

MÉTODO PRÁCTICO DE DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE SECCIONES DE HORMIGÓN ARMADO A FLEXIÓN COMPUESTA

POR EDUARDO TORROJA, INGENIERO DE CAMINOS

Las secciones de hormigón armado en flexión compuesta presentan siempre una complicación algo enojosa, que puede hacerse desaparecer convirtiendo el problema en uno de flexión simple, cuando, como es corriente, fijado el canto, se trata de fijar la armadura de tracción más económica para resistir las fuerzas exteriores dadas y determinar la tensión de trabajo del hormigón, o el ancho de pieza necesario para que esta tensión del hormigón sea la deseada.

Supongamos que la resultante de las fuerzas exteriores sea N , aplicada a una distancia l de la armadura de tracción, y sea M el momento de la fuerza respecto a este punto.

La armadura más económica será la que trabaje a la tensión máxima admisible, A .

Imaginemos una sección igual a la dada, pero con una armadura de tracción S , y supongámosla sometida al mo-

mento flector, M , solamente, es decir, sin carga axial; el reparto de tensiones en la sección será, por tanto, el correspondiente a flexión simple, y con arreglo a las fórmulas, tablas o ábacos, de flexión simple podremos determinar la armadura, S_v , apropiada para resistir este momento, M , trabajando a la tensión máxima admisible, A , así como la tensión de trabajo del hormigón en la cara comprimida, o el ancho de sección conveniente para que esta tensión no sea excesiva.

Esta armadura, S_v , podemos suponerla dividida en dos partes: una, S , que sea la armadura real que va a llevar la sección en flexión compuesta; otra ($S_v - S$), supletoria.

La reacción que equilibra esta segunda armadura es una tracción de valor: $(S_v - S) A$; por consiguiente, si suprimimos esta segunda armadura y simultáneamente suprimimos la tracción exterior correspondiente o, lo que es igual, introducimos una fuerza exterior contraria o de compresión, $N = (S_v - S) A$, aplicada en el mismo punto de la armadura, el equilibrio no se habrá alterado, y tanto las características de la sección como sus tensiones serán las definitivas que buscamos.

El problema, pues, se reduce a determinar por flexión simple el estado de tensión que produce el momento flector, M , sobre la sección en cuestión,

considerando su armadura aumentada en la cantidad conocida $(S_v - S) = \frac{N}{A}$; o dicho en otra forma, la sección de armadura de tracción a colocar es la que resulta del cálculo a flexión simple con el momento, M (de la fuerza exterior tomado respecto a la armadura), disminuida en una sección igual al cociente $\frac{N}{A}$ de la fuerza exterior, N , por la tensión elegida, A , de la armadura ($1\ 200\text{ kg./cm.}^2$). Y las tensiones o cargas unitarias en el hormigón son las mismas que resultan del cálculo a flexión simple bajo la acción del momento, M .

El método es válido para cualquier forma de sección rectangular, en T, con armaduras de compresión o sin ellas, etc.

Si al restar de la armadura que resulta en flexión simple el valor $\frac{N}{A}$ resultase un valor negativo, esto indicaría que la posición de la fuerza exterior, dato del problema, es tal, que la armadura que hemos supuesto de tracción no lo es en realidad, sino que trabaja a compresión y, por consiguiente, nos hemos salido del problema, pues, la sección, en vez de trabajar a flexión compuesta, ha de trabajar, en realidad, a compresión compuesta. En este caso, la complicación ha desaparecido, porque ya es directamente aplicable la sencilla fórmula $\frac{N}{A} \pm \frac{M_v}{I}$

de comprobación a compresión compuesta con sección completa, determinándose la fibra neutra y el momento de inercia sin necesidad de ecuación de tercer grado ni complicación ninguna.

Ejemplo. — Sea una sección rectangular de canto útil = 65 centímetros, y ancho, 50 centímetros, con una fuerza de compresión de 20 000 kilogramos aplicada a 75 centímetros de la armadura.

El momento será: $20\ 000 \times 75 = 1\ 500\ 000$ kilogramos por centímetro.

La sección a flexión simple requiere una armadura de 22 centímetros cuadrados trabajando a $1\ 200\text{ kg./cm.}^2$

La armadura real necesaria para trabajar a esta tensión será, pues:

$$22 - \frac{20\ 000}{1\ 200} = 5,33\text{ cm.}^2$$

y la carga en el hormigón quedará, igual que en el caso de flexión simple con armadura ficticia, de 45 kg./cm.^2