



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"ELEMENTOS DE CONCRETO PARCIALMENTE
PRESFORZADO".**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

Presenta.

DANIEL DAMIAN BERMUDEZ



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E

I.- INTRODUCCION

II.- MOMENTO FLEXIONANTE

III.- FUERZA CORTANTE

IV.- EJEMPLOS

V.- CONCLUSIONES.

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

1.1.- OBJETIVO DE LA TESIS

1.2.- ALCANCE DE LA TESIS

1.3.- DESCRIPCION DE LA TESIS.

C A P I T U L O I.-

INTRODUCCION.-

1.1.- OBJETIVO DE LA TESIS.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar una manera de tratar los elementos parcialmente presforzados, así como un posible método de diseño.

Los elementos parcialmente presforzados son cada vez más utilizados actualmente, a pesar de no existir una reglamentación adecuada para el tratamiento de estos, por lo que este trabajo puede servir como una guía para el diseño de dichos elementos.

Hasta la nueva versión del Reglamento de Construcciones Para el Distrito Federal, R.C.D.F. se tratará de reglamentar el diseño de los elementos parcialmente presforzados, el presente trabajo es un complemento de éste para comprender mejor el comportamiento de estos elementos y contiene mucho de lo que se espera reglamentar en la nueva versión, a la que nos referiremos como la propuesta del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Esperamos despertar el interés de los investigadores y motivarlos a estudiar más sobre el tema.

1.2.- ALCANCE DE LA TESIS.

Este trabajo pretende condensar la poca información que se tiene sobre los elementos parcialmente presforzados y propone un posible tratamiento de dichos elementos, a reserva de llevar a cabo estudios más a fondo para aclarar las muchas dudas que se tienen al respecto.

De ninguna manera se pretende que sólo de la forma planteada en el presente trabajo se puedan tratar los elementos parcialmente presforzados, ya que no podemos establecer un método único de diseño por la poca información existente. Unicamente se presenta una forma racional de diseñar estos elementos.

Dentro del diseño de los elementos parcialmente presforzados influye mucho el juicio del ingeniero y los conocimientos adquiridos en la práctica por éste, por lo que puede haber muchas formas de tratar racionalmente a los elementos parcialmente presforzados, sin que se pueda asegurar que sólo una de éstas es correcta.

Actualmente, aún en los E.U.A., no se tiene una reglamentación muy completa y clara para los elementos de concreto parcialmente presforzados, por lo que el uso de éstos está basado únicamente en una concepción racional de su comportamiento y como ya dijimos en el juicio del ingeniero, por lo que el presente artículo no trata de ninguna manera de reglamentar sobre éstos.

En el presente año se espera que salga un nuevo Reglamento para construcciones en el Distrito Federal y se espera poder encontrar reglamentación sobre los elementos Parcialmente Presforzados.

1.3.- DESCRIPCION DE LA TESIS.

Como ya dijimos, el presente trabajo pretende mostrar una posible forma de tratar los elementos parcialmente presforzados para ello se divide en -- varios capítulos.

En el capítulo N° 2 se trata sobre el comportamiento a flexión de los elementos parcialmente presforzados y se dá una definición formal de dichos -- elementos, asimismo se define un índice para cuantificar la relación entre los elementos totalmente -- reforzados, los parcialmente presforzados y los totalmente presforzados. Se propone también un método para dimensionar los elementos parcialmente presforzados utilizando el criterio de Resistencia Última. Se proporcionan también los elementos para llevar a cabo la revisión de los miembros de concreto-parcialmente presforzados utilizando los criterios de Resistencia Última y de Esfuerzos Permisibles. Se proporcionan algunas recomendaciones para tratar la fatiga, la cual se sabe que en estos elementos -- es muy importante y por último se proporciona un -- criterio para revisar por acero mínimo.

En el capítulo N° 3 se trata la fuerza cortante en los elementos parcialmente presforzados y se describen las recomendaciones dadas al respecto por el R.C.D.F.

En el capítulo N° 4 se da un ejemplo completo para ilustrar los criterios propuestos en el presente trabajo, así como lo propuesto por el R.C.D.F.

Y por último en el capítulo N° 5 se dan las -- conclusiones a que se llega después de analizar todo lo anterior.

2.1.- DEFINICION DE ELEMENTOS PARCIALMENTE PRES FORZADOS.

Desde los primeros usos del término parcialmente presforzados, no se ha tenido una definición -- única y se han dado diversas definiciones. Aunque en los códigos no se proporcionan, hasta años recientes, una definición de elementos parcialmente presforzados éstos han sido utilizados ya ampliamente, sobre todo en los E.U. A., basando su diseño únicamente en un dimensionamiento racional, combinado con el juicio del ingeniero diseñador. En el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, hasta la última edición de éste, en 1987, posiblemente encontremos ya reglamentación sobre estos elementos y se dé además una definición formal.

En el presente trabajo definiremos los elementos parcialmente presforzados como sigue:

"Decimos que un miembro de concreto es "parcialmente presforzado" cuando contiene refuerzo en el sentido longitudinal, en la zona de tensión, -- tanto acero presforzado como acero de refuerzo ordinario, para resistir cargas de la misma naturaleza.

Podemos decir que un miembro de concreto Parcialmente Presforzado tiene como extremos lo que se ha llamado totalmente presforzado y lo que se conoce como concreto reforzado o totalmente reforzado. El primero contiene únicamente refuerzo -- presforzado en la zona de tensión para resistir -- cargas y el segundo únicamente refuerzo ordinario.

2.2.- RELACION ENTRE EL ACERO DE PRESFUERZO Y EL ACERO DE REFUERZO ORDINARIO EN ELEMENTOS PARCIALMENTE PRESFORZADOS.

Dada la definición anterior de elementos de -- concreto Parcialmente Presforzados es conveniente definir un índice que nos determine la relación en tre el acero de presfuerzo y el acero de refuerzo para saber qué comportamiento puede esperarse del elemento parcialmente presforzado.

Varios índices han sido utilizados para definir la extensión del presfuerzo parcial, podemos apreciar, éstos en la tabla 2.1. Podemos apreciar también que se puede caracterizar al esfuerzo parcial, tanto con índices únicos como con índices múltiples, pero muchos investigadores han llegado a la conclusión que el uso de un índice único es suficiente para el diseño a flexión de estos elementos.

En este trabajo recomendamos el uso del índice de presfuerzo, ya que éste permite el uso de un -- tratamiento unificado para Resistencia Última, en flexión, tanto de concreto reforzado y presforzado como del concreto parcialmente presforzado.

Todos los índices utilizados para definir la -- relación entre el acero de refuerzo ordinario y el acero de presfuerzo tienen asociado en un extremo el concreto reforzado y en el otro el concreto totalmente presforzado.

En la propuesta del R.C.D.F. se define lo siguiente respecto a la relación entre el acero de -- presfuerzo y el acero de refuerzo ordinario:

	INDICE	DEFINICION
INDICES UNICOS	INDICE DE PRESFUERZO	$\frac{A_{sp} f_{sp}}{A_{sp} f_{sp} + A_s f_y}$
	RANGO DE PRESFUERZO	$\frac{M_{Dec}}{M_D + M_L}$
	RELACION DE PRESFUERZO PARCIAL	$\frac{M_{np} \cdot A_{sp} f_{sp} (d_p - a/2)}{M_{np} A_{sp} f_{sp} (d_p - a/2) + A_s f_y (d_s - a/2)}$
INDICES MULTIPLES	INDICE GLOBAL DE REFUERZO	$\bar{W} = W_p + W_s - W'$
	RELACION DE PRESFUERZO PARCIAL	M_{np}/M_n
	RANGO DE PRESFUERZO	$M_{Dec}/(M_D + M_L)$

TABLA. 2.1.- Indices para determinar la relación entre el acero de presfuerzo y el acero de refuerzo ordinario.

"Se podrá suponer que una sección tiene presfuerzo total si su índice de presfuerzo, I_p , está comprendido entre 0.9 y 1.0, incluyendo los valores extremos. Si el índice de presfuerzo es menor que 0.9, pero mayor o igual a 0.5 se podrá suponer que la sección tiene presfuerzo parcial. Si el índice de presfuerzo es menor que 0.5 se podrá suponer que la sección no tiene presfuerzo, es decir, es totalmente reforzada." (Fig. 2.2).

La determinación de la relación entre el acero de presfuerzo y el acero de refuerzo es muy importante ya que por medio de ésta podemos tratar de predecir el comportamiento a flexión que presenta el elemento durante su vida útil.

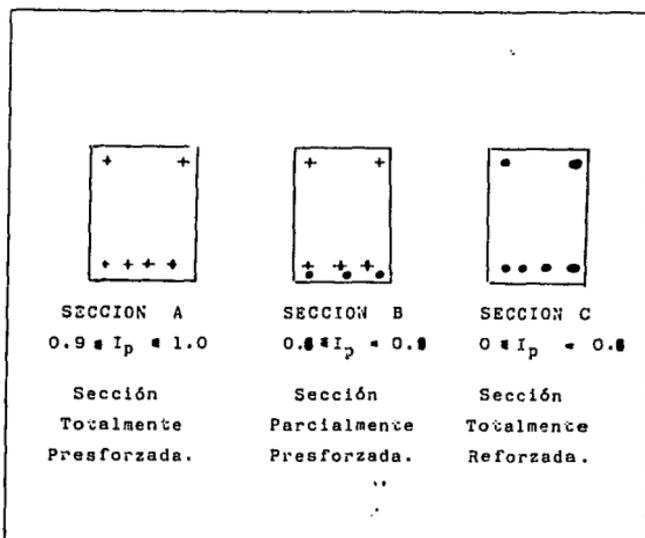


Fig. 2.2.- Definición de secciones de concreto según su Índice de Presfuerzo.

2.3.- COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS DE CONCRETO PARCIALMENTE PRESFORZADOS.

Dado que conocemos el comportamiento de los elementos de concreto presforzado, así como el de los elementos de concreto reforzado, que son los casos extremos del concreto parcialmente presforzado, podemos determinar el comportamiento de éste último.

Suponiendo una sección dada de concreto, con dimensiones determinadas, obtenemos su gráfica de comportamiento $M-f$ ó $f-\epsilon$ para el caso en que la sección contenga refuerzo ordinario solamente, curva A, y para el caso en que la sección contenga únicamente refuerzo presforzado, curva B. (Fig. 2.3).

Podemos suponer entonces que un elemento de concreto con la misma sección transversal, que contenga una combinación de ambos refuerzos presentará una gráfica de comportamiento comprendida entre las curvas A y B, acercándose o alejándose de los extremos a medida que aumente o disminuya el refuerzo correspondiente.

Dada la definición presentada en la propuesta -- del R.C.D.F., en la que se considera que los elementos de concreto Parcialmente Presforzados son aquellos cuyo índice de presfuerzo se encuentra comprendido en el rango.

$$0.6 \leq I_p < 0.9$$

En la Fig. 2.3. podemos apreciar que aquellos -- elementos cuyo índice de presfuerzo es menor a 0.6 -- tendrán una gráfica de comportamiento comprendida en el rango I, por lo que podemos decir que todos los elementos cuya gráfica de comportamiento esté comprendida en este rango, o bien, todos los elementos con índice de presfuerzo menor a 0.6 son totalmente reforzados.

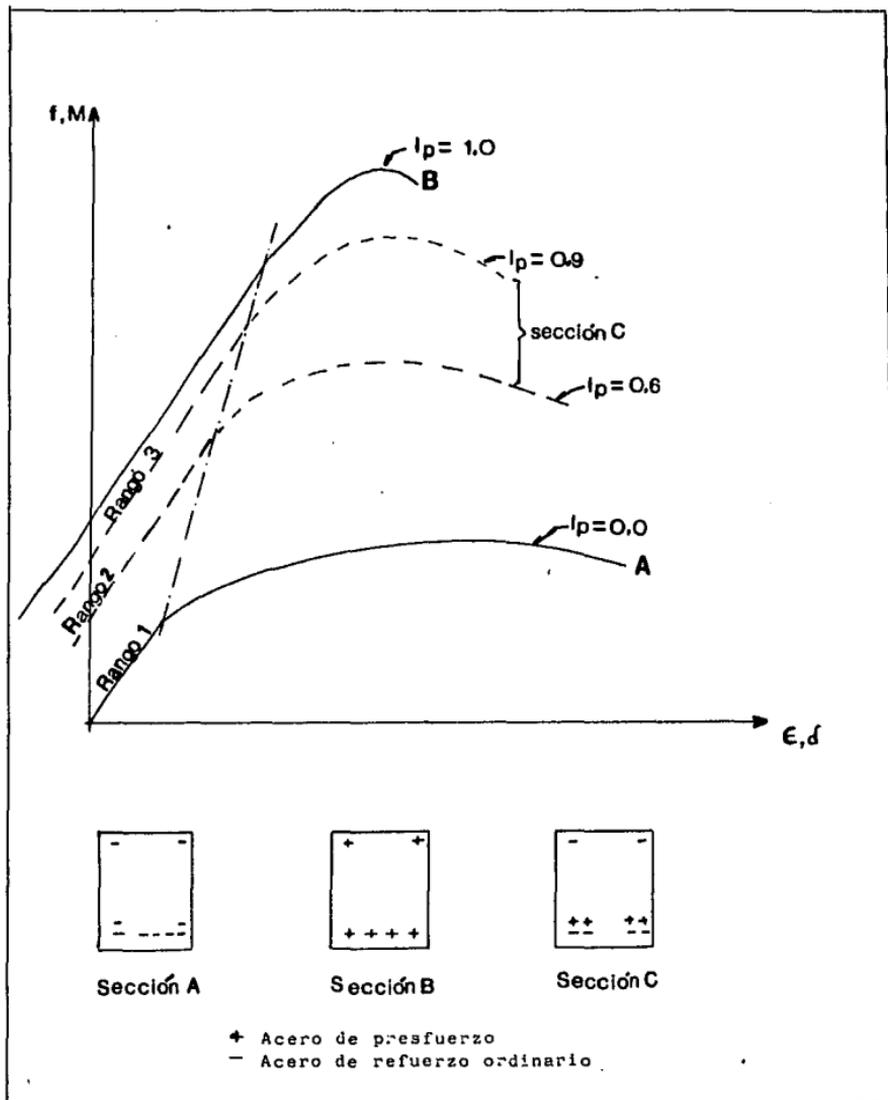


Fig. 2.3 Comportamiento de secciones de concreto.

