

I. Disposiciones generales

PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

15530 *ORDEN de 21 de junio de 1977 por la que se dispone la formación de la Estadística de Radiodifusión sonora.*

Excelentísimo e ilustrísimo señores:

Con fecha 25 de febrero de 1959, esta Presidencia dispuso que el Instituto Nacional de Estadística elaborase la Estadística de Radiodifusión y Televisión en colaboración con la Dirección General del Ramo, lo que así se viene realizando hasta el momento presente.

Por otra parte, con fecha 28 de abril de 1975, el Ministerio de Información y Turismo, previo dictamen favorable del Consejo Superior de Estadística, estableció un Plan de Estadísticas a desarrollar en el tiempo y en el espacio que abarcase la totalidad de las actividades económicas vinculadas directamente a este Departamento, disponiendo en el artículo cuarto que los proyectos de investigación, una vez redactados, habrían de ser sometidos a la consideración del Instituto Nacional de Estadística y al Consejo Superior de Estadística.

En cumplimiento de ello, la Secretaría General Técnica del Ministerio de Información y Turismo ha elaborado un Proyecto de Estadísticas referente al sector Radiodifusión sonora, cuyas actividades se identifican con el grupo 964 de la clasificación de actividades económicas.

En la redacción de este Proyecto, dictaminado favorablemente por el Consejo Superior de Estadística, se han tenido en cuenta, de una parte, la experiencia adquirida por el Instituto Nacional de Estadística a lo largo de estos años de investigación en esta rama de actividad, y, de otra, las necesidades actuales del Ministerio de Información y Turismo, así como las recomendaciones internacionales en la materia.

En su virtud, y con la conformidad del Ministerio de Información y Turismo, esta Presidencia del Gobierno dispone:

Primero. La Secretaría General Técnica del Ministerio de Información y Turismo, con la colaboración de la Dirección General de Radiodifusión y Televisión, formará la Estadística de Radiodifusión sonora correspondiente al grupo 964 de la clasificación de actividades económicas, utilizándose a este fin los cuestionarios oficiales que la Secretaría General Técnica remitirá a las Empresas interesadas.

Segundo. La estadística de referencia se considerará como investigación del Instituto Nacional de Estadística en lo que respecta:

1) A la obligación de las Empresas de facilitar los datos requeridos al efecto por la Secretaría General Técnica anteriormente citada.

2) A la observancia del secreto estadístico por parte de cuantos intervengan en los diversos trabajos de elaboración de la mencionada estadística.

3) A la facultad del Director general del Instituto Nacional de Estadística de disponer comprobaciones e imponer sanciones con arreglo a los artículos 134 y siguientes del Reglamento de Estadística.

Tercero. Los resultados de estas estadísticas serán sometidos a la aprobación del Instituto Nacional de Estadística, previo informe de la Comisión Mixta de Coordinación y Asesoramiento para las Estadísticas de Servicios.

La Secretaría General Técnica del Ministerio de Información y Turismo facilitará al Instituto Nacional de Estadística los resultados mensuales y anuales que se obtengan, en la forma y plazos que se determinen.

Los Organismos interesados en estas actividades solicitarán del Instituto Nacional de Estadística la información precisa.

Cuarto. Las referidas estadísticas estarán a cargo de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Información y Turismo, salvo lo que esta Presidencia disponga por causa de reforma o coordinación de servicios estadísticos.

Quinto. A fin de asegurar la continuidad de la información, quedará subsistente lo dispuesto en la Orden de esta

Presidencia de 25 de febrero de 1959 hasta que se disponga, en su totalidad, de la información prevista en la presente Orden.

Sexto. Se faculta al Instituto Nacional de Estadística y a la Secretaría General Técnica del Ministerio de Información y Turismo, para que dicten las normas complementarias que procedan y que permitan establecer la coordinación necesaria entre ambos Organismos.

Lo que comunico a V. E. y a V. I.

Dios guarde a V. E. y a V. I.

Madrid, 21 de junio de 1977.

OSORIO

Excmo. Sr. Ministro de Información y Turismo e Ilmo. Sr. Director general del Instituto Nacional de Estadística.

15531 *ORDEN de 30 de junio de 1977 por la que se completa la estructura orgánica del Gran Area de Expansión Industrial de Andalucía.*

Ilustrísimos señores:

Creada la Gerencia del Gran Area de Expansión Industrial de Andalucía por Real Decreto 1118/1977, de 20 de mayo, y previstas en su artículo 4.º, 3, las funciones a desempeñar por la misma, se hace preciso fijar su estructura orgánica, así como las de las Delegaciones Provinciales que de ella dependan. En su virtud, esta Presidencia del Gobierno dispone:

Primero.—1. La Gerencia del Gran Area de Expansión Industrial de Andalucía, que se localizará en Málaga, se estructura en los siguientes órganos:

1.1. Con nivel de Servicio:

- Secretaría General.
- Servicio de Planeamiento y Estudio.
- Servicio de Evaluación de Proyectos.

1.2. Con nivel de Sección:

- Dependiendo de la Secretaría General, una Sección de Personal y Asuntos Generales.
- Dependiendo del Servicio de Planeamiento y Estudios, una Sección de Planeamiento y una Sección de Estudios.
- Dependiendo del Servicio de Evaluación de Proyectos, una Sección de Evaluación de Proyectos y una Sección de Control y Vigilancia.

A este personal se añadirá el personal administrativo, auxiliar y subalterno necesario.

2. En relación jerárquica con la Gerencia del Gran Area, y en cada una de las provincias andaluzas, se crea una Delegación, desempeñada por un Delegado, del que dependerá un Secretario de la Delegación, con categoría de Jefe de Sección, y el personal auxiliar y subalterno necesario.

Lo que comunico a VV. II. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a VV. II.

Madrid, 30 de junio de 1977.

OSORIO

Ilmos. Sres. Subsecretario de Planificación y Director general de Acción Territorial y Medio Ambiente.

14406 *INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto (Continuación.) creto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)*

48.1.3.7. Caso de secciones mixtas

Para el cálculo del cosido a las almas de cabezas hormigonadas «in situ» sobre elementos prefabricados, el efecto favorable del pretensado no puede tenerse en cuenta más que si se

ha realizado después del vertido y endurecido del hormigón de la cabeza. Se efectuarán dos comprobaciones a esfuerzo cortante:

- a) En el alma del elemento prefabricado, en cada fase, con V_{rd} , según el valor de la fuerza de pretensado correspondiente, deduciendo σ_p , según los criterios expuestos en 48.1.3.4, al nivel de la fibra baricéntrica.
- b) En la junta entre elemento prefabricado y cabeza hormigonada «in situ», con V_{rd} deducido de las acciones, cargas y pretensado que actúan después de endurecida la cabeza. Las tensiones de pretensado σ_p serán las correspondientes al aplicado en esta segunda fase.

Por otra parte, y de no haberse comprobado experimentalmente que está asegurada la adherencia entre el hormigón prefabricado y el hormigón «in situ», se dispondrá una armadura cruzando la junta (armadura pasante), cuya cuantía no sea inferior a vez y media la indicada en 48.1.3.5.1.

COMENTARIOS

Los ensayos demuestran que la adherencia entre hormigón prefabricado y hormigón «in situ» es suficiente, para tensiones tangentes moderadas, cuando la unión se efectúa sobre superficie natural limpia de polvo.

48.1.4. Resistencia a esfuerzo cortante de placas y losas

Las prescripciones incluidas en este apartado son de aplicación exclusivamente a elementos superficiales planos, de sección llena o aligerada, cargados normalmente a su plano medio.

COMENTARIOS

48.1.4.1. Sección resistente

A efectos del cálculo de los esfuerzos cortantes de agotamiento, la anchura b_0 de un nervio será la mínima a lo largo de su altura, deduciendo los huecos longitudinales correspondientes a los conductos de pretensado (ver fig. 48.1.4.1).

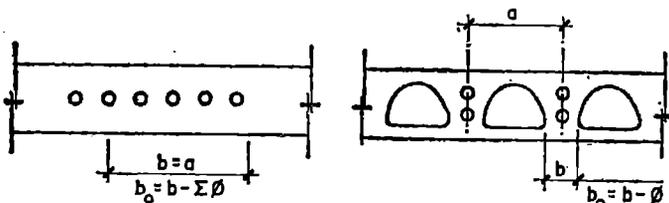


Fig. 48.1.4.1

En el caso de losas macizas, el cálculo se desarrollará para el cortante actuante sobre una anchura a .

COMENTARIOS

48.1.4.2. Comprobaciones que hay que realizar

Es necesario comprobar que se cumplen simultáneamente las dos condiciones:

$$\begin{aligned} V_{rd} &\leq V_{rd1} \\ V_{rd} &\leq V_{rd2} \end{aligned}$$

teniendo V_{rd} , V_{rd1} y V_{rd2} los mismos significados indicados en 48.1.3.4.

COMENTARIOS

48.1.4.2.1. Obtención de V_{rd1}

Es de aplicación lo indicado en 48.1.3.4.1.

COMENTARIOS

48.1.4.2.2. Obtención de V_{rd2}

a) Losas sin armadura transversal

Si no se disponen armaduras transversales, el esfuerzo cortante de agotamiento viene dado por:

$$V_{rd2} = \left(1 + \frac{M_0}{M_d}\right) \cdot 0,50 V_{cwo} \cdot \xi (1 + 50 \rho_0)$$

donde:

$\xi = 1,6 - d_1 \leq 1$, con d_1 expresado en metros;

$\rho_0 = \frac{A_s + A_p \cdot f_{tp}/f_{pd}}{b \cdot d_1} \geq 0,02$ es la cuantía geométrica ponderada

de armadura longitudinal asociada a una distancia igual o mayor que d_1 a partir de la sección en estudio.

Por otra parte:

$$1 + \frac{M_0}{M_d} \geq 2$$

En este caso no se puede contar con V_{pd} , y se tendrá:

$$V_{rd} = V_d$$

b) Losas con armadura transversal

Es de aplicación lo indicado en 48.1.3.4.2.

