

cuanto más predomina en las corrientes el carácter torrencial, que es precisamente el que caracteriza á todas ellas.

(Se continuará.)

---

## INFORME SOBRE LAS PRUEBAS DEL PUENTE DE CASTEJON EN SUS DOCE PRIMEROS TRAMOS

---

(Conclusión.)

Los resultados de las pruebas del puente internacional sobre el Miño parecen, por el contrario, argüir en favor de la exactitud de la fórmula de Choron, sin necesidad del aumento que proponemos, pues en efecto, según el acta de las mismas y refiriéndonos al caso de las cargas sobre tramos aislados (primera serie de aquellas experiencias), la flecha calculada para el tramo central es de 23 milímetros y la obtenida de 25 y 28 respectivamente para la viga de aguas arriba y aguas abajo, y todavía para los otros tramos las flechas experimentales han sido menores que las calculadas, pues siendo éstas de 24 milímetros para los tramos de orilla y de 29 para los inmediatos, han oscilado aquéllos entre 20 y 23 y 20 á 28 respectivamente. Debemos confesar que estos resultados nos sorprendieron en el primer momento, á pesar de que esperábamos, como ha sucedido, no sólo pequeñas flechas, sino más conformes que comunmente con las calculadas, porque la circunstancia de sostener este puente el firme de la vía ordinaria de su piso inferior obliga á dar gran rigidez al tablero metálico. La carga permanente, que la constituye éste, la vía del ferrocarril y el firme del camino, es así mucho mayor con relación á la sobrecarga que en los puntos ordinarios de ferrocarril, lo que explica nuestra convicción; pero no creyendo pudiera llegarse á que las flechas reales fueran menores que las calculadas, examinamos con más detención el acta, dándonos cuenta satisfactoria de los resultados.

En primer lugar se ha tomado  $E = 1,6 \times 10^{10}$ , lo que, según queda dicho, aumenta en  $\frac{1}{4}$  los resultados de la fórmula respecto á  $E = 2 \times 10^{10}$ ; y en segundo lugar, sólo para el piso de arriba la sobrecarga de prueba insistía únicamente en el tramo considerado, pues por las dificultades que existían para quitar y poner la sobrecarga de prueba en el piso inferior, quedaba ésta subsistente en los tramos inmediatos, lo que, como es sabido, disminuye notablemente la flecha.

Hasta dónde esta última circunstancia modifica los resultados, se comprueban en los de las mismas pruebas. La segunda prueba de experiencias

la constituían la carga de dos tramos contiguos; las flechas, según el cálculo, deben ser menores que en la hipótesis anterior y, sin embargo, se llegó en el segundo tramo á producir flechas de 33 milímetros, mayores que las de las experiencias anteriores, por no haber realizado en ésta la condición de hacer insistir la sobrecarga total únicamente en el tramo considerado.

En el puente del Miño, la relación de la altura de las vigas ó las luces centrales es de  $\frac{1}{10}$ .

No acudiremos á otros ejemplos ni insistiremos más en el estudio de los citados por no alargar más este informe, y volviendo al puente de Castejón, admitiendo el aumento de  $\frac{2}{5}$  en el valor de la flecha que arroja la fórmula, tendremos una conformidad casi completa para el caso práctico de la carga de tramos aislados y para el más importante de la carga sobre el tramo central. Para el primer grupo en este caso nos ha dado la fórmula 29 milímetros de flecha, que añadiendo los  $\frac{2}{5}$  llegan á 40,6, conforme con el resultado de la última experiencia estática. Resultado satisfactorio, especialmente si se tiene en cuenta que la carga de la experiencia fué en  $\frac{1}{8}$  superior á la del cálculo.

En los grupos 2.º, 3.º y 4.º, la fórmula nos da 17,3mm. que sube á 24,2mm. por la adición de los  $\frac{2}{5}$ ; las pruebas 4.ª y 5.ª relativas á esta hipótesis nos han dado valores comprendidos entre 21,8 y 24,6.

También las pruebas 2.ª y 3.ª, relativas á la carga de los tramos de orilla, concuerdan con bastante exactitud en el mismo supuesto; pero en las pruebas 6.ª y 7.ª, en que se cargan tramos contiguos, no concuerdan igualmente los resultados con la fórmula modificada, principalmente en la 7.ª, que se presentan verdaderas anomalías, únicamente explicable por el defecto de nivelación que entonces presentaban los apoyos.

Diferentes veces hemos tenido ocasión de insistir en la importancia de esta falta de nivelación, que influye principalmente cuando la carga actúa sobre varios tramos consecutivos.

Mr. Bresse, en su obra especial, hace notar hasta qué punto variaciones de nivel, al parecer insignificantes, pueden perjudicar á la estabilidad de la obra, aun cuando algunas veces pueden aumentarla; pero en sentido desfavorable se presentaban en este grupo y en los anteriores.