De igual manera, todos aquellos elementos cuyo índice de presfuerzo sea igual o menor que 1.0 y mayor o igual a 0.9 tendrán una gráfica de comportamiento comprendida en el rango 3, por lo que podemos decir que son elementos totalmente presforzados.

Podemos decir entonces que los elementos de concreto parcialmente presforzados son aquellos cuya gráfica de comportamiento queda comprendida en el rango 2, o bien con índice de presfuerzo mayor o igual a 0.5 y menor que 0.9.

Podemos apreciar en la Fig. que el momento de agrietamiento para todas las secciones nos define una línea recta, con lo que apreciamos también que aquellas secciones que contienen más refuerzo presforzado tienden a presentar menor ductilidad que aquellas que contienen más refuerzo ordinario.

Dado que los elementos totalmente presforzados tienen mayor elasticidad que los totalmente reforzados es conveniente que los elementos parcialmente presforzados tiendan a comportarse más como elementos presforzados para asegurar que después de la carga recuperen su estado normal, siempre y cuando no rebase la carga de agrietamiento, y cuando suceda esto último se tenga una ductilidad mayor que en el caso de ser totalmente presforzado.

Por lo anterior los elementos de concreto Parcialmente Presforzados tienen las ventajas de los elementos presforzados, así como las de los elementos totalmente reforzados. Es decir, muestran mayor elasticidad, lo que permite recuperar su forma original, mientras la carga no sea mayor a la de agrietamiento y cuando esta última se presenta muestra una mayor ductilidad que la de un elemento totalmente presforzado.

2.4.- CRITERIO DE DIMENSIONAMIENTO POR RESISTENCIA EN ELEMENTOS DE CONCRETO PARCIALMENTE PRESFORZADOS.

Para dimensionar un elemento de concreto Parcialmente Presforzado pueden seguirse varios métodos. Aunque no existe nada reglamentado para éstos, generalmente se diseñan basándose en un criterio racional. En el presente trabajo presentamos un posible método de dimensionamiento, más no afirmamos que sea el único o el mejor.

Para llevar a cabo el dimensionamiento se suponen las curvas de esfuerzos y deformaciones de la Resistencia Última, mostradas en la Fig. 2.4. Además se hacen las siguientes suposiciones:

- 1.- Las secciones planas antes de la deformación permanecen planas después de ella.
- 2.- Existe adherencia entre el acero de presfuerzo y refuerzo y el concreto que lo rodea.
- 3.- El concreto no resiste tensión.
- 4.- Se conoce el diagrama de esfuerzos-deformación del concreto en compresión (Fig.2.4a)
- 5.- La deformación máxima útil del concreto a compresión debida a flexión es de 0.003.
- 6.- Se conoce el diagrama de comportamiento del acero de refuerzo ordinario (Fig. 2.4. b)
- 7.- Se conoce el diagrama del comportamiento del acero de presfuerzo (Fig. 2.4c)

De la Fig. 2.5 el momento último resistente se obtiene como sigue:

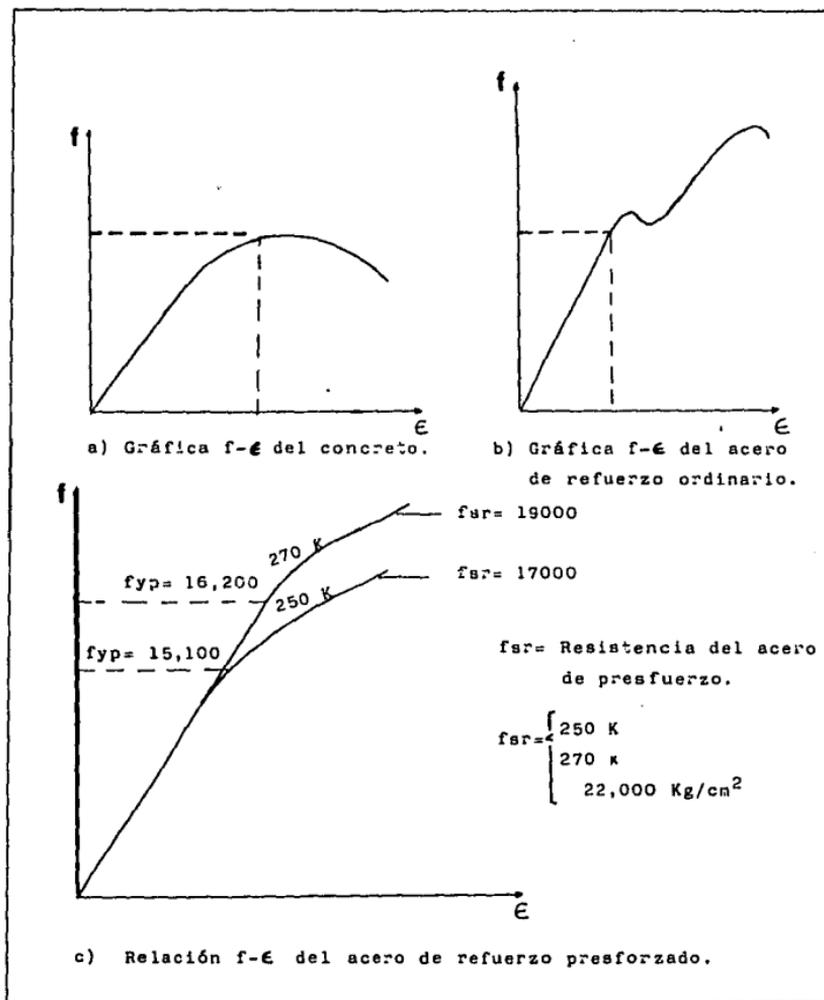


Fig. 2.4 Hipótesis básicas del diseño por resistencia última.

Por equilibrio: $C = T$

$$f'_{c}b a = A_{sp} f_{sp} + A_s f_y$$

$$M_n = A_{sp} f_{sp} (d_p - a/2) + A_s f_y (d_s - a/2)$$

$$M_{UR} = F.R. [A_{sp} f_{sp} (d_p - a/2) + A_s f_y (d_s - a/2)]$$

Donde: el valor de f_y es la resistencia de fluencia del refuerzo no presforzado.

f_{sp} = Esfuerzo en el refuerzo presforzado en carga última
 a = Profundidad del bloque de esfuerzos rectangular equivalente.

A_{sp} = Area de refuerzo presforzado en la zona de tensión.
 A_s = Area de refuerzo ordinario en la zona de tensión.
 A'_s = Area de refuerzo ordinario en la zona de compresión.
F.R. = Factor de Reducción de capacidad.

Una recomendación para el dimensionamiento puede ser igualar el Momento Ultimo Resistente (M_{UR}) de la sección al Momento Ultimo Actualmente (M_{UA}), debido a la acción de las cargas. Dado que tenemos dos tipos de refuerzo podemos suponer que el M_{UR} está dividido en dos partes, que son el Momento Ultimo Resistente debido al presfuerzo ($M_{UR,p}$) y el momento Ultimo Resistente debido al acero de refuerzo ordinario ($M_{UR,r}$). Tenemos entonces:

$$M_{UR} = M_{UA}$$

$$M_{UR,p} + M_{UR,r} = M_{UA}$$

Recomendamos que el Momento Ultimo Resistente debido al acero de presfuerzo sea tal que resista el momento provocado por la carga muerta total más el momento provocado por las cargas vivas casi permanentes (Es decir, un porcentaje de las cargas vivas), entendiendo por cargas vivas casi permanentes aquellas que esperamos se presenten la mayor parte del tiempo (como son muebles, mamparas y equipos de oficina en el caso de edificios), mientras que el momento último resistente debido al re--

fuerzo ordinario resista el resto del Momento provocado por la carga viva, es decir, el Momento provocado por la carga viva "eventual". Tenemos entonces:

$$M_{URr} = M_{cm} + \% M_{cv}$$

$$M_{URr} = M_{cv} \text{ (Eventuales)}$$

Con éste método diseñamos de tal forma que el elemento se comportará como totalmente presforzado para todas aquellas cargas que no provoquen el agrietamiento, lo cual es deseable, ya que puede recuperar su posición original después de dejar de aplicar la carga y solo cuando se presente una carga mayor, - muy eventual, que provoque el agrietamiento del elemento se comportará como - totalmente reforzado.

Por lo anterior podemos diseñar de la siguiente manera:

1.- Se obtiene M_1 y M_2 , donde;

$$M_1 = M_{cm} + M_{cv_{cp}}, \quad y;$$

$$M_2 = M_{cv_E}$$

2.- Se diseña la viga como totalmente presforzada para M_1 , verificando que los esfuerzos de tensión en condiciones de servicio en la sección al centro del claro sean nulos.

3.- Posteriormente se diseña la viga como un elemento totalmente reforzado para un momento igual a M_2 .

4.- Se hace la revisión por resistencia, por esfuerzo permisible, del tipo de falla y por acero mínimo.

Para diseñar la viga como totalmente presforzada para el momento M_1 , podemos seguir la secuencia mostrada:

1º Obtenemos $M_1 = M_{cm} + M_{cv_{cp}}$

2º Se obtienen las características geométricas: A_{ss} , I_{ss} , Y_{iss} , Y_{iss} .

3º Se obtienen los esfuerzos actuantes al centro del claro en condiciones de servicio.

$$f_{iss} = \frac{M_1 A}{I_{ss}} \quad Y_{iss} \quad y \quad f_{sss} = \frac{M_1 A}{I_{ss}} \quad Y_{sss}$$

4º Se obtienen los esfuerzos permisibles.

• Concreto

- Inmediatamente después de la transferencia:

* Compresión $0.6 f'_{ci}$

* Tensión $\sqrt{f'_{ci}}$

donde; $f'_{ci} = 0.8 f'_{c}$

- En condiciones de servicio:

* Compresión $0.45 f'_{c}$

* Tensión 0.0

• Acero de presfuerzo:

$$f_o = 0.7 f_{sr}$$

$$f = K f_o = 0.8 f_o$$

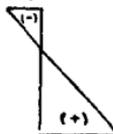
$$F_o = A_{sp} f_o$$

$$F = A_{sp} f \quad \text{donde;}$$

A_{sp} = Area de acero de presfuerzo.

5º Obtenemos la capacidad máxima de presfuerzo:

$$K \sqrt{f'_{ci}} = 0.8 \sqrt{f'_{ci}}$$



$$0.6 K \sqrt{f'_{ci}} = 0.6(0.8) \sqrt{f'_{ci}}$$

6º Comparamos el presfuerzo de la sección al centro del claro en condiciones de servicio con los esfuerzos permisibles:

$$\begin{array}{c}
 K\sqrt{f'_c} = 0.8\sqrt{f'_c} \\
 \begin{array}{|c|} \hline (-) \\ \hline \end{array} \\
 \begin{array}{|c|} \hline (+) \\ \hline \end{array} \\
 0.6Kf'_c
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \frac{M_{1a} Y_{ess}}{I_{ss}} \\
 \begin{array}{|c|} \hline (+) \\ \hline \end{array} \\
 \begin{array}{|c|} \hline (-) \\ \hline \end{array} \\
 \frac{M_{1a} Y_{iss}}{I_{ss}}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \frac{M_{1a} Y_{ess}}{I_{ss}} - K\sqrt{f'_c} < 0.45 f'_c \\
 \begin{array}{|c|} \hline (+) \\ \hline \end{array} \\
 0.6Kf'_c - \frac{M_{1a} Y_{iss}}{I_{ss}} \leq 0.0
 \end{array}$$

Si no se cumple que el esfuerzo de tensión sea nulo, debemos modificar las dimensiones de la sección.

7º Obtenemos la fuerza de presfuerzo:

$$P_t = A_{ss} \left[Y_{ss} \left(\frac{f_{ps} + f_{pi}}{h} \right) - f_{ps} \right]$$

f_{ps} y f_{pi} podemos suponerlos iguales a los esfuerzos de la capacidad máxima de la sección.

8º Calculamos el número de tendones necesarios

$$n = \frac{P_t}{F}$$

9º Calculamos la excentricidad teórica:

$$e'_t = (f_{pi} - P_t/A_{ss}) \frac{I_{ss}}{Y_{iss}}$$

10º Determinamos la colocación de los tendones:

Arriba: 0.8 n

Abajo: 0.2 n

Aquí debemos revisar que se cumplan los requisitos de separación y recubrimiento definidos por el reglamento.

11º Calculamos la fuerza real de presfuerzo:

$$P = n F_o$$

$$P = n F$$

2.5.- REVISION POR RESISTENCIA.

La revisión por resistencia consiste en asegurar que el Momento Ultimo Resistente, M_{UR} , sea mayor o al menos igual al Momento Ultimo Actuante, M_{UA} , y además-revisar que la deformación provocada por la falla balanceada sea menor que la deformación del acero de refuerzo.

Entonces la revisión por Resistencia es:

- a).- $M_{UR} \geq M_{UA}$
b).- $\epsilon_{se} + \epsilon_{sa} > \epsilon_{yp}/0.75$

Debemos seguir la secuencia mostrada:

- 1°.- Obtenemos f_{sp} , el esfuerzo en el acero de presfuerzo cuando se alcanza la resistencia, que puede ser mediante la compatibilidad de deformaciones o bien puede aplicarse el siguiente método alternativo:

Si $f'c \leq 350$ Kg/cm² y si $f_{se} \geq 0.5 f_{sr}$ entonces

$$f_{sp} = f_{sr} \left[1 - 0.5 \left(P_p \frac{f_{sr}}{f'c} + \eta - \eta' \right) \right]$$

donde: $P_p \frac{f_{sr}}{f'c} + \eta - \eta' \geq 0.17$ y

$$d' \leq 0.15 d_p$$

en las expresiones anteriores:

$$P_p = \text{Cuantía de acero presforzado} = \frac{A_{sp}}{bd_p}$$

b = Ancho de la sección

d_p = distancia entre la fibra extrema a compresión y el centroide del acero de presfuerzo.

f_{se} = Esfuerzo debido al presfuerzo efectivo

f_{sr} = Resistencia nominal del acero de presfuerzo.

$$Q = \frac{Pfy}{f'_c} \quad \text{y} \quad Q' = \frac{P'fy}{f'_c}$$

$$p = \frac{As}{bd}$$

$$P' = A's/bd$$

2ª.- Calculamos el Momento Ultimo Resistente dado por

$$M_{UR} = F.R. \left[A_s p f_{sp} \left(d_p - \frac{a}{2} \right) + A_s' f_y \left(d_s - \frac{a}{2} \right) \right]$$

3º.- Verificamos que se cumpla $M_{UR} \geq M_{UA}$.

