

Concreto Preforzado

El presfuerzo significa la creación intencional de esfuerzos permanentes en una estructura o conjunto de piezas, con el propósito de mejorar su comportamiento y resistencia bajo condiciones de servicio y de resistencia. Los principios y técnicas del presfuerzo se han aplicado a estructuras de muchos tipos y materiales, la aplicación más común ha tenido lugar en el diseño del concreto estructural.

Además de los aspectos funcionales y económicos especiales del concreto como material de construcción de puentes, ciertas propiedades mecánicas y físicas son importantes con respecto a la aplicación y el comportamiento del concreto.

Las varillas para el refuerzo de estructuras de concreto reforzado, se fabrican en forma tal de cumplir con los requisitos de las siguientes Especificaciones ASTM: A-615 "Varillas de Acero de Lingotes Corrugadas y Lisas Para Concreto Reforzado", A-616 "Varillas de Acero de Riel Relaminado Corrugadas y Lisas para Refuerzo de Concreto", o la A-617 "Varillas de Acero de Eje Corrugado y Lisas Para concreto Reforzado".

Las varillas se pueden conseguir en diámetros nominales que van desde 3/8 de pulg. hasta 1 3/8 de pulg., con incrementos de 1/8 de pulg., y también en dos tamaños más grandes de mas a menos 1 3/4 y 2 1/4 de pulg.

Es importante que entre el acero de refuerzo exista adherencia suficientemente resistente entre los dos materiales. Esta adherencia proviene de la rugosidad natural de las corrugaciones poco espaciadas en la superficie de las varillas.

Las varillas se pueden conseguir den diferentes resistencias. Los grados 40, 50 y 60 tienen resistencias mínimas especificadas para la fluencia de 276,

345 y 414 N/mm² respectivamente. La tendencia actual es hacia el uso de varillas del grado 60.

El presfuerzo puede definirse en términos generales como el precargado de una estructura, antes de la aplicación de las cargas de diseño requeridas, hecho en forma tal que mejore su comportamiento general.

Una de las mejores definiciones del concreto presfuerzo es la del Comité de Concreto Preforzado del ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE), que dice:

Concreto presfuerzo: Concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes de las cargas externas dadas se equilibran hasta un grado deseado.