COMENTARIOS

48.1.4.3. Disposiciones relativas a las armaduras

48.1.4.3.1. Armaduras transversales

a) La ausencia total de armadura transversal sólo está permitida si se cumplen las dos condiciones:

$$\begin{aligned} d_1 &\leq 0,8 \text{ m} \\ a &\leq 5b \quad (\text{ver fig. 48.1.4.1}) \end{aligned}$$

b) En los casos en que no se cumplen las condiciones anteriores, o cuando $V_{rd} > V_{rd2}$, es de aplicación lo indicado en 48.1.3.5.1.

COMENTARIOS

48.1.4.3.2. Armaduras longitudinales

En el caso de tener que disponer armadura transversal — caso b) — es de aplicación lo indicado en 48.1.3.5.2.

COMENTARIOS

48.2. Torsión

48.2.1. Generalidades

Toda pieza prismática de hormigón pretensado que tenga sollicitación de torsión simple o acompañada de flexión y esfuerzo cortante se calculará, según este apartado, con las armaduras longitudinal y transversal, que a continuación se describen.

Armadura longitudinal, constituida por barras o tendones paralelos a su directriz, distribuidos a separación uniforme, no superior a 30 cm, en un contorno de lados paralelos al contorno exterior de la sección (fig. 48.2.1), a la distancia c_1 entre el centro de la armadura y el parámetro más próximo, y teniendo una barra o tendón en cada esquina. El pretensado de la armadura longitudinal eleva el valor del momento torsor de fisuración, pero no el de agotamiento.

Armadura transversal, constituida por cercos cerrados, con el solapado de empalme que prescribe el artículo 19, o con soldaduras en taller de resistencia no inferior a la del redondo del cerco, situados en planos normales a la directriz de la pieza.

COMENTARIOS

El comportamiento a torsión de una pieza prismática depende de la forma de su sección, de la disposición de las armaduras y de la resistencia de los materiales. Además influyen las otras componentes de sollicitación N , V , M que simultáneamente actúan.

Este apartado se refiere a piezas en las que la torsión produce fundamentalmente tensiones tangenciales en su sección, lo que ocurre en las secciones convexas macizas o huecas y en algunas otras.

Este apartado no es aplicable en las secciones no convexas de pared delgada, en las que la torsión produce tensiones normales y tangenciales.

El estado tensional de la pieza no fisurada se transforma esencialmente al aparecer las fisuras, en función de la disposición de las armaduras, reduciéndose la rigidez a torsión de la pieza a una pequeña fracción de la pieza no fisurada.

La resistencia de los materiales influye en la forma de agotamiento y en el valor de la sollicitación que lo produce.

En el articulado se definen las armaduras longitudinales y transversales que generalmente se emplean en las piezas prismáticas sometidas a torsión y para las que tienen validez el método de cálculo que establece la Instrucción.

Puede emplearse malla electrosoldada, que sirve a la vez de armadura transversal y de armadura longitudinal parcial o total.

Pueden emplearse armaduras longitudinales o transversales con otra disposición, utilizando métodos de cálculo que proporcionen la misma seguridad que, el aquí establecido.

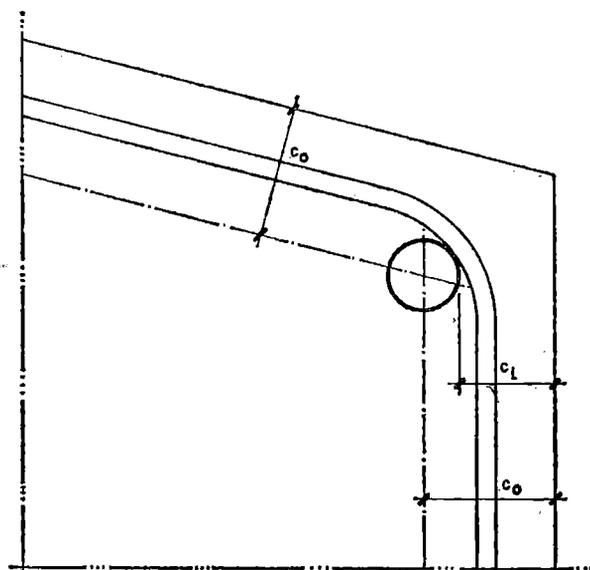


FIG. 48.2.1 RECUBRIMIENTO c_1 DE LA ARMADURA LONGITUDINAL Y DISTANCIA c_0 DEL CENTRO DE LA ARMADURA AL PARAMENTO MAS PROXIMO.

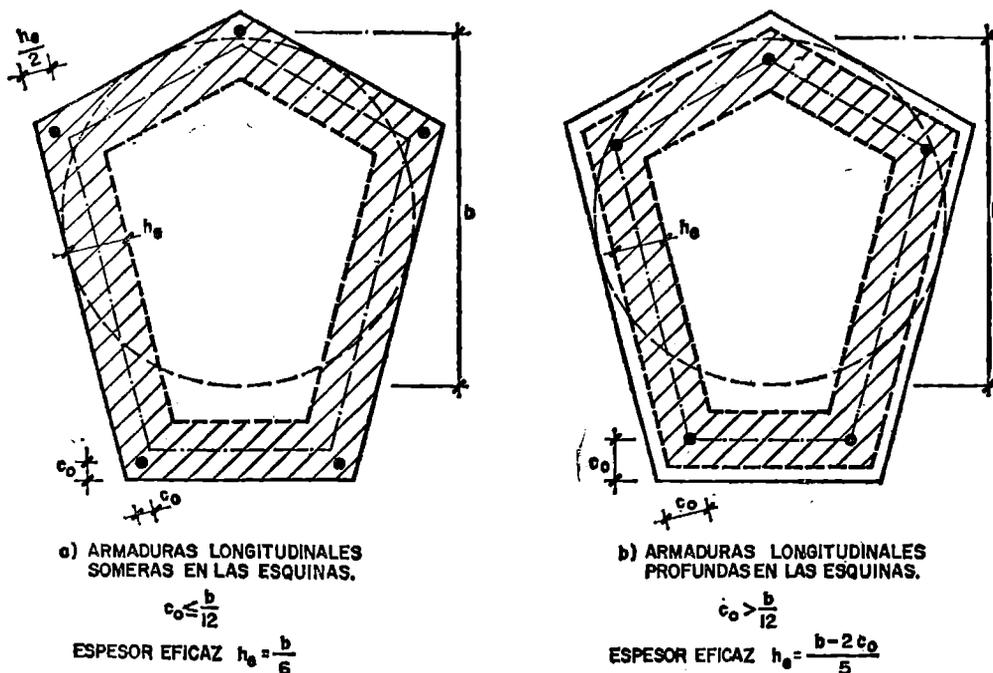
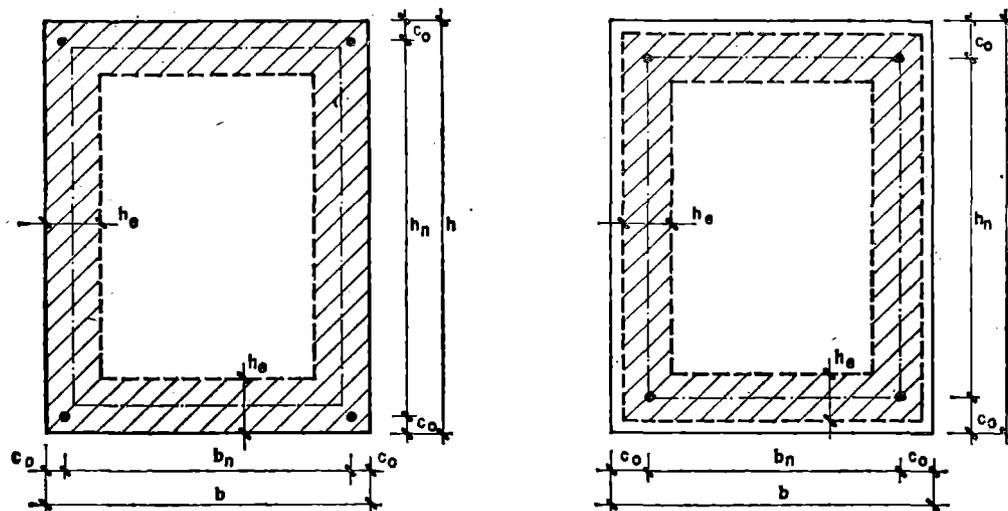


FIG. 48.2.2

SECCION MACIZA CONVEXA

DEFINICION DE SU SECCION HUECA EFICAZ



a) ARMADURAS LONGITUDINALES SOMERAS EN LAS ESQUINAS.
 $c_0 \leq \frac{b}{12}$ $h_e = \frac{b}{6}$

b) ARMADURAS LONGITUDINALES PROFUNDAS EN LAS ESQUINAS.
 $c_0 > \frac{b}{12}$ $h_e = \frac{b_n}{5}$

FIG. 49.2.3 SECCION HUECA EFICAZ DEFINIDA EN LA SECCION RECTANGULAR

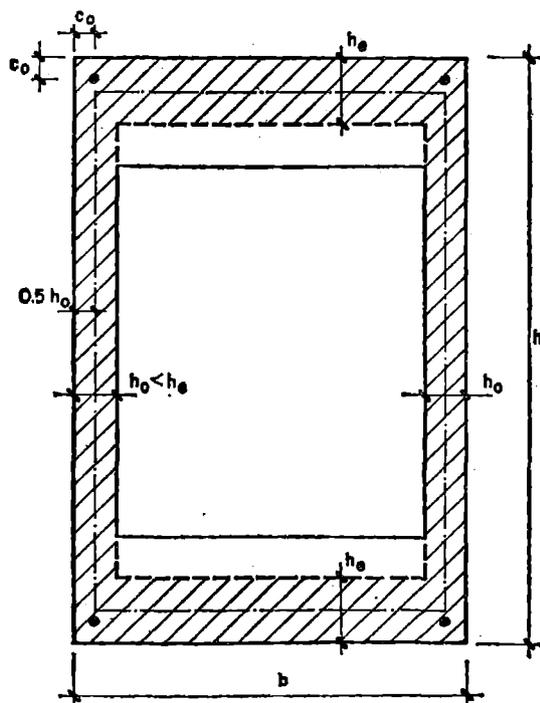


FIG. 49.2.4 SECCION HUECA CONVEXA

49.2.2. Comprobaciones relativas al hormigón

En una pieza de sección convexa maciza, cuyos ángulos sean superiores a 60° (fig. 49.2.2), se define una sección hueca eficaz, de espesor uniforme h_e , dado por:

$$h_e = \frac{b - 2c_0}{5} \geq \frac{b}{6}$$

en donde es:]

- b = diámetro de la mayor circunferencia inscribible en la sección. Si la sección es rectangular (fig. 49.2.3), «b» es su lado mínimo;
- c₀ = distancia del centro de la armadura longitudinal al paramento más próximo;
- y cuyo contorno medio está constituido por líneas paralelas

a las del contorno exterior de la sección, a la distancia $\frac{h_o}{2}$ (fig. 48.2.2.a), o c_o si fuese $c_o > \frac{h_o}{2}$ (fig. 48.2.2.b).