La revisión de la falla potencial se puede llevar a cabo de la siguiente forma:

1º.- Calculamos la deformación inicial debida al pres fuerzo efectivo

$$\epsilon_{se} = f_{se}/E_{sp} \quad ; \quad f_{se} = 0.7 K f_{sr}$$

donde K depende de las pérdidas del presfuerzo, - si se desconoce puede suponerse igual a 0.8

$E_{sp} = 1.9 \times 10^6$, módulo de elasticidad del acero de presfuerzo.

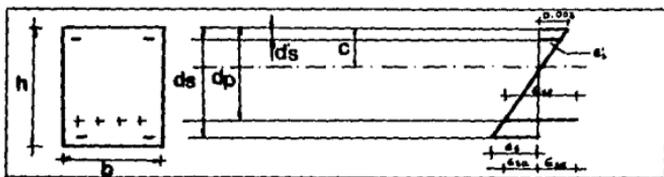


Fig 2.7

2º.- Verificamos que se cumpla

$$E_{sp} = \epsilon_{se} + \epsilon_{sa} \geq \frac{\epsilon_{yp}}{0.75}$$

donde ϵ_{yp} es la deformación unitaria convencional de fluencia del acero de presfuerzo. ϵ_{yp} se obtiene del fabricante de los tendones y si no se tiene información puede suponerse igual a 0.01

De la Fig. 2.7, por triángulos semejantes:

$$\frac{\epsilon_{sa} + 0.003}{d_p - C} = \frac{-0.003}{C}$$

$$\epsilon_{s0} = \frac{0.003 (d_p - C)}{C}$$

Debe cumplirse además que $\epsilon_s > \epsilon_y$, es decir, la deformación en el acero ordinario de refuerzo sea mayor que la deformación unitaria de fluencia.

De la fig. 2.7, por triángulos semejantes

$$\frac{\epsilon_s + 0.003}{d_s} = \frac{0.003}{C}$$

$$\epsilon_s = \frac{0.003 d_s}{C}$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

2.6.- REVISION POR ESFUERZOS PERMISIBLES.

La revisión por esfuerzos permisibles consiste en verificar que los esfuerzos que se presentan en la sección sean menores que los esfuerzos máximos recomendados por los códigos o, algunos casos, menores a un porcentaje del esfuerzo máximo; conocidos como esfuerzos permisibles.

La revisión por esfuerzos permisibles debe llevarse a cabo en elementos parcialmente presforzados, en todas las etapas de carga, pero dado que estamos diseñando por resistencia no podemos hablar de esfuerzos permisibles en condiciones de servicio, lo que hacemos es verificar que para la carga que deseamos se comporte como elemento totalmente presforzado cumpla este requisito, para una carga mayor no podemos asegurar que se cumpla.

Los esfuerzos permisibles son:

*CONCRETO

- Esfuerzos después de la transferencia y antes de que se presenten las pérdidas diferidas:

$$\text{- Compresión} = 0.6 f'_{ci} \quad \text{- Tensión} = \sqrt{f'_{ci}}$$

- Esfuerzos bajo carga muerta y viva de servicio

-Compresión 0.45 f'_c

• ACERO DE PRESFUERZO

- Esfuerzos de tensión debidos a la fuerza producida por el gato = 0.8 f_{sr} .

- Esfuerzos inmediatamente después de la transferencia = 0.7 f_{sr} .

f_{sr} , como ya dijimos, es el esfuerzo máximo dado por el fabricante.

• ACERO DE REFUERZO ORDINARIO

- Compresión 0.5 f_y

- Tensión 0.5 f_y

Análisis de vigas presfuerzadas en la etapa de carga inmediatamente después de la transferencia.

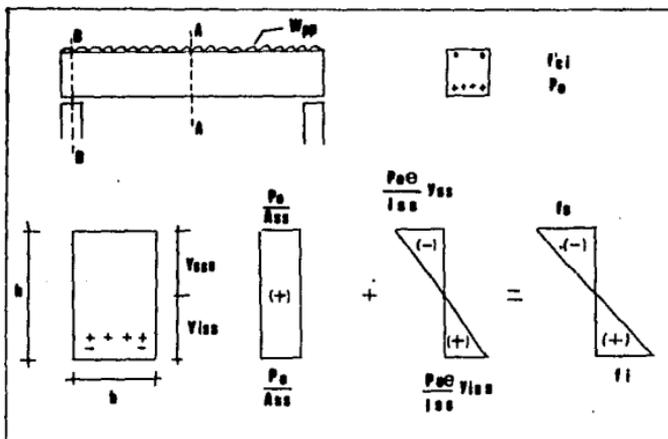


Fig. 2.8 Sección en el apoyo en condiciones iniciales.

tenemos que:

$$f_i = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o \cdot e}{I_{ss}} y_{iss} = \text{esfuerzo inferior (compresión)}$$

$$f_s = \frac{P_o}{A_{ss}} - \frac{P_o \cdot e}{I_{ss}} y_{iss} = \text{esfuerzo superior (tensión).}$$

entonces:

$$f_i \leq 0.6 f'_{ci} \quad \text{y}$$

$$f_s \leq \sqrt{f'_{ci}}$$

Para el caso de sección compuesta los esfuerzos de la sección de apoyo coinciden con los de la sección simple.

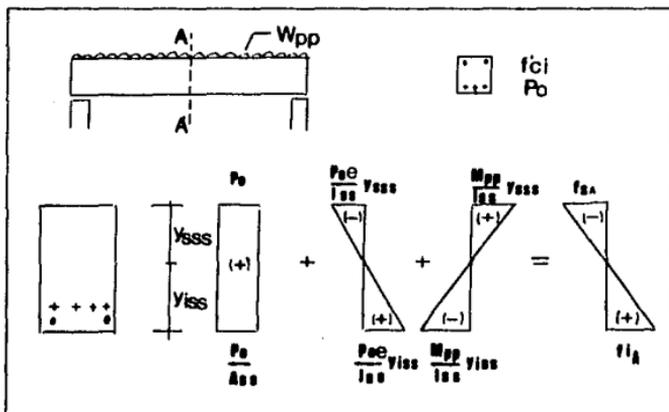


Fig. 2.9 Sección al centro del claro en condiciones iniciales.

Debe cumplirse que:

$$f_{sA} = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o \cdot e}{I_{ss}} y_{iss} - \frac{M_{pp}}{I_{ss}} y_{iss} \leq \sqrt{f'_{ci}} \quad \text{y}$$

$$f_{iA} = \frac{P_o}{A_{ss}} - \frac{P_o \cdot e}{I_{ss}} y_{iss} + \frac{M_{pp}}{I_{ss}} y_{iss} \leq 0.6 f'_{ci}$$

Generalmente la sección crítica durante las condiciones iniciales se presenta en la sección de apoyo, - por lo que no se revisa la sección al centro del claro, en esta etapa.

En este caso los esfuerzos en la sección simple coincide con los de la sección compuesta.

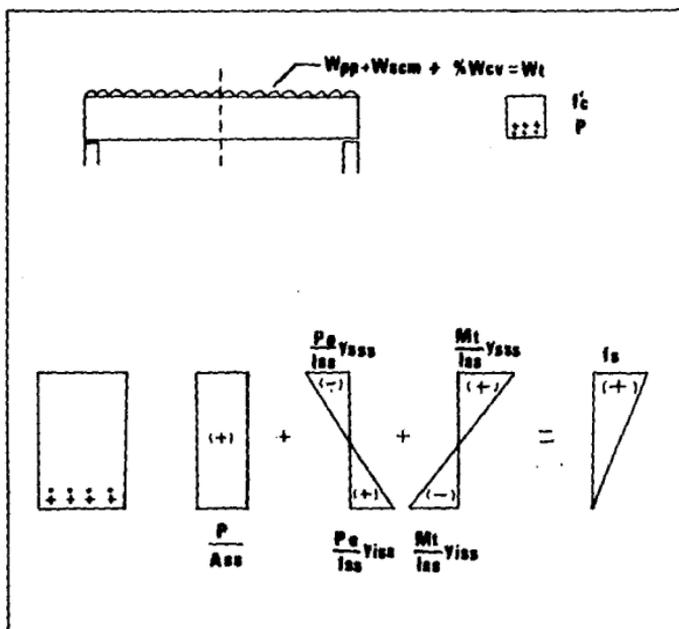


Fig. 2.10.- Sección al centro del claro en condiciones de servicio, para sección simple.

Debe cumplirse que:

$$f_{SA} = \frac{P}{A_{ss}} - \frac{P_a}{I_{ss}} y_{sss} + \frac{(M_{cm} + \% M_{cv}) y_{sss}}{I_{ss}} \leq 0.4 f_c'$$

La propuesta del R.C.D.F. define como Momento de descompresión a $M_{cm} + M_{cv_{ap}}$ y pide que para éste esfuerzo inferior en la sección sea nulo o bien de compresión por lo que en el caso de condiciones de servicio en la sección A no se habla de esfuerzo permisible de tensión.

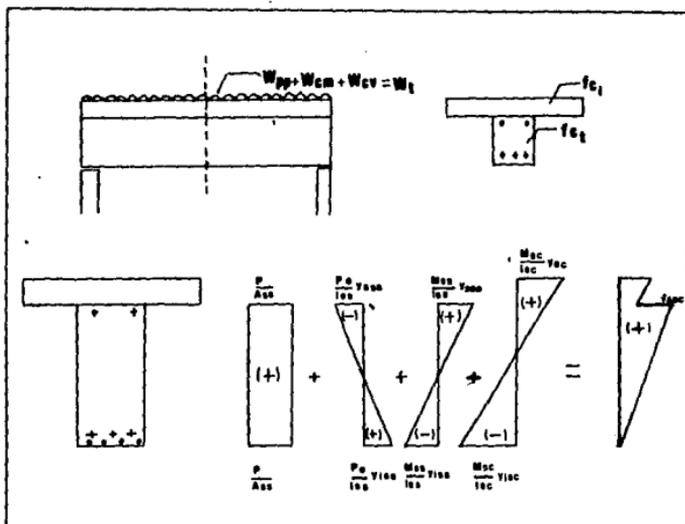


Fig. 2.11 Sección al centro del claro en condiciones de servicio para el caso de sección compuesta.

$$f_{isc} = \frac{P}{A_{ss}} + \frac{P e}{I_{ss}} y_{iss} - \frac{M_{ss}}{I_{ss}} y_{iss} - \frac{M_{sc}}{I_{sc}} y_{isc}$$

$$f_{ssc} = \frac{P}{A_{ss}} - \frac{P e}{I_{ss}} y_{sss} + \frac{M_{ss}}{I_{ss}} y_{sss} + \frac{M_{sc}}{I_{sc}} (y_{sc} - t)$$

donde M_{ss} = Momento que debe resistir la sección simple (peso propio y peso de la losa).

M_{sc} = Momento que debe resistir la sección compuesta (sin incluir el momento considerado ya en la sección simple, es decir, sólo $M_{cm} + \%N_{cv}$)

Debe cumplirse que

$$f_{ssc} \leq 0.48 f_c$$

$$f_{isc} \leq 0.0$$

2.7.- FATIGA.

En los miembros de concreto totalmente reforzados y totalmente presforzados los esfuerzos en el concre^{to} to y en el acero cambian bajo la aplicación de carga viva repetitiva pero estos cambios en los esfuerzos-- generalmente no son críticos.

En los miembros de concreto parcialmente presforza-- dos la sección puede ser totalmente comprimida (sin-- agrietarse) bajo el sólo efecto de la carga muerta y fallará debido a la aplicación de la carga viva. El agrietamiento induce un rápido movimiento en la loca-- lización del eje neutro (Punto de esfuerzo cero) lle-- vando a un alto rango de aumento en los esfuerzos en el acero y en los esfuerzos de la fibra extrema de -- concreto a compresión. Estos cambios repetitivos en los esfuerzos presentan peligro de fatiga en los ma-- teriales correspondientes y reduce las propiedades -- de unión e interacción entre el acero y el concreto-- y lleva a un sustancial incremento en el ancho de -- grieta y la deflexión bajo cargas de servicio. Esto-- puede ser muy importante y llevar a la fatiga.

Generalmente es convenido que la fatiga es un es-- tado límite crítico en los miembros de concreto par-- cialmente presforzado. Los resultados de un análisis con iable y extensivo indican que la probabilidad de falla por fatiga en el acero de presfuerzo o de re-- fuerzo ordinario es más alta que la de cualquier -- otro estado limite.

Aunque existen suficientes datos para el concre-- to y el acero de refuerzo, es necesaria información-- adicional sobre el comportamiento ante la fatiga de-- los tendones presforzados, especialmente cuando és-- tos forman parte de una viga.

Es necesario también investigar más sobre el tema, especialmente sobre el comportamiento ante la Fatiga - de estos elementos, ya que se sabe que es un estado límite crítico más no sabemos cómo se comportan exactamente éstos.

Para controlar la fatiga Naaman propone que se revise que el rango de esfuerzos de compresión en el concreto debido al efecto de la carga repetitiva de servicio no exceda de $0.4f_c' - f_{min}$; donde; f_{min} = Esfuerzo debido a la carga muerta más el presfuerzo efectivo.

