

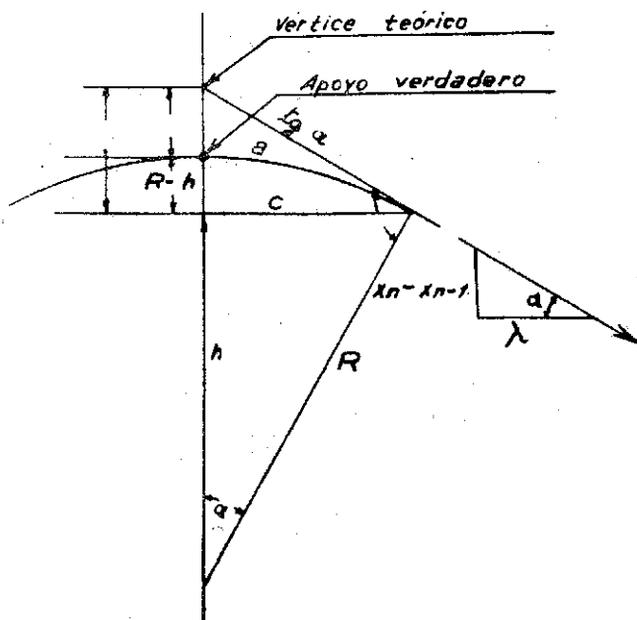
# Puente colgante con viga de rigidez

por

F. ESCOBAR

(Conclusión)

DIMENSIONES TEÓRICAS DEL APOYO SOBRE LA PILA



Se empieza por fijar el radio  $R$  de curvatura del apoyo, digamos un metro. El ángulo  $\alpha$  se determina por el valor de la  $\operatorname{tg} \alpha$  que se conoce. Se puede, pues, determinar en seguida el largo del arco  $a$  de la semi cuerda  $c$  y altura  $h$ .

Se conoce el largo teórico del cable  $l$  entre los vértices teóricos y conociendo los elementos anteriormente determinados se puede conocer el largo del cable entre los centros de apoyos.

El peso propio total produce una tracción horizontal  $H$  que a su vez provoca un alargamiento  $\Delta l$  igual a



$$\Delta l = \frac{1}{EF} \times \frac{Hs}{\lambda}$$

$$= \frac{1}{EF} \times \frac{Hs^2}{\lambda}$$

$F$  = sección del cable

$E$  se toma igual a 1,500 tn por  $\text{cm}^2$ , porque el módulo de elasticidad del cable de acero con poca carga es menor debido a que los alambres tienen algo de juego entre ellos.

Para calcular el valor  $\frac{s^2}{\lambda}$  se determina para cada trozo  $\lambda$  el valor del arco  $S$  de parábola. Podemos tabular estos valores para medio tramo y duplicarlos y tendremos así la suma de  $\frac{s^2}{\lambda}$  para todo el puente.

Conociéndose el largo total del cable se puede, por diferencia, conocer el largo de los cables de anclaje. Se conoce el valor de la tensión que sufren estos cables y por tanto se puede determinar el alargamiento.

$$\Delta l' = \frac{T}{EF} l'$$

Se determina en seguida el alargamiento del perno de anclaje.

$$\Delta l'' = \frac{T}{EF} l''$$

Entonces el alargamiento sufrido por el cable de anclaje y perno es:

$$\Delta l' + \Delta l''$$

a un desplazamiento horizontal de la cabeza de la pila de

$$(\Delta l' + \Delta l'') \cos \alpha$$

Las pilas deben armarse con esta inclinación hacia afuera para que una vez armado el puente queden en posición vertical.