La condición de agotamiento por compresión del hormigón es:

$$T_d \leq T_{u1} = 0,36 f_{cd} \cdot A_c \cdot h_e \text{ con } 0,36 f_{cd} > 90 \text{ kp/cm}^2$$

siendo:

- T_d = momento torsor de cálculo en la sección;
- T_{u1} = momento torsor de agotamiento por compresión del hormigón;
- A_c = área envuelta por el contorno medio de la sección hueca eficaz;
- h_e = espesor eficaz.

En una pieza de sección convexa hueca, la sección hueca eficaz se define del mismo modo anterior. Si la sección tiene una o más paredes cuyo espesor h_o sea menor que h_e (fig. 48.2.4), la sección hueca eficaz tendrá en ellas espesor h_o y su perímetro medio estará en ellas a la distancia $0,5 h_o$ del perímetro exterior. En la condición de agotamiento se sustituye en este caso h_e por el mínimo h_o de la sección.

COMENTARIOS

Sección convexa es aquella en que la tangente en cualquier punto de su contorno exterior deja toda la sección a un mismo lado.

En el agotamiento a torsión de una pieza de hormigón armado o pretensado se producen fisuras y bielas comprimidas de hormigón entre ellas, contribuyendo solamente el hormigón incluido en la sección eficaz, como se ha puesto de manifiesto en ensayos comparativos de piezas macizas y huecas.

La tensión tangencial aparente que corresponde a la condición de agotamiento tiene el valor:

$$0,18 f_{cd} > 45 \text{ kp/cm}^2$$

que concuerda con la obtenida en ensayos efectuados sobre piezas muy armadas.

Si en una sección un ángulo del contorno exterior es de 60° o menos puede tomarse como sección hueca eficaz la de contorno circular tangente de diámetro «b» y de espesor «h_e».

En secciones huecas de gran tamaño, la armadura longitudinal debe distribuirse entre la cara exterior y la interior de las paredes, para evitar fisuraciones.

En una pieza de sección no convexa, maciza o hueca, que pueda descomponerse en rectángulos, se determinará en cada rectángulo el espesor eficaz, según se ha indicado. Con éstos se forma la sección hueca eficaz, suprimiendo los elementos de pared que no siguen el contorno exterior. Cada rectángulo se considerará con una longitud máxima $h = 3b$, despreciando el resto si es mayor.

En las secciones no convexas, la contribución de las partes salientes de pequeño espesor eficaz es, en general, escasa, e incluso puede ocurrir que el producto $A_c \cdot h_e$ sea mayor al no considerarla en consideración.

48.2.3. Comprobaciones relativas a la armadura

La condición de agotamiento por tracción de la armadura transversal es:

$$T_d \leq T_{u2} = \frac{2A_c A_t}{s} f_{td}$$

en donde:

- T_d = momento torsor de cálculo;
- T_{u2} = momento torsor de agotamiento por tracción de la armadura transversal;
- A_c = área envuelta por el contorno medio de la sección hueca eficaz;
- A_t = área de la sección de una de las barras, de los cercos o de la malla, que constituyen la armadura transversal;
- s = separación entre cercos o entre barras de la malla;
- f_{td} = resistencia de cálculo del acero de la armadura transversal ($> 4.200 \text{ kp/cm}^2$).

La armadura longitudinal puede estar constituida por tendones pretensados que cumplan la condición $f_{py} - \sigma_p \approx f_y$ y por armaduras pasivas. La condición de agotamiento por tracción de la armadura longitudinal es:

$$T_d \leq T_{u3} = \frac{2A_c}{u} (A_{pt} \cdot f_{pd} + A_{st} f_{yd})$$

en donde:

- T_{u3} = momento torsor de agotamiento por tracción de la armadura longitudinal;
- u = perímetro del contorno medio de la sección hueca eficaz;
- A_{pt} = área de la sección de todos los tendones;
- f_{pd} = resistencia de cálculo del acero de los tendones;
- A_{st} = área de la sección de todas las armaduras pasivas;
- f_{yd} = resistencia de cálculo del acero de la armadura pasiva.

COMENTARIOS

Conviene recordar que para resistir la torsión solamente son efectivas las armaduras dispuestas junto a las caras de las piezas, no siendo conveniente que c_o sea superior a $\frac{b}{6}$, porque se reduce la eficacia de esta armadura y la del hormigón.

Las dos condiciones de agotamiento admiten que las bielas comprimidas del hormigón forman un ángulo de 45° con la directriz de la pieza, en cada una de las paredes de la sección hueca eficaz.

Si conviene adoptar la hipótesis de que forma un ángulo diferente de 45°, pero no menor de 30° ni mayor de 60°, los momentos torsores de agotamiento son:

$$T_{u2} = \frac{2A_c \cdot A_t}{s \operatorname{tg} \alpha} f_{td}$$

$$T_{u3} = \frac{2A_c \cdot \operatorname{tg} \alpha}{u} (A_{pt} f_{pd} + A_{st} f_{yd})$$

En este caso, la tensión tangencial aparente (comentario 48.2.2) debe limitarse a: $0,18 f_{yd} \operatorname{sen} \alpha \operatorname{cos} \alpha$ con $0,18 f_{yd} > 45 \text{ kp/cm}^2$.

48.2.4. Torsión y flexión

Si una sección sometida a torsión, con momento torsor de cálculo T_d , está, además, sometida a flexión, con esfuerzo cortante reducido V_{rd} (véase 48.1.3.2), la condición de agotamiento por compresión del hormigón es:

$$\frac{T_d}{T_{u1}} + \frac{V_{rd}}{V_{u2}} \leq 1$$

en donde:

- T_{u1} = momento torsor de agotamiento por compresión del hormigón, definido en 48.2.2.
- V_{u2} = esfuerzo cortante de agotamiento por compresión del hormigón, definido en 48.1.3.4.2.

La armadura longitudinal se determina separadamente para el momento torsor y el momento flector, y se superponen, teniendo en cuenta que la de torsión debe distribuirse uniformemente en el contorno de la sección y la de flexión en la zona de tracción y, si se requiere, en la de compresión.

COMENTARIOS

La armadura longitudinal que así resulta queda del lado de la seguridad.

CAPITULO IX

Estado límite último de pandeo

ARTICULO 49. ESTADO LIMITE ULTIMO DE PANDEO

La comprobación a pandeo de piezas sometidas a una fuerza N de compresión centrada o excéntrica se realizará según el método expuesto en el artículo 40 de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

De esta forma se comprobarán los elementos de estructuras en los que no se pueden despreciar los efectos de segundo orden.

La aplicación de este método se limita a soportes y a estructuras formadas por soportes y vigas, en las que se pueden despreciar los efectos de torsión.

COMENTARIOS

Las piezas susceptibles de presentar una inestabilidad de forma podrán comprobarse con el método descrito a continuación:

a) La solicitación de cálculo obtenida a partir de las hipótesis de carga, definidas en el artículo 42, no superará la mitad de la solicitación última, valorada según se indica a continuación. Esta comprobación se realizará en todas las fases de construcción y de servicio.

b) La solicitación última se valora en la hipótesis de un comportamiento elástico y lineal de los materiales (carga crítica de EULER, considerando para el módulo de deformación longitudinal del hormigón los valores siguientes:

b.1) En fase de servicio y bajo cargas de larga duración, se tomará:

$$E_{vj} = 8500 \sqrt{f_j}$$

(E_{vj} y f_j están expresados en kp/cm^2 .)

b.2) En fase de servicio y bajo cargas de larga y corta duración se tomará:

$$\frac{1}{E} = \frac{S_L}{E_{vj}} + \frac{S_C}{E_{ij}}$$

siendo:

S_L = solicitación de cálculo bajo cargas de larga duración;

S_C = solicitación de cálculo bajo cargas de corta duración;

E_{vj} = módulo de deformación longitudinal diferido del hormigón = $8500 \sqrt{f_j}$;

E_{ij} = módulo de deformación longitudinal instantánea del hormigón = $21000 \sqrt{f_j}$.

b.3) En fase de construcción un módulo intermedio entre E_{ij} y E_{vj} , habida cuenta del periodo de tiempo de aplicación de la carga (se tomará E_{vj} cuando la carga esté aplicada un mínimo de 24 horas).

El método indicado tiene carácter general y es aplicable, en particular, al pandeo lateral de vigas prefabricadas antes de la solidarización entre ellas mismas o con el resto de la estructura.

Este método de cálculo corresponde a pandeo en régimen elástico. Cuando se prevea la posibilidad de pandeo en régimen plástico se realizarán las comprobaciones oportunas.

CAPITULO X

Cálculos relativos a los estados límites de fisuración

ARTICULO 50. OBTENCION DE LOS EFECTOS DE LAS ACCIONES

50.1. Consideraciones generales

A efectos de las comprobaciones relativas a los estados límites de fisuración, los efectos de las acciones están constituidos por las tensiones, σ , y las aberturas máximas de fisuras, w , en su caso, que aquéllas ocasionan en las secciones de una pieza.

En general, tanto σ como w se deducen a partir de las acciones de cálculo (que en este caso son iguales a las características) de acuerdo con las hipótesis de carga indicadas en el artículo 42 para los estados límites de utilización.