Además de la fatiga es muy importante el agrietamiento de los elementos de concreto parcialmente prefabricados, ya que el acero de presfuerzo es muy sensible a la corrosión, para evitar ésta y controlar el ancho de las grietas Naaman propone que se controle de manera semejante al concreto reforzado, es decir, que se diseñe de modo que la cantidad $f_s \sqrt{dcA}$ no exceda de 31250 kg/cm² para exposición interior y de 25,895 kg/cm² para exposición exterior.

El esfuerzo calculado en el refuerzo debido a las cargas de servicio f_s , en Kg/cm², deberá calcularse como $f_s = Mc/Z_A$ donde:

M_c = Diferencia del momento total menos el momento de agrietamiento.

A = es el área de acero a tensión.

Z = es el brazo del momento.

2.8.- REVISION POR ACERO MINIMO.

Las vigas de concreto parcialmente presforzado debe revisarse por acero mínimo, con el fin de asegurar que el momento último resistente siempre sea mayor que el momento de agrietamiento.

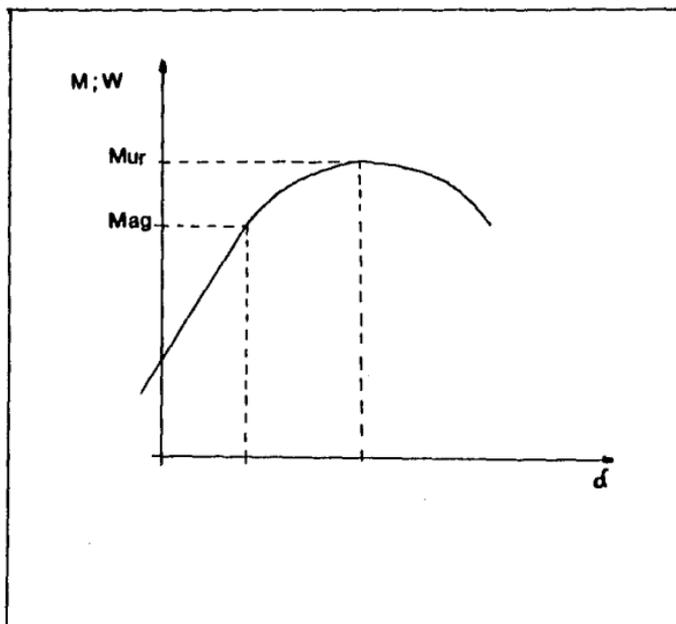


Fig. 2.11 Relación $M-\sigma$ de vigas de concreto totalmente presforzadas.

El momento de agrietamiento se encuentra en el punto donde se pierde la rigidez, es decir, el punto donde deja de ser lineal el comportamiento del elemento. Por lo tanto lo que se trata de asegurar es que el Momento Ultimo Resistente se presente después del agrietamiento.

La propuesta del R.C.D.F. pide que se cumpla para elementos totalmente reforzados que

$$MUR \geq 1.5 \text{ Mag.}$$

y para elementos totalmente presforzados

$$MUR \geq 1.2 \text{ Mag.}$$

Podemos establecer para elementos parcialmente --- presforzados una relación que nos ayude a controlar es te aspecto, relacionando mediante el índice de pres--- fuerzo.

$$I_p = \frac{A_{sp} f_{sp}}{A_{sp} f_{sp} + A_s f_y} = 0.0 \text{ Para elementos de concre- to totalmente presforzados}$$

$$I_p = \frac{A_{sp} f_{sp}}{A_{sp} f_{sp} + A_s f_y} = 1.0 \text{ Para elementos de concre- to totalmente reforzados.}$$

I_p	MUR
1.0	1.5 Mag
0.0	1.2 Mag

} 0.3

Un elemento parcialmente presforzado tiene un I_p entre 1.0 y 0.0, por lo tanto podemos establecer que - se cumpla:

$$MUR \geq (1.5 - 0.3 I_p) \text{ Mag.}$$

Dado que el momento de agrietamiento es el último punto de linealidad podemos emplear la fórmula de la - escuadría.

En un elemento simplemente apoyado, el caso más -- común de los elementos presforzados, se presenta el Mo mento de agrietamiento al centro del claro, al instan- te de presentarse la 1ª grieta, el concreto está traba- jando a un esfuerzo igual al módulo de ruptura (Defini do por el R.C.D.F. para concreto como $2\sqrt{f_c}$)

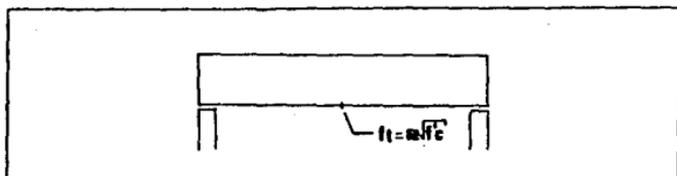


Fig. 2.12.- Esfuerzo al centro del claro al instante del agrietamiento.

De la Fig. tenemos

$$f_t = -2\sqrt{f_c} = \frac{P}{A_{ss}} + \frac{P e}{I_{ss}} y_{iss} - \frac{M_{ag}}{I_{ss}} y_{iss}$$

de aquí:

$$M_{ag} = \left[\frac{P}{A_{ss}} + \frac{P e}{I_{ss}} y_{iss} + 2\sqrt{f_c} \right] \frac{I_{ss}}{y_{iss}}$$

NOTA: El acero de refuerzo no interviene en la fórmula del M_{ag} porque este no trabaja hasta después de presentarse el agrietamiento.

Para el caso de secciones compuestas podemos calcular el momento de agrietamiento de la siguiente forma:

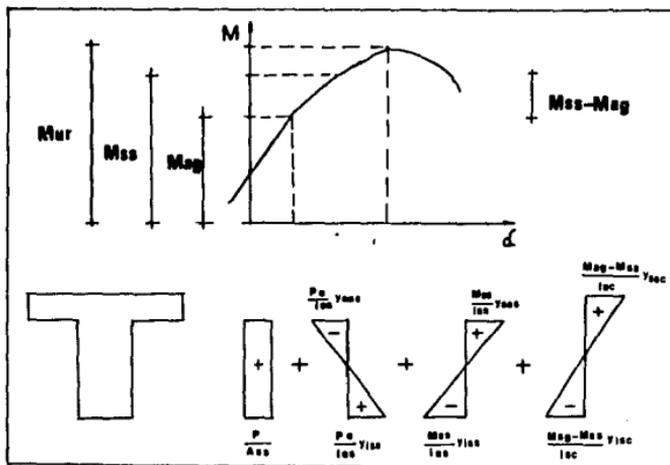


Fig. 2.13 Esfuerzos al instante del agrietamiento para una sección compuesta.

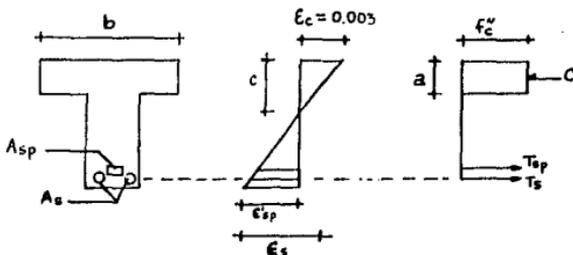
tenemos de la figura:

$$\frac{P}{A_{ss}} + \frac{P \cdot e}{I_{ss}} Y_{iss} - \frac{M_{ss}}{I_{ss}} Y_{iss} - \frac{M_{ag} - M_{ss}}{I_{sc}} Y_{isc} = -2\sqrt{f'c}$$

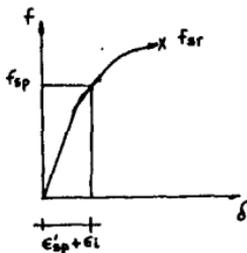
$$M_{ag} = \left[\frac{M_{ss}}{I_{ss}} Y_{iss} - \frac{P \cdot e}{I_{ss}} Y_{iss} - \frac{P}{A_{ss}} - 2\sqrt{f'c} \right] \frac{I_{ss}}{Y_{isc}} + M_{ss}$$

El esfuerzo fsp podemos obtenerlo con el método propuesto en las páginas - anteriores, o bien, como sigue:

- A partir del equilibrio interno y de las hipótesis generales:



- 1.- Se supone C_{sup} .
- 2.- Se obtiene s_p
- 3.- Se obtiene $i = f_i / \epsilon_{sp}$
- 4.- $T_{sp} = A_{sp} f_{sp}$ (se obtiene de la gráfica)



5.- $C = a b f^c$ y $T_s = A_s f_y$

6.- $C = T = T_{sp} + T_s$

7.- $a b f^c = A_{sp} f_{sp} + A_s f_y$

8.- $a = \frac{A_{sp} f_{sp} + A_s f_y}{b f^c}$

9.- $C_{obt.} = \frac{a}{0.8}$

10.- Se compara C_{obt} de 9 con C_{sup}

11.- Se hacen tanteos hasta que $C_{sup} \approx C_{obt}$

C A P I T U L O III.-

FUERZA CORTANTE.

- 3.1.- LA FUERZA CORTANTE EN ELEMENTOS DE CONCRETO PARCIALMENTE PRESFORZADOS.
- 3.2.- DIMENSIONAMIENTO POR RESISTENCIA PARA ESFUERZO CORTANTE.
- 3.3.- SECCIONES CRITICAS POR CORTANTE EN UNA VIGA.
- 3.4.- DETERMINACION DE LA CUANTIA DE ACERO EN ELEMENTOS DE CONCRETO PARCIALMENTE PRESFORZADOS.

3.1.- LA FUERZA CORTANTE EN LOS ELEMENTOS DE CONCRETO PARCIALMENTE PRESFORZADOS.

Dada la similitud del comportamiento entre un elemento de concreto parcialmente presforzado y uno de -- concreto reforzado, el R.C.D.F. recomienda que aque -- llos elementos de concreto cuyo I_p sea menor que 0.9 - se diseñen como elementos de concreto totalmente reforzados y aquellos cuyo I_p esté comprendido entre 0.9 y 1.0, incluyendo los extremos se diseñen por cortante - como elementos totalmente presforzados, por lo tanto, - dada la misma definición del R.C.D.F. los elementos de concreto parcialmente presforzados ($0.1 \leq I_p \leq 0.9$) se - diseñarán como si se tratara de elementos de concreto-reforzado.

3.2.- DIMENSIONAMIENTO POR RESISTENCIA PARA ESFUERZO CORTANTE.

El dimensionamiento por fuerza cortante consiste en :

- 1º.- Revisar si la sección es adecuada para tomar la fuerza cortante.
- 2º.- Determinar los estribos requeridos para tomar la fuerza -- cortante en caso de ser mayor ésta que la resistida por la sección.

Es decir:

$$\text{Revisar que } V_{UR} \leq V_{UA} ; V_{UA} = F.C. \times V_A$$

- Capacidad a Fuerza Cortante de vigas de concreto.

La fuerza cortante en una viga es tomada por:

- Concreto, V_{CR} y
- Refuerzo transversal, V'

entonces:

$$V_{UR} = V_{CR} + V'$$

donde:

$$V' = \frac{F.R. \cdot A \cdot f_{yd}}{S}$$

La fuerza cortante tomada por el concreto es la siguiente:

Cuando la dimensión transversal, h, paralela a la Fuerza - Cortante no es mayor que .7 m. y además h/b \leq 6 tenemos:

Cuando L/h \geq 5

$$\text{si } P \leq 0.01: V_{CR} = F.R.bd(0.2+30p)\sqrt{f_c'} \dots (2.16)$$

$$\text{si } P \geq 0.01: V_{CR} = 0.5 F_{Rbd} \sqrt{f_c'} \dots (2.17)$$

Cuando L/h \leq 4:

$$V_{CR} = (3.5 - 2.5 \frac{M}{Vd}) \geq 1.0 \text{ multiplicado por (2.17)}$$

donde $V_{CR} \leq 1.5 F_{Rbd} \sqrt{f_c'}$

donde

M= Momento flexionante que actúa en la sección.

Vd= Fuerza cortante que actúa en la sección.

Cuando h \geq .7 m.6 h/b \geq 6 se reduce V_{CR} en un 30%

si h \geq .7 m.y h/b \geq 6 se reduce V_{CR} en un 60%

Para el caso de vigas T o I se usará el ancho del alma b' - en todas las expresiones anteriores en lugar de b. Si el patín - esta a compresión, al producto b'd pueden sumársele las cantidades t^2 en vigas T y $t^2/2$ en vigas L, siendo t el espesor del patín.

Cuando se requiera refuerzo por tensión diagonal, $V_u > V_{CR}$ el espaciamiento de estribos se calcula con la siguiente expresión:

$$s \leq \frac{F.R. A_v f_y d}{V_u - V_{CR}} \dots (1)$$

A = Area transversal del refuerzo (en cm²)

f_y = esfuerzo de fluencia del refuerzo (en kg/cm²)

V_u = Fuerza cortante última en la sección (en Kg)

V_{CR} = Fuerza cortante resistida por el concreto (en Kg)

b = ancho de la sección (en cm)

d = peralte de la sección (en cm)

$$\text{Si } V_{CR} \leq V_u \leq 1.5 F_{Rbd} \sqrt{f_c^*} \rightarrow S \leq 0.5 d \dots (2)$$

$$\text{Si } V_u > 1.5 F_{Rbd} \sqrt{f_c^*} \rightarrow S \leq 0.25 d \dots (3)$$

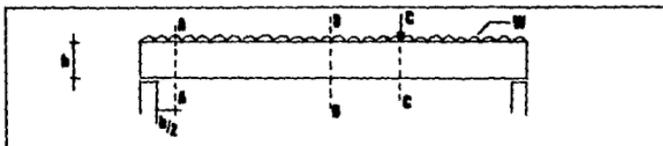
Cuando $V_u \geq 2.5 F_{Rbd} \sqrt{f_c^*}$ se deberá diseñar la sección --
nuevamente aumentando sus dimensiones (Peralte)

La separación máxima por área mínima es:

$$S = \frac{F_R A_w f_y}{3.5 b} \dots (4)$$

Se deberá tomar el valor menor de los obtenidos de las ecuaciones (1), (2), (3), (4).

