Disponible en
ScienceDirect
www.sciencedirect.com
ELSEVIER
www.elsevierciencia.com/hya
Hormigón y Acero 2016; xxx(xxx):xxx–xxx
HORMIGÓN y ACERO
www.e-ache.com

Control operativo frente a los efectos del viento en la construcción del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz

Operational wind clima control for the construction of the Constitución de 1812 Bridge over the Cadiz Bay

José María Terrés-Nícoli [a,b,*] y Christian Mans [b]

[a] *Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. E.T.S de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Granada, Granada, España*
[b] *Dr. Ingeniero Civil, Oritia & Boreas Wind Engineering, Granada, España*

Recibido el 10 de diciembre de 2015; aceptado el 13 de abril de 2016

Resumen

Este puente es un ejemplo de proyecto en el que la acción del viento se convierte en una variable determinante de los estados límite de operación durante la construcción, así como de diseño último y de servicio. Para el adecuado diseño y control de estos estados se hace necesaria la implementación de un modelo de clima de viento de alta resolución. Estos modelos permiten el reanálisis histórico, para un mejor ajuste de la ley de probabilidad que determina las velocidades de diseño, así como su uso en modo operacional para la predicción de las condiciones en construcción. La calibración de este modelo y el control de las operaciones en obra se basa en la monitorización de alta resolución espacio-temporal de las condiciones de viento en el sitio. Este artículo describe el sistema implementado para el Puente de la Constitución de 1812.
© 2016 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Palabras clave: Modelo mesometeorológico operacional; Viento en construcción de puentes; Monitorización de viento; Predicción de viento

Abstract

Wind effects determine serviceability, ultimate as well as operational states in certain bridge structures such as the present. A high resolution wind clima model is often necessary in the assessment of these states. Design wind speeds probabilistic models and construction control can be both optimized by means of these models. Required model calibration and control requires specific wind monitoring at a sufficiently high spatial and time resolution. This article presents the system that was implemented for the Constitución de 1812 Bridge over the Cádiz Bay.
© 2016 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Keywords: Operational mesometeorological model; Wind in bridge construction; Wind monitoring; Wind forecasting

1. Introducción

El Puente de La Pepa, formalmente Puente de la Constitución de 1812, cruza la Bahía de Cádiz con una orientación aproximadamente NE-SO. Será el segundo puente que lo haga, después del Puente Carranza, y uno de los puentes de mayor altura en Europa, con una luz máxima de 540 m y 5 km de longitud total [1,2].

La capa de rodadura se sitúa a una cota cercana a los 72 m. La exposición a la acción del viento es reseñable. Adicionalmente, el puente se ubica en una región dominada por vientos de intensidad relativa resultantes de borrascas derivadas de inestabilidades del frente polar y alisio en invierno y verano, respectivamente, e incluso derivaciones resultantes del pseudofrente mediterráneo. No en vano, las normas de construcción la sitúan próxima

* Autor para correspondencia.
Correos electrónicos: jterres@ugr.es, terresnicoli@oritiayboreas.com (J.M. Terrés-Nícoli).

http://dx.doi.org/10.1016/j.hya.2016.04.002
0439-5689/© 2016 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Cómo citar este artículo: J.M. Terrés-Nícoli, C. Mans, Control operativo frente a los efectos del viento en la construcción del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz, Hormigón y Acero (2016), http://dx.doi.org/10.1016/j.hya.2016.04.002

a las isotacas de mayor valor de la península ibérica [3–5]. Esto, unido a la relativa flexibilidad de la estructura así como al procedimiento de construcción, recomienda la adecuada modelización y control del clima de viento en el sitio. Tanto para su diseño como para asegurar una ejecución fiable y eficaz.

El presente artículo describe la implementación de un modelo mesometeorológico de alta resolución desarrollado para el control operativo del viento en este puente en fase de construcción. El uso de modelos mesometeorológicos en modo operativo es habitual en sectores en los que la actividad está claramente afectada por las condiciones climáticas como el sector de la energía solar, eólica o del petróleo-gas. En ciencias de la atmósfera, normalmente se refiere a mesoescala para órdenes de pocos kilómetros a miles. En lo que respecta al viento, esta escala está, por tanto, desafectada de la aerodinámica local del puente o edificio de estudio, pero posiblemente de forma limitada por la topografía o rugosidad local. Hay varios factores que determinan la componente mesometeorológica en lo que interesa para la valoración de los efectos del viento en ingeniería civil. Entre ellos destacan: los balances de presión de la situación ciclónica o anticilónica que gobierne, los gradientes de temperatura que a su vez modifican los anteriores, la inercia del aire en movimiento y la superficie del mar o tierra confinando el movimiento. Estos modelos se fundamentan y anidan en modelos globales dependientes del sistema tierra en su globalidad a escala macrometeorológica (GFS, por ejemplo) y se adentran en una menor escala para un estudio a mayor resolución.

