procedimientos, ó en la reunión de varios, pueden hallarse en cada caso soluciones tales que, económicamente hablando, permitan mejorar el actual estado de cosas.

El que algunas comisiones francesas hayan llegado á conclusiones poco halagüeñas, no puede ser motivo bastante para que este estudio no se aborde en España, donde pudiéramos ser más afortunados. Téngase en cuenta que allí hay grandes obras hechas en los cauces para este objeto, y su existencia y su coste debían pesar mucho en las soluciones propuestas; no se olvide que las condiciones de sus ríos son, por punto general, diversas de las condiciones de los nuestros, y que necesidades generales aquí fuertemente sentidas y que quizá den la clave de la solución, ó no existen allí, ó se refieren á pequeñas comarcas.

Sin esto, si los riegos tuvieran en la nación vecina la alta importancia que en España, seguramente hubieran dado esa dirección á sus trabajos en los ríos y nos hubieran dado ya alguna brillante muestra de su actividad é inteligencia, parecida á la fijación de las dunas en las Landas, al saneamiento de terrenos en la costa mediterránea, y la defensa y reconstitución de terrenos en los Alpes.

(Se continuará.)

INFORME SOBRE LAS PRUEBAS DEL PUENTE DE CASTEJON

EN SUS DOCE PRIMEROS TRAMOS

(Continuación.)

La flecha de los tramos de orilla nos la da la fórmula general, en la que $m = 0$, y en la que conocemos todos los valores incluso I', será:

$$f = 0{,}0223 - 0{,}0054 = 16{,}9 \text{ milímetros.}$$

En la prueba sexta, que se refiere á la carga del segundo y tercer tramo,

$$m'_2 = -(\alpha - 1) + \delta^3 = -2, \quad m_3 = -(\alpha - 1) - \delta^3\alpha = -7.$$

Las fórmulas dan, para el tramo primero,

$$f = -3{,}6 \text{ milímetros;}$$

para el segundo,

$$f = 0{,}0334 - 0{,}0242 = 9{,}2 \text{ milímetros;}$$

para el tercero,

$$f = 0{,}0223 - 0{,}0125 = 9{,}8.$$

Por fin, á la prueba séptima, que consistió en cargar simultáneamente los tres tramos, corresponden los valores

$$m'_2 = m'_3 = -\delta^3\alpha - (\alpha - 1) + \delta^3 = 6;$$

y las fórmulas generales dan, para el tramo central,

$$f = 0{,}0334 - 0{,}0322 = 1{,}2 \text{ milímetros};$$

para los de orilla,

$$f = 0{,}0223 - 0{,}0107 = 11{,}6.$$

Sorprendidos algún tanto por el valor de la penúltima flecha, rehicimos los cálculos sin haber encontrado errores. Observando, al propio tiempo, que los resultados relativos á la prueba séptima comprueban los de la cuarta y tercera, pues las flechas que arroja aquélla son la suma algebráica de las producidas por estas dos, como sucede con las cargas.

Todavía, las tablas que ha incluído Bresse en la segunda edición de la primera parte de su curso de *Mecánica aplicada*, relativa á las flechas en las vigas de tramos iguales é igualmente cargados, nos han permitido comprobar los cálculos de la última hipótesis ó prueba séptima. Para este caso y el tramo central, nos da la tabla de Bresse

$$f_2 = \frac{1}{5} \times \frac{pb}{384er^2},$$

es decir, que es $\frac{1}{25}$ de la flecha correspondiente á la viga apoyada en sus dos extremos, es decir,

$$f_2 = \frac{1}{25} \times 33{,}4 = 1{,}33 \text{ milímetros},$$

como habíamos obtenido.

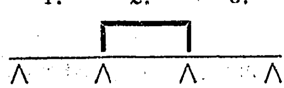
Para los tramos de orilla

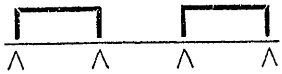
$$f_1 = \frac{13}{15} \times \frac{pb^4}{34er^2} = 8{,}99 \text{ milímetros},$$

valor algo diferente del obtenido antes, pero cuya diferencia no puede sorprendernos, puesto que en el cálculo de Bresse se parte de la sección teórica, y en los que hemos desarrollado hemos tomado los momentos de inercia de la sección real de la viga.

Resumimos á continuación los resultados del cálculo de las flechas.

Primer grupo.

	TRAMOS		
	1.º	2.º	3.º
Disposición de la sobrecarga (prueba 1.ª)...			
Flechas correspondientes en milímetros...	—1,14	29	—11,4

Disposición de la sobrecarga. . . . . 

Flechas correspondientes en milímetros. . . . 18,4 —10,3 18,4

Segundo grupo.

TRAMOS

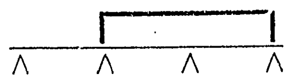
1.° 2.° 3.°

Distribución de la sobrecarga (pruebas 4.ª y 5.ª) 

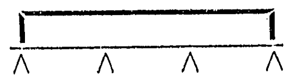
Flechas correspondientes en milímetros. . . . —5,4 17,3 —5,4

Distribución de la sobrecarga (prueba 2.ª). . . 

Flechas correspondientes en milímetros. . . . 16,9 —16,1 16,9

Distribución de la sobrecarga (prueba 6.ª). . . 

Flechas correspondientes en milímetros. . . . —3,6 9,2 9,8

Distribución de la sobrecarga (prueba 7.ª). . . 

