

Para velocidades pequeñas el aumento es muy importante y puede resumirse en el siguiente cuadro:

A la velocidad de	1,5 m./seg.,	aumento de	1,8 %.
"	"	"	2,6 %.
"	"	"	10,7 %.
"	"	"	47,0 %.

Ahora bien, en las estaciones de aforo de la cuenca superior del Nilo, donde se produce mucho movimiento en el agua, se puede poner un cable, lo que disminuye la oscilación.

Utilizando un molinete hélice marca Haskell se observó el efecto contrario, esto es, una disminución del número de revoluciones variables según la velocidad del agua y de acuerdo con el siguiente cuadro:

A la velocidad de	2,00 m./seg.,	disminución de	0,0 %.
"	"	"	0,7 %.
"	"	"	3,3 %.
"	"	"	11,0 %.
"	"	"	16,6 %.

La probable explicación de esta disminución del número de revoluciones es que el molinete no sigue la

dirección de la corriente, sino que forma siempre un ángulo con ésta y, en resumen, tiene un movimiento sinuoso.

### Molinete para pequeñas velocidades.

Mr. Wade, director de Investigaciones del Ministerio de Obras Públicas del Cairo, hizo unas experiencias para proyectar un molinete que diera mayor exactitud que los actuales, para pequeñas velocidades.

Es, en esencia, un molinete hélice con un sistema mecánico tal que la rueda o rotor gire a una velocidad constante mientras la velocidad de la corriente sea cero; el cambio de velocidad de giro se toma como medida de la velocidad del agua. Teóricamente este tipo de molinete tiene la ventaja de eliminar la incertidumbre de la fricción cuando el molinete gira muy lentamente y mantiene el mismo grado de sensibilidad para velocidades próximas a cero que para velocidades de 0,30 m./seg. y aun más. El molinete es algo complicado, pero las pruebas que se han hecho indican la posibilidad de medir velocidades de 0,03 metros por segundo con exactitud del 4 por 100.

Gabriel BARCELÓ,  
Ingeniero de Caminos.

## La tracción excéntrica, en piezas de hormigón armado

La tracción excéntrica, también llamada "tensoflexión", se produce cuando la resultante de las fuerzas que actúan sobre una pieza es de tracción y no pasa por el eje geométrico de la citada pieza.

Ya se ocupó D. Juan Manuel de Zafra del cálculo de piezas rectangulares de hormigón armado, cuando están sometidas a tal esfuerzo, y nada pretendemos rectificar con el presente artículo, pues la valía y autoridad del fallecido profesor impiden hasta el comentario por mi inexperta y modesta pluma.

Se trata de simplificar el cálculo de secciones cuando se presenta el régimen de trabajo descrito en el encabezamiento. No presentamos, pues, ningún resultado, fruto de trabajos complicados, ni conceptos nuevos, ni resumen de experimentación, sino que, aprovechándonos de la ciencia vertida por sabios ingenieros, utilizarla para deducir un gráfico que facilite los cálculos.

Bien sabido es lo elemental que es proyectar una pieza conociendo la posición y magnitud de la fuerza solicitante, pero, ¡qué enojoso sería su cálculo de no existir tablas o gráficos, con las características de los perfiles! Aterra pensar el trabajo que llevaría calcular una doble T, metálica, conociendo el momento flector y no teniendo tablas del momento resistente.

Claro es que en piezas metálicas, las características de los perfiles laminados son limitadas, pues se reducen a unas cuantas dimensiones de cada perfil pero, ¿y en hormigón armado, donde hay infinidad de dimensiones y un sinnúmero de combinaciones posibles entre secciones de armaduras? Es tal la cantidad de variables que intervienen, que hacen adoptable la solución de gráficos que son menos precisos que las tablas, pero más manejables.

