

Influencia determinante del relleno rígido en el comportamiento de los puentes de bóvedas de fábrica

Sergio Espejo Niño
Javier León González



RESUMEN

Este artículo resume brevemente los resultados de dos ensayos a rotura sobre puentes de bóvedas de fábrica, y cómo, tras su conclusión, el reconocimiento posterior de las estructuras —“autopsia”—, y los estudios numéricos desarrollados *pre* y *post* ensayos, fué posible detreminar que la composición de los rellenos (en particular la altura de los rellenos cementados) es un parámetro determinante en el comportamiento de estructuras con esta tipología.

1 INTRODUCCIÓN

Los autores de este documento participaron en la redacción de los protocolos y en el desarrollo de los ensayos a rotura de los puentes de la Riera de Rubí [1] y Urnieta [2]. Dos experiencias promovidas por las administraciones propietarias de las estructuras y pensadas con el fin de aprovechar los puentes previamente a su inevitable demolición.

Los objetivos principales eran comprobar experimentalmente la validez de los criterios con los que se evalúa la capacidad de construcciones abovedadas de fábrica —puentes en particular—, y el reconocimiento de formas, materiales, y elementos, que son de difícil identificación y caracterización durante una inspección principal.

Cada una de las campañas experimentales se dividió en tres fases. La primera, la estimación de carga de colapso con los datos disponibles; la segunda, la realización del ensayo y el correspondiente análisis del comportamiento frente a cargas

Influencia determinante del relleno rígido en el comportamiento de los puentes de bóvedas de fábrica

externas; y la tercera, el levantamiento de geometría y composición de los elementos internos de los puentes.



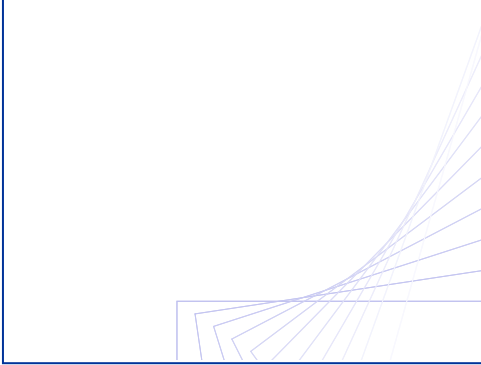
Fig. 1. Arriba. puente de Urnieta. Abajo, puente de la Riera de Rubí (de izquierda a derecha). Sistema de aplicación de carga, daños durante el ensayo, reconocimiento de morfología interna durante la demolición, extracción de muestras y ensayos a probetas.

2 LOS DATOS DEL PROBLEMA

El ensayo del puente ferroviario de la Riera del Rubí (Barcelona), promovido por ADIF y en el que participaron FHECOR Ingenieros Consultores, GEOCISA, INES Ingenieros Consultores y TIFSA, se realizó el 18 de febrero de 2005, sobre la bóveda 6 del mismo. La estructura formaba parte de la línea Tarragona-Barcelona-Francia de la 5ª Zona de la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles, y estaba compuesta por nueve bóvedas de ladrillo, con directriz muy rebajada y trazado fuertemente esviado, apoyadas sobre pilas muy bajas o semienterradas. Sobre ella se permitía el paso de trenes en ambos sentidos hasta días antes de la realización de la prueba. La decisión de demoler el puente resultó inevitable dado el estrecho corredor disponible para encajar el paso de las líneas convencionales y de cercanías con el del ferrocarril de alta velocidad de entrada a Barcelona.

El otro ensayo, enmarcado en un proyecto I+D+i de FHECOR Ingenieros Consultores, financiado por la Diputación Foral de Gipuzkoa, se realizó el 16 de mayo de 2007 sobre la bóveda 1 del puente nº 34 del antiguo Ferrocarril del Plazaola —fuera de servicio desde 1954— en las cercanías de la población de Urnieta (Gipuzkoa). La estructura estaba compuesta por cuatro bóvedas de medio punto, construidas en sillería de arenisca, apoyadas sobre esbeltas pilas de piedra caliza. Por razones parecidas, no hubo forma de rescatar este puente para otros usos, dada la imperiosa necesidad de construir la variante de Urnieta dentro de la nueva Autovía del Urumea, actualmente en obras.