Las solicitaciones se obtendrán a partir de las acciones según lo expuesto en 50.2, 50.3 y 50.4, y las tensiones o abertura de fisuras según las prescripciones de 51.4, 51.5 y 51.6, si se trata de solicitaciones normales; del artículo 52 para esfuerzos cortantes, y del artículo 53 para esfuerzos de torsión.

COMENTARIOS

En el artículo 42 se establece que las acciones de cálculo se deducen de las características con $\gamma_f = 1$. No obstante en clase I, el proyectista podrá, en casos especiales, aumentar, a su criterio, el valor de γ_f .

50.2. Acciones directas

Como norma general, la determinación de las solicitaciones se efectuará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados con las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad, considerando los elementos de la estructura con la sección bruta definida en 51.2.2. Se admite la obtención de solicitaciones por métodos no elásticos para las estructuras proyectadas en clase III, siempre que se estudie con cuidado sus condiciones de fisuración.

A los efectos de 51.4, 51.5 y 51.6 conviene separar los efectos de las cargas permanentes de los producidos por las variables; así como en el caso de armaduras activas postesas, los efectos de las acciones aplicadas antes de la inyección de los conductos de pretensado de los producidos por el resto de las acciones.

COMENTARIOS

50.3. Acciones indirectas

Las solicitaciones debidas a deformaciones impuestas se calcularán en el supuesto de comportamiento elástico de los materiales o, si ha lugar, teniendo en cuenta deformaciones no lineales producidas por la fisuración, si la estructura se proyecta en clase III.

COMENTARIOS

En general, para el cálculo de las solicitaciones producidas por deformaciones impuestas puede despreciarse el efecto de redistribución producido por la fisuración y realizar todos los cálculos en el supuesto de régimen elástico. En particular, en las estructuras proyectadas en clase I no se permite, a efectos de los cálculos relativos a los estados límites de fisuración, considerar redistribuciones de esfuerzos respecto a los que se deducen por métodos elásticos.

50.4. Acciones debidas al pretensado

Las solicitaciones producidas por el pretensado están constituidas por los esfuerzos que las acciones del pretensado (véase 37.3) producen sobre las secciones del hormigón, excepción hecha de la propia armadura activa, y teniendo en cuenta, en cada fase, el valor real de la fuerza de pretensado. Estas solicitaciones se calcularán a partir de los principios de la mecánica racional, complementados con las teorías de la resistencia de materiales y de la elasticidad, considerando los elementos de la estructura con la sección bruta definida en 51.2.2.

A los efectos de 51.4, 51.5 y 51.6, las acciones debidas al pretensado se obtendrán a partir de los valores de la fuerza de pretensado que se indican a continuación:

- Para armaduras postesas, la fuerza inicial de pretensado será igual a la que resulte, en cada sección, una vez finalizadas las operaciones de tesado; antes, por tanto, de inyectadas las vainas correspondientes.
- Para armaduras pretesas podrá seguirse uno de los dos procedimientos indicados a continuación:

- a) la fuerza inicial de pretensado es igual a la aplicada a las armaduras al tesarlas sobre la bancada, antes de proceder al destesado y corte de las mismas;
- b) la fuerza inicial de pretensado es igual a la que resulta en las armaduras activas después de proceder al destesado y corte de las mismas, en el supuesto de actuación aislada de las acciones debidas al pretensado.

COMENTARIOS

Siguiendo las indicaciones dadas en 51.4 a 51.6, los efectos de las acciones (σ y w) quedan correctamente resueltos si las solicitaciones, obtenidas según se ha expuesto en el articulado, se aplican a las secciones allí indicadas.

En general, para elementos con armadura pretesa es más práctico utilizar el método indicado en a) para el cálculo de las solicitaciones. El conocimiento de la fuerza real de pretensado, una vez cortadas las armaduras, es necesario solamente a efectos de un cálculo correcto de las pérdidas por relajación, admitiéndose calcularlas de forma aproximada, ligeramente por exceso, a partir del valor de la tensión inicial en bancada.

ARTICULO 51. FISURACION POR SOLICITACIONES NORMALES

51.1. Consideraciones generales

Las comprobaciones correspondientes a los estados límites relativos a la fisuración bajo solicitaciones normales habrán de plantearse de acuerdo con lo indicado en el 40.3 y tienen por objeto que el comportamiento de la estructura en relación con la fisuración se ajuste a lo allí expuesto. Una vez obtenidas las solicitaciones según lo especificado en el artículo 50, las tensiones o aberturas de fisuras se calcularán según se indica en 51.4, 51.5 y 51.6, a partir de las secciones relacionadas en 51.2.

COMENTARIOS

51.2. Definición de la sección

51.2.1. Dimensiones de la sección

Para los cálculos correspondientes a los estados límites de fisuración, las secciones se considerarán con sus dimensiones reales en la fase analizada, de acuerdo con las prescripciones indicadas a continuación, cualquiera que sea la forma de la sección transversal de la pieza en estudio.

COMENTARIOS

51.2.2. Sección bruta

Se entiende por sección bruta la que resulta de las dimensiones reales de la pieza, sin deducir los huecos correspondientes a las armaduras activas ni considerar el efecto de solidarización de las pasivas.

COMENTARIOS

Véase el primer párrafo del comentario 51.2.3.

51.2.3. Sección neta

Se entiende por sección neta la obtenida a partir de la bruta, deduciendo los huecos longitudinales practicados en el hormigón (tales como entubaciones o entalladuras para el paso de las armaduras activas de piezas con armaduras postesas o de sus anclajes) y considerando el efecto de la solidarización de las armaduras pasivas, para lo que se escogerán los coeficientes de equivalencia de acuerdo con los criterios expuestos en 51.2.4.

COMENTARIOS

Una armadura queda solidarizada al hormigón desde el momento en que, por adherencia, quedan impedidos los deslizamientos entre ambos materiales. El efecto de solidarización de una armadura con una sección de hormigón se tiene en cuenta, en el cálculo, sumando al área de esta última, la de la armadura, multiplicada por el coeficiente de equivalencia. Al hecho de considerar este efecto en el cálculo se llama «solidarizar una armadura».

Para determinar la deformabilidad de un elemento por flexo-compresión pueden considerarse las secciones sin deducción de huecos; por el contrario, para el cálculo de las tensiones soportadas por la sección será necesario deducir los huecos longitudinales, pudiendo desprejiciarse, en relación con los estados límites de fisuración por solicitaciones normales, el efecto de los taladros transversales, tales como los correspondientes al pretensado de almas, losas, etc. La precaución de deducir las secciones de las vainas tiene por objeto esencialmente el evitar excesos de compresión durante las operaciones de tesado en las zonas que rodean a las armaduras activas o a sus anclajes.

51.2.4. Sección homogeneizada

Se entiende por sección homogeneizada la que se obtiene a partir de la sección neta definida en 51.2.3, al considerar el efecto de solidarización de las armaduras longitudinales activas adherentes.

Esta solidarización se considerará efectiva a partir del momento en el que las armaduras de pretensado queden adheridas (por sí o por inyección) al hormigón y se asegure que no hay peligro de deslizamiento entre ambos.

Para el cálculo de estados límites que se alcanzan por la actuación de acciones de corta duración puede tomarse como coeficiente de equivalencia para las armaduras de pretensado u ordinarias, la relación del módulo de elasticidad del acero al módulo de deformación longitudinal instantáneo del hormigón. Para acciones de larga duración se tendrá en cuenta el comportamiento a fluencia del hormigón.

COMENTARIOS

A título indicativo, bajo la acción de las cargas variables de corta duración, puede tenerse en cuenta la variación de tensión de las armaduras de pretensado, homogeneizando la sección con el valor $n = 5$ del coeficiente de equivalencia, que corresponde sensiblemente a la relación de los dos módulos.

Para los cálculos correspondientes a cargas de larga duración, el valor $n = 10$ constituye una buena media.

Se llama la atención sobre el carácter aproximado del cálculo del coeficiente de equivalencia a partir del módulo de deformación diferido. Este método no es correcto más que si la tensión en el hormigón se mantuviese constante.

Se recuerda que si existen armaduras activas no adherentes, éstas no pueden solidarizarse con el resto de la sección.

51.2.5. Sección eficaz

Se entiende por sección eficaz la formada por la zona comprimida del hormigón y las áreas de las armaduras longitudinales, tanto activas adherentes como pasivas, multiplicadas por el correspondiente coeficiente de equivalencia, de acuerdo con lo indicado en el apartado anterior.

COMENTARIOS

Se recuerda que la posición de la fibra neutra en la sección, eficaz se ha de calcular en el supuesto de comportamiento elástico del hormigón comprimido.

51.3. Cuantía mínima de armaduras longitudinales

En todas las clases, incluida la clase I, para prevenir el riesgo de fisuración por retracción antes de la aplicación del pretensado y para distribuir uniformemente eventuales tensiones de tracción, la cuantía geométrica de las armaduras pasivas más las pretesas adherentes, si existen, deberá ser, por lo menos, igual a 0,1 por 100 en el caso de losas y placas y 0,15 por 100 en el caso de vigas u otros elementos.

Esta armadura mínima se distribuirá adecuadamente por toda la sección. Se recomienda utilizar para la armadura pasiva barras corrugadas de pequeño diámetro.

COMENTARIOS

51.4. Estado límite de descompresión

Los cálculos relativos al estado límite de descompresión consisten en la comprobación de que, bajo las solicitaciones más desfavorables deducidas según el artículo 50, no se alcanza la descompresión del hormigón en ninguna fibra de la sección.

