"Pruebas del puente sobre el río Andarax (o Almería) en la carretera de Almería a la Cuesta de Los Castaños, por Níjar"

José López Rodríguez

Revista de Obras Públicas vol.75, nº2.488, noviembre de 1927, pp. 421-423

Pruebas del puente sobre el río Andaráx (o Almería), en la carretera de Almería a la cuesta de Los Castaños, por Níjar

Hace unos meses se dió a los lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS algunas noticias del puente de tramos rectos de hormigón armado, cuyas pruebas son en parte el motivo de estos brevísimos renglones. Efectivamente, aparecieron en el número 2 469 de nuestra publicación unas fotografías de sus obras, acompañadas de varias notas anecdóticas con las que entremezclé el detalle de las características más sobresalientes del puente en cuestión.

Si, como manifesté entonces, la relación de anécdotas fué algo así como relleno para espaciar debidamente en el texto de la REVISTA las fotografías de la construcción del puente que consideré merecedoras de la publicidad, esta leve relación de las pruebas de la obra, que voy a hacer ahora, tiene parecido objeto en la misión humildísima que le he asignado, al reducirla no más que a componer el acompañamiento a unas vistas del puente terminado, siguiendo así el sistema de la presentación predominantemente fotográfica, que en casos como el presente tiene sobrado estimables ventajas con relación al de la prosa simple, monda y lironda, pero sin fotograbados ni otras gráficas manifestaciones.

Las pruebas del puente se efectuaron el día 11 de agosto último, y se hicieron con arreglo a lo preceptuado en el Pliego de condiciones facultativas del proyecto, cuyo artículo 57 dice así:

«Las pruebas consistirán en hacer recorrer cada tramo las siguientes sobrecargas:

1.° Un tren formado por los vehículos ordinarios o automóviles más pesados de que se disponga en la localidad.

2.° El cilindro compresor de 20 toneladas.

3.° El mismo cilindro, precedido y seguido por aquellos vehículos, hasta cubrir todo el vano.

Estas tres sobrecargas deberán circular por el centro del pavimento, primero con lentitud, después forzando la velocidad sucesivamente hasta alcanzar la máxima posible.

4.° El tren formado por el cilindro compresor, precedido y seguido por los vehículos más pesados, circulará ciñéndose todo lo posible a una de las aceras.

5.° Con este mismo tren se hará cruzar otro, formado igualmente por los vehículos más pesados, y al propio tiempo se recargarán las aceras con cuatrocientos cincuenta (450) kilogramos por metro cuadrado.

Estas dos pruebas se harán circulando primero lentamente y después con velocidades progresivas los trenes hasta la máxima posible.

La menor flecha producida por las tres primeras sobrecargas deberá quedar reducida a su cuarta parte, cuando más, al dejar el tramo desocupado.

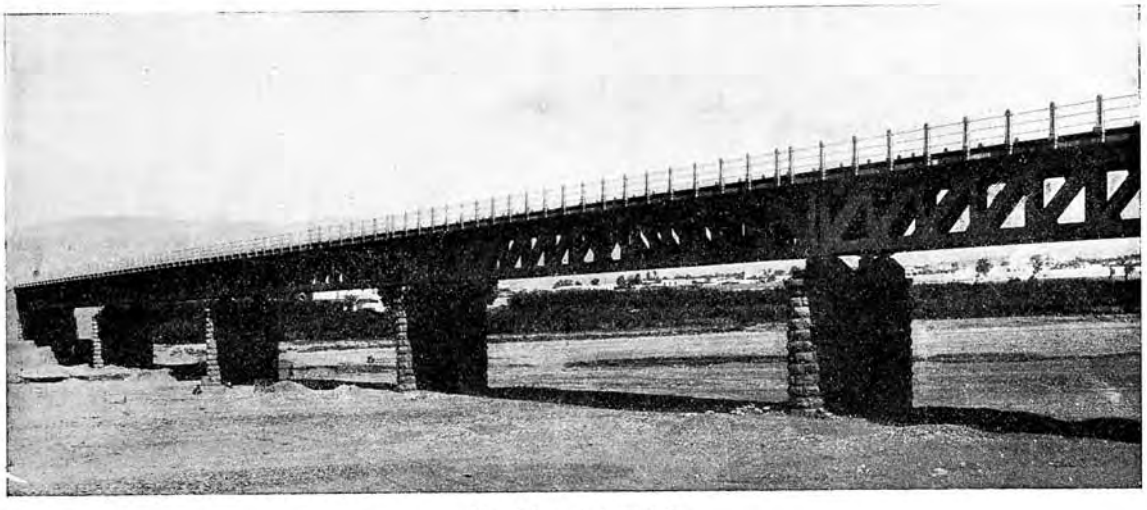
La máxima deformación originada por la cuarta sobrecarga a la mayor velocidad deberá quedar reducida a su octava parte, todo lo más.

