

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

El empleo de programas de cómputo cada vez son más útiles en el ámbito de la construcción y, por supuesto, son un apoyo muy importante a lo que en cuestión de diseño se refiere, ya que ellos permiten automatizar varios de los cálculos con una precisión inmejorable. Es por eso que esta tesis pretende desarrollar un programa para dimensionar uno de los elementos más importantes en el ramo del diseño estructural, las columnas de concreto reforzado. Este programa de cálculo se desarrollará con base en el criterio del Reglamento de Construcción del Distrito Federal.

Antes de estudiar los elementos sujetos a flexocompresión es importante tener ciertos conocimientos de la estructuras de concreto reforzado, su resistencia y su dimensionamiento, por lo que a continuación estos aspectos son tratados de manera general:

1.1 Estructuras de Concreto Reforzado

Una estructura puede concebirse como un sistema, es decir, como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. Además, la estructura debe cumplir la función a la que está destinada con un grado razonable de seguridad y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio.

Las estructuras de concreto reforzado tienen ciertas características derivadas de los procedimientos usados en su construcción, que las distinguen de las estructuras de otros materiales.

El concreto se fabrica en estado plástico, lo que obliga a utilizar moldes que lo sostengan mientras adquiere resistencia suficiente para que la estructura sea auto soportante. Esta característica impone ciertas restricciones, pero al mismo tiempo aporta algunas ventajas. Una de estas es su moldeabilidad, propiedad que brinda al proyectista gran libertad en la elección de formas. Gracias a ella, es posible construir estructuras tales como cascarones o membranas, que en otro material serian muy difícil de lograr.

Otra característica importante es la facilidad con que puede obtenerse la continuidad en la estructura, con todas las ventajas que esto supone. Mientras que en estructuras metálicas el logro de continuidad en las conexiones entre los elementos implica serios problemas en el diseño y en la ejecución, en las estructuras de concreto reforzado el monolitismo es consecuencia natural de las características de construcción.

Existen dos procedimientos principales para construir estructuras de concreto. Cuando los elementos estructurales se forman en su posición definitiva, se dice que la estructura ha sido colocada *in situ* o colocada en el lugar. Si se fabrican en un lugar distinto al de su posición definitiva en la estructura, el procedimiento recibe el nombre de prefabricación.

El primer procedimiento obliga a una secuencia determinada de operaciones, ya que para iniciar cada etapa es necesario esperar a que se haya concluido la anterior. Por ejemplo, no puede procederse a la construcción de un nivel en un edificio hasta que el nivel inferior haya adquirido la resistencia adecuada. Además, es necesario, a menudo, construir obras falsas muy elaboradas y transportar el concreto fresco del lugar de fabricación a su posición definitiva, operaciones que influyen decisivamente en el costo.

Con el segundo procedimiento se economiza tanto en la obra falsa como en el transporte del concreto fresco y se pueden realizar simultáneamente varias etapas de construcción. Por otra parte, este procedimiento presenta el inconveniente del costo adicional de transporte y montaje de los elementos prefabricados y, además, el problema de desarrollar conexiones efectivas entre los elementos.

El proyectista debe elegir entre estas dos alternativas, guiándose siempre por las ventajas económicas, constructivas y técnicas que pueden obtenerse en cada caso. Cualquiera que sea la alternativa que escoja, esta elección influye de manera importante en el tipo de estructuración que se adopte.

Otra característica peculiar de las estructuras de concreto reforzado es el agrietamiento, que debe tenerse en cuenta al estudiar su comportamiento bajo condiciones de servicio, así como el efecto de la permanencia de cargas en lo que a las deformaciones por flujo plástico se refiere.

1.2 Resistencia de elementos estructurales

Una estructura debe ser segura contra el colapso y funcional en su uso para que cumpla con sus propósitos. El funcionamiento requiere que las deflexiones sean suficientemente pequeñas, que las grietas, si existen, se mantengan bajo límites tolerables, que las vibraciones se minimicen, etc. La seguridad requiere que la resistencia de la estructura sea la adecuada para todas las cargas que previsiblemente pueden llegar a actuar sobre ella. Si la resistencia de la estructura, construida como se diseñó, pudiera predecirse exactamente y, si las cargas y sus efectos internos (momentos, cortantes, fuerzas axiales) se conocieran con precisión, la seguridad podría garantizarse proporcionando una capacidad de carga ligeramente superior que la que requieren las cargas conocidas. Sin embargo, existen diversas razones de incertidumbre en el análisis, el diseño y la construcción de estructuras de concreto reforzado. Estas fuentes de incertidumbre, que requieren un margen de seguridad definido, pueden relacionarse así:

- 1.- Las cargas reales pueden diferir de las supuestas
- 2.- Las cargas reales pueden estar distribuidas de manera diferente de la supuesta.
- 3.- Las premisas y simplificaciones inherentes a cualquier análisis pueden resultar en efectos calculados, momentos, cortantes, etc., diferentes de aquéllos que de hecho actúan sobre la estructura.

