

Original

# Cálculo y control detallado del proceso de construcción del tramo atirantado del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz

*Detailed analysis and control of the construction process of the Constitución de 1812 Bridge over the Cadiz Bay*

Juan Antonio Navarro González-Valerio<sup>a,\*</sup> y Conchita Lucas Serrano<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Carlos Fernández Casado S.L., Madrid, España

<sup>b</sup> Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Dragados, S.A., Madrid, España

Recibido el 26 de noviembre de 2015; aceptado el 21 de marzo de 2016

Disponible en Internet el 24 de junio de 2016

## Resumen

La construcción del puente por voladizos cuasi-simétricos con longitud máxima del voladizo sin más apoyos que la propia torre de 218,5 m, y el izado de dovelas de gran magnitud, en general de longitud 20 m, 34,30 m de ancho y hasta 4.000 kN de peso, estableciendo el proceso constructivo definitivo cuando parte de las torres ya estaban hechas, han hecho del cálculo y control de la construcción un gran desafío.

Ha requerido un análisis detallado de las 1.275 fases del proceso de construcción, con cálculos no lineales geométricos y materiales, comprobando todos los aspectos del tablero, torre y tirantes incluyendo acciones accidentales como la caída de dovela, controlando exhaustivamente todas las cargas presentes en el tablero y los cambios en la secuencia constructiva.

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

*Palabras clave:* Cálculo no lineal; Control detallado; Proceso constructivo; Tablero atirantado; Voladizos sucesivos

## Abstract

The erection of the bridge with an almost symmetrical balanced cantilever, with a maximum length of 218.5 m, with no additional supports apart from the tower itself, and the erection of the truly massive segment of about 20.0 m long, 34.30 m wide, and up to 4,000 kN in weight, establishing the construction sequence when part of the towers were already erected, have made the calculation and control of the construction a significant challenge.

It has required a detailed analysis of the 1275 construction stages using non-linear geometric and material calculations, checking all the cable stays, tower and deck elements, including accidental actions, such as fallen segments, exhaustively controlling all loads on the deck and changes in the construction sequence.

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

*Keywords:* Non-linear analysis; Detailed control; Construction sequence; Cable-stayed deck; Balanced cantilever

## 1. Antecedentes

El diseño del proceso de construcción para el proyecto de licitación del puente consideró un izado de dovelas de 10,0 m

de longitud en sección metálica. En esas condiciones, el proceso constructivo no era dependiente de la resistencia de las torres, por lo que no se planteó ningún elemento adicional para aumentar la resistencia de estas, como cables inferiores provisionales. Tampoco se realizó un armado ajustado a las necesidades del proceso, ya que los requerimientos de armado durante el servicio de la estructura eran mayores. Lo primero hubiese sido un armado constante, puesto que el momento de desequilibrio a lo largo del

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [janavarro@cfcsl.com](mailto:janavarro@cfcsl.com) (J.A. Navarro González-Valerio).

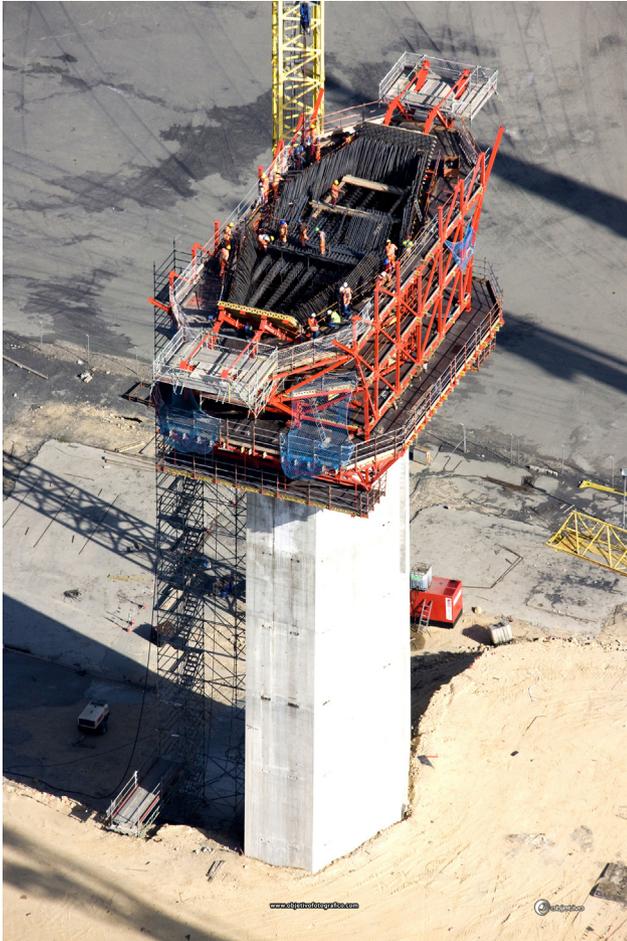


Figura 1. Fuste de la torre P13 ya construido al cambiar el proceso constructivo.

