

MADRID, 15 DE FEBRERO DE 1878.

TOMO XXVI.

NÚM. 4.

SUMARIO.

Nota sobre una fórmula aproximada, etc.—Aparato de Mr. Pitcairn para indicar los efectos de la conservación de las vías férreas, por A.—Aparato para reducir y ampliar los dibujos.—Inyectador Sellers.—Caldera de Baxter.—Mr. Samson Fox, etc.—La colocación de trenes articulados, etc., por C. C.—Teléfono.—Calentamiento de las llantas.—Indicador de nivel de agua, sistema Buisson.—Estadística de los caminos de hierro.—El presupuesto para obras públicas en Francia.—Parte oficial.—Subastas.—Noticias varias. Personal.—Sueltos.

NOTA

SOBRE UNA FÓRMULA APROXIMADA,

PERO MUY SENCILLA,

para calcular las piezas en forma de doble T sometidas á la flexion,

POR M. S. PERISSÉ.

La fórmula generalmente empleada por los Ingenieros para este cálculo es, como todos saben,

$$\frac{RI}{v'} = \mu.$$

μ es el momento de flexion de las fuerzas exteriores;

I momento de inercia de la viga;

v' distancia al eje neutro de la fibra más cargada;

R presión longitudinal (positiva ó negativa) por unidad de superficie, ó sea coeficiente de trabajo.

Se calcula primero μ , que en la mayor parte de los casos es muy sencillo, porque se presenta casi

siempre bajo la forma $\frac{Pl}{u'}$, en que P designa la suma de las fuerzas verticales ó peso que obra sobre la viga; l , la luz, y u un número que varía entre 4 y 12, segun el modo de repartición de las cargas y segun la naturaleza de las reacciones que los puntos de apoyo ejercen sobre la viga. Encontrada μ , se da una sección trasversal para la viga

metálica doble T; se calcula $\frac{I}{v'}$, cuyo valor está lo más á menudo dado por la expresión

$$\frac{ab^3 - a'b'^3 - a''b''^3 - a'''b'''^3}{6b} :$$

después se saca el valor de R .

Este valor así encontrado para R es inferior ó superior al coeficiente de trabajo, que conviene no sobrepasar aunque aproximándose todo lo posible. Es necesario entonces empezar otra vez el cálculo, dando una nueva sección, y proceder por tanteos.

Este sistema se ve que es muy laborioso, y pueden cometerse errores; es, pues, útil que un Ingeniero pueda darse cuenta de un modo más rápido, y éste es el objeto de la nota de M. S. Perissé.

La fórmula empleada por dicho Señor es:

$$S = K \frac{\mu}{h}.$$

S , siendo la sección en milímetros cuadrados de la cabeza de la viga.

μ , momento de flexion.

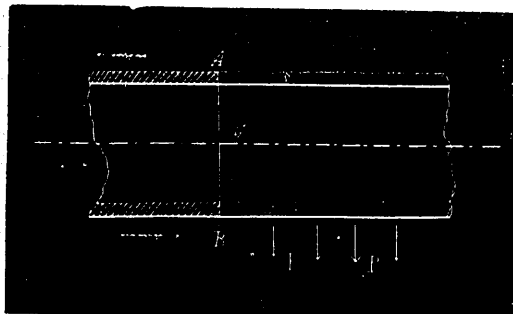
h , altura de la viga.

K , su coeficiente numérico.

Examinemos la fórmula bajo el punto de vista teórico, y trataremos de dar cuenta de su grado de exactitud. Para esto consideremos una viga doble T, de altura h , sometida á fuerzas exteriores p , y compuesta de dos cabezas unidas entre sí por un sistema de celosías, constituyendo un alma de momento de inercia nulo, pero teniendo por objeto mantener la distancia h entre las cabezas.

Supongamos tener una viga teórica, cuyas cabezas muy anchas y delgadas, de sección S para cada una de ellas y situadas á una distancia del eje neutro igual á $\frac{h}{2}$ en el caso de una viga simétrica.

Considerando una sección vertical A B en don-



de las fuerzas exteriores p , p , igualmente verticales den un momento de flexion μ , se ve que debe haber equilibrio entre estas fuerzas exteriores y las fuerzas elásticas interiores. Estas se reducen á un par de dos fuerzas horizontales igualmente distantes del eje neutro, y cada una de estas fuerzas tiene por expresion SR , es decir, la seccion multiplicada por el coeficiente de trabajo por milímetro cuadrado

Tomando con relacion al eje neutro S los momentos de las fuerzas que se hacen equilibrio, se tiene la ecuacion:

$$\mu = 2SR \frac{h}{2} = RS h,$$

de donde

$$S = \frac{1}{R} \frac{\mu}{h} = K \frac{\mu}{h}.$$

En las hipótesis que hemos hecho, se obtiene la fórmula propuesta. Vamos á ver las diferencias que existen entre las vigas empleadas en la práctica y la viga teórica considerada.