En el número 20 de la REVISTA, del año 1933, indicaba un artificio para proyectar vigas rectangu-

lares sometidas a flexión compuesta, que mediante un gráfico, allí detallado, hacía este cálculo factible por la regla logarítmica. Posteriormente, y consecuencia de un estudio económico, fué confeccionado

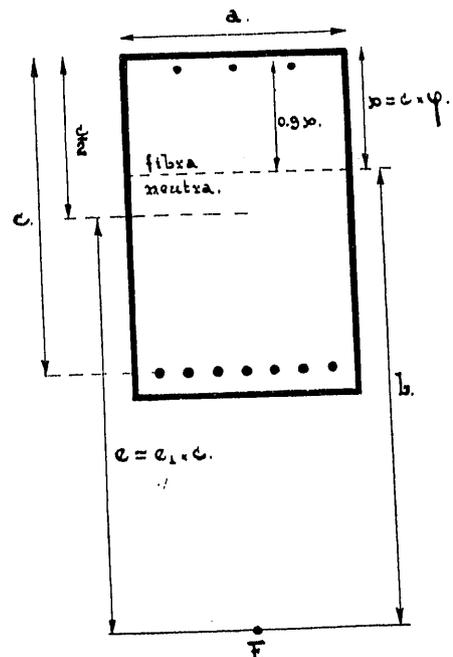


Fig. 1.<sup>a</sup>

otro gráfico, con arreglo a la misma norma, pero imponiendo la condición de máxima economía en el conjunto de la sección, la cual es que la carga del acero sea la máxima admisible. Este último estudio fué publicado por la REVISTA en el número 10 del 1934.

En un nuevo estudio se perfeccionó el artificio antes dicho, utilizando unos ejes coordenados que hacen que las líneas del gráfico sean rectas, simplificando mucho su construcción.

No tendría ninguna utilidad disponer de un nuevo gráfico de flexión compuesta, toda vez que sirve para lo mismo, tiene la misma sencillez de manejo que el publicado ya, no existiendo más diferencia que tener líneas rectas en lugar de curvas.

En cambio, como de tensoflexión no se hizo aplicación en ninguna publicación anterior, vamos a aplicar el nuevo procedimiento a la tensoflexión, especificando únicamente que la carga del acero sea 1200 kilogramos por centímetro cuadrado en las armaduras de tracción, con lo que tendremos las secciones más económicas.

En la figura 1.<sup>a</sup> se detalla la sección de una pieza con armadura disimétrica, para mayor generalidad, con la posición de la fibra neutra y la correspondiente de la fuerza. Utilizando la misma notación que en el texto de D. Alfonso Peña, pues a él se amolda en todos sus detalles, el momento de inercia de la sección respecto a la fibra neutra, vale

$$I = ac^3 \left[ \frac{\varphi^3}{3} + 0,81 rKq\varphi^2 + rq(1 - \varphi)^2 \right].$$

Y el momento estático, también respecto a la fibra neutra, y suponiendo que el hormigón no resiste a tracción

$$m = ac^2 \left[ rq(1 - \varphi) - 0,9 rKq\varphi - \frac{\varphi^2}{2} \right].$$

Siendo:

- a*, el ancho de la pieza.
  - c*, el canto de la misma, hasta las armaduras de tracción.
  - $\varphi$ , relación entre la parte comprimida y el canto *c*.
  - x*, la parte de canto comprimida  $x = c\varphi$ .
  - r*, coeficiente de equivalencia o relación entre los coeficientes de elasticidad del acero y del hormigón.
  - q*, cuantía o relación entre la sección de armaduras de tracción, y la del conjunto de la pieza.
  - K*, relación entre armaduras de compresión y tracción.
  - e*, excentricidad de la fuerza o distancia entre ésta y el eje geométrico de la pieza.
  - e*<sub>1</sub>, excentricidad específica, relación entre la excentricidad de la fuerza y el canto de la pieza.
  - b*, distancia entre la fuerza y la fibra neutra.
- Existe, como condición, la relación (pág. 183 del "Hormigón Armado", de D. Alfonso Peña).