fuste es casi constante en el proceso. Lo segundo es un armado que aumenta hasta alcanzar su máximo en la cimentación, con una ley de momentos triangular (fig. 1).

Con esa configuración del proceso se empezaron a construir las 2 torres. Sin embargo, la UTE Puente de Cádiz (Dragados-Drace) planteó un cambio de proceso constructivo de cara a acelerar y mejorar la construcción. Para minimizar el número de operaciones de izado y soldadura de dovelas en altura, planteó izar dovelas de 20,0 m incluyendo la losa de hormigón. Como consecuencia de este hecho:

- La sección pésima de la torre pasó a ser la superior del fuste único, donde se abre en 2 patas para el paso del tablero. De ahí hacia abajo ya había armadura suficiente para hacer frente a los desequilibrios existentes durante la construcción.
- No se podía añadir de manera sencilla una ayuda adicional al fuste inferior de la torre, en forma de cable inferior para estabilizarla.

Por tanto, hubo que adecuar todo el proceso de construcción a la resistencia de las torres, tomando las siguientes decisiones:

- Para el resto de la torre P13 del muelle se aumentó la armadura lo suficiente para que la sección de control fuese la superior del fuste inferior.
- Se puso la misma armadura en la torre P12 de la bahía, de manera que el proceso finalmente encontrado para la P13 fuese válido igualmente para la P12.
- Se limitó el izado de hormigón con las dovelas a 2 franjas laterales que permitían acelerar el ciclo al tesar la primera pareja de tirantes hormigonando simplemente una junta pequeña entre dovelas con hormigón de alta resistencia y fraguado rápido.
- Se cambió la secuencia de dovelas para limitar el máximo desequilibrio de tablero entre uno y otro voladizo a 10,0 m.

Con estas decisiones se pasó a comprobar todos los estados límites últimos (ELU) y los estados límites de servicio (ELS) del proceso constructivo, en un proceso iterativo con la Dirección Técnica de Dragados donde se comprobaba qué se podía hacer y qué no, buscando la optimización del ciclo constructivo, siempre condicionado por las comprobaciones sobre tablero, torre y tirantes. Además y paralelamente, se establecieron los mecanismos de control necesarios para poder llevarlo a cabo con total garantía de seguridad y finalización. Como consecuencia de todas estas decisiones, las particularidades de este proyecto que más relevancia tuvieron de cara al cálculo fueron [1-5]:

- Izado de dovelas de 34,30 m × 20,0 m, con pesos de hasta 4.000 kN.
- Que el desequilibrio máximo entre voladizos fuese de 10,0 m con izado de dovelas de 20,0 m implicó que la torre nunca estuviese equilibrada, ya que en cualquier configuración durante el proceso había un desequilibrio de 10,0 m como mínimo.
- Voladizo del tablero máximo de 218,5 m hacia el vano principal y 198,0 m hacia el vano de compensación sin apoyos ni ayudas adicionales provisionales durante la construcción.
- Sección de cálculo mixta, con hormigón en la losa superior.
- Un total de 1.275 fases del proceso de construcción del tramo atirantado.

## 2. Control de la construcción

Debido a todo lo planteado en el apartado anterior y en [6], fue absolutamente fundamental un control riguroso y exhaustivo de todo el proceso constructivo, comprobando los ELU y ELS de todos los elementos de la estructura en todas las fases, ya que debido al proceso seleccionado estuvieron al límite de su capacidad durante la construcción, siempre cumpliendo los límites normativos. Para ello, se utilizaron continuas tomas de datos topográficos en toda la construcción tanto en torre como en tablero y mediciones también continuas mediante instrumentación como clinómetros, células de carga, bandas extensométricas, termómetros dentro y fuera de los materiales, anemómetros, acelerómetros, etc. [7].

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/6747451>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/6747451>

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