De ordinario las vigas metálicas se componen de un alma ligada á las dos cabezas por medio de cuatro escuadras. Llamemos cabeza la porcion de la viga, compuesta de la parte superior de las dos escuadras y de la parte del alma contenida entre las escuadras.

Vemos, pues, que estas vigas difieren de la viga teórica en que las diferentes piezas de que se compone la cabeza se encuentran á menores distancias del eje neutro que la semi-altura de la viga, y además, en que el alma posee un momento de inercia muy apreciable. Hay lugar, segun esto, á dos errores. Pero estos errores son de signo contrario y tienden á anularse. En efecto, por la primera hipótesis hemos aumentado la resistencia, suponiendo las cabezas más separadas del eje neutro, que no lo están en realidad, y por la segunda hemos despreciado una parte de la resistencia: la del alma de la viga.

Algunas veces sucede que los dos errores se compensan; entónces la fórmula es exacta y K es igual á $\frac{1}{R}$ es decir, $\frac{1}{6} = 0,166$, si tomamos para R el valor 6 kilogramos, que es para el hierro, el coeficiente por milímetro cuadrado más generalmente admitido para obras sometidas á cargas accidentales, dando lugar á vibraciones. Pero lo más á menudo, los dos errores no se compensan: por eso conviene tomar para el coeficiente K va-

lores un poco diferentes de 0,166, bien por exceso, bien por defecto.

Determinemos los valores de este coeficiente en los principales casos prácticos. Basta para esto comparar, para un gran número de vigas de formas y dimensiones diferentes, cuáles son las diferencias que existen aplicando, bien la fórmula $\mu = \frac{RI}{v'}$, bien la aproximada $\mu = RS h$.

Llamando Q un coeficiente de correccion, por el que será necesario multiplicar el valor aproximado $RS h$ para hacerle igual á $\frac{RI}{v'}$, se tendrá:

$$\frac{RI}{v'} = QRS h,$$

de donde

$$Q = \frac{1}{Sh} \frac{I}{v'}.$$

Q será igual á la unidad, cuando los dos errores se compensen.

Se han efectuado los cálculos comparativos, y por consiguiente, determinado la relacion Q , para un gran número de vigas en forma doble T que han sido clasificadas en cuatro categorías, á saber:

- 1.º Vigas de alma llena, con cuatro escuadras con cabezas;
- 2.º Vigas de alma llena, con cuatro escuadras sin cabezas;
- 3.º Vigas en celosía, con alma longitudinal arriba y abajo, cuatro escuadras con ó sin cabezas;
- 4.º Vigas en celosía con cuatro escuadras solamente.

Primera categoría. Se tomaron más de cincuenta formas de vigas cuya altura total era de 0^m,55 á 2 metros. Los valores medios encontrados para Q fueron:

Vigas de 0 ^m ,55 á 0 ^m ,50 de altura	$Q = 0,82$
— 0,55 á 0,70	— 0,90
— 0,75 á 0,95	— 0,97
— 1,00 á 1,20	— 1,04
— 1,20 á 2,00	— 1,11

Segunda categoría. Los cálculos hechos para 45 vigas, dieron las cifras siguientes para alturas comprendidas entre 0^m,30 y 0^m,70; esta altura debe ser considerada como un máximo práctico para este género de vigas. Tampoco conviene descender de 0^m,30, porque en este caso es más racional y más económico emplear uno de los nu-

merosos perfiles de hierros laminados en forma de doble T, que se encuentran en el comercio.

Vigas de 0^m,50 á 0^m,40 de altura $Q = 0,81$
 — 0,45 á 0,55 — 0,90
 — 0,60 á 0,70 — 0,98

Tercera categoría. Consideramos aquí vigas de 0^m,80 á 5^m,50 de altura :

Vigas de 0^m,80 á 1^m,50 de altura $Q = 1,01$
 — 1,60 y por encima... 1,08

Cuarta categoría.

