

# Evaluación numérica y experimental de la respuesta dinámica de un faro fabricado mediante polímeros reforzados con fibra (PRF)

## *Numerical and experimental evaluation of the dynamic response of a fibre reinforced polymers (FRP) lighthouse*

Jose David Jimenez Vicaria<sup>a,\*</sup>, Pablo Sanchez Sierra<sup>b</sup>, Eva Martinez Barrigüete<sup>c</sup> y Carlo Paulotto<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Centro Tecnológico ACCIONA Construcción S.A., Investigador en Grupo Diseño Estructural, Madrid, España

<sup>b</sup> Ingeniero Industrial, Centro Tecnológico ACCIONA Construcción S.A., Investigador en Grupo Diseño Estructural, Madrid, España

<sup>c</sup> Licenciada en Química (esp. Química Orgánica), Centro Tecnológico ACCIONA Construcción S.A., Jefe Grupo Polímeros y Composites, Madrid, España

<sup>d</sup> Ingeniero Civil y Doctor en Ingeniería Estructural, Centro Tecnológico ACCIONA Construcción S.A., Jefe Grupo Diseño Estructural, Madrid, España

Recibido el 27 de marzo de 2017; aceptado el 18 de abril de 2017

### Resumen

ACCIONA Infraestructuras ha construido un faro de 32 m de altura fabricado en Madrid íntegramente con polímeros reforzados con fibra (PRF) e instalado en solo 2 h en la ampliación norte del puerto de Valencia en febrero de 2015. Una vez instalado el faro, las vibraciones de la estructura inducidas por el viento se registraron por medio de una serie de acelerómetros colocados estratégicamente para determinar su respuesta dinámica. Previamente, se llevó a cabo una simulación numérica de la estructura para determinar sus frecuencias naturales y formas modales, comparándolas con las obtenidas de manera experimental.

© 2017 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

**Palabras clave:** Polímeros reforzados con fibra; Faro; Vibraciones libres; Respuesta dinámica; Simulación numérica

### Abstract

A 32-metre high lighthouse, made entirely with fibre reinforced polymers (FRPs), was manufactured by ACCIONA Infrastructure in Madrid, and was installed in only two hours in the northern extension of the Port of Valencia in February 2015. Once the FRP lighthouse was installed, its wind induced vibrations were recorded by a set of accelerometers, strategically placed to determine its dynamic response. Previously, a numerical simulation of the structure was performed to assess its natural frequencies and mode shapes, and compare them with those determined experimentally.

© 2017 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Keywords:** Fibre reinforced polymers; Lighthouse; Free vibrations; Dynamic response; Numerical simulation

## 1. Introducción

En ambientes agresivos, como en las zonas costeras y portuarias, una alternativa atractiva y prometedora a los materiales

tradicionales (como el acero o el hormigón armado con acero) para minimizar los costes de mantenimiento de las estructuras civiles es el uso de materiales duraderos y ligeros, como los polímeros reforzados con fibra (PRF). ACCIONA Construcción es pionera en el uso de estos materiales en obras de ingeniería civil, como puentes [1], pasarelas [2,3], estructuras de hormigón armado con barras de PRF [4], etc. Debido al particular comportamiento mecánico de las estructuras de PRF y al creciente

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [josedavid.jimenez.vicaria@acciona.com](mailto:josedavid.jimenez.vicaria@acciona.com)  
(J.D. Jimenez Vicaria).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.hya.2017.04.015>

0439-5689/© 2017 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

interés en esta tecnología, en los últimos años se han llevado a cabo numerosos proyectos de investigación tanto desde el punto de vista experimental como numérico, la mayoría de ellos centrados en la respuesta estática de las estructuras de PRF, pero muy pocos en el campo de la respuesta dinámica [5,6]. En el caso del faro de PRF presentado en este trabajo, la rigidez de los elementos estructurales tiene una influencia importante en la respuesta dinámica de la estructura, por lo que puede calibrarse un modelo numérico adecuado a partir de los resultados experimentales de la respuesta a vibraciones libres de la estructura.

## 2. Descripción de la estructura

El nuevo faro de PRF (fig. 1) es una estructura de 32 m de altura formada por 5 forjados que apoyan sobre 8 columnas de PRF de carbono cuyos ejes centrales, en el forjado inferior (F1), atraviesan los vértices de un octágono inscrito en una circunferencia de 4,15 m de diámetro, y en el forjado superior (F5), los vértices de un octágono inscrito en una circunferencia de 3,75 m de diámetro. Estas columnas de 32 m de altura son tubos circulares fabricados por pultrusión con resina epoxi (fig. 2a), tienen un diámetro exterior de 250 mm y un espesor de pared del tubo de 20 mm. Los 5 forjados, fabricados por infusión de resina viniléster (fig. 2b), son paneles tipo sándwich de 200 mm de espesor, con pieles de PRF de vidrio de 10 mm de espesor y un núcleo de poliuretano con una densidad de 70 kg/m<sup>3</sup>. Los forjados se ubican distanciados en altura cada 6 m, y cada uno tiene una geometría octagonal diferente dependiendo de su posición en la estructura.

