

Losas sin Vigas

Desde hace unos pocos años han comenzado a difundirse en nuestro país las estructuras con losas sin vigas aplicadas a viviendas, oficinas y estacionamientos.

Se han utilizado en complejos edificios como World Trade Center y Torres del Puerto, edificios de gran envergadura como Hotel Sheraton de Montevideo, Palm Beach, Torre Wilson y Coral Tower en Punta del Este y una multitud de edificios comunes. En todos ellos con un éxito sorprendente desde el punto de vista constructivo y económico.

Las losas sin vigas (flat plates) o losas apoyadas directamente sobre pilares, no son algo nuevo.

Las primeras experiencias se ubican a principios de siglo (1908 a 1910 según algunos autores).

En el año 1925 la norma DIN incorporó una reglamentación para su cálculo y ejecución y, a fines de la década del 30', se contaba con bibliografía especializada en el tema. Autores de la talla de Timoshenko dedicaron varias páginas de sus libros a desarrollar y difundir métodos de cálculo basados fundamentalmente en series de Fourier y en diferencias finitas.

En el Uruguay, durante muchos años, los proyectistas se limitaron a utilizar las losas sin vigas en cierto tipo de entresijos industriales.

Las razones eran múltiples. En cuanto al proyecto, los métodos de cálculo eran aplicables solamente a estructuras muy regulares con pilares cuadrados o circulares. Por otro lado los hormigones hechos a pie de obra, con resistencias características bajas, obligaban a usar capiteles o a limitar la luz entre pilares para evitar el punzonado. En cuanto a la obra, los encofrados racionalizados eran inviables en la gran mayoría de los casos, y en general se disponía de personal con un grado de especialización muy difícil de encontrar hoy en día.

Desde hace algunos años las cosas han cambiado radicalmente. Los hormigones hechos en planta, alcanzan con facilidad resistencias características entre 25 y 35 MPa, el abaratamiento de los encofrados racionalizados, el descenso relativo de los costos del hormigón y del acero han modificado la ecuación económica de las estructuras de hormigón. Además la reducción de los márgenes de ganancia obliga a acortar los plazos de obra todo lo posible. Por otro lado, gracias a las computadoras los proyectistas disponemos de sistemas de cálculo que permiten estudiar en

muy poco tiempo estructuras con cualquier geometría y con un nivel de precisión y fiabilidad desconocido anteriormente.

Es en este contexto que surge en forma natural la difusión de las losas sin vigas en casi cualquier tipo de estructuras edilicias.

Las ventajas son múltiples. Se logran estructuras sumamente limpias con pilares separados entre 5 y 6 m, el aprovechamiento del encofrado es máximo y el desperdicio de hierro es mínimo.

La distribución de armaduras es muy simple y al no existir vigas desaparece el problema de los encofrados que se abren o se tuercen. El control de la ejecución es muy fácil por lo que disminuye la probabilidad de cometer errores.

Todo esto tiene como consecuencia un aumento sustancial de la productividad con una mejora en la calidad y velocidad de ejecución y una reducción del orden del 20% de los costos finales de la estructura.

También existe un sinnúmero de ventajas marginales, algunas difíciles de cuantificar en forma genérica, pero que tienen una incidencia en el costo no despreciable; como por ejemplo la posibilidad de sustituir el revoque de cielorraso por una pintura de terminación, el no tener los muros condicionados por las vigas en cuanto a su espesor y

ubicación, reducción de los contrapisos al mínimo, libertad total para el pasaje de canalizaciones suspendidas, reducción del picado de las medianeras y una mayor libertad para re proyectar una planta después de construida la estructura.

Puede señalarse como desventajas la necesidad de emplear hormigones de buena calidad (resistencias características superiores a los 20 MPa) y un incremento del volumen de hormigón entre un 5 y un 10%, aunque esto, en la gran mayoría de los casos se ve ampliamente compensado por el aumento de la productividad.

En cuanto al comportamiento general de este tipo de losas es excelente en la medida que respondan a un diseño correcto.

Las hemos observado en situaciones de desapuntado prematuro con sobrecargas excesivas por acumulación de material de obra (del orden del triple de la sobrecarga prevista), exceso de recubrimiento en las armaduras inferiores (5 cm), pases no previstos en las zonas próximas a los pilares, losas que debían postensarse antes de desapuntar y no se postensaron, etc.

