

Original

Ensayos de viento para el Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz

Wind studies for the Constitución de 1812 Bridge over Cadiz Bay

Óscar Ramón Ramos Gutiérrez^{a,*}, Miguel Ángel Astiz Suárez^b, Svend Ole Hansen^c,
José María Terrés Nícoli^d y José Meseguer Ruiz^{e,†}

^a Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, APIA XXI-LB IDC, Universidad de Cantabria, Santander, España

^b Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, Carlos Fernández Casado SL, Madrid, España

^c PhD Wind Engineering, M.Sc. Civil Engineer, Svend Ole Hansen ApS, Copenhagen, Dinamarca

^d Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Oritia & Boreas, Universidad de Granada, Granada, España

^e Dr. Ingeniero Aeronáutico, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

Recibido el 10 de diciembre de 2015; aceptado el 20 de abril de 2016

Disponible en Internet el 10 de junio de 2016

Resumen

El Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz ha sido objeto de estudios y ensayos de viento propios de un puente de esta naturaleza, según las metodologías más avanzadas entre las que comprende el estado del arte. Se han realizado ensayos aeroelásticos en túnel de viento de capa límite de modelos de puente completo y durante las fases constructivas, no observándose riesgos de inestabilidades para las velocidades de cálculo consideradas. Igualmente se realizaron ensayos seccionales estáticos y dinámicos, así como un estudio exhaustivo de la acción del viento sobre los vehículos que han permitido, entre otros, cuantificar los efectos favorables para el tráfico de la presencia de la pantalla antiviento.

© 2016 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Palabras clave: Aeroelasticidad; Túnel de viento; Acción del viento sobre el tráfico; Pantalla antiviento

Abstract

The 1812 Constitution Bridge over the Cádiz Bay has been subjected to several wind studies and tests using the most advanced methodology and techniques that the current state of the art allows. Full aeroelasticity tests in a boundary layer tunnel have been carried out, taking into account the whole configuration of the bridge during the in-service state, and also considering the most critical stage during the construction. No risk of aerodynamic instability has been found for the design wind speed. Furthermore, static section model tests for determination of static load coefficients for drag, lift and moment, and dynamic section model tests for simulation of the vertical and torsional vibrations of the bridge induced by vortex shedding and buffeting were also carried out. An exhaustive tests program was also developed to investigate the wind action on reference vehicles, evaluating the good performance of the windshield.

© 2016 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Keywords: Aeroelasticity; Wind tunnel; Wind action on traffic; Windshield

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: oramos@apiaxxi.es, oramos@louisberger.com (Ó.R. Ramos Gutiérrez).

† .

1. Introducción

En los puentes de luces medias y grandes es frecuente que el modo de vibración de flexión lateral del tablero se sitúe como uno de los modos principales (si no el fundamental) del puente, pudiendo movilizar cargas horizontales de viento significativas [1].

Es este uno de los primeros motivos por los que, desde una etapa temprana, la preocupación en la mejora del comportamiento dinámico es una de las tareas principales del diseño de puentes atirantados o colgantes de similar naturaleza al que nos ocupa. Así, se busca reducir el coeficiente aerodinámico de arrastre del tablero con actuaciones tales como reducir su canto efectivo, cuidar las formas de los ejes de ataque o, incluso, el detalle de los mismos.

Igualmente, se persigue preservar la rigidez torsional del conjunto de la estructura, y mantener la debida separación entre las frecuencias de torsión y flexión vertical. De esta forma se puede asegurar que la inestabilidad a aleteo se alcance para velocidades de viento superiores a las de diseño para estados límites últimos.

En este sentido se puede observar también una tendencia en los puentes actuales de grandes luces a diseñar tableros formados a partir de varios cajones en los que la separación hueca entre los mismos es calibrada para una mejor aerodinámica, o apéndices de cuerpos fuselados en los extremos para mejorar la estabilidad aerodinámica.