3.3.- SECCIONES CRITICAS POR CORTANTE.



- Sección a $h/2$ del paño del apoyo (A-A')
- Donde se presenten cargas concentradas (c-c')
- La sección al centro del claro (B-B')
- Secciones a cada metro a partir del ζ a los apoyos.
- Cambio de peralte
- Cambio de dirección en tendones de presfuerzo
- Donde se inicia la curvatura de los cables de postensado
- Cambio de sección

3.4 .- Cálculo de la cuantía de acero en elementos parcialmente presforzados.

La propuesta al R.C.D.F. no define aún la manera en que se cuantificará la cuantía de acero en un miembro de concreto parcialmente presforzado, por lo que en el presente trabajo desarrollamos dos posibles maneras de hacerlo, dejando a juicio del ingeniero y de los investigadores cuál de éstas es la más apropiada.

La primera consiste en calcular por separado las cuantías de acero reforzado y presforzado y considerar la cuantía total como la suma de estas dos. Es decir:

$$P = P_s + P_{sp}$$

donde

$$P_s = \frac{A_s}{b d_s} \quad \text{y} \quad P_{sp} = \frac{A_{sp}}{b d_{sp}}$$

esta forma de calcular la cuantía de acero tiende a ser conservadora, es decir, nos lleva a valores más altos de refuerzo por cortante.

La segunda forma consiste en calcular la cuantía de acero utilizando una especie de sección transformada; es decir, algo parecido a esto, transformando el acero de refuerzo presforzado en acero de refuerzo ordinario.

podemos definir:

$$P = \frac{P_{sp} f_{sp}}{f_y} + P_s$$

donde P_{sp} y P_s corresponden a las definiciones anteriores. Este método tiende a acercarse un poco más a la realidad puede decirse que es un término medio.

Dado que el R.C.D.F. no define nada sobre el tema queda, como ya dijimos, a juicio del ingeniero la elección del método para calcular la cuantía de acero, y exhortamos a los investigadores a estudiar más sobre el tema.

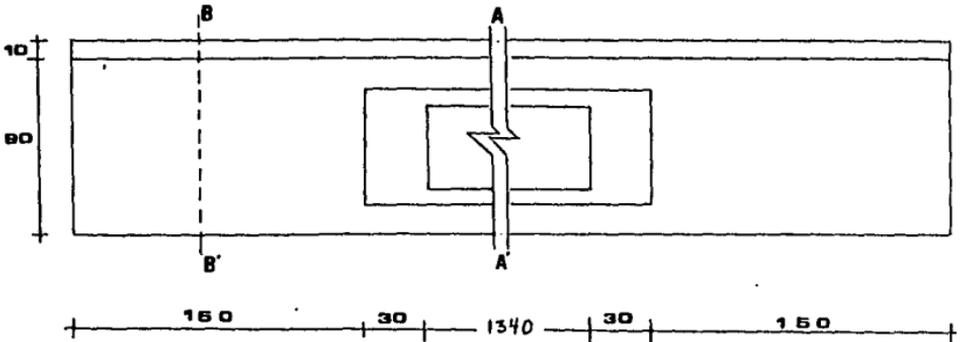
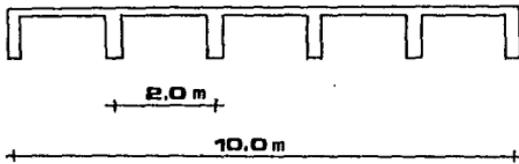
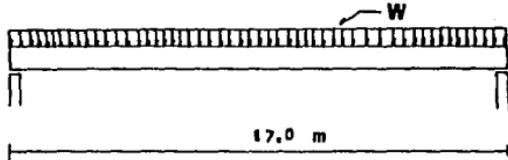
C A P I T U L O I V

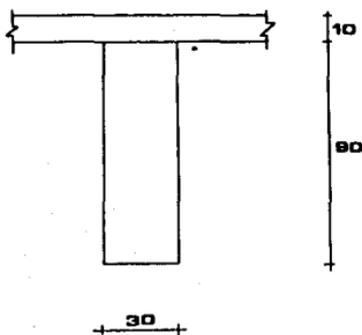
E J E M P L O

CAPITULO IV.-

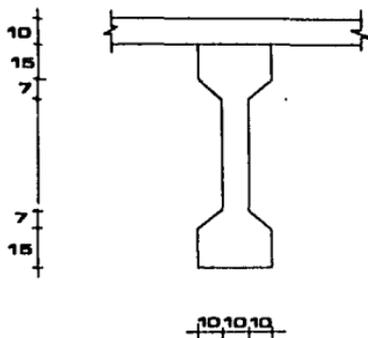
EJEMPLO

Diseñar la siguiente sección:





Sección al ϵ



Sección en el apoyo

DATOS:

Peso de sobrecarga muerta:	$W_{scm} = 100 \text{ Kg/m}^2$
Peso de recubrimiento:	$W_{rec} = 100 \text{ Kg/m}^2$
Peso de carga viva:	$W_{cv} = 250 \text{ Kg/m}^2$
Peso de carga viva casi permanente:	$W_{cvcp} = 100 \text{ Kg/m}^2$
Peso de carga viva eventual:	$W_{cve} = 150 \text{ Kg/m}^2$

$$f_{sr} = 18900 \text{ Kg/cm}^2$$

corones de $\emptyset \frac{1}{2}$ "

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_{c10sa} = 200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_{c2} = 400 \text{ Kg/cm}^2$$

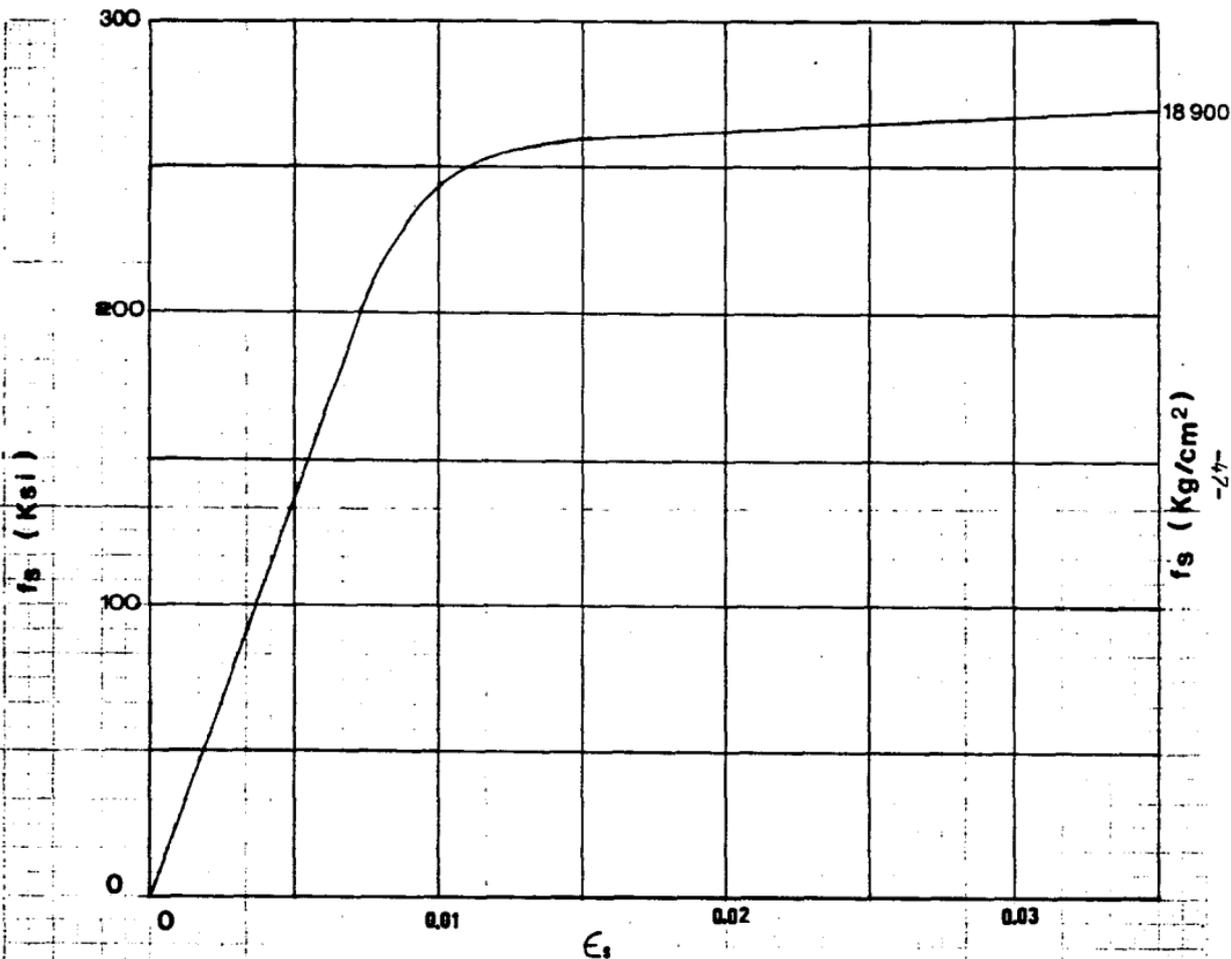


Fig. 4 Diagrama típico de esfuerzos-deformaciones torones de $\phi \frac{1}{2}$ " con 270 K.

S O L U C I O N

- Cálculo de constantes

$$f'c_L = 0.8 f'c_L = 0.8 \times 200 = 160 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'c_L = 0.8 f'c = 0.8 \times 160 = 135 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'c_T = 0.8 f'c_T = 0.8 \times 400 = 320 \text{ Kg/cm}^2 > 250 \text{ Kg/cm}^2$$

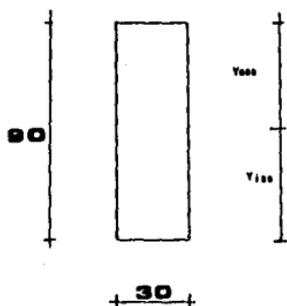
$$f'c_T = (1.05 - f'c/1250) f'c$$

$$= (1.05 - \frac{320}{1250}) 320 = 254.03 \text{ Kg/cm}^2$$

a) Determinación de características geométricas

- Sección simple

• Sección B - B'



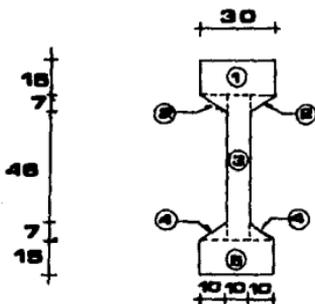
$$\text{Area} = A_{ss} = 90 \times 30 = 2700 \text{ cm}^2$$

$$y'_{ss} = 45 \text{ cm}$$

$$y_{ss} = 45 \text{ cm}$$

$$I_{ss} = 30 \times 90^3 = 1822500 \text{ cm}^4$$

• Sección A - A'



Elemento	Area (cm ²)	y (cm)	A y (cm ³)	d (cm)	d ² (cm ²)	A d ² (cm ⁴)	I (cm ⁴)
1	450	82.50	37,125.00	37.50	1406.25	632,812.50	8437.50
2	70	72.67	5086.66	27.66	765.44	53,581.11	190.55
3	800	45.00	27000.00	0.00	0.00	0.00	180000.00
4	70	17.33	1213.33	27.66	765.44	53,581.11	190.55
5	450	7.50	3375.00	37.50	1406.25	632,812.50	8437.50
	1640		73800.00			1'372,787.22	197256.10

$$y_{iss_A} = \frac{73800}{1640} = 45 \text{ cm}$$

$$y_{iss_B} = h - y_{iss_A} = 90 - 45 = 45 \text{ cm}$$

$$I_{ss_A} = 197256.10 + 1'372,787.22 = 1'570,043.32$$

- Sección compuesta:

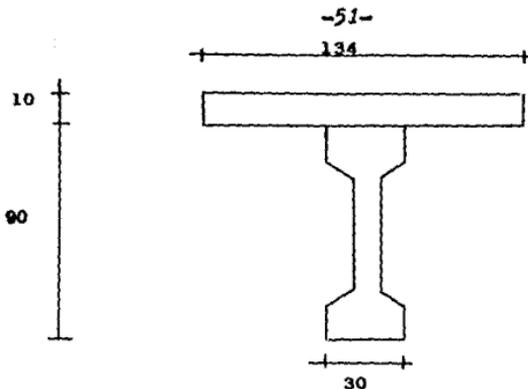
Cálculo del ancho efectivo:

$$b = \begin{cases} \text{c.a.c} = 200 \text{ cm} \\ L/4 = 20/4 = 500 \text{ cm} \\ 16t = b' = 16(10) + 30 = 190 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b = 190 \text{ cm}$$

$$n = \sqrt{f'c_1} / \sqrt{f'c_2} = \sqrt{200} / \sqrt{400} = 0.7071$$

$$nb = 0.7071 \times 190 = 134 \text{ cm}$$



SECCION A-A'

Tenemos entonces:

Elemento.	(cm ²) Area	y (cm)	Ay (cm ³)	d cm	d ² (cm ²)	Ad ² (cm ⁴)	I (cm ⁴)
Simple	1640	45	73800	26.98	727.92	1193789.45	1570043.32
Compueta.	1340	105	140700	33.02	1090.32	1461029.33	11166.66
Σ	2980		214500			2654818.79	1581209.98

$$y_{iscA} = \frac{214500}{2980} = 71.98 \text{ cm.}$$

$$y_{scA} = h_{sc} - y_{iscB} = 100 - 71.98 = 28.02$$

$$I_{scA} = 1581209.98 + 2654818.79$$

$$= 4\ 236\ 028.77 \text{ cm}^4$$

b).- Determinación de elementos mecánicos:

Peso propio de la trabe:

$$1,640 \text{ cm}^2 \times 1,400 \text{ cm.} + 2,700 \text{ cm}^2 \times 300 \text{ cm.} = 3.106 \text{ m}^3. \quad (1)$$

$$3.106 \text{ m}^3. \times 2,400 \text{ Kg./m}^3. = 7,454.4 \text{ Kg.}$$

$$7,454.4 \text{ Kg.} / 17 \text{ m.} = 496.96 \text{ Kg./m.}$$

Peso de la losa:

$$2 \text{ m.} \times 0.1 \text{ m.} \times 2,400 \text{ Kg./m}^3. = 480 \text{ Kg./m.}$$