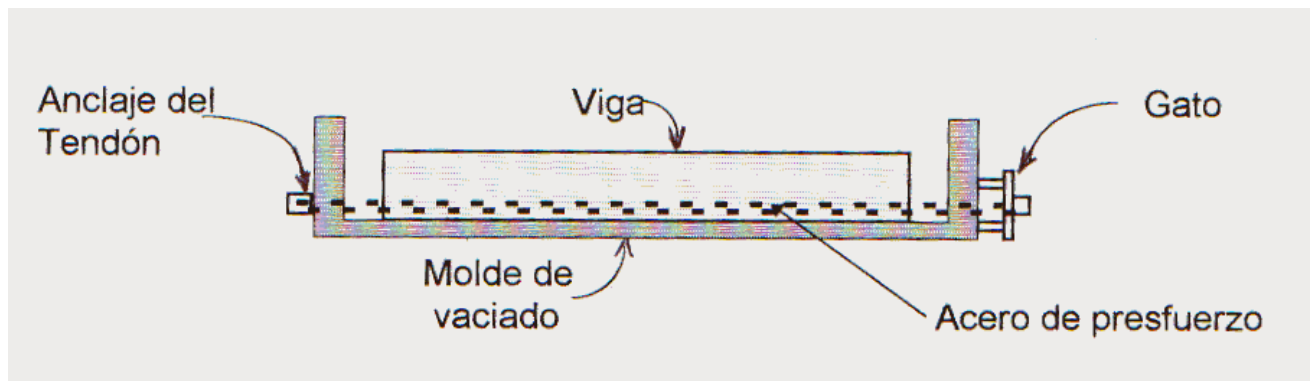
MÉTODOS DE PRESFORZADO

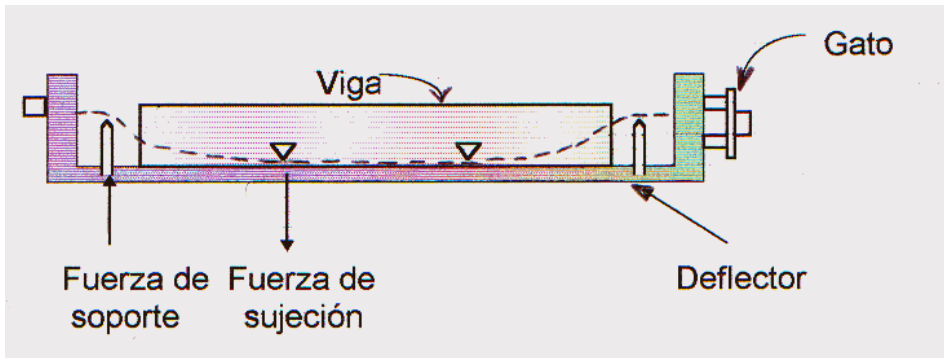
En el concreto presforzado existen dos categorías: pretensado o postensado. Los miembros del concreto pretensado presforzado se producen restirando o tensando los tendones entre anclajes externos antes de vaciar el concreto y al endurecerse el concreto fresco, se adhiere al acero. Cuando el concreto alcanza la resistencia requerida, se retira la fuerza presforzante aplicada por gatos, y esa misma fuerza es transmitida por adherencia, del acero al concreto. En el caso de los miembros de concreto postensado, se esfuerzan los tendones después de que ha endurecido el concreto y de que se haya alcanzado suficiente resistencia, aplicando la acción de los gatos contra el miembro de concreto mismo.

A. Pretensado

Los tendones, generalmente son de cable torcido con varios torones de varios alambres cada uno, se restiran o se tensan entre apoyos. Se mide el alargamiento de los tendones, así como la fuerza de tensión aplicada con los gatos. Con la cimbra en su lugar, se vacía el concreto en torno al tendón esforzado. A menudo se usa concreto de lata resistencia a corto tiempo, a la vez que es curado con vapor de agua, para acelerar el endurecimiento. Después de haberse logrado la resistencia requerida, se libera la presión de los gatos. Los torones tienden a acortarse, pero no lo hacen por estar ligados al concreto por adherencia. En esta forma la fuerza de presfuerzo es transferida al concreto por adherencia, en su mayor parte cerca de los extremos de la viga.

Con frecuencia se usan uno, dos o tres depresores intermedios del cable para obtener el perfil deseado. Estos dispositivos de sujeción quedan embebidos en el elemento al que se le aplica el presfuerzo.



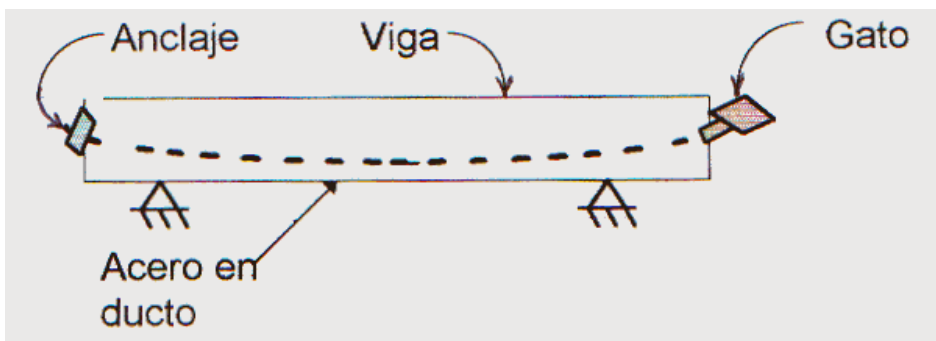


MÉTODOS DE PRETENSADO

B. Postensado

Cuando se hace el presforzado por postensado, generalmente se colocan en los moldes de las vigas ductos huecos que contienen a los tendones no esforzados, y que siguen el perfil deseado, antes de vaciar el concreto. Los tendones pueden ser alambres paralelos atados en haces, cables torcidos en torones, o varillas de acero. El ducto se amarra con alambres al refuerzo auxiliar de la viga (estribos sin reforzar) para prevenir su desplazamiento accidental, y luego se vacía el concreto. Cuando éste ha adquirido suficiente resistencia, se usa la viga de concreto misma para proporcionar la reacción para el gato de esforzado.