4.- El comportamiento estructural real puede diferir del supuesto, debido a conocimientos limitados.

5.- Las dimensiones reales de los elementos pueden diferir de las especificadas.

6.- Es posible que el refuerzo no esté en su posición correcta.

7.- Las resistencias reales de los materiales pueden diferir de las especificadas.

La resistencia de una estructura depende de la resistencia de los materiales que la conforman. Por esta razón se especifican en forma estándar las resistencias mínimas de los materiales. Las resistencias reales de los materiales no pueden conocerse en forma precisa y, por tanto, también constituyen variables aleatorias. Además, la resistencia de la estructura depende también del cuidado que se tenga en la construcción, que a su vez refleja la calidad de la supervisión y de la inspección. El tamaño de los elementos puede diferir de las dimensiones especificadas, el refuerzo puede estar fuera de sitio, el concreto mal vaciado puede presentar vacíos, etc.

La resistencia de toda la estructura o de una cantidad de estructuras repetitivas, como por ejemplo un conjunto de pasos elevados en carreteras, también se puede considerar como variable aleatoria con una función de densidad probabilística. En el caso de las cargas, la forma exacta de esta función no puede conocerse, pero se puede aproximar mediante datos conocidos, como por ejemplo con estadísticas sobre resistencias reales de materiales y elementos o con información similar.

1.3 Dimensionamiento de elementos estructurales

Se entiende por dimensionamiento de elementos de concreto reforzado la determinación de las propiedades geométricas de los elementos estructurales y de la cantidad y posición del acero de refuerzo.

El procedimiento de dimensionamiento tradicional, basado en esfuerzos de trabajo, consiste en determinar los esfuerzos correspondientes a acciones interiores obtenidas de un análisis elástico de la estructura, bajo sus supuestas acciones de servicio. Estos esfuerzos se comparan con esfuerzos permisibles, especificados como una fracción de las resistencias del concreto y el acero. Se supone que así se logra, a la par, un comportamiento satisfactorio en condiciones de servicio y un margen razonable de seguridad.

El factor de seguridad de los elementos de una estructura dimensionados por el método de esfuerzos de trabajo no es uniforme, ya que no puede medirse en todos los casos el factor de seguridad por la relación entre las resistencias de los materiales y los esfuerzos permisibles. En otras palabras, la relación entre la resistencia del material y los esfuerzos de trabajo no es siempre igual a la relación entre la resistencia del elemento y su sollicitación de servicio.

El procedimiento mas comúnmente utilizado en la actualidad es el denominado método plástico, de resistencia o de resistencia última, según el cual, los

elementos o secciones se dimensionan para que tengan una resistencia determinada.

El procedimiento consiste en definir las acciones interiores, correspondientes a las condiciones de servicio, mediante un análisis elástico y multiplicarlas por un factor de carga que puede ser constante o variable según los distintos elementos, para así obtener las resistencias de dimensionamiento. El factor de carga puede introducirse también incrementando las acciones exteriores y realizando después un análisis elástico de la estructura. El dimensionamiento se hace con la hipótesis de comportamiento inelástico.

El procedimiento de dimensionamiento plástico puede también aplicarse a los resultados de un análisis límite, del cual se obtienen directamente las acciones interiores correspondientes a la carga de falla que convierte la estructura en un mecanismo. El dimensionamiento a partir de un análisis límite no es todavía de aplicación práctica, debido a las incertidumbres que se tienen sobre mecanismos de colapso, la inestabilidad general de la estructura y la capacidad de rotación de los elementos de la misma.

El análisis límite no debe confundirse con el criterio general de dimensionamiento, denominado de estados límite. El enfoque de estados límite no es sino un formato en el que se consideran todos los aspectos del diseño en forma ordenada y racional y que permite la fácil incorporación de criterios probabilistas.

De hecho, se trata de lograr que las características acción-respuesta de un elemento estructural o de una estructura estén dentro de límites que se consideran aceptables. Según este método, una estructura o un elemento estructural deja de ser útil cuando alcanza un estado, llamado estado límite, en el que deja de realizar la función para la cual fue diseñado.