$$b = \frac{I}{m} \tag{1}$$

ahora bien, en nuestro caso

$$b = e + \frac{c}{2} \quad \text{---} \quad x = c \left( e_1 + \frac{1}{2} - \varphi \right).$$

Sustituyendo este valor en [1] y simplificando, tenemos la ecuación de condición

$$e_1 + \frac{1}{2} - \varphi = \frac{\frac{\varphi^3}{3} + 0,81 rKq\varphi^2 + rq(1 - \varphi)^2}{rq(1 - \varphi) - 0,9 rKq\varphi - \frac{\varphi^2}{2}} \tag{2}$$

La carga máxima del hormigón es

$$H = \frac{F \times b}{I} \cdot x;$$

pero, en virtud de [1]

$$H = \frac{F}{m} \times x = F \frac{\varphi}{ac \left[ rq(1 - \varphi) - 0,9 rKq\varphi - \frac{\varphi^2}{2} \right]}$$

Si hacemos

$$\omega = \frac{\varphi}{rq(1 - \varphi) - 0,9 rKq\varphi - \frac{\varphi^2}{2}} \tag{3}$$

nos queda la anterior reducida a

$$H = \frac{F \times \omega}{a \cdot c},$$

que es ya una fórmula práctica que permite conocer la carga *H* del hormigón, si son datos las dimensiones y características de la pieza, o calcular el ancho, cuando se sabe cuál es la carga máxima del hormigón en la forma

$$a = \frac{F \cdot \omega}{c \cdot H} \tag{4}$$

En dos ejes coordenados (fig. 2.<sup>a</sup>) llevamos, como abscisas, valores de la excentricidad específica *e*<sub>1</sub>, y como ordenadas, los correspondientes de  $\omega$ .

Si queremos que las secciones que de tal manera se determinen sean las más económicas, hemos de expresar que la carga del acero sea lo más alta posible, o sean, los 1200 kg./cm.<sup>2</sup> para material corriente.

Ahora bien, para que esto se produzca, es preciso que  $\varphi = 0,351$ , según se deduce de la expresión

$$A = \frac{648(-\varphi)}{\varphi} = 1200 \text{ kg./cm.}^2$$

inserta en la página 189 del texto.

Al ser  $\varphi$  constante, hay que fijar  $\omega$  en función de *K* y de *rq*, para tener estas características en cuenta.

Contamos, pues, con  $\varphi = 0,351$  y las ecuaciones [2] y [3]. Si entre ellas eliminamos *K*, nos encontramos con

$$\omega = \frac{(e_1 + \frac{1}{2})\varphi - 0,1\varphi^3}{r \cdot q(1 - 1,1\varphi + 0,1\varphi^2) - \varphi^3 \left[ \frac{1}{6} - \frac{1}{20} \right]} \tag{5}$$

lo que nos indica que las líneas de  $rq = \text{constante}$ , son rectas.

Si eliminamos *rq*, resulta

$$\omega = \frac{e_1 + \frac{1}{2} - \frac{1 - \varphi - 0,09 K\varphi^2}{1 - \varphi - 0,9 K\varphi}}{\frac{1 - \varphi - 0,09 K\varphi^2}{1 - \varphi - 0,9 K\varphi} \times \frac{\varphi}{2} - \frac{\varphi^3}{6}} \tag{6}$$

o sea que, cuando *K* es constante, las líneas representadas por la ecuación [6] son también rectas.

Dando valores a  $rq$  y a  $K$  en las dos ecuaciones precedentes, construimos el gráfico de la figura 2.<sup>a</sup>

Como precaución, que es preciso tener para aplicar la fórmula [4], hay que indicar la característica de su homogeneidad, por lo cual, si ponemos  $F$  en toneladas,  $a$  y  $c$  en metros, como  $\omega$  es un número abstracto, sin dimensiones, la carga del hormigón vendrá en toneladas por metro cuadrado.