Las tensiones se obtendrán a partir de las características mecánicas de las secciones que se indican a continuación:

a) Solicitaciones producidas por acciones directas:

1. En elementos con armaduras pretesas adherentes, la sección homogeneizada.
2. En elementos con armaduras postesas adherentes:
 - la sección neta, para todas las acciones aplicadas con anterioridad al establecimiento de la adherencia entre armaduras activas y hormigón;
 - la sección homogeneizada, para el resto de las acciones,

3. En elementos con armaduras postesas no adherentes, siempre la sección neta.

b) Solicitaciones producidas por acciones indirectas:

Es de aplicación lo indicado en a).

c) Solicitaciones producidas por el pretensado:

1. En elementos con armaduras pretesas adherentes, si las acciones debidas al pretensado se obtienen según el supuesto a) de 50.4, las tensiones se deducirán a partir de las secciones homogeneizadas. En el supuesto b) del mismo apartado, las tensiones se deducirán a partir de las secciones netas.
2. En elementos con armaduras postesas adherentes, las tensiones producidas por las acciones debidas al pretensado inicial y a las pérdidas existentes antes de la

inyección se obtendrán a partir de las secciones netas; las producidas por las pérdidas que se ocasionan después de establecida la adherencia se obtendrán a partir de la sección homogeneizada. Por simplificación se admite deducir las tensiones debidas al pretensado y a todas sus pérdidas a partir solamente de la sección neta.

3. En elementos con armaduras postesas no adherentes, las tensiones debidas al pretensado se deducirán siempre a partir de las secciones netas.

COMENTARIOS

Normalmente, la comprobación en el estado límite de descompresión debe efectuarse, de acuerdo con 40.3, en clase I para todas las solicitaciones provocadas por la combinación más desfavorable de cargas permanentes y de cargas variables y en clase II para la combinación más desfavorable de las cargas permanentes y de las cargas variables frecuentes.

El cálculo equivale a comprobar que el centro de presión se mantiene en el interior del núcleo central.

51.5. Estado límite de aparición de fisuras

A partir de las solicitaciones calculadas, según se indica en el artículo 50, las comprobaciones que deben realizarse válidas para las estructuras lineales y las planas con cargas normales a su plano medio (placas y losas) son las indicadas en 51.5.1 y 51.5.2. Para otros tipos de estructuras es de aplicación el 51.5.3.

COMENTARIOS

51.5.1. Aparición de fisuras por tracción

Se comprobará que la tensión del hormigón en tracción, calculada en sección no fisurada en las mismas hipótesis expuestas en 51.4, está limitada a $f_{ct,k}$ (véase 11.3).

Las armaduras, tanto pasivas como activas, adherentes pretesas, que habrá que disponer en la zona de tracción, deberán ser de pequeño diámetro y estar convenientemente repartidas para asegurar una distribución óptima de las eventuales fisuras, y sus secciones A_s y A_p , expresadas en cm^2 , cumplirán, en cualquier caso, la doble condición:

$$(A_s \cdot f_{yd} + A_p \cdot f_{pd}) \geq \frac{20}{z} \cdot W$$

$$(A_s + A_p) \geq \frac{A_{ct}}{200}$$

donde:

z = brazo mecánico de las fuerzas elásticas (en cm);
 f_{yd} = resistencia de cálculo de la armadura pasiva (en kp/cm^2);
 f_{pd} = resistencia de cálculo de la armadura activa (en kp/cm^2);
 W = módulo resistente de la sección bruta de hormigón (en cm^3);
 A_{ct} = área de la zona de la sección de hormigón sometida a tracción (en cm^2).

COMENTARIOS

La comprobación del estado límite de aparición de fisuras corresponde a las estructuras proyectadas en las clases II y III, según las indicaciones de 40.3.

Se recuerda que, en general, los valores de cálculo de las solicitaciones se obtienen con $\gamma_f = 1$. El pretensado se considerará con su valor ponderado correspondiente.

Se recuerda que la armadura mínima A_s no debe incluir, en ningún caso, tendones no adherentes, ya que la contribución de éstos en la limitación y distribución de la fisuración es prácticamente nula.

51.5.2. Aparición de fisuras por compresión

El método propuesto consiste en comprobar que, bajo las solicitaciones máximas correspondientes a la fase en estudio, no se alcanzan en el hormigón tensiones de compresión capaces de producir su micro-fisuración longitudinal.

Las hipótesis de comprobación son las siguientes:

- el diagrama de tensiones-deformaciones del hormigón se supone rectilíneo;

- la tensión capaz de producir la microfisuración longitudinal del hormigón se toma igual a:

$$f_{cu,j} = \frac{f_{ct,j}}{1,6}$$

donde:

$f_{ct,j}$ = valor supuesto en el proyecto para la resistencia característica a j días (edad del hormigón en la fase considerada);

- las tensiones se calculan a partir de la sección neta.

Por lo que respecta a las acciones, las cargas permanentes deben calcularse adoptando los valores más bajos previsibles y la fuerza de pretensado, con su valor ponderado.

Esta comprobación exime de la del estado límite último de rotura, para la fase de construcción considerada, con acciones mínimas (véase 40.4).

COMENTARIOS

La comprobación propuesta permite llegar, con cargas correspondientes a las fases de construcción, a valores elevados de las compresiones en el hormigón. Para la estructura en servicio, tales compresiones, limitadas a través de cálculos correspondientes al estado límite de agotamiento por solicitaciones normales, son más reducidas. Ello es debido a que, en general, una rotura en fases de construcción es mucho menos peligrosa que en fase de servicio.

51.5.3. Estructuras que no sean lineales ni superficiales planas

Para las estructuras o elementos estructurales, no formados por piezas lineales, ni por losas, ni por placas, a falta de estudios rigurosos sobre la formación de fisuras en tales estructuras, se recomienda proyectarlas de forma que las tensiones de tracción, calculadas en las hipótesis indicadas en los artículos 50 y 51, resulten siempre inferiores a $15 \text{ kp}/\text{cm}^2$.

COMENTARIOS

51.6. Estado límite de fisuración controlada

Los cálculos relativos al estado límite de fisuración controlada (o abertura de fisuras) consisten en comprobar que las aberturas calculadas de las fisuras en los diversos elementos estructurales de la obra, bajo el efecto de las solicitaciones indicadas en el artículo 50, no sobrepasan los valores límites siguientes:

$w_{lim} = 0,1 \text{ mm}$ en el caso de elementos estructurales expuestos a la intemperie, o interiores en atmósfera húmeda o medianamente agresiva, bien ventilada;

$w_{lim} = 0,2 \text{ mm}$ en el caso de elementos estructurales interiores, en atmósfera normal.

A efectos de la comprobación del estado límite de fisuración controlada, las aberturas máximas de las fisuras se deducirán según las siguientes expresiones, válidas para barras corrugadas (no se recomienda la utilización de barras lisas):

- a) En el caso de cargas no repetidas o con pocas repeticiones:

$$w_{max} = (\Delta \sigma_s - 400) \cdot 10^{-4} \leq w_{lim}$$

- b) En caso de cargas repetidas más de un centenar de veces con su valor máximo:

$$w_{max} = \Delta \sigma_s \cdot 10^{-4} \leq w_{lim}$$

En estas expresiones:

w_{max} , w_{lim} = representan, respectivamente, la abertura máxima y la abertura límite de las fisuras, expresadas en mm;

$\Delta \sigma_s$ = la variación de la tensión, expresada en kp/cm^2 , de las armaduras de tracción a partir del estado de neutralización si se suponen actuando las solicitaciones de cálculo sobre la sección eficaz definida en 51.2.5 (ver figura 51.6).

LEY 3.- TENSIONES PRODUCIDAS SOBRE EL HORMIGON DE LA SECCION EFICAZ BAJO LA ACTUACION DE LAS SOLICITACIONES EXTERIORES Y P_n APLICADA COMO COMPRESION

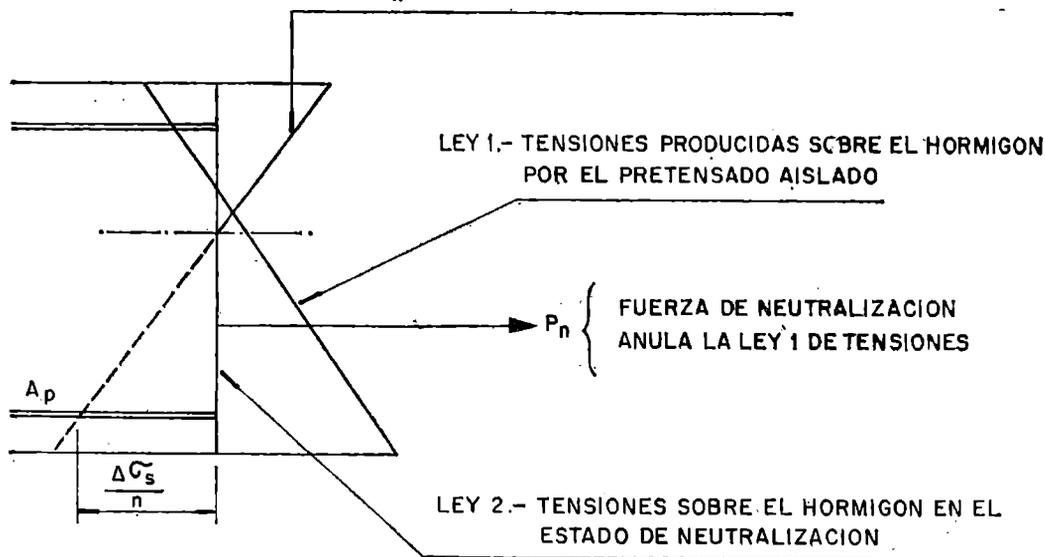


Fig. 51.6

En la zona de tracción deben disponerse siempre armaduras (barras corrugadas pasivas o activas adherentes pretesas) que satisfagan las prescripciones de 51.5.1.

COMENTARIOS

La comprobación relativa a los estados límites de abertura de fisuras es particularmente importante en el caso de estructuras hiperestáticas (vigas continuas, pórticos, placas, etc.), en las que los esfuerzos se hayan obtenido utilizando métodos de cálculo en los que tenga en cuenta el comportamiento plástico de los materiales o cuando se utilizan coeficientes de redistribución.

La comprobación en los estados límites de abertura de fisuras debe efectuarse, de acuerdo con 40.3, en clase III para todas las solicitaciones provocadas por la combinación más desfavorable de las cargas permanentes y las cargas variables. No se admite el proyecto de estructuras en clase III si éstas van a estar en ambiente agresivo o en el caso en que sean de temer fenómenos de fatiga.