1.1. Condiciones de viento de diseño

El análisis de la carga estática de viento para el diseño así como la valoración de la estabilidad aerodinámica del puente requieren el conocimiento en detalle de las condiciones esperables mediante el correspondiente modelo probabilístico bivariado (dirección e intensidad). Este esquema ha de incorporar diferentes funciones probabilísticas para la predicción de vientos extremos condicionantes de las cargas de diseño o seguridad del paso de vehículos de los modelos que determinan umbrales de servicio para el confort [3]. Existen básicamente 2 vías de aproximación al problema. La primera, tradicional, consiste en el análisis de datos históricos provenientes de estaciones próximas como la de Jerez. La estación debe seleccionarse con cautela atendiendo a la calidad y continuidad de los datos, así como a su ubicación. El análisis normalmente se realiza mediante distribuciones de extremos como la Gumbel o, en función de los datos disponibles, como Weibull bimodal. Una vez ajustados los parámetros del modelo en sí, se transponen desde la ubicación y cota de la estación (normalmente 10 m) a la cota y ubicación de interés. Para ello se hace uso de las leyes de transformación de la capa límite por la progresión o transformación del terreno entre un punto y otro según la dirección de viento. Finalmente se ajusta la ley obtenida para el cumplimiento de la norma que corresponde.

Otra vía, de uso más reciente, consiste en el reanálisis de datos históricos resultantes de un modelo mesometeorológico. Estos datos permiten la modelización de las condiciones de viento con una resolución ajustable en función de la malla elegida y del anidamiento al correspondiente modelo global. La bondad de la modelización podrá ser calibrada con las estaciones existentes en la zona, como la utilizada en el caso anterior. Una vez aceptada la modelización, se podrá adaptar la malla a la ubicación del puente para un mayor detalle de las condiciones de viento en las 3 dimensiones. En función de los recursos computacionales disponibles y de los plazos de estudio, se determinará la resolución de la malla y periodo de modelización. Es recomendable realizar un estudio previo limitado de las condiciones de modelización para asegurar la correcta implementación («benchmark»). Este modelo permitirá la correcta calibración así como la planificación de las subsecuentes simulaciones. Finalmente se podrá ampliar la resolución del modelo mediante técnicas de reducción progresiva de la escala o «downscaling» en las que no se atiende a la modelización física y, además, calibrarlas de forma progresiva (entrenamiento) a partir de las medidas obtenidas en el sitio («kriging»). No obstante, estos modelos precisan de una medida adecuada en el sitio durante un periodo representativo de tiempo, tal y como se describe en la sección siguiente.

Es preciso destacar las posibilidades que ofrece un modelo de esta tipología por la mayor precisión y adaptación a las condiciones de viento particulares del sitio, que deberá redundar en un diseño fiable y óptimo. Adicionalmente y como se explica más adelante, ofrece capacidades de implementación en modo operativo a la misma resolución para el control de las operaciones en construcción y del servicio en explotación. Se reseña aquí que las cargas aerodinámicas son proporcionales al cuadrado de la velocidad de viento de referencia, de ahí el interés en la detallada modelización de las condiciones de diseño.

1.2. Control del procedimiento de construcción

Las 2 pilas principales sobre las que se sustenta el tablero son idénticas, salvo en lo que se refiere a su parte inferior, pues mientras la pila 12, sobre el agua, tiene una altura total sobre el encepado de pilotes de 187,1 m, la pila 13, situada en el muelle de la Cabezuela, tiene una altura de 181,24 m. Durante el proceso de construcción se han instalado 2 carros de celosía por pila que portarán los *trolleys* para el izado de las dovelas que conforman el tablero. Estos carros van simplemente apoyados en el tablero con su marco delantero y cosidos con barras pretensadas en marco trasero. La carga en estas barras a modo de retenidas, 8 por carro, se monitorizaron igualmente de forma simultánea a las condiciones de viento.

El izado de cada dovela se lleva a cabo mediante 2 *trolleys* que se conectan a través de 4 cables colocados en las esquinas de la dovela. El proceso es muy lento y altamente sensible a las condiciones de viento (fig. 1), por lo que para garantizar la seguridad, fiabilidad y productividad de las operaciones se hace indispensable un sistema de monitorización de viento en tiempo real. Así, se dispusieron 4 estaciones autónomas en cada frente de izado, las cuales se describen en la sección siguiente.

Para ajustarse a los plazos de ejecución del proyecto y obra en el presente caso, se optó por un modelo de clima de viento fundamentado en primera instancia en el análisis de registros históricos de diversas estaciones próximas y, posteriormente, en la implementación de un modelo mesometeorológico, el cual

Cómo citar este artículo: J.M. Terrés-Nícoli, C. Mans, Control operativo frente a los efectos del viento en la construcción del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz, Hormigón y Acero (2016), http://dx.doi.org/10.1016/j.hya.2016.04.002

Download English Version:

https://daneshyari.com/en/article/6747483

Download Persian Version:

https://daneshyari.com/article/6747483

Daneshyari.com