

Original

El proceso constructivo del tramo atirantado del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz

Construction process of the ‘Constitución de 1812’ cable stayed Bridge over the Cadiz Bay

Conchita Lucas Serrano^{a,*}, Antonio Martínez Cutillas^b y Juan Antonio Navarro González-Valerio^c

^a Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos, Dragados, S.A. Dirección Técnica, Madrid, España

^b Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Carlos Fernández Casado SL, Madrid, España

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Carlos Fernández Casado SL, Madrid, España

Recibido el 24 de noviembre de 2015; aceptado el 21 de diciembre de 2015

Resumen

El tramo atirantado del puente de la Constitución de 1812 sobre la bahía de Cádiz se ha construido por el método de voladizos sucesivos. Las dovelas tipo tienen una longitud de 20 m, 34 m de ancho y un peso que puede llegar hasta los 4.000 kN.

El proceso constructivo ha estado condicionado por la resistencia de la torre, que debía hacer frente al desequilibrio de momentos a izquierda y derecha de la misma.

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

Palabras clave: Proceso constructivo; Tablero atirantado; Voladizos sucesivos; Dovela

Abstract

Balanced cantilever method has been used to erect the cable-stayed section of the “Constitución de 1812” bridge over Cadiz Bay. Standard segments are 20 m long and 34 m wide and weigh 4.000 kN.

The construction sequence has been determined by the ultimate resistance of the tower that must resist the unbalanced bending moments at both sides of the tower.

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

Keywords: Construction sequence; Cable-stayed deck; Balanced cantilever; Segment

1. Introducción

Para la construcción del tablero atirantado del puente sobre la bahía de Cádiz se ha empleado el método de voladizos sucesivos, montando dovelas a ambos lados de las torres de forma equilibrada, de manera que los tableros se unieron en el centro del vano principal [1,2]. La magnitud máxima del voladizo sin más apoyos que la propia torre (218,5 m) y el izado de dovelas de gran magnitud (en general 20 m de longitud, 34,30 m de ancho

y hasta 4.000 kN de peso) han hecho de la construcción un gran desafío.

La decisión de izar dovelas de 20 m de longitud se adoptó con el objetivo de reducir el plazo de ejecución, pues al analizar el ciclo de construcción se detectó que la tarea de más duración era la soldadura entre dovelas. Las piezas que se izaron tenían, por tanto, 2 parejas de tirantes. Para reducir el desequilibrio en cada fase se empezó el montaje con una asimetría de 10 m, lo que implicó que el tablero en ninguna de sus fases estuviera geoméricamente equilibrado, pues en todo momento uno de los voladizos era mayor que el otro.

El acoplamiento entre dovelas se planteaba como uno de los problemas a resolver durante la construcción, pues los labios a

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: clucass@dragados.com (C. Lucas Serrano).

unir, tal y como se expone en [3], tendrían deformadas transversales muy diferentes: la dovela a izar, muy flexible y con una deformada convexa, y el borde del voladizo ya ejecutado, mucho más rígido y con una deformada cóncava debido a la sustentación de los tirantes situados en los bordes del tablero. Se diseñó un útil para modificar la deformada transversal de la dovela izada y poder soldarla a la que le esperaba en altura.

2. Condicionantes del proceso constructivo

Durante la fase de voladizo puro, es decir, hasta que el tablero se apoyó en la primera pila de retenida, el proceso constructivo del tablero estuvo condicionado por la resistencia de la torre [4,5]. En el primer tramo, hasta llegar a los primeros tirantes, la limitación estuvo en la resistencia a torsión de la riostra; cuando los tirantes ya estaban colocados y el voladizo aumentó, la condición vino impuesta por la resistencia a flexocompresión de la sección más débil de la torre [6]. Una vez apoyados en las primeras pilas del vano de retenida, a 200 m de las torres, con un único voladizo máximo sin apoyos de 218,5 m, solo hubo que comprobar la resistencia de los cajones superiores de las torres donde se anclan los tirantes para evitar fisuraciones inde-seables.