Por este motivo aumenta la proyección del cable de

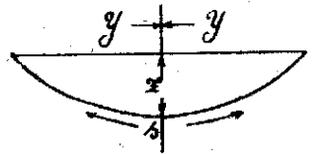
$$2 (\Delta l' + \Delta l'') \cos \alpha$$

El largo teórico del cable entre las pilas será

$$l - \Delta l$$

El largo de un arco de parábola es:

$$S = 2y \left[ 1 + \frac{2}{3} \left( \frac{x}{y} \right)^2 - \frac{2}{5} \left( \frac{x}{y} \right)^4 \right]$$



$$\text{Para } s = l - \Delta l \quad \text{é } y = \frac{L + 2(\Delta l' + \Delta l'') \cos \alpha}{2}$$

se busca el valor de x. Digamos que resulta

$$x = A \quad \text{Siempre } A < f$$

Esto significa un levantamiento del punto más bajo del cable considerando a éste solicitado por su peso propio de

$$f - A$$

La parte de la estructura metálica, del cable, uniones o abrazaderas, tirantes que corresponden a un cable tiene un peso que se conoce y que produce una tensión horizontal en el cable igual a  $H'$ , digamos, lo que provoca un alargamiento del cable entre las pilas de

$$\Delta l' = \frac{H}{H'} \times \Delta l$$

El alargamiento del cable de anclaje y perno será:

$$\frac{H'}{H} (\Delta l' + \Delta l'')$$

a lo cual corresponde un desplazamiento horizontal de

$$\frac{H}{H'} (\Delta l' + \Delta l'') \cos \alpha$$

Para el montaje la inclinación de las pilas era de

$$(\Delta l' + \Delta l'') \cos \alpha$$

Después de construido el puente el desplazamiento se ha reducido a.

$$\begin{aligned} & (\Delta l' + \Delta l'') \cos \alpha - \frac{H}{H'} (\Delta l' + \Delta l'') \cos \alpha \\ & = \Delta l' + \Delta l'' \cos \alpha \left( 1 - \frac{H}{H'} \right) \end{aligned}$$

La proyección del cable será

$$L - 2 \frac{H}{H'} (\Delta l' + \Delta l'') \cos \alpha$$

y el largo del cable entre las pilas

$$L - \frac{H'}{H} \Delta l$$

Calculando la flecha tal como lo hicimos anteriormente resultará un

$$X = A' \quad \text{siendo}$$

$$A' > A \quad \text{pero} < f$$

Esto significa un levantamiento del punto más bajo del cable en el caso de puente descargado de

$$f - A'$$

*Instrucciones para el montaje.*—El largo  $L$  referido a una temperatura de  $+ 10^{\circ} \text{C}$ . se determinará y marcará con exactitud, y, a partir del medio del cable, se irán marcando los puntos de aplicación de los tirantes o péndolas.

Se coloca el cable y se establece la flecha  $A$  entre las vértices teóricos sobre las pilas estando éstas inclinadas hacia afuera de  $(\Delta' + \Delta'')$   $\cos \alpha$

A partir del medio se colocarán las abrazaderas y las péndolas y se ajustarán los travesaños. En seguida se montarán las cabezas inferiores de la viga atiesadora, los montantes y las cabezas superiores; las diagonales se colocarán, pero se dejarán sueltas y se distribuirá el material para la enmaderación de los pisos y entablados uniformemente, sobre todo el puente. Entonces se podrá proceder a la regulación por medio de las péndolas hasta que la viga tome la forma que se le dió en el taller.

Hecho esto, se remacharán las cabezas y después de comprobar nuevamente la forma (el peralte de la viga) se remacharán los diagonales.

Por último se fija la enmaderación.

Las verificaciones deben hacerse en *días sin sol*!

De este modo se logra que la viga no esté solicitada por su peso propio y no haya fatigas en sus piezas.

Los hilos de las péndolas deben tener una longitud suficiente ( $\pm 12$  cm. en nuestro caso) que permita la regulación de modo que hasta se pueden corregir pequeños errores en el largo del cable producidos por la diferencia de rigidez.

Una variación de temperatura de  $10^{\circ}\text{c}$  produce un incremento de longitud de

$$\Delta l = 10 \times 0,0000123 \text{ l}$$

entre las pilas.

