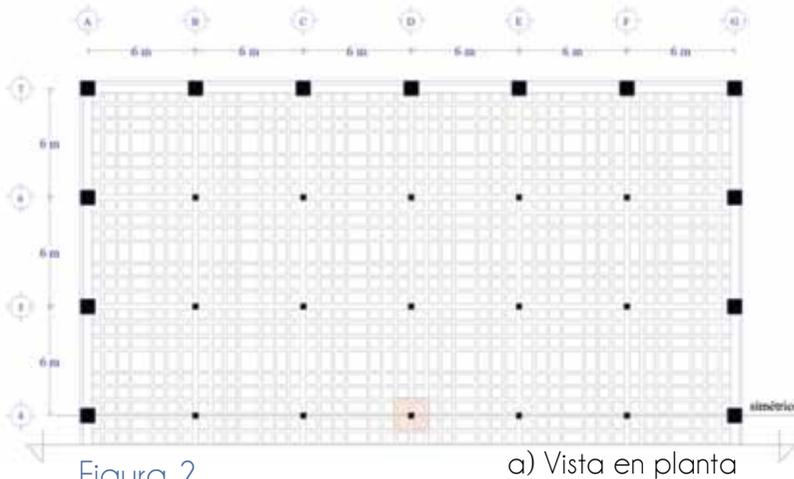
A partir de los planteamientos anteriores, se ha considerado importante llevar a cabo un programa de investigación orientado a estudiar el comportamiento de conexiones de columnas con losas planas postensadas con el fin de obtener disposiciones reglamentarias para el cálculo de su resistencia a fuerza cortante por penetración sin que ocurra la falla de la conexión.

Estructura prototipo

La estructura prototipo se diseñó, siguiendo las recomendaciones de las NTC 2004 de Concreto, considerando una estructura de tres niveles, de 6 crujeías en cada dirección, con claros de 6 metros, con una estructura sismoresistente exterior basada en marcos robustos de concreto con columnas y vigas peraltadas (ver figura 2). En la estructura no existen aberturas en la losa, ni espacio para escaleras por ser un modelo idealizado para esta investigación. La estructura se ubicó en la zona II de clasificación geotécnica del Distrito Federal (NTC-Sismo, 2004).

Estructura sismoresistente exterior

La sección 9.7 de las NTC-Concreto 2004 proporciona recomendaciones para el diseño de estructuras con losas planas postensadas aligeradas construidas con tendones no adheridos, en esa sección se establece que se requiere un sistema sismoresistente diseñado para resistir el 100% de las fuerzas laterales cuyo refuerzo debe ser de barras corrugadas convencionales. El sistema de losa plana se emplea como sistema gravitacional y solo aporta su acción de diafragma rígido al diseño sísmico de la estructura. Siguiendo las recomendaciones anteriores, se diseñó el sistema sismoresistente que se muestra en planta y la elevación en la figura 2.



En el diseño de la estructura se obtuvieron columnas de 80x80 cm y vigas peraltadas de 50x120 cm en el perímetro de la estructura. Para ser consistentes con el diseño de la losa plana, se empleó un factor de comportamiento sísmico $Q=2$ y un límite de distorsión de 0.006. Otros detalles del diseño pueden consultarse en otros documentos publicados por los autores (Arellano, 2012)

PROGRAMA EXPERIMENTAL DE LA CONEXIÓN COLUMNA-LOSA POSTENSADA

En el Laboratorio de Estructuras del Departamento de Materiales de la UAM-Azcapotzalco, se llevó a cabo un programa experimental que consistió en el ensayo de seis especímenes de la conexión columna-losa postensada aligerada. En la primera prueba, se presentaron dificultades durante su desarrollo por lo que los resultados no se muestran en este documento. Los autores de este escrito han publicado en otros trabajos la descripción del programa experimental y las propiedades mecánicas características de las conexiones (Arellano, 2012). Los especímenes que se probaron, representan una sección de losa (1.9m x 1.9m) alrededor de la columna que incluye a las nervaduras principales, los casetones y las nervaduras adyacentes, así como la mitad de la columna arriba y debajo de la losa. Los especímenes se sometieron a una combinación de cargas gravitacionales y laterales que representan fuerzas sísmicas. En la figura 3 puede verse el dispositivo de ensayos y unos de los especímenes que se probaron, cabe señalar que para llevar a cabo las pruebas, los especímenes se rotaron 90 grados (Arellano, 2010).



Figura 3 Vista global del dispositivo de pruebas.

Estructura prototipo



Para leer este artículo completo, escanear este código QR o visite la página <http://goo.gl/9QPNb1>