Peso adicional:

$$W_{\text{rec}} = 100 \text{ Kg./m}^2 \times 2.0 \text{ m.} = 200 \text{ Kg./m.}$$

$$W_{\text{scm}} = 100 \text{ Kg./m}^2 \times 2.0 \text{ m.} = 200 \text{ Kg./m.}$$

$$W_{\text{cv}_{\text{cp}}} = 50 \text{ Kg./m}^2 \times 2.0 \text{ m.} = \frac{100 \text{ Kg./m.}}{500 \text{ Kg./m.}}$$

$$W_{\text{cv}_E} = 150 \text{ Kg./m}^2 \times 2.00 \text{ m.} = 300 \text{ kg./m.}$$

$$M_{\text{ss}} = \frac{(W_{\text{pp}} + W) L^2}{8} = \frac{(496.96 + 480) (17)^2}{8} = 35,292.68 \text{ kg.m.}$$

$$M_{\text{sc}} = \frac{(W_{\text{scm}} + W_{\text{cv}_{\text{cp}}}) L^2}{8} = \frac{(500) (17)^2}{8} = 18,062.5 \text{ Kg.m.} \quad (2)$$

$$M_1 = \left[\frac{(W_{\text{pp}} + W_L + W_{\text{scm}} + W_{\text{cv}_{\text{cp}}}) L^2}{8} \right]$$

$$= \left[\frac{(496.96 + 480 + 500) (17)^2}{8} \right] \quad (3)$$

$$= 53,355.18 \text{ Kg.m}$$

$$M_2 = \frac{(W_{cvE}) (L)^2}{8} \quad (4)$$

$$= \frac{(300)(15)^2}{8} = 10,837.5 \text{ Kg./m}$$

c).- Calculamos los esfuerzos permisibles:

• Concreto

$$f'c_i = 0.8 f'c = 0.8 \times 400 = 320 \text{ Kg./cm}^2$$

- Inmediatamente después de la transferencia

• Compresión: $0.6 f'c = 0.6 \times 320 = 192 \text{ Kg./cm}^2$.

• Tensión: $\sqrt{f'c_i} = \sqrt{320} = 17,88 \text{ Kg./cm}^2$.

- En condiciones de servicio

• Compresión: $0.45 f'c = 0.45 \times 400 = 180 \text{ Kg./cm}^2$.

• Acero de presfuerzo

$$f_o = 0.7 f_{sr} = 0.7 (18,900) = 13,230 \text{ Kg./cm}^2$$

$$f = 0.8 f_o = 0.8 (13,230) = 10,584 \text{ Kg./cm}^2$$

$$F_o = \text{Asp } f_o = 0.929 \times 13,230 = 12,290.67 \text{ Kg.}$$

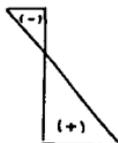
$$F = \text{Asp } f = 0.929 \times 10,584 = 9,832.53 \text{ Kg.}$$

• Acero de tensión ordinario

$$0.5 f_y = 0.5 (4,200) = 2,400 \text{ Kg./cm}^2$$

d).- Capacidad máxima de presfuerzo de la sección

$$K f'c_i = 0.8 \sqrt{320} = 14.31 \text{ Kg./cm}^2$$



$$0.6 K f'c_i = 0.6 \times 0.8 \times 320 = 153.6 \text{ Kg./cm}^2$$

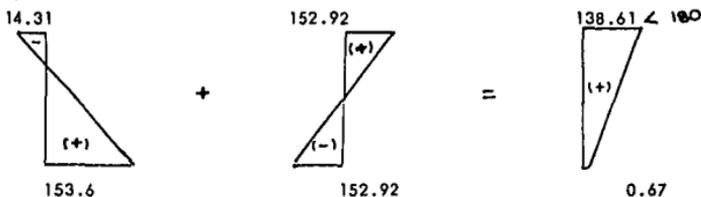
e).- Esfuerzos actuantes.

Sección A-A'

$$f_{iss} = \frac{M_1 A}{I_{ss}} \quad Y_{iss} = \frac{53,355.18 (10)^2}{1'570,043.32} \quad (45) = 152.92$$

$$f_{sss} = - \frac{M_1 A}{I_{ss}} \quad Y_{sss} = - \frac{53,355.18 (10)^2}{1'570,043.32} \quad (45) = - 152.92$$

f).- Comparamos el presfuerzo de la sección al centro del claro en condiciones de servicio con los esfuerzos permisibles.



g).- Obtenemos la fuerza de presfuerzo

Suponemos: $f_{ps} = 14.31$ y $f_{pl} = 152.92$

$$\begin{aligned} P_t &= A_{gs} \left[Y_{sss} \left(\frac{f_{ps} + f_{pl}}{h} \right) - f_{ps} \right] \\ &= 1,640 \left[45 \left(\frac{14.31 + 152.92}{90} \right) - 14.31 \right] \\ &= 113,660.2 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

h).- Calculamos el número de torones

$$n = P_t / F = 113,660.2 / 9,832.53 = 11.55$$

Proponemos 12 torones de $1/2'' \emptyset$

i).- Calculamos la excentricidad teórica.

$$\begin{aligned}e'_t &= \left(f_{pi} - \frac{Pt}{Ass} \right) l_{ss} / Y_{iss} Pt \\ &= \left(152.92 - \frac{113,660.2}{1,640} \right) 1'570,043.32 / 45 \times 110,831.2 \\ &= 26.32 \text{ cm.}\end{aligned}$$

j).- Determinamos la colocación de los tendones

Abajo: $0.8 \times 12 = 9.6 = 10$ torones

Arriba: $0.2 \times 12 = 2.4 = 2$ torones

Separación libre: $S_L = 3(0.929) = 3$ cm.

Separación total: $S_T = S_L + \theta = 3 + 0.929 = 4$ cm.

Recubrimiento libre:

$$r_L = 2 \theta = 2 (0.929) = 2 \text{ cm.}$$

Recubrimiento total:

$$r_t = r_L + \frac{\theta}{2} = 2 + \frac{0.929}{2} = 2.5 \text{ cm.}$$

k).- Calculamos la fuerza de presfuerzo

$$P_o = nF_o = 12 \times 12,290.67 = 147,488.04 \text{ Kg.}$$

$$P = nF = 12 \times 9,832.53 = 117,990.36 \text{ Kg.}$$

l).- Calculamos la excentricidad real

$$e'_r = \frac{5(2.5) + 5(6.5) + 2(87.5)}{12} = 20 \text{ cm.}$$

$$e_{real} = Y_{iss} - e'_r = 45.00 - 20 = 25$$

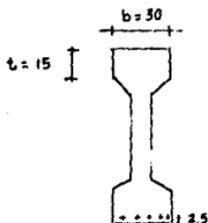
$$25.00 < 26.32$$

m).- Diseñamos como totalmente reforzado para M_2

$$P_{min.} = 0.7 \sqrt{f'c} / f_y = 0.7 \sqrt{400} / 4,200$$

$$= 0.00333$$

Suponemos que la viga trabaja como rectangular



$$M_{UR}^{patin} = F.R. \left[b \times t \times X f'c (d-t/2) \right]$$

$$= 0.9 \left[30 \times 10 \times 254.08 (87.5 - 10/2) \right]$$

$$= 56.59 \text{ Ton.m}$$

$$M_u = 1.4 M_2 = 1.4 \times 10.837 = 15.172 \text{ Ton.m}$$

$$\text{Como: } M_{UR}^{patin} \gg M_u = F.C. \times M_2$$

Diseñamos como viga rectangular.

$$P_{nec.} = f'c / f_y \left[1 - \sqrt{1 - 2 M_u / F.R. b d^2 f'c} \right]$$

$$= 254.08 / 4,200 \left[1 - \sqrt{1 - 2 \times 15.172 \times 10^3 / 0.9 \times 30 \times 87.5^2 \times 254.08} \right]$$

$$= 0.00177$$

$$A_{s \text{ nec}} = P_{nec} b \cdot d = 0.00177 \times 30 \times 87.5 = 4.65 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min.}} = 0.0033 \times 30 \times 87.5 = 8.66 \text{ cm}^2$$

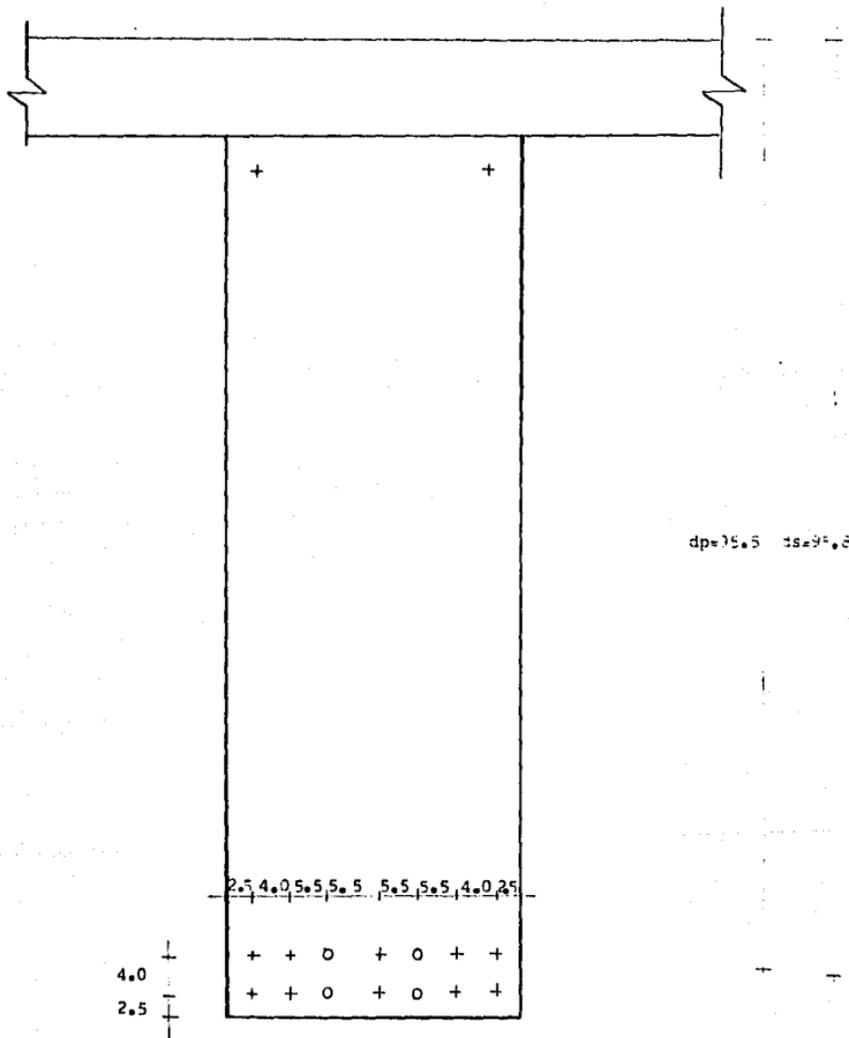
$$\text{Utilizamos 2 Vs del \# 5} \rightarrow 3.98 \text{ cm}^2$$

$$2 \text{ Vs del \# 6} \quad \underline{5.74 \text{ cm}^2}$$

$$9.72 \text{ cm}^2$$

$$8.66 \text{ cm}^2$$

DISTRIBUCION DEL ACERO:

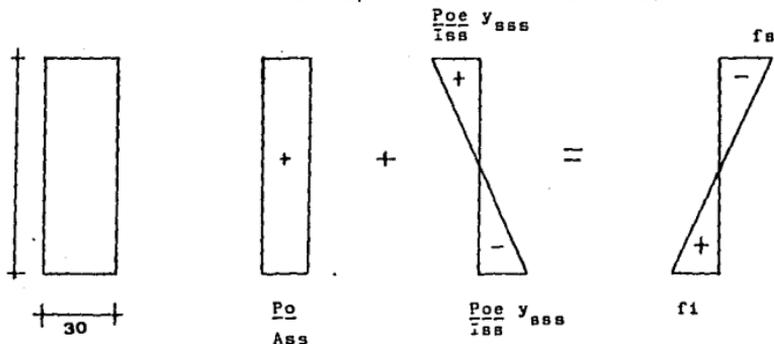


+ ACERO DE PRESFUERZO

O ACERO DE REFUERZO ORDINARIO

j) Revisión por esfuerzos permisibles:

- Sección B-B en condiciones iniciales. (Inmediatamente después de la transferencia).



$$f_s = \frac{P_o}{A_{ss}} - \frac{P_o e y_{ss}}{I_{ss}} = \frac{147488.04}{2700} - \frac{147488.04 \times 25}{1022500} \quad (45)$$

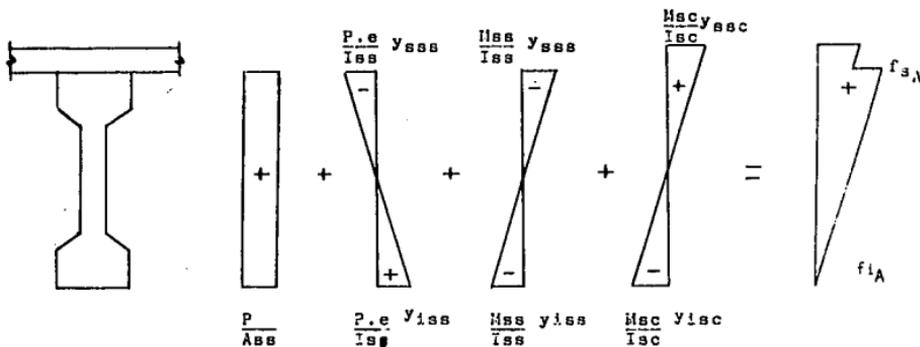
$$= 54.62 - 91.04 = -36.42 < -17.88$$

$$f_i = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o e y_{ss}}{I_{ss}} = \frac{147488.04}{2700} + \frac{147488.04 \times 25}{1022500} \quad (45)$$

$$= 54.62 + 91.04 = 145.66 < 192$$

Dado que el esfuerzo actuante en la zona de tensión es mayor que el permisible debemos engrasar coronas en la zona de apoyo. (5)