Vigas de 0^m,25 á 0^m,40 de altura $Q = 0,81$
 — 0,45 á 1,00 — 0,87

Hemos determinado los valores de Q para un gran número de vigas de hierro de formas muy diversas. Notemos que Q varía entre 0^m,81 y 1^m,11. El valor es más pequeño que la unidad cuando la causa de error, proviniendo de la primera hipótesis, está dominando la otra; mientras que este valor es mayor que la unidad siempre que sucede lo contrario.

Tenemos, pues, la fórmula cuyo empleo proponemos :

$$S = \frac{1}{QR} \frac{\mu}{h} = K \frac{\mu}{h}.$$

K es igual á $\frac{1}{QR}$. El cuadro siguiente da los diferentes valores; la primera columna para $R = 6^k$ por milímetro cuadrado (de $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{6}$ de la rotura), y la segunda columna para $R = 7^k,20$, correspondiendo á $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{3}$ de la carga que produciría la rotura.

Cuadro dando los valores del coeficiente K.

NATURALEZA de las vigas de palastro forma II.	ALTURA de las vigas.	COEFICIENTE DE TRABAJO POR MILÍMETRO CUADRADO.	
		6 ^k ,00.	7 ^k ,20.
1.º Alma llena, escuadras y cabezas...	0,35 á 0,50	0,200	0,170
	0,55 á 0,70	0,185	0,155
	0,75 á 0,95	0,170	0,140
	1,00 á 1,20	0,160	0,130
	1,20 á 2,00	0,150	0,125
2.º Alma llena y escuadras sin cabezas.	0,50 á 0,40	0,205	0,170
	0,45 á 0,55	0,185	0,155
	0,60 á 0,70	0,170	0,140
3.º Celosías con alma longitudinal.	0,80 á 1,50	0,165	0,135
	1,60 y encima	0,155	0,130
4.º Celosías con cuatro escuadras solamente.	0,25 á 0,40	0,170	0,170
	0,45 á 1,00	0,160	0,160

Hemos hecho notar que en la mayor parte de los casos el momento de flexión se presenta bajo

la forma $\frac{P \cdot L}{n}$; P siendo la carga entre los apoyos, L la luz, y n un coeficiente numérico cuyos principales valores se encuentran consignados en el siguiente cuadro :

VALOR n PARA μ MÁXIMO.		
Pieza simplemente apoyada en sus dos extremos.	Pieza empotrada en una extremidad y apoyada en la otra.	Pieza empotrada en sus dos extremos.
Carga P en el medio de la luz. .	4,0	5,3
Carga P en el tercio de la luz. .	4,5	5,4
Carga P uniformemente repartida.	8,0	8,0
		12,0

En cuanto á la altura de la viga, está casi siempre comprendida entre $\frac{1}{10}$ y $\frac{1}{15}$.

Apliquemos lo anterior á un ejemplo :

Sea una viga de puente para carretera, teniendo 9^m de luz, y una carga de 2.500 kilogramos por metro lineal.

$$\left. \begin{array}{l} P = 2.500^k \times 9 = 22.500^k \\ L = 9^m,00. \end{array} \right\} \mu = \frac{P \cdot L}{8} = 25.500^k$$

La mejor clase de vigas para el caso presente, será de la primera categoría.

$$\text{Sea } K = 0,17 \text{ y } h = \frac{1}{12} 9^m = 0,75.$$

$$\text{Sección } S = K \frac{\mu}{h} = 0,17 \frac{25.500}{0,75} = 5.800 \text{ milímetros cuadrados.}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Sea escuadras } 80 \times 80 \times 11 \text{ sección } 1.640 \times 2 = 3.280 \\ \text{— cabezas } 170 \times 10. \text{ . . . } 1.700 \times 1 = 1.700 \\ \text{— alma de } 10^{\text{mm}} \text{ espesor. . . } 80 \times 10 = 800 \end{array} \right\} 5.780 \approx S$$

La viga está perfectamente determinada. El peso por metro lineal se calcula rápidamente :

$$\begin{array}{l} \text{Cabezas. } 5.500 \times 2 = 11.000 \\ \text{Alma entre las cabezas. . } 570 \times 10 = 5.700 \end{array}$$

$$\text{Sección total. . . . } 17.500$$

Luego peso por metro lineal

$$17.500 \times 0,008 = 138 \text{ kilóg.}$$

La aplicación de la fórmula exacta

$$\frac{R \cdot I}{v'} = \mu = 0,00415 R$$

da para R el valor $\frac{25.500}{0,00415} = 6^k,1$ por milímetro cuadrado. La fórmula aproximada da la misma exactitud.

(Société des Ingénieurs civils.)