Hagamos un ejemplo, para mayor claridad en la aplicación. Fuerza de 6 toneladas, situada a 1,25 m.

Ancho de la viga

$$a = \frac{F \cdot \omega}{c \cdot H} = \frac{6 \times 10,5}{0,5 \times 500} = 0,252 \text{ m.} = 25,2 \text{ m.}$$

Sección de hierro en armaduras de tracción

$$25,2 \times 50 \times 0,0129 = 16,3 \text{ cm.}^2$$

y en las de compresión

$$16,3 \times 0,25 = 4,1 \text{ cm.}^2$$

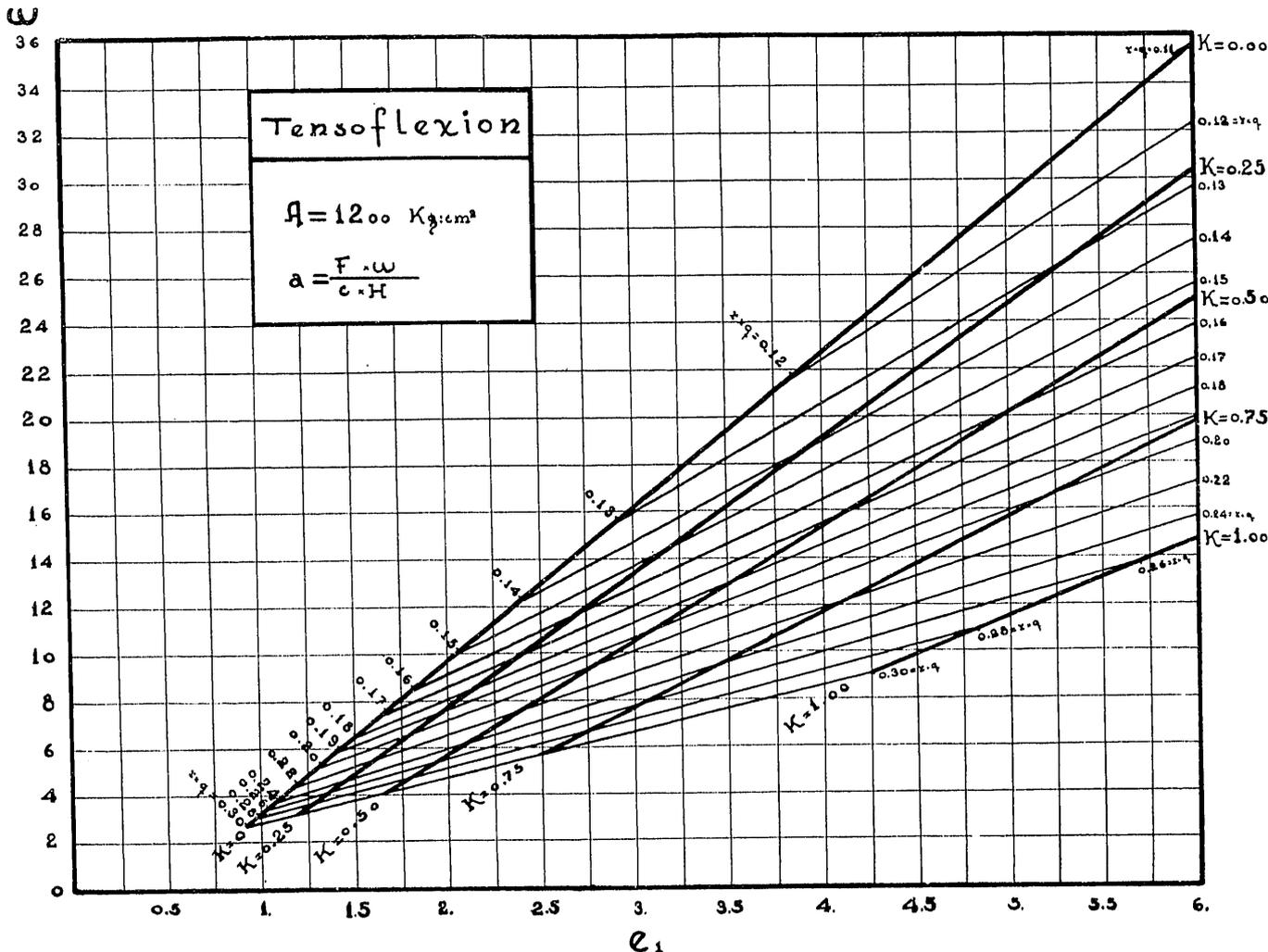


Fig. 2.<sup>a</sup>

del eje geométrico de la pieza. Hormigón capaz de resistir  $50 \text{ kg./cm.}^2 = 500 \text{ ton./m.}^2$  Coeficiente de equivalencia,  $r = 13$

$$\left( r = \frac{648}{H} = \frac{648}{50} \right).$$

Ensayamos un canto  $c = 0,50 \text{ m.}$  La excentricidad específica vale

$$e_1 = \frac{1,25}{0,50} = 2,5.$$

Tomaremos  $K = 0,25$ . Del gráfico resulta que  $\omega = 10,5$  y  $rq = 0,168$  como  $r = 13$ .

$$q = \frac{0,168}{13} = 0,0129.$$

Con este ejemplo se observa la sencillez de manejo del gráfico dado y la escasa cantidad de números que son precisos para calcular una pieza sometida a tensoflexión.

Aplicando el mismo artificio a la flexión compuesta, tenemos que las ecuaciones básicas son

$$\omega = \frac{\varphi}{\frac{\varphi^2}{2} + 0,9 r K q \varphi - r q (1 - \varphi)}$$

$$e_1 - \frac{1}{2} + \varphi = \frac{\frac{\varphi^3}{3} + 0,81 r K q \varphi^2 + r q (1 - \varphi)^2}{\frac{\varphi^2}{2} + 0,9 r K q \varphi - r q (1 - \varphi)}$$

Eliminando  $rq$  tenemos las líneas de  $K =$  constante

$$\omega = \frac{c_1 - 1/2 + \frac{1 - \varphi - 0,09 K \varphi^2}{1 - \varphi - 0,9 K \varphi}}{1 - \varphi - 0,09 K \varphi^2} \times \frac{\varphi}{2} - \frac{\varphi^2}{6}$$