La tensión se evalúa midiendo tanto la presión del gato como la elongación del acero. los tendones se tensan normalmente todos a la vez ó bien utilizando el gato monotorón. Normalmente se rellenan de mortero los ductos de los tendones después de que éstos han sido esforzados. Se fuerza el mortero al interior del ducto en uno de los extremos, a alta presión, y se continua el bombeo hasta que la pasta aparece en el otro extremo del tubo. Cuando se endurece, la pasta une al tendón con la pared interior del ducto.



MÉTODO DEL POSTENSADO

El uso de acero de alta resistencia para el presfuerzo es necesario por razones físicas básicas. Las propiedades mecánicas de este acero tal como lo revelan las curvas de esfuerzo-deformación, son algo diferentes de aquellas del acero convencional usado para el refuerzo del concreto.

Las varillas de refuerzo comunes usadas en estructuras no presforzadas, también desempeñan un papel importante dentro de la construcción del presforzado. Se usan como refuerzo en el alma, refuerzo longitudinal suplementario , y para otros fines.

El concreto empleado en miembros presforzados es normalmente de resistencia y calidad más alta que el de las estructuras no presforzadas. Las diferencias en el modulo de elasticidad, capacidad de deformación y resistencia deberán tomarse en cuenta en el diseño y las características de deterioro asumen una importancia crucial en el diseño.

TIPOS DE ACERO UTILIZADOS PARA EL CONCRETO PRESFORZADO

Los alambres redondos que se usan en la construcción de concreto presforzado postensado y ocasionalmente en obras pretensadas se fabrican en forma tal que cumplan con los requisitos de la especificación ASTM A-421, "Alambres sin Revestimiento, Relevados de Esfuerzo, para Concreto Presforzado". Los alambres individuales se fabrican laminando en caliente lingotes de acero hasta obtener varillas redondas. Después del enfriamiento, las varillas se pasan a través de troqueles para reducir su diámetro hasta el tamaño requerido. En el proceso de esta operación de estirado, se ejecuta trabajo en frío sobre el acero, lo cual modifica grandemente sus propiedades mecánicas e incrementa su resistencia.

Los alambres se consiguen en cuatro diámetros tal como se muestra en la tabla siguiente:

| Mínima resistencia de Tensión (N/mm ²) | | Mínimo Esfuerzo para una Elongación de 1% (N/mm ²) | | |
|--|---------|--|---------|---------|
| | | | | |
| Diámetro nominal (mm) | Tipo BA | Tipo WA | Tipo BA | Tipo WA |
| 4.88 | * | 1725 | * | 1380 |
| 4.98 | 1655 | 1725 | 1325 | 1380 |
| 6.35 | 1655 | 1655 | 1325 | 1325 |
| 7.01 | * | 1622 | * | 1295 |

* "Estos tamaños no se suministran comúnmente para el alambre Tipo BA"

Los tendones están compuestos normalmente por grupos de alambres, dependiendo el numero de alambres de cada grupo del sistema particular usado y de la magnitud de la fuerza pretensora requerida. Los tendones para prefabricados postensados típicos pueden consistir de 8 a 52 alambres individuales.

El cable trenzado se usa casi siempre en miembros pretensados, y a menudo se usa también en construcción postensada. El cable trenzado se fabrica de acuerdo con la especificación ASTM A-416, "Cable Trenzado, Sin Revestimiento, de Siete Alambres, Relevado de Esfuerzos, Para Concreto Presforzado". Es fabricado con siete alambres firmemente torcidos alrededor de un séptimo de diámetro ligeramente mayor. El paso de la espiral del torcido es de 12 a 16 veces el diámetro nominal del cable. Los cables pueden obtenerse entre un rango de tamaños que va desde 6.35 mm hasta 0.60 mm de diámetro, se fabrican en dos grados: el grado 250 y 270 los cuales tienen una resistencia ultima mínima de 1720 y 1860 N/mm² respectivamente, estando estas basadas en el área nominal del cable.

