

Cáscaras y placas plegadas

INTRODUCCIÓN

El Capítulo 19 – referido a cáscaras y placas plegadas – fue totalmente actualizado para el Código ACI 318-83. En la edición 1995 se agregaron los artículos 19.2.10 y 19.2.11. En su forma actual el Capítulo 19 refleja el estado del conocimiento sobre el diseño de cáscaras y placas plegadas. Incluye lineamientos sobre métodos de análisis adecuados para diferentes tipos de estructuras, y contiene directivas específicas para el diseño y la correcta colocación de la armadura de las cáscaras. El Comentario correspondiente al Capítulo 19 debería ser de gran utilidad para los diseñadores; su contenido refleja toda la información existente en la actualidad, incluyendo un extenso listado de bibliografía.

CONSIDERACIONES GENERALES

Necesariamente los requisitos del Código para cáscaras y placas plegadas son de carácter más general que los requisitos para otros tipos de estructuras para las cuales la práctica y el diseño han sido firmemente establecidos. El Capítulo 19 sólo es específico en algunas áreas críticas inherentes al diseño de las cáscaras; en lo demás remite a otros requisitos del Código. Se debe destacar que está permitido diseñar las cáscaras mediante el método de diseño por resistencia, aún cuando la mayor parte de las cáscaras que existen en este país hayan sido diseñadas usando procedimientos de diseño por tensiones admisibles.

El Código, el Comentario y la lista de bibliografía constituyen una excelente fuente de información y guía para el diseño de cáscaras. Sin embargo, la lista de bibliografía no agota todas las potenciales fuentes disponibles.

1. El Capítulo 19 abarca el diseño de una importante clase de estructuras de hormigón que difieren considerablemente de las construcciones habituales con losas, vigas y columnas. El comportamiento estructural varía desde cáscaras con flexión considerable (placas plegadas y cáscaras cilíndricas) hasta aquellas con muy poca flexión salvo en la unión entre la cáscara y el apoyo (paraboloides hiperbólicos y domos de revolución). En consecuencia, los problemas relacionados con el diseño de las cáscaras no se pueden unificar, ya que cada tipo de estructura tiene sus propios atributos particulares que el ingeniero debe comprender cabalmente. Aún el comportamiento de aquellas cáscaras que se clasifican dentro de un mismo tipo, como por ejemplo los paraboloides hiperbólicos, varía ampliamente. Estudios realizados indican que los paraboloides hiperbólicos con viga de borde formando una V invertida, por ejemplo, son mucho más complejos que lo que indicaría la teoría de la membrana. Por todo lo expuesto el Código no contiene un conjunto de reglas fijas para el diseño de las cáscaras y estructuras plegadas.
2. Por los motivos expresados en el párrafo precedente, el diseño de una cáscara requiere de un tiempo considerable para llegar a comprender los problemas de diseño asociados con el tipo particular de cáscara estudiada. Intentar diseñar una cáscara sin realizar un estudio adecuado puede resultar en un diseño extremadamente pobre. El diseño de una cáscara requiere la habilidad de pensar en términos del espacio tridimensional; esto sólo se logra mediante el estudio y la

experiencia. El período más crítico del diseño de una cáscara es la etapa conceptual, ya que es en esta etapa en la cual se deben tomar decisiones fundamentales con respecto a su geometría y dimensiones.

3. La resistencia de las estructuras tipo cáscara es inherente a su geometría, y no se crea llevando el comportamiento de los materiales hasta su estado límite como en el caso de otros tipos de estructuras de hormigón tales como las vigas de hormigón armado y prefabricado. Por lo tanto, las tensiones de diseño en el hormigón no se deben llevar a los máximos valores aceptables, excepto cuando sea necesario para alguna estructura de dimensiones muy importantes. Si las tensiones son bajas, las flechas generalmente no constituyen un problema.
4. Las dimensiones de una cáscara constituyen un factor determinante de la precisión analítica requerida para su diseño. Las cáscaras con luces cortas (hasta 60 ft) se pueden diseñar utilizando métodos aproximados tal como el método de la viga para las cáscaras cilíndricas, siempre que los elementos exteriores de la cáscara sean soportados adecuadamente por vigas y columnas. Sin embargo, es importante comprender las limitaciones y aproximaciones de cualquier método utilizado. Para las grandes luces puede ser necesario realizar análisis mucho más elaborados. Por ejemplo, un parabolóide hiperbólico de grandes dimensiones (luz de 150 ft o más) puede exigir un análisis por elementos finitos.

La aplicación de los siguientes requisitos del Código merece alguna explicación adicional.