Si bien los modelos numéricos y la capacidad de cálculo han avanzado notablemente en los últimos años, es preciso el estudio detallado de la interacción dinámica fluido-estructura mediante modelos físicos. Esto es así fundamentalmente debido al notable efecto de la turbulencia atmosférica en la interacción con estas infraestructuras de marcada tridimensionalidad y envergadura. La calibración fiable de los modelos de turbulencia numéricos precisa un conocimiento o validación de la física de los mecanismos de la interacción dinámica responsables de los diversos fenómenos aeroelásticos. Así, la metodología fundamental de estudio de los efectos del viento en puentes como este se fundamenta en un programa experimental [2].

El estudio de los efectos del viento debe abarcar, por un lado, la determinación de cargas estáticas equivalentes distribuidas para el diseño y, por otro, la evaluación de la estabilidad global aerodinámica frente a fenómenos aeroelásticos. Estos últimos incluyen la vibración inducida por vórtices en sus distintos modos, el galope, la divergencia torsional y el aleteo, todos ellos relativos al puente en su globalidad o a elementos específicos. Los tirantes, por ejemplo, requieren un estudio específico con respecto al galloping en seco y combinado con la acción de la lluvia, la interferencia de estela y la propia excitación paramétrica a través de la excitación del tablero y las torres [3].

Finalmente, y dado el emplazamiento concreto de este puente en zona de exposición abierta y a una gran altura sobre el agua, se deberá tener en cuenta el efecto del tráfico modificando la propia aerodinámica del tablero, así como la acción del viento afectando a la seguridad y confort de los conductores que transitan por el puente.

En el Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz se ha llevado a cabo un estudio de los efectos del viento fundamentado en los ensayos de un modelo seccional y un modelo aeroelástico completo. Los detalles de cada estudio se describen más adelante.

2. Estudios de viento realizados en la fase de redacción de proyecto

Los ensayos planteados durante la fase de proyecto estuvieron encaminados a conocer los aspectos más relevantes del comportamiento del puente frente al viento. Estos incluyeron la determinación de las acciones aerodinámicas sobre el tablero, la investigación de posibles problemas de inestabilidad aeroelástica y la seguridad del tráfico rodado bajo la acción del viento lateral y, por consiguiente, la eficacia del sistema de barreras antiviento proyectado. Los ensayos se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto Ignacio da Riva, dependiente de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Los ensayos se realizaron sobre un modelo seccional a escala 1/60, con una longitud equivalente a 57 m en el prototipo. El modelo se construyó en torno a un bastidor de madera muy aligerado, de tal manera que se pudiera posteriormente ajustar la masa y la inercia del modelo respetando las escalas de semejanza. En la [figura 1](#) se muestran diversas fases de la construcción del modelo, así como el modelo terminado incluyendo las placas de los extremos, que se colocan para asegurar un flujo bidimensional alrededor de la maqueta.

Los ensayos planteados a nivel de proyecto se describen en la [tabla 1](#).

Los coeficientes aerodinámicos están en todos los casos referidos a la anchura, B, del puente (34,8 m en el caso de los ensayos de proyecto) y a dos sistemas de ejes alternativos, los definidos por la dirección del viento y los definidos por la maqueta, tal como muestra la [figura 2](#). La variación de los distintos coeficientes aerodinámicos en función del ángulo de ataque se muestra en la [figura 3](#), correspondiente a la configuración con barreras.

La estabilidad del tráfico se estudió a través de un modelo de vehículo pesado dotado de 24 sensores de presión que permite medir distribuciones de presiones a lo largo de su superficie, e integrarlas para obtener acciones globales sobre el vehículo. Como consecuencia de estas medidas, se pudo evaluar el coeficiente de resistencia del vehículo frente al viento lateral en función de su situación en la sección transversal (barlovento o sotavento), y dependiendo de si hay barreras contra el viento o no. Los resultados se resumen en la [tabla 2](#), en la que se puede apreciar la reducción importante de las cargas que se consigue gracias a la presencia de las barreras.

La determinación del número de Strouhal es importante en sí misma y porque permite identificar fenómenos de vibración causados por el desprendimiento de torbellinos. Esta determinación se llevó a cabo bajo la acción de un flujo con muy baja turbulencia y, posteriormente, en los ensayos dinámicos, se vigiló especialmente el rango de velocidades correspondiente al desprendimiento de torbellinos, no encontrándose en ningún caso episodios de vibración significativos. Ello es debido a que el

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/6747480>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/6747480>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)