que son rectas, y eliminando  $K$  nos encontramos con que las líneas de  $rq =$  constante

$$\omega = \frac{(c_1 - 1/2) \varphi - 0,1 \varphi^2}{rq (1 - 0,9 \varphi - 0,1 \varphi^2) - \varphi^2 \left[ \frac{1}{6} + \frac{1}{20} \right]}$$

son también rectas.

Se dan las fórmulas anteriores por si algún lector estuviese interesado en confeccionar gráficos de flexión compuesta o tensoflexión, con carga del acero distinta de 1 200 kg./cm.<sup>2</sup>, que es la que hemos utilizado, tanto en el gráfico publicado en el número 10 de la REVISTA, del año 1934, como en el presente. Así se evita hacer las eliminaciones que, aun siendo elementales, resultan penosas y expuestas a errores.

Antonio ANGULO,  
ingeniero de Caminos.

## Las presas bóvedas de anillos

Tenía el propósito de no escribir más sobre presas bóvedas de anillos, por lo menos en algún tiempo, pues nadie hay más refractario que yo a insistir sobre cualquier tema. Pero llevada la cuestión a disponer las juntas de los anillos de modo que sean completamente eficaces para realizar prácticamente la independencia elástica de aquéllos, porque en realidad es lo único que puede ser discutible en este sistema de presas, al exponer este problema a mis queridos compañeros Julio González y Amalio Hidalgo, e indicarles las soluciones adoptadas, me expusieron una forma de conseguir también las juntas, de un modo tan sencillo y seguro, que no debo resistir la tentación de publicarlo, por la satisfacción que además me produce la colaboración de tan buenos amigos.