Las limitaciones impuestas en clase III a la abertura de las fisuras y, conjuntamente, a la variación de la tensión en las armaduras, tienen en cuenta la imprecisión inevitable que, en presencia de una cuantía de acero ordinario mayor que en clase I y II, acompaña a la obtención del valor permanente de la fuerza de pretensado, así como los riesgos que de tal imprecisión se derivan: abertura prematura de fisuras, corrosión de las armaduras (en particular, de los aceros de pretensado), etc.

ARTICULO 52. LIMITACION DE LA FISURACION POR ESFUERZO CORTANTE

Cuando en estructuras proyectadas en clase I se desee limitar la probabilidad de aparición de fisuras de alma, se recomienda que la tensión principal de tracción σ_{td} quede limitada a:

$$\sigma_{td} \leq \frac{f_{ck}}{35}$$

disponiendo pretensado vertical, si ello es necesario.

Para los elementos proyectados en clases II o III, siempre que se desee evitar la abertura y extensión excesiva de las fisuras del alma, deben disponerse armaduras transversales formadas por redondos de pequeño diámetro, sensiblemente paralelos a la tensión principal de tracción, repartidos de forma regular y a distancias tan cortas como sea prácticamente posible.

COMENTARIOS

Se recuerda que, en general, la tensión σ_{td} se obtendrá a partir de las acciones de cálculo con $\gamma_f = 1$ y el pretensado con su valor ponderado.

ARTICULO 53. LIMITACION DE LA FISURACION POR TORSION

Cuando la torsión sea una solicitación principal y el valor de T_d sea superior o igual a $0,6 T_{u1}$, siendo T_{u1} el menor de los valores de T_{u2} y T_{u3} (véase 48.2.3), se limitará la separación de armaduras transversales, a fin de controlar la fisuración al menor de los valores siguientes:

- la mitad de la menor dimensión transversal de la pieza;
- el tercio de la mayor dimensión transversal de la pieza;
- 20 cm.

COMENTARIOS

CAPITULO XI

Cálculo relativo al estado límite de deformación

ARTICULO 54. CONSIDERACIONES GENERALES

El estado límite de deformación, como estado límite de servicio, viene definido en 40.3 y los coeficientes de seguridad que para este estado deben adoptarse se indican en el artículo 41.

La comprobación del estado límite de deformación tendrá que realizarse en los casos en que las deformaciones puedan ocasionar la inutilización de la construcción, por razones funcionales, estéticas u otras.

El método de cálculo consiste en integrar las deformaciones debidas a las diferentes solicitaciones.

Para dicho cálculo deberán distinguirse en el elemento considerado las siguientes zonas:

- A. Zona no fisurada.
- B. Zona fisurada en la que las deformaciones del hormigón y el acero están en régimen elástico.
- C. Zona fisurada en la que las deformaciones del acero o del hormigón se sitúan fuera del régimen elástico.

El método general de cálculo propuesto para la comprobación del estado límite de deformación es aplicable solamente cuando en el elemento considerado no exista zona C.

COMENTARIOS

En el Capítulo VI se han establecido las bases generales de cálculo. En ellas se incluyen las relativas al estado límite de deformaciones. El presente artículo se refiere especialmente a los puntos más importantes de dicho capítulo.

El método general de cálculo que se prescribe en el artículo obliga a que, por ejemplo, las flechas debidas a flexión se obtengan por doble integración de la curvatura a lo largo de las piezas; las flechas debidas a esfuerzo cortante se calculen por simple integración de las distorsiones, etc.

ARTICULO 55. ELEMENTOS SOLICITADOS A FLEXION

Las piezas de hormigón pretensado se proyectarán con la rigidez necesaria para evitar que sus deformaciones puedan afectar al servicio que tales piezas deban rendir, impidiendo o dificultando su adecuada utilización en las condiciones previstas.

Las flechas debidas a flexión se deducirán a partir de la doble integración de las curvaturas a lo largo de la pieza, debiendo distinguirse, para su cálculo, si las cargas que las producen son de corta o larga duración, ya que en este último caso la fluencia del hormigón juega un papel importante.

Para el cálculo se adoptará, como módulo de deformación longitudinal del hormigón, el valor definido en 35.7.

COMENTARIOS

No es posible fijar, con toda generalidad, los valores máximos de las flechas admisibles, ya que dependen de la función que las piezas deban cumplir y, en consecuencia, pueden ser muy dispares, según dicha función.

En general, en el cálculo de flechas sólo se tendrán en cuenta las producidas por la flexión. En algún caso, sin embargo, pueden tener importancia las deformaciones producidas por el esfuerzo cortante, sobre todo en piezas con almas relativamente delgadas.

55.1. Cálculo de flechas bajo cargas de corta duración

La curvatura de las piezas o elementos estructurales en zona A, definida en el artículo 54, podrá suponerse igual a:

$$\chi = \frac{M}{E_c I}$$

siendo E_c el valor del módulo de deformación longitudinal secante definido en 35.7, y teniendo en cuenta que antes de establecer la adherencia de las armaduras activas, se tomarán como valores característicos de la sección los correspondientes a la sección bruta y los de la homogeneizada después de establecer dicha adherencia.

En zona B, caracterizada por la fisuración por tracción, deberá tenerse en cuenta la disminución de rigidez del elemento en dicha zona.

COMENTARIOS

El método general de cálculo de flechas debidas a flexión consiste en establecer la ley de variación de curvatura de la pieza, determinando la deformación por doble integración.

En la zona de la pieza no fisurada, o sea, en zona A, la relación momento-curvatura del articulado puede considerarse suficientemente aproximada. A este respecto se recuerda que en las estructuras o piezas en clase I y II, así como en las de clase III bajo cargas permanentes, no hay fisuración. Solamente en las estructuras en clase III sometidas a cargas variables se admite la fisuración; en este caso, que da lugar a la zona B, la fisuración disminuye la rigidez del elemento, aumentando, por tanto, la curvatura.

La separación de ambas zonas viene definida por la sección en la que se verifica que la tensión de tracción del hormigón en la fibra extrema alcanza la resistencia característica a tracción. En la zona de la pieza fisurada, la contribución del hormigón en tracción, entre fisuras, da lugar a un aumento de la rigidez sobre la teórica que se obtiene en la hipótesis de contribución nula del hormigón en tracción. En este caso teórico, la curvatura puede determinarse de la siguiente forma:

$$\chi = \frac{\sigma_c}{X E_c}$$

siendo σ_c la tensión de compresión en la fibra extrema de la sección y X la profundidad de la fibra neutra.

En dicha zona B, la curvatura real es superior al valor deducido de esta última expresión. Sin embargo, la contribución del hormigón en tracción puede venir disminuida por el efecto de las acciones repetidas y de valor elevado, lo que puede dar lugar a un aumento de las flechas.

Se recuerda también la influencia que a todos los efectos puede dar lugar el fenómeno de la retracción del hormigón, sobre todo en el caso de fuertes disimetrías de las armaduras longitudinales o por gradientes de retracción entre diferentes partes de la pieza.

55.2. Cálculo de flechas bajo cargas de larga duración

Puede admitirse que la curvatura de las piezas o elementos de la estructura bajo cargas de larga duración es proporcional a la producida por esas mismas cargas, supuestas de corta duración.

COMENTARIOS

Debido al fenómeno de fluencia del hormigón, las deformaciones pueden aumentar considerablemente bajo cargas de larga duración.

En general, resulta suficientemente aproximado suponer que las flechas bajo cargas de larga duración son proporcionales a las producidas por esas mismas cargas, supuestas de corta duración, pudiéndose adoptar como orden de valores de los factores de proporcionalidad los siguientes:

a) Para las cargas aplicadas desde el momento en que se termine la construcción;

- en climas húmedos y suaves: 2;
- en climas secos: 3.

Estos valores pueden reducirse a 1,5 y 2, respectivamente, si las cargas comienzan a actuar transcurridos seis meses como mínimo desde la fecha de terminación del hormigonado de la pieza.

b) En caso de que exista armadura de compresión pueden reducirse los valores antes citados.

ARTICULO 56. ELEMENTOS SOLICITADOS A TORSION

El giro de las piezas o elementos lineales sometidos a torsión podrá deducirse por integración de los giros por unidad de longitud deducidos de la expresión:

$$\theta = \frac{T_d}{0,3 E_c I_T}$$

siendo E_c el módulo de deformación longitudinal secante definido en el artículo 35.7 e I_T el momento de inercia de torsión de la sección bruta de hormigón.

Una vez fisurada la pieza, la rigidez a torsión disminuye considerablemente, pudiéndose adoptar como denominador de la expresión anterior el valor de $0,10 E_c I_T$.

Bajo cargas de larga duración puede admitirse que los giros por unidad de longitud son proporcionales a los producidos por esas mismas cargas, supuestas, de corta duración.

CAPITULO XII

Zonas de anclaje

ARTICULO 57. GENERALIDADES

En las zonas de anclaje de las armaduras activas no son de aplicación para el cálculo de tensiones las hipótesis de la resistencia de materiales.

Si se trata de piezas, tales como vigas, en cuyos extremos pueden combinarse los esfuerzos debidos a los anclajes y los producidos por las reacciones de apoyo y esfuerzo cortante, es necesario considerar dicha combinación teniendo en cuenta, además, que en el caso de armaduras pretesas el pretensado produce su efecto total solamente a partir de la longitud de transmisión.

En lo que sigue se consideran aisladamente los efectos debidos a los anclajes de las armaduras activas.

COMENTARIOS

57.1. Armaduras pretesas

Cuando el pretensado se transmite por adherencia sólo podrá emplearse el tipo de acero de pretensado que haya demostrado tener, en ensayos previos, una buena adherencia con el hormigón, debiendo poseer este último, en el momento de destensado, una resistencia característica igual o superior a 250 kp/cm².

En la zona de anclaje es preceptiva, salvo justificación experimental, la colocación de estribos que aseguren una buena transmisión de esfuerzos previstos para absorber las tensiones de tracción, evitando el riesgo de fisuración en aquella zona.