Influencia determinante del relleno rígido en el comportamiento de los puentes de bóvedas de fábrica



3 RESULTADOS

La carga máxima que pudo aplicarse al puente sobre la Riera de Rubí, en riñones, apenas superó los 3.300 kN y la flecha máxima superó escasamente 12 mm bajo la línea de aplicación de las cargas. No se produjo el colapso de la estructura, aunque se observó la formación incipiente de la primera rótula (inferior figura 1).

En el puente de Urnieta la carga de rotura, esta vez sí, superó por poco los 7.460 kN. El modo de rotura no fue el de mecanismo por formación de varias rótulas, sino el de rotura por agotamiento de los sillares de la bóveda —simultáneamente en boquillas y cuerpo— justo bajo el área cargada. La flecha máxima fue 8,5 mm.

En ambos casos, la atura del relleno cementado se detectó a más del 80% del valor de la flecha.

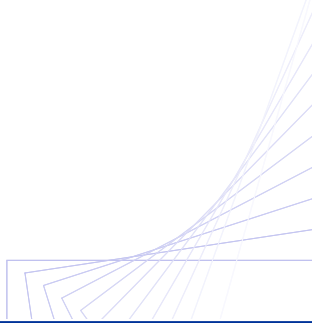
4 CONCLUSIONES

Una de las conclusiones en común entre los dos ensayos [3, 4] fué la constatación de la enorme capacidad y rigidez de esta tipología de puentes frente a las cargas de servicio. En ambos casos, las cargas últimas aplicadas superaron con creces las estimaciones previstas, y los movimientos de las bóvedas fueron poco significativos.

Lo anterior no es sino la constatación de que existen otros elementos constituyentes del puente, diferentes de la bóveda, que contribuyen a su comportamiento estructural, y que hasta ahora no han sido tenidos en cuenta dentro de parámetros de análisis y comprobación de puentes de bóvedas de manera suficiente.

En este documento se presenta una propuesta para la consideración explícita del relleno, lo que permitirá una evaluación más ajustada de la carga de colapso y una línea de actuación en materia de rehabilitación.

Influencia determinante del relleno rígido en el comportamiento de los puentes de bóvedas de fábrica



5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] ADIF et. Al., “Ensayos en el puente ferroviario de la Riera de Rubí (Barcelona)”, Documento no publicado, preparado por ADIF, Grupo HE de la E.T.S. de Ing. de Caminos, C y P. de Madrid, FHECOR Ingenieros Consultores, INES Ingenieros Consultores, GEOCISA y TIFSA. Madrid, 2007.
- [2] FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, “Estudio teórico y experimental del comportamiento hasta rotura del puente de fábrica del antiguo ferrocarril del Plazaola en Urnieta”. Documento no publicado, preparado como informe final del proyecto I+D+i del mismo nombre para la Diputación Foral de Gipuzkoa. Madrid, julio de 2007.
- [3] ESPEJO S., “Estudio del comportamiento experimental de dos puentes de fábrica ensayados hasta rotura. Puente ferroviario de la Riera de Rubí y Puente sobre el ferrocarril del Plazaola en Urnieta”. Trabajo de investigación tutelado para obtener el Diploma de Estudios Avanzados (DEA). Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de estructuras, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid. Octubre de 2007.
- [4] LEÓN J., ESPEJO S., “Load test to collapse on the masonry arch bridge at Urnieta”, Proceedings of the 5th International Conference on Arch Bridges, Madeira, Portugal, September 12-14 of 2007. pp. 969- 976.