Decíamos en artículos anteriores que el único defecto imputable a las juntas era su rozamiento, pues de no ser así, los anillos trabajarían en condiciones absolutamente concordantes con la hipótesis de cálculo. Y para quitar, casi por completo, el efecto de rozamiento, dispusimos en el artículo anterior que las juntas tuvieran unas bolas de fundición o unos rodillos de fibro-cemento, que transformando el desplazamiento relativo de los anillos por rodadura, llegara el coeficiente de coacción a una cifra imperceptible, por realizar así prácticamente el isostatismo de los arcos.

Pues con la idea de los señores González e Hidalgo se evita totalmente, o si se quiere, parcialmente, el rozamiento en la medida que pueda desearse, de un modo automático y más económico que con cualquier substancia intermedia.

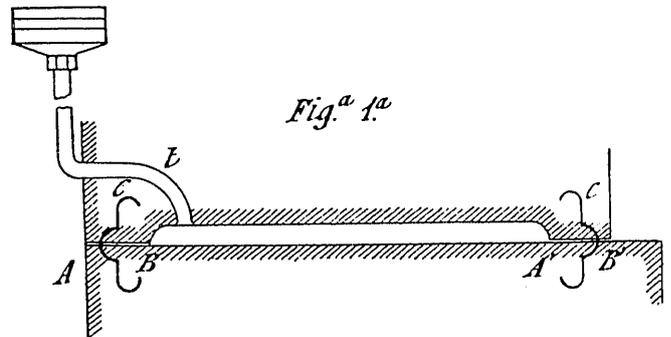
Se trata sencillamente de que la coacción por rozamiento, que es siempre medida por el producto  $P\varphi$  de la carga vertical por el coeficiente de rozamiento, puede hacerse sensiblemente nula haciendo decrecer  $P$  o disminuyendo  $\varphi$ . La reducción de este último factor la conseguimos con los rodillos o bolas, pues al transformar el movimiento en rodadura, el valor que se obtiene, de ese parámetro, es del orden de 0.05, según los experimentos verificados.

Pero ahora vamos a conseguir la reducción, o anulación de  $P$ , por medio de la misma presión hidráulica.

A ese efecto, supongamos que en la figura 1.<sup>a</sup> se represente en sección vertical una junta cualquiera de los anillos.

Disponemos dos partes planas  $AB - A'B'$ , en las que los anillos estarán en contacto, con interposición solamente de una hoja de papel parafinado, delgada chapa metálica o simplemente en contacto, pues, por lo que diremos después, en nada afecta ese detalle.

En esas dos partes se colocan cubrejuntas de cobre, o de plomo, como siempre pusimos, en la forma indicada en la figura, con la letra  $c$ . En la parte



central de la junta se hace una escotadura de cuatro o cinco centímetros de grueso y por medio de un tubo  $t$  se hace que la escotadura tenga agua a presión. A ese efecto, si el tubo indicado estuviera en comunicación con el embalse, podríamos conseguir que la presión sobre la junta fuera la hidrostática, quedando entonces una presión sobre las bandas  $AB - A'B'$ , que estará medida por la diferencia entre el peso de la fábrica y ese empuje del agua. Pero podemos hacer que esta diferencia se reduzca a cero, es decir, que no haya carga ninguna de un anillo sobre otro, pues basta naturalmente que el tubo tenga un sencillo acumulador hidráulico formado por un émbolo con el diámetro necesario, para que la carga sobre ese émbolo produzca en el tubo la presión necesaria para igualar al peso de la fábrica, según se indica en la figura 1.<sup>a</sup>.

Esta ingeniosa idea se puede poner en práctica del mismo modo para las juntas verticales de los arranques de los arcos, pero es preciso tomar precaución para cuando el embalse descienda, pues de no ser así quedaría desarticulada la presa.

Muy fácilmente se puede adoptar esa precaución de tal modo que automáticamente sea siempre la pre-