Para todas las fases del proceso constructivo se consideraron dos hipótesis de carga: la situación permanente o transitoria, y la accidental [6]. En la primera actuaban todos los elementos que gravitaban sobre el tablero (carro de izado, dovela izada, acopios de materiales, anclajes y tubos de tirantes, barandillas, plataformas inferiores para el montaje de tirantes y soldadura de dovelas, etc.), las sobrecargas de construcción (especialmente las asimétricas) y el viento concomitante, que era el indicado en la IAP. En la segunda situación se estudió la hipótesis accidental, en la que se consideraba la posibilidad de que durante el proceso de izado se cayera una dovela. Esta caída produciría un impacto dinámico en la estructura que generaría una acción en sentido contrario al peso, ponderada con un coeficiente de impacto de 2, como recomienda el Eurocódigo. Para esta situación se estableció un viento concomitante con la maniobra de izado, por encima del cual no era posible izar ninguna dovela. Es importante señalar que en esta hipótesis accidental, y siguiendo lo que indica la normativa al respecto, no se consideró la posibilidad de caída del carro de izado de dovelas, para lo que este se amarró al tablero con sistemas mecánicos muy redundantes.

Para conocer bien la situación de desequilibrio real en cada fase y para las dos hipótesis de carga citadas, se hizo un esfuerzo muy considerable en determinar las cargas reales actuantes. Por un lado, todas las dovelas se pesaban antes de izarse, por lo que se controlaba perfectamente el desequilibrio de peso propio. Por otro lado, con un gran trabajo conjunto entre el proyectista y la obra se concretaron las cargas que estarían en el tablero en las distintas fases constructivas. Se definieron 67 sobrecargas de construcción diferentes, todas ellas con su valor, posición y cinemática: carro de izado de dovelas, carro de soldadura, acopio de bobinas para tirantes, devanadoras, carriles para el desplazamiento del carro, camión grúa, acopios de ferralla, acopios de vainas de tirantes, etc. El proyectista, a continuación, incluyó en el modelo de cálculo todas estas sobrecargas

para cada una de las etapas constructivas. De esta forma era posible conocer cuál era el momento real que solicitaba al mástil en cada fase y optimizar al máximo el proceso constructivo.

Otra variable importante en el desequilibrio de momentos era el viento. La existencia de un viento de maniobra por encima del cual no podía izarse ninguna dovela ha sido uno de los factores que más ha condicionado la construcción de este tablero. Dado que el sistema constructivo se basaba en izar piezas de hasta 4.000 kN desde el nivel del mar a una altura de 60 m, la influencia del viento es absoluta, pues por encima de determinadas velocidades la maniobra de izado no podía realizarse, bien porque la situación de cálculo no lo permitía por obtenerse coeficientes de seguridad frente a rotura de la torre insuficientes, bien porque los cables del carro adoptaban unas inclinaciones incompatibles con el funcionamiento de las unidades de izado de los mismos, bien porque el carro de izado de dovelas no podía hacer frente a una determinada velocidad de viento cuando estaba en carga, o por la propia seguridad de los operarios. Para controlar bien esta variable se dispusieron varios anemómetros sobre el tablero y en la parte superior de la torre, que permitieron tener un conocimiento continuo de las velocidades de viento reales, tal y como se expone en este número [7].

Otro condicionante, aunque mucho menor dado que el oleaje dentro de la bahía es muy pequeño, fue el mar. Gran parte de las operaciones que se realizaron son propias de una obra marítima, por lo que para realizar cualquier maniobra es imprescindible garantizar unas condiciones meteorológicas favorables, lo que supone, además de limitar el viento, asegurar una agitación marítima pequeña: controlar la altura de ola. Para ello se controlaron los parámetros suministrados por dos puntos de la red de Puertos del Estado:

1. La Boya costera de Cádiz, que pertenece a la red SIMAR y proporciona datos numéricos obtenidos a partir de la predicción de viento de la AEMET y tiene además un nodo de propagación desde aguas profundas (Boya exterior de Cádiz) por medio del sistema SAPO de las Autoridades Portuarias.
2. Punto de la red SIMAR, situado en la entrada de la bahía de Cádiz y que suministra datos numéricos a partir de la predicción de viento de la AEMET.

Con la información extraída de estos puntos se obtenía la altura de la ola y el periodo de oleaje y se determinaba si era posible transportar dovelas en pontona hasta la sombra del tablero y proceder al izado de las mismas.

Aunque todo el tablero se ejecutó por el método de voladizos sucesivos, pueden diferenciarse claramente cuatro fases en su construcción, en función de la configuración estructural:

1. Colocación de las primeras dovelas (zona sin tirantes).
2. Construcción hasta alcanzar las primeras pilas.
3. Ejecución de los vanos de retenida y la parte central del vano principal.
4. Cierres del tablero.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/6747446>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/6747446>

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