A continuación se muestran en una tabla las propiedades del cable de siete alambres sin revestimiento que se deben cumplir:

| Diámetro Nominal (mm) | Resistencia a la Ruptura (kN) | | Área Nominal del Cable (mm²) | Carga mínima para una Elongación de 1% (kN) |
|------------------------------|--------------------------------------|-----------|--|--|
| | | Grado 250 | | |
| 6.35 | 40.0 | | 23.22 | 34.0 |
| 7.94 | 64.5 | | 37.42 | 54.7 |
| 9.53 | 89.0 | | 51.61 | 75.6 |
| 11.11 | 120.1 | | 69.68 | 102.3 |
| 12.70 | 160.1 | | 92.90 | 136.2 |
| 15.24 | 240.2 | | 139.35 | 204.2 |
| | | Grado 270 | | |
| 9.53 | 102.3 | | 54.84 | 87.0 |
| 11.11 | 137.9 | | 74.19 | 117.2 |
| 12.70 | 183.7 | | 98.71 | 156.1 |
| 15.24 | 260.7 | | 140.00 | 221.5 |

En el caso de varillas de aleación de acero, la alta resistencia que se necesita se obtiene mediante la introducción de ciertos elementos de ligazón, principalmente manganeso, silicón y cromo durante la fabricación del acero. Las varillas se fabrican de manera que cumplan con los requisitos de la Especificación ASTM A-277, "Varillas de Acero de Alta Resistencia, Sin Revestimientos, Para Concreto Presforzado". Las varillas de acero de aleación se consiguen en diámetros que varían de 12.7 mm hasta 34.93 mm de diámetro y en dos grados, el grado 45 y el 160, teniendo resistencias últimas mínimas de 1000 y 1100 N/mm², respectivamente, tal como se muestra en la tabla:

| Diámetro Nominal (mm) | Área Nominal de la Varilla (mm²) | | Resistencia a la Ruptura (kN) | Mínima Carga para una Elongación de 0.7 % (kN) |
|------------------------------|--|-----------|--------------------------------------|---|
| | | Grado 145 | | |
| 12.70 | 127 | | 125 | 111 |
| 15.88 | 198 | | 200 | 178 |
| 19.05 | 285 | | 285 | 258 |
| 22.23 | 388 | | 387 | 347 |
| 25.40 | 507 | | 507 | 454 |
| 28.58 | 642 | | 641 | 574 |
| 31.75 | 792 | | 792 | 712 |
| 34.93 | 958 | | 957 | 859 |
| | | | | |
| Diámetro Nominal (mm) | Área Nominal de la Varilla (mm²) | | Resistencia a la Ruptura (kN) | Mínima Carga para una Elongación de 0.7 % (kN) |
| | | Grado 160 | | |
| 12.70 | 127 | | 138 | 120 |
| 15.88 | 198 | | 218 | 191 |
| 19.05 | 285 | | 316 | 276 |
| 22.23 | 388 | | 427 | 374 |
| 25.40 | 507 | | 561 | 490 |
| 28.58 | 642 | | 708 | 619 |
| 31.75 | 792 | | 872 | 765 |
| 34.93 | 958 | | 1059 | 926 |

TIPOS DE CONCRETO UTILIZADOS PARA EL CONCRETO PRESFORZADO

Generalmente se requiere un concreto de mayor resistencia para el trabajo de presforzado que para el reforzado. La practica actual en puentes pide una resistencia a los cilindros de 28 días de 280 a 350 Kg/cm² para el concreto presforzado, mientras que el valor correspondiente para el concreto reforzado es de 170 Kg/cm² aproximadamente. Un factor por el que es determinante la necesidad de concretos más resistentes, es que el concreto de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación de presfuerzo.

Es importante seguir todas las recomendaciones y especificaciones de cada proyecto a fin de cumplir con las solicitudes requeridas. Por lo general para obtener una resistencia de 350 Kg/cm², es necesario usar una relación de agua-cemento no mucho mayor que 0.45. Con el objeto de facilitar el colado, se necesitara un revenimiento de 5 a 10 cm. Para obtener un revenimiento de 7.5 cm con una relación agua-cemento de 0.45 se requerirían alrededor de 10 sacos de cemento por metro cubico de concreto. Si es posible un vibrado cuidadoso, se puede emplear concreto con un revenimiento de 1.2 cm o cero, y serian suficientes poco menos de 9 sacos por metro cubico de concreto. Puesto que con una cantidad excesiva de cemento se tiende a aumentar la contracción, es deseable siempre un factor bajo de cemento. Con este fin, se recomienda un buen vibrado siempre que sea posible, y para aumentar la maniobrabilidad pueden emplearse ventajosamente aditivos apropiados.