COMENTARIOS

En la zona de anclaje pueden producirse tensiones de tracción importantes, con riesgo de fisuración. Por ello se prescribe

disponer estribos en dicha zona y se recomienda que el primer estribo esté situado lo más próximo posible al extremo de la pieza y se calculen para soportar, al menos, el 4 por 100 de la fuerza máxima total del pretensado y se distribuyan en una longitud igual a $h/4$ a partir del extremo de la pieza, siendo h el canto total o dimensión máxima de la sección; dicha armadura deberá prolongarse, en menor cuantía, más allá de dicha longitud y al menos en una distancia igual a h .

57.2. Armaduras postesas

a) En las cabezas de anclaje se incluirán los dispositivos necesarios de forma que se asegure la eficacia del anclaje y la integridad local del hormigón afectado por el mismo.

Caso de no disponer dichas cabezas de anclaje de dispositivos propios, especialmente diseñados, se dispondrán zunchos o parrillas en las proximidades de la superficie de la pieza para evitar fisuras superficiales y desprendimientos de lajas de hormigón.

Dichas armaduras deberán ser corrugadas y se dimensionarán para soportar un esfuerzo mínimo, en cada dirección, de valor igual a $0,04 P_0$; debiendo limitarse a valores relativamente bajos las tensiones de servicio del acero (no superiores a 2.000 kp/cm^2).

La máxima tensión de compresión admisible bajo el anclaje puede basarse en la experimentación, siempre que se apoye en un gran número de ensayos y el resultado no ofrezca dudas.

Si no se dispone de dicha experimentación y se utilizan placas de reparto suficientemente rígidas para que su deformación propia pueda considerarse despreciable o se trata de la superficie de apoyo directo del anclaje sin placa de reparto, la tensión de compresión, calculada con la fuerza de pretensado P_0 , no será superior al valor siguiente:

$$0,6 f_{cj} \sqrt{\frac{A_c}{A_0}} > f_{cj}$$

en la cual:

A_c = área de la superficie de apoyo de la placa de reparto o del anclaje directo;

A_0 = área máxima de la superficie de la pieza, geoméricamente semejante y concéntrica con la placa de reparto o con el anclaje directo.

La citada tensión sólo podrá considerarse como admisible si se cumplen las dos condiciones siguientes:

- Alrededor de la superficie de contacto se dispone una banda de hormigón no sometida a cargas, cuya anchura es al menos igual a $1/4$ de la menor dimensión de dicha superficie de contacto.
- Se dispone una armadura pasiva local, suficiente para resistir las tensiones principales de tracción originadas en el hormigón.

De forma temporal puede admitirse que la tensión de compresión supere en un 25 por 100 el valor máximo antes citado.

Si el anclaje activo se encuentra embebido en el hormigón, las tensiones máximas admisibles antes indicadas se pueden superar siempre que se demuestre que una parte de la fuerza de pretensado se transmite por las superficies laterales del anclaje y se asegure la integridad del hormigón que rodea dicho anclaje.

b) En la zona de distribución de fuerzas concentradas aparecen, en general, tensiones de tracción elevadas, debiendo limitarse el valor de las mismas a fin de evitar la posible fisuración. En caso necesario deberán aumentarse las dimensiones transversales de la pieza, especialmente si se trata de unidades de tensión relativamente potentes.

Se admite que a partir de cierta distancia h de la cara extrema, la distribución de tensiones es uniforme. La distancia h se supone igual a la mayor dimensión de la sección transversal de la pieza.

Para el cálculo de tensiones puede recurrirse a la teoría de la elasticidad o resultados de estudios experimentales.

A falta de un cálculo más preciso puede suponerse que la fuerza transversal de tracción N_x viene dada por la expresión: donde:

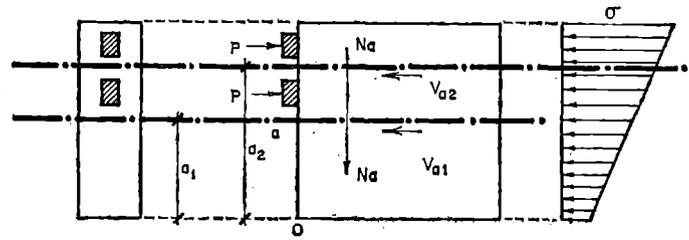
$$N_x = \alpha V_x$$

V_x = esfuerzo tangente máximo sobre una sección longitudinal a la distancia a del borde. Los valores de V_x en distintos casos, se indican en la figura 57.2;

A = área de la sección extrema;

α = coeficiente cuyo valor varía entre:

- 0,3 cuando la fuerza concentrada actúa en las proximidades de un borde de la cara extrema;
- 0,5 cuando la fuerza concentrada actúa en el centro de esta cara.



$$V_{a1} = \int_0^{a1} \sigma \cdot dA$$

$$V_{a2} = \int_0^{a2} \sigma \cdot dA - P$$

Fig. 57.2

Las armaduras complementarias para equilibrar dicha fuerza deberán ser corrugadas, limitándose las tensiones de cálculo a valores relativamente bajos y no superiores a 2.000 kp/cm^2 . Se repartirán en las zonas de tracción y se anclarán correctamente, disponiéndose una cuantía mínima no inferior al 0,3 por 100. Estas armaduras pueden también sustituirse por un pretensado transversal.

La disposición de armaduras tanto activas como pasivas debe permitir, en todo caso, una correcta ejecución del hormigón, debiéndose ampliar las dimensiones de las zonas de anclaje, si fuera necesario, sobre todo cuando se trate de piezas esbeltas y se utilicen tendones de gran potencia.

COMENTARIOS

Dentro de la zona general afectada por los anclajes de pretensado se pueden distinguir:

- Zona más directamente en contacto con los anclajes de las armaduras postesas, cuya disposición y elementos accesorios deberán ser facilitados por el suministrador del sistema de pretensado.
- Zona de distribución de las fuerzas concentradas o volúmenes afectados por dicha distribución espacial, cuyas dimensiones, esfuerzos y armaduras deben incluirse en el proyecto de la pieza.

En el articulado se incluye un procedimiento de cálculo de fuerza transversal de tracción en el caso más frecuente de pretensado en extremo de pieza de sección uniforme.

En los casos de cambios de sección, anclajes intermedios, vigas de sección no rectangular, esquinas de las zonas de anclaje, etc. conviene tomar las medidas oportunas para evitar la fisuración local, adoptando los dispositivos y armaduras convenientes.

En cualquier caso es aconsejable disponer armadura en exceso en los puntos singulares ya citados, cuya repercusión económica no es grande y cuyo aquilatariento puede aumentar la probabilidad de que se presenten problemas de difícil y costosa solución.

CAPITULO XIII

Elementos estructurales

ARTICULO 58. FORJADOS DE EDIFICACION UNIDIRECCIONALES CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGON PRETENSADO

58.1. Tipos de forjados

Se refiere este Capítulo a los forjados para pisos o cubiertas de edificación construidos con elementos prefabricados de hormigón pretensado. Pueden ser de los tipos que a continuación se indican:

a) Forjados de viguetas

Están constituidos por viguetas prefabricadas de hormigón pretensado con armaduras pretesas y entrevigado (fig. 58.1.a).

b) Forjados de viguetas adosadas

Están constituidos por viguetas de sección hueca o abierta, de hormigón pretensado con armaduras pretesas, que se colocan adosadas unidas mediante hormigón en relleno de ranuras y losa superior (fig. 58.1.b).

c) Forjados de semiviguetas

Están constituidos por semiviguetas prefabricadas de hormigón pretensado con armaduras pretesas, que se complementan con piezas resistentes o aligerantes, armaduras pasivas en los apoyos, armaduras de reparto y zonas hormigonadas «in situ» (figura 58.1.c).

COMENTARIOS

Vigueta es un elemento prefabricado autorresistente, es decir, capaz de resistir por sí solo, en dirección del vano del forjado, la totalidad de cargas que reciba éste.

Semivigueta es un elemento prefabricado semirresistente, es decir, proyectado para resistir, en colaboración con hormigón que se vierte «in situ» y a veces piezas resistentes, la totalidad de las cargas del forjado.

Las semiviguetas deben resistir las cargas de ejecución del forjado, con toda su luz, o reduciendo ésta mediante apuntalado, que la divida en dos o más partes, teniendo en cuenta las nuevas condiciones de trabajo.

Este capítulo se refiere sólo a viguetas y semiviguetas de hormigón pretensado, con armaduras pretesas ancladas por adherencia.

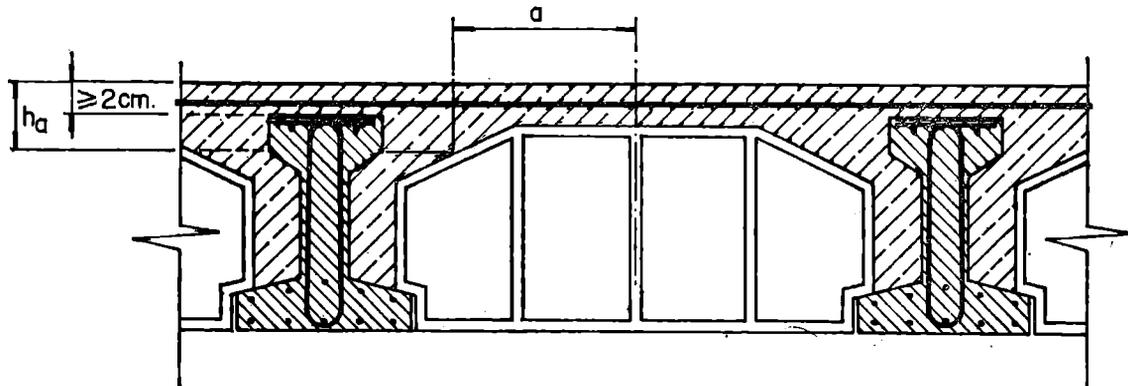


Fig. 58.1.a.—Forjado de viguetas

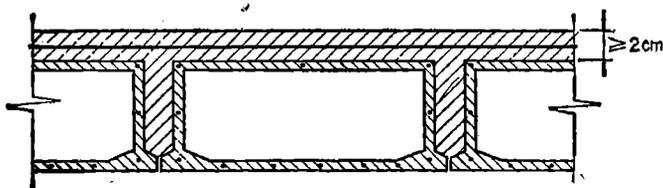


Fig. 58.1.b.—Forjado de viguetas adosadas

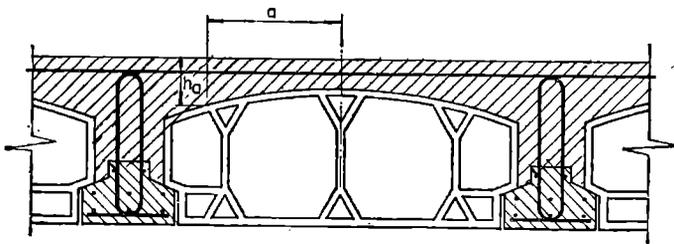


Fig. 58.1.c.—Forjado de semiviguetas

58.2. Condiciones para las viguetas y semiviguetas

Las viguetas y semiviguetas de hormigón pretensado cumplirán las siguientes condiciones:

Armaduras activas

Estarán constituidas por alambres que cumplan las condiciones de 13.3 y cuyas características adherentes le confieran una longitud de anclaje (véase 13.7) inferior a 100 veces su diámetro; o por torzales que cumplan las condiciones de 13.5 y cuyas características adherentes le confieran una longitud de anclaje inferior a 150 veces el diámetro de los alambres del torzal.