En el centro de la estructura, desde la base hasta el forjado superior, se dispone una escalera de caracol. Los peldaños de la escalera están fabricados mediante el proceso de moldeo por inyección de resina (RTM) y tienen una estructura sándwich con pieles de PRF de vidrio y núcleo de poliuretano (fig. 2c). Cada peldaño tiene una altura de 200 mm y está formado por un anillo con un diámetro interno de 500 mm unido a una plataforma trapezoidal de 900 mm de longitud, con un ancho de huella variable. Los anillos de los peldaños, alineados verticalmente a lo largo del eje central del faro, forman un hueco cilíndrico que está relleno de hormigón armado, proporcionando así un núcleo de rigidización a la estructura.

Para aumentar la rigidez lateral de la estructura, las columnas de PRF de carbono están conectadas entre sí por 4 anillos octagonales colocados de manera equidistante entre cada 2 forjados consecutivos. Cada uno de estos anillos está formado por 8 tubos de PRF de vidrio dispuestos perimetralmente a la estructura. Los tubos de PRF de vidrio, fabricados por pultrusión, tienen un diámetro exterior de 190 mm y un espesor de pared del tubo de 20 mm. Las conexiones entre las columnas y los tubos horizontales de PRF de vidrio se realizan mediante diafragmas de PRF con forma romboidal y que tienen un espesor de 42 mm (fig. 2d).

La base del faro es un cajón de hormigón armado de 4 m de altura con forma prismática octagonal. Los extremos inferiores de las columnas del faro están empotrados en la losa inferior del cajón, de 1,10 m de espesor. La losa de hormigón armado de 0,35 m que forma el techo del cajón presenta unas perforaciones para permitir el paso de las 8 columnas de PRF de carbono y del núcleo central de hormigón armado. Entre las columnas de PRF y esta losa de hormigón, se disponen unos collarines de neopreno para restringir el desplazamiento horizontal de las columnas en este nivel.

## 3. Simulación numérica

### 3.1. Descripción del modelo numérico

Se ha realizado un modelo tridimensional de toda la estructura utilizando el programa de cálculo mediante elementos finitos SAP-2000 v16.1.1. Las columnas de PRF de carbono, los tubos de PRF de vidrio y la columna central de hormigón armado se modelan con elementos tipo barra, mientras que los forjados y los diafragmas romboidales se modelan con elementos tipo placa. Cada columna está fijada en su base, mientras que su contacto con la losa superior del cajón de hormigón se modela mediante un conjunto de muelles elásticos lineales conectados radialmente a los elementos tipo barra de las columnas y que tienen una rigidez equivalente a la del collarín de neopreno. Cada elemento estructural se caracteriza por los parámetros elásticos ( $E_x$ ,  $E_y$ ,  $G_{xy}$  y  $\nu_{xy}$ ) y el peso específico tomados de la tabla 1. Aunque las columnas de PRF de carbono y los tubos de PRF de vidrio están fabricados con materiales ortótropos, el módulo elástico transversal  $E_y$  no se utiliza en el modelo, ya que estas

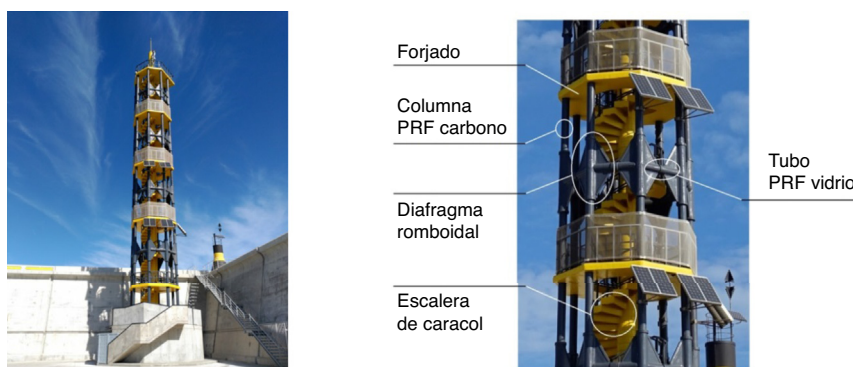


Figura 1. Estructura del faro de PRF.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/6747369>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/6747369>

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