De la mayor flecha causada por la quinta sobrecarga sólo quedará como residuaria su dozava parte, a lo sumo, después de la primera pasada a la mayor velocidad.

Las deformaciones llegarán a ser absolutamente elásticas, sin parte residuaria alguna, después de la tercera pasada.

En todo caso, la máxima deformación nunca excederá de lo que, por el cálculo hecho como en el párrafo *b*) del artículo cuarenta y tres (43), corresponde a las sobrecargas uniformes equivalentes a los trenes que antes se especifican.»

Este artículo que acabo de transcribir es reproducción del artículo *S* que aparece en la edición oficial de la colección de *Modelos de puentes de hormigón armado* (pág. 48), publicada en 1925, que contiene el pliego redactado en 30 de junio de 1921;



Vista del puente, terminado.

pero habiéndose aprobado, por Real orden del 1.° de diciembre de 1924, otro Pliego aplicable a estos tramos oficiales, en cuyo artículo 11 se ha hecho desaparecer parte del transcrito, la referente a la variedad de flechas residuarias, llegué a preocuparme un tanto de verificar en lo posible, y con los medios que pude allegar, si al hacer las pruebas ocurrirían las deformaciones con arreglo a uno u otro de los dichos artículos *S* y 11, y las pruebas del puente sobre el Andaráx, por consecuencia, se me hicieron triplemente interesantes al tener por objeto, para mí:

a) La comprobación de la capacidad de resistir de la construcción, conforme a las condiciones de la contrata.

b) La comprobación del artículo *S* de la colección, ya citado.

c) La comprobación del artículo 11 del Pliego aprobado, también citado.

Se dispusieron para las observaciones cuatro flexímetros y tres niveles. Se colocaron miras en los centros de cada uno de los cinco tramos, adosándolas al montante central de la barandilla; pero agua arriba, en los tramos 1.°, 3.° y 5.°, y agua abajo, o en el andén de la derecha de la carretera, en los tramos 2.° y 4.°

Los flexímetros se pusieron en los tramos 1.°, 3.°, 4.° y 5.° para observar las deformaciones en los centros de los mismos, y siendo la sección transversal de los tramos Zafra la en II, *pi mayúscula*, como él la denominaba, compuesta, como es sabido, de dos vigas enlazadas superiormente por un tablero o piso superior, los flexímetros se colocaron en los centros de las cabezas inferiores de las vigas de agua arriba de los cuatro tramos mencionados (las contiguas, al paseo izquierdo de la carretera).

Hacer simultáneamente las pruebas en los cinco tramos de 32 m con los medios detallados, requirió multiplicar bastante los observadores, para que no fuese excesiva la duración, y quedaron ultimadas las pruebas y observaciones el mismo día 11 en que se comenzaron, gracias a la cooperación de mis compañeros D. Angel Elul, D. Francisco de P. Abellán y D. José Fornieles, de los ayudantes D. Miguel Guerrero, D. Manuel Moreno y D. Julián Mateo Abán, y de los sobrestantes D. Gabriel García Nieto, D. José Martínez Piqueras y D. Antonio Pallarés, cuyos nombres cito como la mejor garantía de la escrupulosidad de las observaciones hechas, de los resultados obtenidos dada la precisión de los aparatos de que se dispuso y para expresarles mi gratitud por su valioso y decidido auxilio.

Para las pruebas, además de la carga estática en las aceras o andenes, de 450 kg por metro cuadrado, que se hizo con sacos de arena, se dispusieron dos trenes de sobrecarga, con las siguientes *unidades:*

Un cilindro compresor de 20 toneladas.
Un cilindro compresor de 15 toneladas.
Un cilindro compresor de 12 toneladas.
Tres camiones-cubas de 6,50 toneladas (cargados).
Dos camiones de 8 toneladas (incluso la carga).
Dos camiones más pequeños de 3 toneladas.