- SECCION A-A 2ª CONDICIONES DE SERVICIO.-



$$\frac{P}{Abs} = \frac{117990.36}{1340} = 71.94$$

$$\frac{P.e}{Iss} Y_{sss} = \frac{117990.36 \times 25}{1570} \times 45 = 84.54$$

$$\frac{P.e}{Iss} Y_{sss} = \frac{117990.36 \times 25}{1570} \times 45 = -84.54$$

$$\frac{M_{ss}}{Iss} M_{ss} = \frac{35,292.6 \times 10^2}{1570} \times 45 = -101.15$$

$$\frac{M_{ss}}{Iss} Y_{sss} = \frac{35,292.6 \times 10^2}{1570} \times 45 = 101.15$$

$$\frac{M_{sc}}{Isc} Y_{ssc} = \frac{18062.5 \times 10^2}{4233} \times 20.02 = -58.47$$

$$\frac{M_{sc}}{Isc} (Y_{sc} - c) = \frac{18062.5 \times 10^2}{4233} \times (20.02 - 10) = 7.68$$

$$f_s = \frac{P}{Abs} - \frac{P.e}{Iss} Y_{sss} + \frac{M_{ss}}{Iss} Y_{sss} + \frac{M_{sc}}{Isc} (Y_{sc} - c)$$

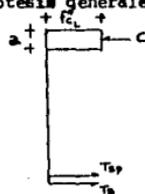
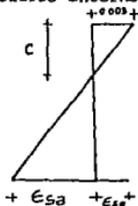
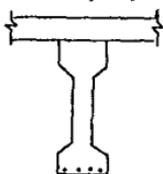
$$= 71.94 - 84.54 + 101.15 + 7.68$$

$$= 96.23 < 180 \quad \text{se cumple}$$

REVISION POR RESISTENCIA

$$M_{UR} = F.R. \left[A_{sp} f_{sp} (d_p - a/2) + A_s f_y (d_s - a/2) \right]$$

Calculamos f_{sp} a partir del equilibrio interno y de las hipótesis generales



$$A_{sp} = 11.95 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 9.72 \text{ cm}^2$$

$$d_p = 95.5 \text{ cm}$$

$$d_s = 95.87 \text{ cm}$$

19.- Suponemos $c = 12 \text{ cm}$.

De la fig.:

$$\epsilon_{sa} = \frac{0.003 (d_p - c)}{c} = \frac{0.003 (95.5 - 12)}{12} = 0.0208$$

$$\epsilon_{se} = \frac{f_i}{E_{sp}} = \frac{0.7 k f_{sr}}{1.9 \times 10^6} = \frac{0.7 \times 0.8 \times 18900}{1.9 \times 10^6} = 0.00557$$

$$\epsilon_p = \epsilon_{sa} + \epsilon_{se} = 0.0208 + 0.00557 = 0.02644$$

de la fig 4.1 obtenemos:

$$f_{sp} = 17800 \text{ Kg/cm}^2$$

$$a = \frac{A_{sp} f_{sp} + A_s f_y}{b f''c}$$

$$= \frac{11.95 \times 17800 + 9.72 \times 4200}{190 \times 136} = 9.81 \text{ cm}$$

$$c_{obt} = \frac{9.81}{0.8} = 12.26 \text{ cm}$$

suponemos ahora $c = 12.10$ cm

$$\epsilon_{sa} = \frac{0.003 (95.5 - 12.10)}{12.10} = 0.0206$$

$$\epsilon_{sa} = 0.00557$$

$$\epsilon_{sp} = \epsilon_{sa} + \epsilon_{se} = 0.0206 + 0.00557 = 0.02624$$

de la fig. 4.1 obtenemos $f_{sp} = 17500$ Kg/cm²

$$a = \frac{11.95 \times 17500 + 9.72 \times 4200}{190 \times 136} = 9.67 \text{ cm}$$

$$c_{obt} = \frac{9.67}{0.8} = 12.09 \text{ cm}$$

como $c_{obt} \approx c_{sup} = 12.10$ cm, tenemos que $f_{sp} = 17500$ Kg/cm²

$$\begin{aligned} M_{UR} &= F.R. \left[A_{sp} f_{sp} (d_p - a/2) + A_s f_y (d_s - a/2) \right] \\ &= 0.9 \left[11.95 \times 17500 (95.5 - 9.67/2) + 9.72 \times 4200 (95.87 - 9.67/2) \right] \\ &= 20409057.87 \text{ Kg cm} = 204 \text{ 090.58 Kg m} \end{aligned}$$

Debe cumplirse que :

$$M_{UR} > M_{UA}$$

$$\begin{aligned} M_{UA} &= F.C. \left[M_1 + M_2 \right] = 1.4 \left[53 \text{ 355.18} + 10 \text{ 837.5} \right] \\ &= 89 \text{ 869.75 Kg m} \end{aligned}$$

se cumple que $M_{UR} > M_{UA}$

Revisamos la falla potencial :

$$\epsilon_{sp} = \epsilon_{se} + \epsilon_{sa}$$

$$\epsilon_{sp} = 0.02624 > \epsilon_{yp} = \frac{0.01}{0.75} = 0.0133$$

se cumple, por lo tanto, la falla potencial es ductil.

REVISION POR ACERO MINIMO

Calculamos el índice de presfuerzo:

$$I_p = \frac{A_{sp} f_{sp}}{A_{sp} f_{sp} + A_{sf} y} = \frac{11.95 \times 17500}{11.95 \times 17500 + 9.72 \times 4200} = 0.836$$

debe cumplirse que:

$$M_{UR} \geq [1.5 - 0.3 I_p] M_{ag}$$

donde :

$$\begin{aligned} M_{ag} &= \left[\frac{P}{A_{ss}} + \frac{P e}{I_{ss}} Y_{iss} - \frac{M_{ss}}{I_{ss}} Y_{iss} + 2 \sqrt{f_c'} \right] \frac{I_{sc}}{Y_{isc}} + M_{ss} \\ &= \left[71.94 + 84.54 - 101.15 + 2 \sqrt{400} \right] \frac{4236028.77}{71.98} + 35392.68 \times 10^2 \\ &= 9139446.1 \text{ Kg cm} \end{aligned}$$

$$[1.5 - 0.3 I_p] = 1.5 - 0.3 (0.836) = 1.249$$

debe cumplirse que :

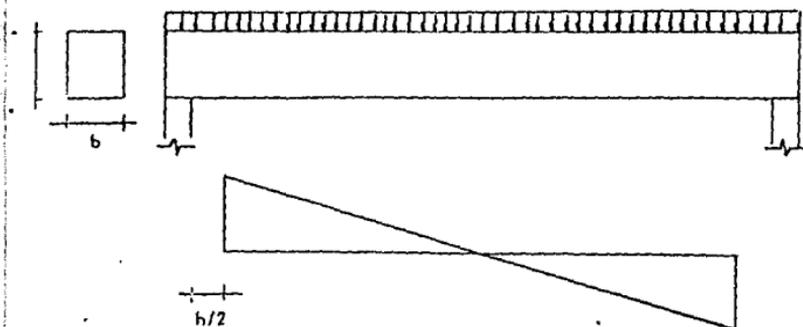
$$M_{UR} \geq 1.249 M_{ag}$$

$$M_{UR} = 20409057.87 \geq 1.249 \times 9139446.10$$

$$20409057.87 \geq 11415168.18 \text{ Kg cm}$$

se cumple.

DISEÑO POR FUERZA CORTANTE.



a) DETERMINACION DEL DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE.

$$w_{cv} = 400 \text{ Kg/m}$$

$$w_{ca} = 200 \text{ Kg/m}$$

$$w_{rec} = 100 \text{ Kg/m}$$

$$w_{losa} = 480 \text{ Kg/m}$$

$$w_{pp} = 496.96 \text{ Kg/m}$$

$$\underline{\underline{1676.96 \text{ Kg/m}}}$$

$$R = \frac{w_t l}{2} = \frac{1676.96 \times 17}{2} = 14\,254.16 \text{ Kg}$$

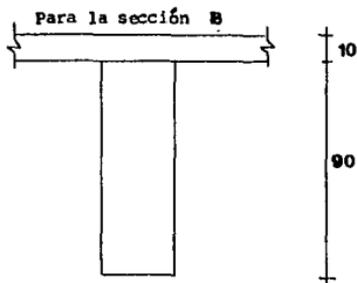
$$V_x = R - w_t X = 14\,254.16 - 1676.96 X$$

$$M_x = R_x - \frac{w_t X^2}{2} = 14\,254.16 X - 1676.96 \frac{X^2}{2}$$

$$= 14\,254.16 X - 833.48 X^2$$

REVISION DE LA SECCION TRANSVERSAL:

$$V_U \leq 2.5 \text{ F.R.} \cdot (b'd + t^2) \sqrt{f^{\circ}c}$$



$$A_L = 134 \times 10 = 1340 \text{ cm}^2$$

$h = 1.0 \text{ m} > 0.7 \text{ m}$, se reduce V_{CR} en un 30 %

$h/b = 100/30 = 3.33 < 6$, no se reduce V_{CR}

$$b' = 30 \text{ cm}$$

$$t = 10 \text{ cm}$$

$$A_{sp} = 12 \times 0.929 = 11.95 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 9.72 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 30 \times 90 = 2700 \text{ cm}^2$$

$$d = \frac{A_{sp} f_{sp} d_p + A_s f_y d_s}{A_{sp} f_{sp} + A_s f_y} = \frac{11.95 \times 17500 \times 95.5 + 9.72 \times 4200 \times 95.87}{11.95 \times 17500 + 9.72 \times 4200} = 95.56 \text{ cm}$$

Cálculo de $f^{\circ}c$

$$f^{\circ}c_L = 0.8 f^{\circ}c'_L = 0.8 \times 200 = 160 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f^{\circ}c_t = 0.8 f^{\circ}c'_t = 0.8 \times 400 = 320 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f^{\circ}c = \frac{f^{\circ}c_L A_L + f^{\circ}c_t A_t}{A_L + A_t} = \frac{160 \times 1340 + 320 \times 2700}{1340 + 2700} = 266.93 \text{ Kg/cm}^2$$

$$2.5 \text{ F.R.} \cdot (b'd + t^2) \sqrt{f^{\circ}c} = 2.5 (0.8) (30 \times 95.56 + 10^2) \sqrt{266.93} = 96943.11 \text{ Kg}$$

Sección crítica a $h/2$ del paño del apoyo

$$h = 1.0 \text{ m}$$

$$h/2 = 0.5 \text{ m}$$

$$V_x = 14\,254.16 - 1676.96 X$$

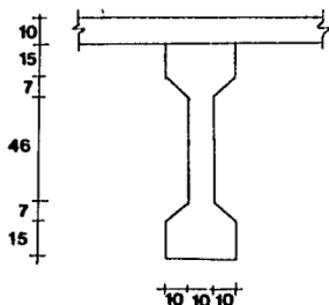
$$= 14\,254.16 - 1676.96 (0.7) = 13\,080.28 \text{ Kg}$$

$$V_{U_B} = F.C. V_x = 1.4 \times 13\,080.28 = 18\,312.40 \text{ Kg}$$

$$V_{U_B} = 18\,312.40 < 2.5 F.R. (b'd + t^2) \sqrt{f^*c} = 96\,943.11 \text{ Kg}$$

se cumple, por lo tanto la sección es apropiada.

Para la sección A



$$h = 1.0 \text{ m} > 0.7 \text{ m } y$$

$$h/b = 100/10 = 10 > 6, \text{ se reduce } V_{CR} \text{ en un } 60\%$$

$$b' = 10 \text{ cm}$$

$$A_{sp} = 11.95 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 9.72 \text{ cm}^2$$

$$A_L = 1340 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 1640 \text{ cm}^2$$

$$d = 95.56 \text{ cm}$$

Cálculo de f^*c

$$f^*c_L = 160 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f^*c_t = 320 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f^*c = \frac{160 \times 1340 + 320 \times 1640}{1340 + 1640} = 248.05 \text{ Kg/cm}^2$$

$$2.5 F.R. (b'd + t^2) \sqrt{f^*c} = 2.5 (0.8) (10 \times 95.56 + 10^2) \sqrt{248.05} = 33\,250.56 \text{ Kg}$$

Sección crítica a 1.5 m (cambio de sección)

$$V_A = 14\,254.16 - 1\,676.96 X$$

$$= 14\,254.16 - 1\,676.96 (1.5)$$

$$= 11\,738.72 \text{ Kg}$$

$$V_{U_A} = F.C. (V_x) = 1.4 (11\,738.72) = 16\,434.20 \text{ Kg}$$

como 16 434,20 < 33 250,56 la sección es apropiada.