19.2 ANÁLISIS Y DISEÑO

19.2.6 Cáscaras pretensadas

Cuando dentro de una cáscara delgada hay cables de pretensado curvos, el diseño debe considerar las componentes de las fuerzas resultantes de la geometría de los cables. En el caso de las cáscaras cilíndricas, se debe observar que el cable no se encuentra en un plano, tal como se ilustra en la Figura 27-1.

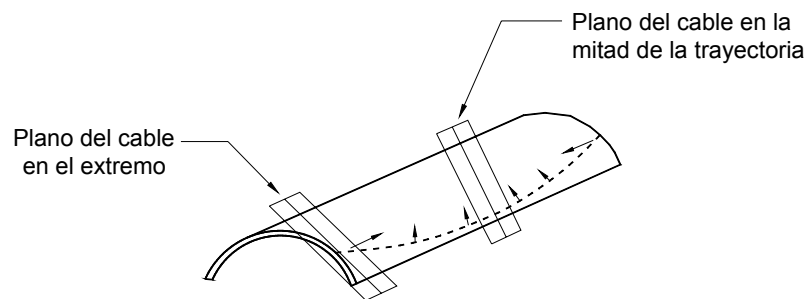


Figura 27-1 – Cable de pretensado en una cáscara cilíndrica

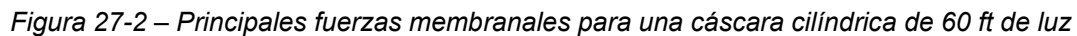
19.2.7 Método de diseño

Está permitido diseñar las cáscaras mediante el Método de Diseño por Resistencia, pero se debe observar que para los elementos tipo losa que se intersecan en un ángulo, y que poseen elevadas tensiones de tracción en las esquinas interiores, la resistencia última es mucho menor que la correspondiente al centro de una losa de hormigón. Por lo tanto, se debe prestar particular atención a la armadura utilizada en estas áreas, y el espesor debería ser mayor que el mínimo permitido por el método por resistencia.

19.4 ARMADURA DE LA CÁSCARA

19.4.6 Armadura según las direcciones principales de tracción

La dirección de las tensiones principales cerca de los apoyos generalmente es de aproximadamente 45 grados, de modo que para satisfacer los requisitos del artículo 19.4.4 se requieren áreas de armadura iguales en ambas direcciones. A título ilustrativo, la Figura 27-2 muestra las principales fuerzas membranales que actúan en una cáscara cilíndrica de 60 ft de luz, 6,3 ft de altura, 3,5 in. de espesor, una carga de nieve de 25 lb/ft² y una carga sobre la cubierta de 10 lb/ft². Los esfuerzos, correspondientes a las cargas de servicio, se indican en kips por pie lineal.



En el caso de las cáscaras cilíndricas (o domos) de gran longitud suele ser recomendable concentrar la armadura de tracción cerca de los bordes antes que distribuirla en la totalidad de la zona traccionada. Cuando este es el caso, se debe distribuir una cantidad mínima de armadura igual a $0,0035bh$ sobre la parte restante de la zona traccionada, tal como se ilustra en la Figura 27-3. En términos prácticos, esta cantidad es el doble del requisito de armadura mínima para las tensiones por contracción y temperatura.

27 - 3

La máxima separación admisible de la armadura es igual a 5 veces el espesor de la cáscara ó 18 in., cualquiera sea el valor que resulte menor. Esto significa que para las cáscaras de menos de 3,6 in. de espesor el valor correspondiente a 5 veces el espesor será determinante. En las cáscaras de mayor espesor la separación de las barras no debe ser mayor que 18 in.

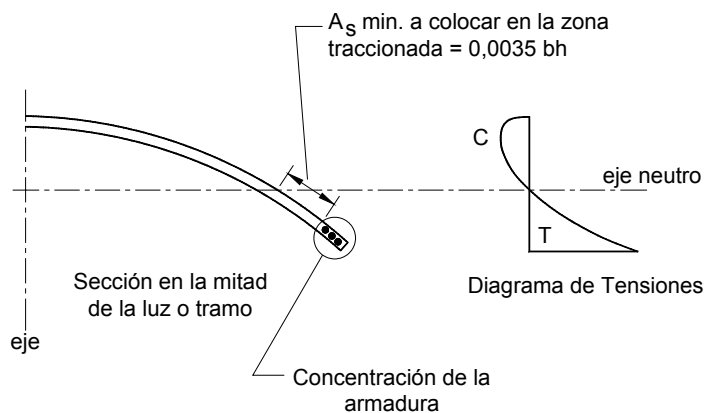


Figura 27-3 Concentración de la armadura de una cáscara