O sea un total de 88,50 toneladas que, sumadas a las 25 de la carga en las aceras, da para máximo peso que insistió en cada tramo de 32 m de luz, la cantidad de 113,50 toneladas, por la sobrecarga de pruebas.

Se formó un tren con el cilindro de 20 toneladas, precedido de dos de los camiones-cubas y seguido del otro y del cilindro de 12 toneladas. El otro tren, para cruzar con el detallado, se formó con los cuatro camiones restantes y el cilindro de 15 toneladas (éste, precedido de dos camiones y seguido de los otros dos, pero colocándose inmediatos al cilindro los dos más pesados, o de 8 toneladas).

Circulando lentamente el cilindro de 20 toneladas por el centro del pavimento, las flechas observadas oscilaron entre 2 y 2,50 mm. El paso del mismo cilindro con velocidades crecientes no acusó mayores deformaciones al parar el cilindro en el centro del tramo; pero los pequeños excesos de flecha comprobados durante la marcha parecían resultado en el conjunto de las deformaciones elásticas debidas a la actuación del cilindro circulando lentamente y de las vibraciones motivadas por la velocidad del paso de la sobrecarga, de esta velocidad. Claro que afirmarlo así rotundamente carece en nuestro caso de una demostración experimental, por no haberse dispuesto de aparatos para medir el número y amplitud de las vibraciones producidas.



El ingeniero Sr. Elul, observando en su fleximetro.

¿Flechas residuarias? Sí que se observaron al paso del cilindro de 20 toneladas, y variables entre un tercio y un quinto de milímetro en las tres primeras pasadas, circulando lentamente. Cantidades que satisfacían las exigencias del artículo *S* y del artículo 11, mencionados precedentemente, y, por supuesto, las condiciones del contrato.

Circulando el mismo cilindro ciñéndose a las aceras, las flechas máximas en el centro de los tramos se elevaron a 2.7 mm.

El paso de la sobrecarga tercera, del tren detallado en tercer lugar en el artículo 57 de las condiciones facultativas transcrito, circulando lentamente por el centro, dió flechas variables entre 3,5 y 4 mm, sin parte residuaria digna de mención, quizá por insuficiencia de los medios de observación instalados.

Al circular el mismo tren (el formado por el cilindro de 20 toneladas en el centro de la fila constituída por él mismo, los tres camiones-cubas y el cilindro de 12 toneladas, que se detalló) adosado a una de las aceras, se elevó la flecha hasta 4,6 mm en la viga contigua a la misma acera, observándose



Los trenes de sobrecarga de pruebas, cruzándose en el tramo central del puente

que la relación entre esa flecha y las comprobadas en las otras vigas de cada tramo varió entre 1,50 y 1,66.

El cruce de trenes no se hizo a velocidad. Ni era realizable con velocidad estimable, dada la de los cilindros y su contraste con la de los camiones utilizados, ni la anchura extraordinaria de los cilindros y camiones, aun pasando justamente adosados a los bordillos de los andenes, permitía esos cruces a velocidad, sin serios peligros, en el ancho de 4,50 m del afirmado. Por ello, sólo se hicieron los cruces circulando los trenes con lentitud, y en esas condiciones se llegaron a medir flechas de 8 mm, siendo la primera residuaria de 1 mm, lo que está de acuerdo con el artículo 11, pero no podemos asegurar si con el artículo *S* de los citados, por no haberse hecho los cruces de trenes a velocidad, según se ha dicho.

Los moldes para la construcción del puente se montaron con una contraflecha en el centro, de la milésima parte de la luz (32 mm), y ésta, perceptible a la simple vista, no ha desaparecido del todo, a pesar de los repetidos pasos de las cargas de pruebas, que no han bastado a agotar la contraflecha, subsistente, quizá por ser originariamente excesiva la milésima parte de la luz que se le dió. Desde luego, la máxima flecha observada en el cruce de los trenes (8 mm, según se ha dicho) es inferior a la calculada, de 10 mm, para los efectos de la sobrecarga. Con igual razón ha podido ser inferior la deformación debida al peso propio del tramo (unas 290 toneladas), calculada y consignada en la Memoria oficial de la colección de tramos rectos de hormigón armado, que da para esta deformación la cantidad de 24,8 mm para el tramo de 32 m de luz, como son los del puente sobre el río Andaráx (o Almería) probado.

José LÓPEZ RODRÍGUEZ
Ingeniero de Caminos