- Cálculo de P para la sección B

Utilizando el primer método:

$$P_{1B} = P_s + P_{sp}$$

$$P_s = \frac{A_s \cdot 9.72}{(b' d_s + t^2)} = \frac{9.72}{(30 \times 95.56 + 10^2)} = 0.00327$$

$$P_{sp} = \frac{A_{sp}}{(b' d_p + t^2)} = \frac{11.95}{(30 \times 95.5 + 10^2)} = 0.00403$$

$$P_{1B} = 0.00327 + 0.00403 = 0.0073 < 0.01$$

Utilizando el segundo método:

$$P_{2B} = \frac{P_{sp} f_{sp}}{f_y} + P_s$$
$$= \frac{0.00403 \times 17500}{4200} + 0.00285$$

$$P_{2B} = 0.0196 > 0.01$$

- Cálculo de P para la sección A

$$P_{1A} = P_s + P_{sp}$$

$$P_{sp} = \frac{A_{sp}}{(b' d_p + t^2)} = \frac{11.95}{(10 \times 95.5 + 10^2)} = 0.00113$$

$$P_s = \frac{A_s}{(b' d_s + t^2)} = \frac{9.72}{(10 \times 95.87 + 10^2)} = 0.00918$$

$$P_{1A} = 0.00918 + 0.00113 = 0.01031 > 0.01$$

Utilizando el segundo método:

$$\begin{aligned} P_{2A} &= \frac{P_{sp} f_{sp}}{f_y} + P_s \\ &= \frac{0.00133 \times 17500}{4200} + 0.00918 \\ &= 0.0147 > 0.01 \end{aligned}$$

DISEÑO POR CORTANTE PARA EL TRAMO DE LA SECCION B

- Utilizando P_{1B}

como $P_{1B} = 0.0073 < 0.01$ tenemos:

$$\begin{aligned} V_{CRB} &= F.R. (b'd + t^2) (0.2 + 30 P) \sqrt{f \cdot c_B} \\ &= 0.8 (30 \times 95.56 + 10^2) (0.2 + 30 (0.0073)) \sqrt{266.93} \\ &= 16\ 247.66 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Reducimos V_{CRB} en un 30 % :

$$V_{CRB} = 11\ 373.36$$

como V_{CRB} es menor que V_{UB} requerimos acero de refuerzo diagonal.

$$\begin{aligned} S &= \frac{F.R. \cdot A_v f_y d}{V_{UB} - V_{CR}} \\ &= \frac{0.8 \times 2 \times 0.49 \times 4200 \times 95.56}{18\ 312.4 - 11\ 373.36} = 45.34 \text{ cm} \\ S &= 0.5 d = 0.5 \times 95.56 = 47.78 \text{ cm} \\ S &= \frac{F.R. \cdot A_v f_y}{3.5 b} = \frac{0.8 \times 2 \times 0.49 \times 4200}{3.5 \times 30} = 31.36 \text{ cm} \end{aligned}$$

utilizamos estribos de $5/16 \text{ " } \phi @ 30 \text{ cm}$

- Utilizando P_{2B} :

$$\text{como } P_{2B} = 0.0196 > 0,01$$

$$\begin{aligned} V_{CR_B} &= 0.5 \text{ F.R. } (b'd + t^2) \sqrt{f'c_B} \\ &= 0.5 (0.8) (30 \times 95.56 + 10^2) \sqrt{266.93} \\ &= 19\,388.62 \text{ Kg , entonces} \end{aligned}$$

reducimos V_{CR} en un 30 % , tenemos que $V_{CR_B} = 13\,572.03 \text{ Kg}$

como $V_{U_B} > V_{CR_B}$ requiere refuerzo diagonal:

$$S = \frac{\text{F.R. } A_v f_y d}{V_{U_B} - V_{CR_B}} = \frac{0.8 \times 2 \times 0.49 \times 4200 \times 95.56}{18\,312.40 - 13\,572.03} = 66.38 \text{ cm}$$

$$S = 0.5 d = 47.83 \text{ cm}$$

$$S = \frac{\text{F.R. } A_v f_y}{3.5 b} = \frac{0.8 \times 2 \times 0.49 \times 4200}{3.5 \times 30} = 31.36 \text{ cm}$$

por lo tanto, la separación entre estribos será 30 cm.

DISEÑO POR CORTANTE PARA LA SECCION A

Como en este caso P_{1A} y P_{2A} son mayores que 0.01 calculamos V_{CR_A} como:

$$\begin{aligned} V_{CR_A} &= 0.5 \text{ F.R. } (b'd + t^2) \sqrt{f'c} \\ &= 0.5 (0.8) (10 \times 95.56 + 10^2) \sqrt{248.05} \\ &= 6\,650.11 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Debemos reducir V_{CR_A} en un 60 % , tenemos entonces:

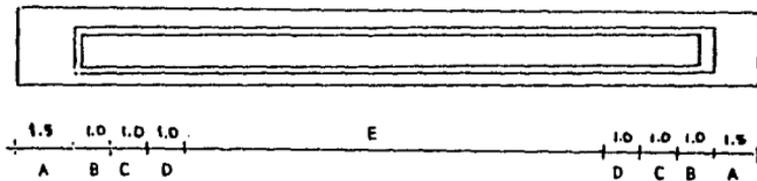
$$V_{CR_A} = 2660.04 \text{ Kg}$$

Dado que V_{CR_A} es menor que V_{U_A} requerimos acero de refuerzo diagonal

Podemos elaborar la tabla siguiente :

Dist	Tramo	V_A	V_{U_A}	$S = \frac{F.R. \cdot Av \cdot fy}{V_{U_A} - V_{CR_A}}$	$S=0.5 d$	$S = \frac{F.R. \cdot Av \cdot fy}{3.5 b'}$
1.5	B	11 738.71	16 434.2	22.84	47.83	94.08
2.5	C	10 061.42	14 086.00	27.53	47.83	94.08
3.5	D	8 384.28	11 738.30	34.66	47.83	94.08
4.5	E	6 707.83	9 390.97	46.78	47.83	94.08

tenemos que:



SECCION A: est. @ 30 cm.

SECCION B: est. @ 22 cm.

SECCION C: est. @ 25 cm.

SECCION D: est. @ 30 cm.

SECCION E: est. @ 45 cm.

COMENTARIOS AL EJEMPLO:

- 1.- El peso de la trabe se calculó aproximadamente, sin tomar en cuenta que el cambio de sección es un tramo de 30 cm. por cada lado.
- 2.- El momento para la sección compuesta, para fines de cálculo se toma sin considerar el que ya está soportando la sección simple.
- 3.- El M_1 lo definimos en el presente trabajo como el momento debido a la carga muerta, más el momento debido a un porcentaje de carga viva, que definimos como carga viva casi permanente.
- 4.- El M_2 lo definimos en el trabajo como el momento debido a la carga viva restante, es decir, a la carga viva que conocemos como eventual.
- 5.- La solución del ejemplo engrasando torones consideramos que queda fuera del alcance de este trabajo.

6.- La propuesta del R.C.D.F. define como peralte lo siguiente:

$$j = \frac{A_s f_{sy} d_p + A_s' f_{ys}}{A_s f_{sy} + A_s' f_y}$$

7.- Para el cálculo de f_c^* en secciones compuestas se utiliza el promedio pesado de f_{cL}^* y f_{cT}^* .

8.- El R.C.D.F. define que para secciones T se sustituya en todas las expresiones bd por $(bd + t^2)$ en este caso, por tratarse de una sección variable, se calculó la expresión según el caso.

9.- A fin de ilustrar el uso de los dos métodos propuestos para calcular la cuantía de acero en elementos parcialmente presforzados desarrollamos el ejemplo utilizando los dos métodos, podemos ver que el primero, que llamamos P_1 , nos llevó a un resultado más conservador que el segundo, que llamamos P_2 , a nuestro juicio podemos utilizar el segundo método en aquellos casos en que la fuerza cortante no sea muy crítica, mientras que podemos utilizar el primer método en que si lo sea.

10.- Falta revisar el ejemplo por deflexiones, pero por ser un tema complicado consideramos que queda fuera del alcance de este trabajo, si se quiere revisar este aspecto puede seguirse la siguiente secuencia:

Las deflexiones en los elementos parcialmente presforzados se dividen en dos partes: deflexiones inmediatas y deflexiones a largo plazo o diferidas, las deflexiones inmediatas son: la debida a la contraflecha y las debidas a la carga muerta y viva. La deflexión por contraflecha se calcula con

$$d_c = \frac{3 P_e e}{48 EI} L^3$$

la deflexión debida a las cargas muertas y vivas se divide en dos partes, aquella originada por la carga muerta más un porcentaje de la carga viva, es decir --

Las cargas vivas casi permanentes, en la cual, la sección permanece sin agrietarse, por lo que, podemos calcular la deflexión utilizando la sección total, es decir:

$$\delta_{c_1} = \frac{5}{384} \frac{w l^4}{EI}$$

donde:

$$w = W_{cm} + W_{cv} \quad ; \quad e$$

I = Momento de inercia de la sección bruta.

La otra parte de la deflexión es aquella debida a las cargas vivas eventuales, para las cuales la sección ya está agrietada, por lo cual, debemos calcular:

$$\delta_{c_2} = \frac{5}{384} \frac{w l^4}{EI}$$

donde:

$$w = W_{cvE} \quad ; \quad e$$

I = Momento de inercia de la sección transformada.

Tenemos entonces que la deflexión inmediata es:

$$\delta_i = \delta_{c_1} + \delta_{c_2} - \delta_c$$

Las deflexiones diferidas las podemos calcular utilizando el método propuesto por el reglamento que dice:

$$\delta_{dif} = \delta_i \times F$$

donde:

$$F = \left[2 - 1.2 \frac{A's}{A} \right] \geq 0.6$$

Debemos entonces revisar que la suma de las deflexiones instantáneas más las deflexiones diferidas sea menor al valor recomendado en los códigos.

CAPITULO V.-

CONCLUSIONES

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Podemos concluir que los elementos parcialmente presforzados tienen la característica de reunir las ventajas del concreto presforzado y además las del concreto reforzado.

Una de las ventajas del concreto parcialmente Presforzado es que se puede utilizar en aquellos casos en que la capacidad del presfuerzo es menor que la carga a resistir, ya que podemos absorber dicha carga con el acero de refuerzo ordinario, sin verse la necesidad de aumentar el peralte de la sección.

Una de las desventajas del Presfuerzo Parcial es el desconocimiento actual del comportamiento real de dichos elementos, lo que nos obliga muchas veces en el diseño a tender hacia el lado conservador para tratar de prevenir esta incertidumbre.

El método propuesto en el presente trabajo nos ayuda a diseñar un elemento de concreto parcialmente Presforzado, forzándolo a que se comporte como totalmente presforzado para las cargas más comunes y como totalmente reforzado para cargas muy grandes de esta manera combinamos la mayor elasticidad de los elementos totalmente presforzados lo que nos ayuda a que el elemento recupere su posición original después de dejar de aplicar la carga, con la mayor ductilidad de los elementos totalmente reforzados, que aumenta la seguridad de dichos elementos ya que permite una mayor deformación antes de presentarse el colapso.

Como dijimos anteriormente una de las desventajas del Presfuerzo Parcial es el desconocimiento de su comportamiento real, como en el caso del funcionamiento de los elementos parcialmente presforzados ante las cargas repetitivas, ya que sólo sabemos que es un estado límite crítico, pero no sabemos cómo controlarlo, por lo que se recomienda

que se tenga especial cuidado en este caso y de ser posible evitar el uso de dichos elementos si sabemos de antemano que se presentarán cargas repetitivas.

Por lo anterior, podemos concluir que se necesitan llevar a cabo estudios más a fondo en los elementos Parcialmente Prestroizados, con el fin de utilizar en toda su potencia dichos elementos.

Podemos decir también que es necesario el criterio del ingeniero y su experiencia para llegar a optimizar el uso de estos elementos.

S I M B O L O G I A .

- a = profundidad del eje neutro.
- As = Area del acero de refuerzo ordinario a tensión.
- Asⁱ = Area del acero de refuerzo ordinario a compresión.
- Asa = Area de la sección simple.
- Asc = Area de la sección simple compuesta.
- Asp = Area del acero de presfuerzo en la zona a tensión.
- b = Ancho de la sección.
- c = Profundidad del bloque equivalente de esfuerzos - en el concreto.
- d = Distancia entre la fibra extrema a compresión y el centroide del acero de refuerzo.
- ds = Distancia entre la fibra extrema a compresión y el centroide del acero de refuerzo ordinario a -- tensión.
- dsⁱ = Distancia entre la fibra extrema a compresión
- dp = Distancia entre la fibra extrema a compresión y - el centroide del acero de presfuerzo.
- e = Excentricidad de la Fza de presfuerzo.
- Es = Módulo de elasticidad del acero de refuerzo ordi-- nario.
- Esp = Módulo de elasticidad del acero presforzado.
- εy = Deformación unitaria de fluencia del acero de re-- fuerzo.
- Éyp = Deformación unitaria de fluencia del acero pres-- forzado.
- Ésa = Deformación unitaria del acero presforzado debida al momento flexionante en la sección.
- Ése = Deformación unitaria de fluencia del acero pres-- forzado debida al presfuerzo efectivo.
- Écu = Deformación unitaria del concreto al alcanzar la resistencia.
- fsp = Esfuerzo en el refuerzo presforzado cuando se alcanza la resistencia.
- fser = Resistencia nominal del acero de presfuerzo.
- fy = Esfuerzo de fluencia del acero de presfuerzo ordi-- nario.
- f^{''}c = Resistencia reducida del concreto a compresión.

- F.R.** = Factor de reducción de capacidad.
- f_{cd}** = Resistencia a compresión del concreto a la edad en que se lleva a cabo la transferencia.
- I_p** = Índice de presfuerzo.
- I_{ss}** = Momento de inercia de la sección simple.
- I_{sc}** = Momento de inercia de la sección compuesta.
- M_{ua}** = Momento último actuante en la sección.
- M_n** = Momento nominal.
- M_{ur}** = Momento último Resistente.
- M_{ur,}** = Momento último Resistente debido al acero de refuerzo ordinario.
- M_{ur,p}** = Momento último Resistente debido al acero de --- presfuerzo.
- M_{cm}** = Momento debido a la carga muerta.
- M_{cv}** = Momento debido a la carga viva.
- M_{cv_e}** = Momento debido a la carga viva eventual.
- M_{cv_{cp}}** = Momento debido a la carga viva casi permanente.
- M_{pp}** = Momento debido a el peso propio.
- P** = Fza. de presfuerzo.
- P_o** = Fza. de presfuerzo efectiva.
- P_p** = Cantidad de acero presforzado.

B I B L I O G R A F I A :

- Apuntes de concreto presforzado, VALDEZ LOPEZ LUIS ENRIQUE. UNAM, Tesis Profesional, México, D.F. 1987.
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, versión 1987, México, D.F. , 1987
- Elementos de Concreto parcialmente presforzados Antonie E. Naaman, - P.C.I. , Michigan June 1984.
- Design of Partially Prestressed flexural Members, Saad E. Moustafa, - New Orleans, Louisiana, P.C.I. Journal Vol. 23, No. 3, May=June 1977.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**