Armaduras pasivas

Las barras utilizadas para estribos, o eventualmente otras misiones, cumplirán las condiciones del artículo 12. También

podrán utilizarse como estribos los alambres y barras de pretensado que cumplan las condiciones del artículo 13.

Cuantía mínima

La cuantía mínima de la armadura longitudinal en viguetas y semiviguetas (véase 51.3) será de 0,15 por 100.

Armadura transversal

Las viguetas tendrán armadura transversal de alma que cumpla las condiciones del 48.1.3.5.1. En las semiviguetas sólo se exige armadura transversal cuando sea necesaria según 58.5.

Hormigón

El hormigón empleado en la fabricación cumplirá las condiciones exigidas en el artículo 11. La resistencia de proyecto a compresión del hormigón a la edad de 28 días no será inferior a 350 kp/cm² y a la edad del destesado de las armaduras no será inferior a 250 kp/cm².

Condiciones de cálculo

Las viguetas y semiviguetas se proyectarán para que al destesar se comporten en clase I (art. 4.º y 40.3), es decir, no se alcance el límite de descompresión. Cuando formen parte del forjado pueden, en general, comportarse en clase III (véase 40.3), a menos que se exija por razones de durabilidad u otras causas que lo hagan en clase II o clase I.

Garantía y marcas

Toda vigueta o semivigueta llevará indeleblemente marcado en sitio visible un símbolo que permita identificar los siguientes datos: fabricante, modelo, tipo y fecha de fabricación. El fabricante garantizará que las características del producto servido cumplen lo que especifica la ficha de características técnicas de los correspondientes modelo y tipo.

Instalaciones de fabricación

Las viguetas y semiviguetas se fabricarán en instalaciones industriales que reúnan las condiciones exigidas en las disposiciones del Ministerio de Industria, ajustándose a los datos de la ficha de características técnicas objeto de la autorización de uso del Ministerio de la Vivienda.

COMENTARIOS

La longitud de anclaje de alambres o torzales a que se hace referencia en el presente articulado vendrá indicada por el fabricante y determinada mediante ensayos realizados con el método indicado en el Anejo 3, utilizando hormigón de resistencia de proyecto de 250 kp/cm², que es la mínima exigida al hormigón en la edad de destesado.

La exigencia de comportamiento de clase I al destesar se justifica por los esfuerzos accidentales que las viguetas experimentan durante el transporte y puesta en obra.

Se recomienda que la resistencia de proyecto a tracción del hormigón, a la edad de 28 días, medida en ensayo brasileño, no sea inferior a 30 kp/cm².

Las disposiciones sobre la fabricación de las viguetas y semiviguetas pretensadas se encuentran en el Decreto 124/1966, de 20 de enero («BOE» de 31-1-66), y la Resolución de 31 de octubre de 1966 («BOE» de 9-11-66), y las relativas a la ficha de características técnicas en el citado Decreto y la Orden de 25 de febrero de 1966 («BOE» de 9-3-66).

La exigencia de las marcas permite reconocer que los elementos prefabricados que llegan a obra corresponden a lo que figura en el proyecto y el fabricante que garantiza sus características, según el citado Decreto. Cuando se empleen alambres o barras de pretensado como estribos debe tenerse en cuenta la limitación del 48.1.2, de que $f_{yd} > 4.200 \text{ kp/cm}^2$.

58.3. Condiciones para las piezas de entrevigado

Las piezas de entrevigado para forjados pueden ser aligerantes o resistentes.

Piezas aligerantes

Pueden fabricarse de cerámica, mortero de cemento, fibra de madera aglomerada, plástico u otro material suficientemente rígido, que no produzca daños al hormigón ni a las armaduras. La carga de rotura característica en vano de las piezas será igual o mayor que 100 kp. En el cálculo se considera que no forman parte de la sección resistente del forjado.

Piezas resistentes

Pueden fabricarse de cerámica o de hormigón y su resistencia característica a compresión será igual o mayor que 180 kp/cm² y que la resistencia característica del hormigón «in situ» empleado en el forjado. Su carga de rotura característica en vano no será inferior a 100 kp.

En el cálculo puede considerarse que forman parte de la sección resistente del forjado en las condiciones de 58.5.

Determinación de la carga de rotura característica

La carga de rotura característica en vano se determina sobre seis o más piezas enteras, después de 24 horas de inmersión en agua. La pieza se coloca con entrega de 1 cm sobre dos tabloncillos paralelos y se aplica en el centro del vano, hasta rotura, la carga sobre un tablón de 5 cm de anchura. Se obtiene el valor característico de los resultados aplicando la fórmula del estimador de 66.3.

Determinación de la resistencia a compresión

La resistencia a compresión del material de la pieza se determina en dirección paralela a los huecos, sobre seis o más probetas de pieza entera o parte de pieza representativa obtenida por corte con disco. La altura de la probeta será igual o mayor que la menor de las dos dimensiones de la sección transversal de la probeta. Las caras de presión se refrentarán adecuadamente con pasta de azufre u otro sistema. Se ensayarán después de 24 horas de inmersión en agua. La tensión de rotura se referirá a la sección neta de la probeta y se obtendrá el valor característico de los resultados aplicando la fórmula del estimador de 66.3.

COMENTARIOS

Las piezas aligerantes, empleadas en los forjados como entrevigado, y las piezas resistentes tienen que cumplir la condición impuesta a su carga de rotura característica en vano para soportar con suficiente seguridad las cargas que reciban durante la ejecución del forjado.

El material de las piezas resistentes debe además tener una resistencia suficiente para colaborar con el hormigón en la forma indicada en 58.5.

58.4. Condiciones para los forjados

En el proyecto y ejecución, los forjados con elementos pretensados deben cumplir las prescripciones siguientes:

Losa superior

Todo forjado tendrá una losa superior ejecutada «in situ», a la vez que el relleno de senos, ranuras o nervios, con hormigón de resistencia de proyecto no inferior a 125 kp/cm². El espesor h_s de esta losa cumplirá las siguientes condiciones:

- Sobre viguetas (figs. 58.1.a y 58.1.b) $h_s \geq 2 \text{ cm}$
- Sobre piezas resistentes (figs. 58.1.a y 58.1.c) $h_s \geq \frac{a}{8} < 2 \text{ cm}$
- Sobre piezas aligerantes (figs. 58.1.a y 58.1.c) $h_s \geq \frac{a}{6} < 3 \text{ cm}$

siendo:

h_s = espesor de la losa a una distancia «a» al centro de la pieza de entrevigado.

Armadura de reparto

En la losa de hormigón, y en dirección perpendicular a las viguetas o semiviguetas, se colocará una armadura de reparto, constituida por barras, a separación no superior a 30 cm, cuya área A_s en cm²/m cumpla la condición:

$$A_s \geq \frac{500 h_s}{f_{sd}} < \frac{2000}{f_{sd}}$$

siendo:

h_s = el espesor en cm de la losa de hormigón en el centro de la pieza;

f_{sd} = la resistencia de cálculo de la armadura de reparto en kp/cm².

Recubrimiento de armaduras

Las distancias de las armaduras a los paramentos exteriores o a los contiguos a piezas aligerantes cumplirán las condiciones de 19.4. Las distancias de estas armaduras a los paramentos en contacto con piezas resistentes, viguetas o semiviguetas serán no menores que la mitad del diámetro de la barra ni menores que 0,5 cm; además, la distancia anterior más el espesor del tabiquillo cumplirán las condiciones de 19.4.

Tamaño del árido

Al menos el 85 por 100 del árido total del hormigón «in situ» será de dimensión no mayor que la menor de las tres siguientes dimensiones:

- 5/6 de la distancia libre horizontal entre armaduras pasivas.
- 1/3 del espesor mínimo que se hormigone «in situ» en los nervios.
- 1/2 del espesor mínimo de la losa superior.

COMENTARIOS

La losa superior de hormigón de los forjados asegura la rigidez de éstos en su plano, necesaria para la adecuada distribución de los esfuerzos horizontales que recibe el edificio. Las limitaciones de espesor de esta losa se imponen por razones de ejecución y de resistencia transversal.

La armadura de reparto se dispone para evitar las fisuras debidas a la retracción del hormigón y a las variaciones térmicas y para contribuir a la rigidez del forjado en su plano. Por razones prácticas es recomendable emplear como armadura de reparto una malla electrosoldada.

Las distancias de las armaduras pasivas a los paramentos contiguos a piezas resistentes, viguetas o semiviguetas pueden ser menores que las exigidas en 19.4 por el efecto protector de dichos elementos. Esto no es aplicable a las piezas aligerantes, pues no existe garantía de este efecto protector.

(Continuará.)