Flechas correspondientes en milímetros. . . . 11,6 1,2 11,6

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL CÁLCULO CON LOS DE LA EXPERIENCIA Y DEDUCCIONES

La experiencia de más importancia ha sido, sin duda, la de carga del tramo central del primer grupo, que la segunda vez que se ha verificado, esto es, después de obtener con bastante aproximación la nivelación de los apoyos, nos ha dado una flecha de 40 milímetros. El resultado del cálculo ha sido sólo de 29, lo que tiene su explicación.

La fórmula de Choron proviene de integrar dos veces la ecuación diferencial de la elástica

$$\mathrm{EI}\,\frac{d^2y}{dx^2} = \mathrm{X},$$

lo que logra partiendo de la constancia del coeficiente EI; pero como I es el momento de inercia de la sección, esta hipótesis sólo es exacta cuando se trata de una viga de sección constante, no en los casos prácticos de grandes vigas en que la sección es variable y aproximándose á la del sólido de igual resistencia.

Para dar una idea de lo que esta circunstancia influye en la determinación de la flecha, Bresse estudia en la primera parte de su *Mecánica aplicada* el caso más sencillo de la viga de igual resistencia, apoyada en sus extremos, en diversas hipótesis de la carga y de la variación de la sección. En la más asimilable á nuestro objeto, en la hipótesis de la carga distribuída uniformemente y de la sección de altura constante, la flecha que resulte es $\frac{1}{5}$ mayor de la correspondiente á la sección uniforme, y es el caso en que es menor la diferencia.

No se nos oculta lo desemejante de este caso al de las vigas de varios tramos, puesto que en el que hemos citado como ejemplo se determina el sólido de igual resistencia bajo la única hipótesis de distribución de carga á que corresponde la flecha, y todas las secciones resultan más debilitadas que la central, que sería la de la viga de sección uniforme. Por el contrario, en las vigas de tramos continuos, otras hipótesis de distribución de carga (la de cargar tramos contiguos) obligan á reformar considerablemente las secciones sobre los apoyos, mientras que las secciones en el centro y las máximas flechas corresponden á las cargas por tramos aislados.

Resulta, pues, que en estas vigas sólo las partes intermedias entre el centro y los extremos están debilitadas, y por tanto, el supuesto de la sección uniforme no puede tener la influencia que en el caso estudiado por Bresse. Los trabajos de Mr. Kleitz sobre los errores á que conduce la hipótesis de uniformidad de sección en la determinación de los momentos de flexión, limitan esta influencia. Por lo que creemos que en las vigas de pequeñas luces con el aumento de $\frac{1}{5}$ en la flecha pueda bastar, aun teniendo en cuenta un pequeño juego en el roblonado.

Pero en las vigas de grandes luces es frecuente tomar, para coeficiente de elasticidad del hierro, $E = 1{,}6 \times 10^{10}$ en vez de 2×10^{10}, lo que aumenta en $\frac{1}{4}$ el valor de la flecha, puesto que E entra en el denominador, y como la calidad del hierro no depende de la magnitud de las vigas, esta costumbre debe atribuirse á la necesidad de tener más en cuenta en las grandes luces el aumento de elasticidad de la viga, debido al juego de las uniones. Parécenos, pues, que en virtud de ambas causas de error puede admitirse para las grandes vigas una tolerancia de $\frac{2}{5}$ de exceso de la flecha real sobre la calculada en las hipótesis de sección constante.

Para comprobar que en la práctica han tenido lugar mayores aumentos en obras duraderas, vamos á citar un caso ya antiguo y bien conocido, estudiado con mucho detenimiento.

Nos referimos al Puente de Burdeos, en el ferrocarril de unión de la red de Orleans á la del Mediodía.

La luz de los tramos centrales es de $77^m,056$. Se calculó la flecha, que corresponde á cargar únicamente el tramo central, y dió la fórmula un valor $f = 0^m,0319$.

Con este dato se construyó la viga con una contraflecha en la montea de 52 milímetros, y cuando la viga montada se abandonó á sí propia, esta contraflecha quedó reducida á 17 milímetros, habiendo perdido, por tanto, 35. Cuando al hacer las pruebas se cargó el tramo central, éste presentó una flecha de 41 milímetros que, sumada á los 17 de contraflecha, hacen 58 de flecha, debida á la sobrecarga, y una flecha total de $52 + 41 = 93$ milímetros, debida al peso propio de la viga y sobrecarga del tramo. En vista de este resultado no es extraño que el autor proponga una contraflecha de montea cuatro veces mayor que la flecha calculada para lograr que los tramos afecten la línea recta cargados al máximo. Lo más general es que, por la mayor sencillez, se construyan las vigas en la montea en línea recta, su eje longitudinal ó fibra media.

En el próximo puente de Langón, de las mismas luces próximamente, las flechas producidas por la sobrecarga general llegaron á 35 milímetros, y las obtenidas cargando tramos aislados oscilaron entre 50 y 56.

Ambos puentes son ejemplo de flechas excesivas, á lo que creemos contribuyen poderosamente las débiles alturas de las vigas con relación á las luces, que respecto á las de los tramos centrales es de $\frac{1}{12}$ en el puente de Burdeos y de $\frac{1}{14}$ en el de Langón, sin excluir el efecto debido al juego del roblonado y al sistema de viga, que bien se deja sentir en estos ejemplos, pues al del puente de Langón, que correspondía mayor flecha, según la observancia que acabamos de hacer, es, sin embargo, ligeramente inferior, debido, en nuestro concepto, al nervio lleno de sus vigas.

(*Se concluirá.*)

PELAYO MANCEBO.

MADRID: 1889.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15, bajo.