El incremento en los cables de anclaje sería

$$\Delta l' = 10 \times 0,0000123 l'$$

El incremento del perno de anclaje es despreciable.

La variación de longitud de los cables de anclaje causa un desplazamiento de la cabeza de la pila de

$$\Delta l' \cos \alpha$$

Un aumento de temperatura de 10°C produce una disminución de la distancia entre las pilas de

$$2 \Delta l' \cos \alpha$$

$$2 y = L - 2 \Delta l' \cos \alpha$$

y produce un aumento del largo del cable de

$$S = 1 + \frac{\Delta l}{l}$$

Con estos valores en la ecuación ya mencionada

$$S = 2 y \left[ 1 + \frac{2}{3} \left( \frac{x}{y} \right)^2 - \frac{2}{5} \left( \frac{x}{y} \right)^4 \right]$$

se obtiene

$$X = A'' \quad \text{o sea}$$

un descenso de la cúspide ó parte más baja del cable.

Una disminución de temperatura de 10°C. produce un aumento de la distancia entre las pilas de

$$2 \Delta l' \cos \alpha$$

$$2 y = L + 2 \Delta l' \cos \alpha$$

y produce una disminución del largo del cable de

$$S = 1 - \frac{\Delta l}{l}$$

Con estos valores se obtiene de la ecuación mencionada

$$X = A'''$$

o sea un levantamiento de la cúspide. Puesto que las variaciones de temperatura que se presentarán serán muy pequeñas, las variaciones de la flecha se pueden considerar proporcionales a las temperaturas de modo que con el cálculo hecho, se podrán determinar las flechas para cualquier diferencia de temperatura.

Los macizos de fundación deben construirse de modo que se eviten, en lo posible, los sentamientos. Las mensuras para ubicar exactamente las placas de anclaje del cable deben hacerse sólo después de haber rellenado la excavación de la fundación hasta un metro bajo el asiento de la pila.

No daremos el cálculo del aparato de apoyo de los cables sobre las pilas ni tampoco el cálculo de las traviesas que toman los cables en los muros de anclajes, pues ello no tiene ninguna novedad y nos permite abreviar esta publicación.

## FE DE ERRATAS

---

Número 1 y 2 de Enero y Febrero de 1925.

Páj. 64 línea 5 desde abajo:

$$\begin{array}{l} \text{dice} \quad f = \frac{1}{10} l \\ \text{debió decir} \quad n = \frac{f}{1} = \frac{1}{10} \end{array}$$

Páj. 68 línea 5 desde abajo:

$$\begin{array}{l} \text{dice:} \quad Ht = \pm \frac{3 EIwtL}{f^2 N l} \\ \text{debió decir} \quad Ht = \pm \frac{3 EI\omega tL}{f^2 N l} \end{array}$$

Línea 2 desde abajo:

$$\begin{array}{l} \text{dice:} \quad Ewt \\ \text{debió decir:} \quad E\omega t \end{array}$$


---

Número 3 y 4 de Marzo y Abril de 1925.

Páj. 181 línea 5 desde abajo:

$$\begin{array}{l} \text{dice:} \quad \text{suprimimos} \\ \text{debió decir:} \quad \text{supusimos.} \end{array}$$

Línea 6 desde abajo.

$$\begin{array}{l} \text{dice:} \quad I = 60 \times 71 \times 71 + 59 \\ \text{debió decir} \quad I = 60 \times 71 + 71 \times 59 \end{array}$$

Páj. 184 línea 6 desde arriba

$$\text{dice:} \quad = \quad \frac{1}{2} \quad -2 \quad -62+36$$

$$\text{debió decir:} \quad = \quad \frac{1}{2} \quad -2 \quad 62 \times 36$$



Número 5 y 6 de Mayo y Junio de 1925

Páj. 249 abajo.

El título «Cálculo de la pila» debió ir en la páj. siguiente antes de empezar el cálculo de la pila.

Páj. 256 líneas 4 y 5 en donde dice banros debió decir barras y en donde dice barnos de r" debió decir barras de 1".