La peor de las patologías detectadas en esos casos fueron fisuras inferiores a 0,2 mm en la zona de momentos positivos máximos, lo cual no puede considerarse propiamente como una patología.

Elementos de Diseño

Haciendo un relevamiento de una gran cantidad de situaciones que aparecen en las construcciones edilicias normales podemos llegar a que los espesores típicos están entre 15 y 25 cm, y los espesores óptimos están

entre 16 y 19 cm. La esbeltez debería ser del orden de 1/30 en general y de 1/15 en los volados, y la luz no debería superar los 6 m entre pilares interiores y los 4 m entre pilares de borde. Normalmente, los dos puntos críti-

cos que determinan el dimensionado son el punzonado y las deformaciones. Al igual que en las estructuras tradicionales conviene ser conservadores en la verificación de las deformaciones por la pérdida de rigidez que se produce en el pasaje del estado I al estado II y la imposibilidad de calcular en forma precisa las deformaciones diferidas.

Con el punzonado también conviene ser particularmente cautos y no apartarse de las especificaciones de las normas ya que por su complejidad y por la diversidad de situaciones en que puede presentarse, su análisis no se encuentra respaldado por una multiplicidad de ensayos.

Losas sin Vigas Postensadas

El postensado normalmente se asocia a una técnica refinada y cara aplicable sólo a vigas de gran envergadura.

Sin embargo existen sistemas de postensado, desarrollados específicamente para losas, que son sencillos, robustos, seguros y tienen un costo (aún en nuestro medio) sumamente razonable.

Estos sistemas permiten ampliar considerablemente la capacidad resistente de las losas sin aumentar el espesor ni la cuantía.

A modo de ejemplo, la esbeltez típica pasa de 1/30 a 1/45; en otros términos esto significa que si en una losa sin vigas no postensada se puede tener un pilar cada 25 m², en la misma losa postensada podemos pasar a un pilar cada 50 m².

Existen dos formas de encarar el postensado de una losa: el postensado adherente y el no adherente.

El primero es una técnica muy similar a la que se utiliza en las vigas sólo que con vainas y cabezas de anclaje achatadas. Si bien genera una menor cantidad de armadura floja, requiere una serie de cuidados durante la colocación y luego se necesita la inyección de lechada de cemento. En la

mayoría de los casos no resulta competitivo, y no ha tenido mucha difusión en construcciones edilicias.

En cambio el postensado no adherente sí ha tenido una enorme aceptación.

Nació en Estados Unidos en 1955 en donde adquirió una gran difusión en la década del 60. En la década del 70 comenzó a desarrollarse en Europa en donde se vio enriquecida su aplicación con algunas particularidades de diseño. Actualmente se estima que sólo en EEUU hay más de 10 millones de m² de losas postensadas. El sistema consta de cables individuales formados por un torón de 7 alambres, cubierto con grasa y protegido por una vaina de plástico lisa.

En el mercado internacional existen dos medidas nominales para el cable: 0,5" y 0,6". El cable de 0,5", que es el más popular, tiene un diámetro exterior de 15mm incluyendo la vaina, un área de acero de 1,0 cm² y puede tensarse a 14 o 15 t. según los fabricantes.

Los anclajes tanto pasivos como activos constan de una base de fundición (de 6 x 11cm para 0,5") y de cuñas de acero de alta resistencia.

Los anclajes activos tienen además un cono de plástico que se sujeta al encofrado y sirve para posicionar el anclaje y para (una vez extraído el cono) permitir que la punta del gato se apoye en el borde del anclaje)

El peso de estos cables es de 0,8 Kg/m, vienen en rollos ya envainados, son bastante flexibles y están pensados para obtener la máxima eficiencia en la colocación. Como armadura especial requieren solamente unos refuerzos en la zona de los anclajes.

El efecto del postensado no adherente es equivalente a la aplicación de cargas externas.

El esfuerzo producido por los anclajes sobre el hormigón, tiende a comprimir la losa, mientras que la trayectoria vertical de los cables genera cargas verticales que se oponen a las cargas gravitatorias.

La compresión media de la losa que suele estar entre 10 y 30 Kg/cm² tiende a disminuir la cantidad de armadura floja y a mejorar el efecto de punzonado.