Aplicando el cálculo de Bresse á este caso de 3 tramos de 30m, encontraremos que bastará suponer una diferencia de altura en el primer apoyo intermedio de 19mm y otra, en sentido contrario, de otros 19 en el segundo,

para llegar á anular el momento de flexión sobre el uno y duplicar el momento de flexión respecto al otro. Lo que prueba la exigencia que debe tenerse en este punto.

En el grupo 4.º el primer apoyo intermedio solo sobresaía de la rasante determinada por los extremos dos ó tres milímetros; pero el segundo apoyo bajaba 13 respecto á la misma, lo que basta á explicar los resultados de la prueba 9.ª

Terminado este informe en su objeto concreto, quizá no sea inútil resumir para mayor claridad las ideas emitidas en la materia.

Damos la mayor importancia á los reconocimientos previos de la obra, fijando la atención tanto en los diversos elementos, como en su ajuste y disposición y en el montaje del tablero, y con especialidad en la comprobación de constituir un plano, sin alabeo, el nervio de las vigas y de su perfectitud verticalidad. Si se trata de vigas de varios tramos, es indispensable que los diversos apoyos estén al mismo nivel, no tolerando sino pequenísimos errores; pues en el caso de alterar intencionadamente su nivel, debe justificarse en el proyecto ó en la memoria del constructor, y corresponder asimismo con exactitud la nivelación de los apoyos á lo proyectado.

Sometido el tablero á las cargas de prueba, es indispensable observar su efecto, sin olvidar el de desviación de la vertical de los nervios de las vigas y cerciorarse de que éstos no se alabean, al menos de una manera permanente, y respecto á la flexión, en su plano de simetría, de las vigas principales, lo que naturalmente interesa es comprobar la elasticidad perfecta de las vigas bajo la acción de la carga de prueba, de modo que cuando éstos cesen vuelvan á su primitivo estado.

No creemos que por esto pueda prescindirse de la magnitud de esta flexión medida por la flecha, y que ha sido objeto casi exclusivo de este informe, pues los otros resultados de las experiencias los hemos consignado en anteriores comunicaciones.

Respecto á este último punto, y resumiendo lo dicho, encontramos que es preferible á contentarse con las relaciones de  $\frac{1}{1.200}$  ó  $\frac{1}{1.100}$  de la

práctica americana, la fórmula  $f = \frac{Rb^2}{4EH}$  ó sea para el hierro

$$f = 0,75 \frac{b^2}{H} \times \frac{1}{10^4},$$

si hacemos  $R = 6 \times 10^9$  y  $E = 2 \times 10^{10}$ , ó mejor la fórmula

$$f = \frac{5}{24} \times \frac{R}{E} \times \frac{l^2}{H}.$$

Aplicándolas solo cuando la sección central de la viga haya sido calculada en vista de la distribución de carga que realiza la prueba, y correspondiendo al valor de  $R$  que se sustituye en las fórmulas.

Deberá no olvidarse que estas fórmulas dan la flecha total, y para obtener la correspondiente á la sobrecarga, única que obtendremos en las pruebas (pues no podemos determinar experimentalmente la que presentaría la viga si no soportara ningún esfuerzo), habrá que dividir el resultado en la relación de la carga á la sobrecarga, que es la de las flechas cuando obran de la misma manera el peso propio de la construcción y la sobrecarga, por lo que no son prácticamente aplicables sino á las vigas de un solo tramo.

En el caso de la viga de varios tramos habrá de recurrirse á la fórmula que resulta de la integración de la ecuación de la elástica, sustituyendo en ella los valores de los momentos, ó más cómodamente los coeficientes de las tablas de Mr. Choron. En este caso, si se aplica á los tramos de orilla, deberá tenerse en cuenta la aclaración que hemos hecho.

Las pruebas pueden limitarse sin inconveniente á la carga de tramos aislados, y en el caso de insistir en uno solo y de un número impar de tramos, la flecha máxima corresponde al tramo central cargado.

Como queda dicho, tanto las experiencias como los cálculos, se referirán á la flecha producida por la sobrecarga.

La flecha experimental se confrontará con la que da la fórmula, aumentándole en  $\frac{1}{5}$  por la forma de máxima estabilidad de la viga, y si se trata de grandes luces y se toma  $E = 2 \times 10^{10}$ , podrá admitirse otro  $\frac{1}{8}$  de aumento por el juego de roblonado, sin que, en nuestro concepto, el llegar á este límite acuse un exceso de inadmisibile flexibilidad en la viga.

Y entiéndase que no creemos dar una regla absoluta, ni mucho menos, como lo prueban las observaciones y ejemplos que preceden. Entendemos, por el contrario, que cada caso concreto requiere un estudio especial; pero nos parece preferible la aplicación de las fórmulas con la amplitud señalada á la adopción de un coeficiente de la luz que no tiene en cuenta ninguna otra circunstancia.

Madrid 20 de Marzo de 1889.

El Ingeniero,  
PELAYO MANCEBO.

---

MADRID: 1889.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15, bajo.