Con las trayectorias verticales podemos llegar a gobernar las deformaciones y sollicitaciones que actúan sobre la losa incluyendo el esfuerzo de punzonado.

Existen diversas formas de distribuir los cables en planta.

Desde el punto de vista de la obra la más simple es la de agruparlos en franjas que pasan sobre los pilares (A). También es la que genera mayor cantidad de armadura floja y menor cantidad de armadura postensada, dada la ecuación de costos actual parece ser la más económica.

A la inversa la distribución (B) es la que consume mayor cantidad de postensado y menor cantidad de armadura floja. También es la que controla mejor las deformaciones y la que tiene el peor comportamiento en estado de rotura.

Una de las peculiaridades del sistema es que puede "convivir" con el hormigón armado.

La mayor parte de los edificios del Uruguay tienen una distribución interna que permite colocar pilares cada 5 o 6 m sin agredir el proyecto arquitectónico.

Sin embargo en algunos casos particulares, para liberar áreas destinadas a garaje o para evitar vigas de apeo, que no siempre es posible poner, puede ser conveniente separar más los pilares en algún sector del edificio. Esto se resuelve colocando cables solamente en aquellos lugares de la planta en donde se necesita controlar las deformaciones o las sollicitaciones.

Comparación de Costos

En cuanto al costo del sistema y sin llegar a una valoración de índole cuantitativo se puede plantear la siguiente pregunta: en el supuesto que una planta lo permita ¿es más económico poner pilares cada 5 o 6 m. y resol-

ver la losa en hormigón armado o postensar la losa y colocar pilares cada 7 u 8 m?.

Con los valores actuales y refiriéndonos sólo al costo de la estructura entendemos que

la balanza se inclina ligeramente hacia la primera solución.

No obstante no nos atreveríamos a afirmar lo mismo del valor final de la

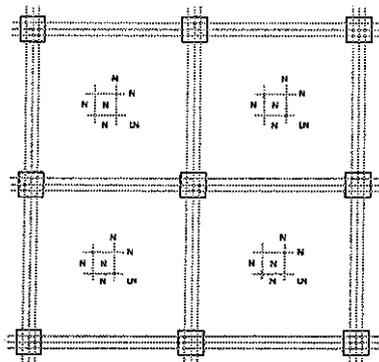
construcción. El hecho de tener una planta más libre puede mejorar la eficiencia en otros rubros e inclinar la balanza hacia la segunda.

Recomendaciones Generales

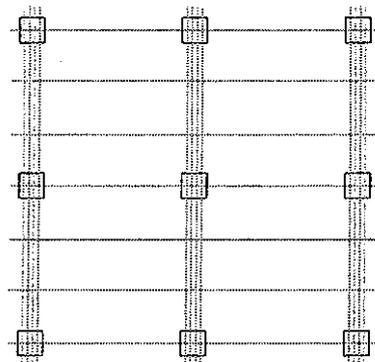
Por último es conveniente aclarar que para estructuras que presenten cierta complejidad - irregularidades geométricas, edificios en altura sometidos a viento, pilares apeados en losas - es altamente recomendable el uso de sistemas de cálculo globales que tengan en cuenta en forma simultánea la interacción de todos los elementos de la

estructura y presenten un mapa completo de esfuerzos y deformaciones en cada punto y para cada uno de los estados de carga.

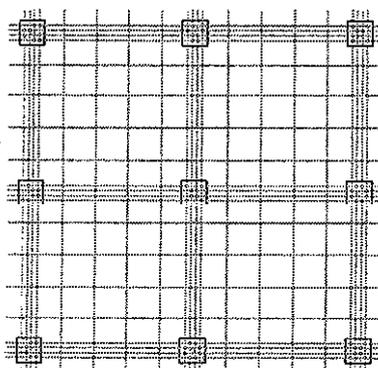
Los sistemas de cálculo tradicionales, basados en tablas o coeficientes sólo deberían ser aplicados a casos que no presenten ninguna complejidad geométrica o estructural.



(A) *TODOS LOS CABLES CONCENTRADOS SOBRE LOS PILARES.*



(B) *TODOS LOS CABLES CONCENTRADOS SOBRE LOS PILARES EN UN SENTIDO Y UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDOS EN EL OTRO.*



(C) *75% DE LOS CABLES CONCENTRADOS SOBRE LOS PILARES Y 25% UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDOS.*