

Estudio de la flexión en tableros rectos apoyados excéntricamente

(Recibido: 30/03/2015; Aceptado: 18/05/2015)

Emilio Segado García, Juan Manuel García Guerrero, Juan José Jorquera Lucerga
 Departamento de Ingeniería Civil
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas
 Campus Alfonso XIII, N° 52, 30203 Cartagena (España)
 Teléfono: 86807 1277
 Email: segado.garcia@gmail.com, gguerrero2@hotmail.com, juanjo.jorquera@upct.es

Resumen. En ocasiones, es necesario apoyar o suspender un tablero, bien sea recto o curvo, debido a condicionantes de índole funcional o geométrica sólo de uno de sus bordes. Este artículo estudia la influencia que tienen determinados parámetros mecánicos y geométricos sobre la flexión de los tableros rectos apoyados excéntricamente. Como conclusión fundamental, este artículo establece la necesidad de rigidez torsional en el tablero para garantizar la eficacia de los apoyos intermedios excéntricos.

Palabras clave. Apoyos excéntricos; Flexión; Rigidez; Tableros rectos; Torsión.

Abstract. Occasionally, due to functional or geometrical requirements, it is necessary to support or to suspend a deck, either a straight or a curved one, from one of its edges. This paper studies the influence of some mechanical and geometrical parameters on the bending of eccentrically supported straight decks. As a major conclusion, this article proves that the deck torsional stiffness is needed to provide efficiency to the intermediate bearing system.

Keywords. Eccentric supports, Bending, Rigidity, Straight decks; Torsion.

1. Introducción

Habitualmente, los tableros de puente se sitúan sobre apoyos colocados bajo su eje longitudinal. Sin embargo, en ocasiones es necesario apoyar o suspender éstos de uno de sus bordes debido tanto a razones de índole geométrico como funcional. Un ejemplo serían los tableros curvos suspendidos de un borde. De este modo se evitan las interferencias que se producirían con el tráfico peatonal si se suspendieran de su eje.

Este problema fue magistralmente resuelto por primera vez por Schlaich en su pasarela de Kelheim [1] (Fig. 1), en la que el tablero curvo quedaba suspendido de un conjunto de péndolas ancladas en su borde interior.

Posteriormente, otros proyectistas (por ejemplo, Calatrava) han utilizado el atirantamiento al borde como un recurso con intención estética. Algunos ejemplos son la pasarela de La Devesa en Ripoll [3] o los puentes del Hospital General en Murcia (Fig. 2). Estos puentes cuentan con la peculiaridad adicional de tener un tablero recto suspendido de un borde.

En un tablero recto apoyado en uno de sus bordes se tiene un esquema estructural similar al de la Fig. 3. Se puede suponer que los apoyos excéntricos están vinculados por barras infinitamente rígidas a una barra longitudinal que reproduce el comportamiento conjunto de la sección transversal del tablero, supuesta ésta exenta de distorsión.

De la observación de la Fig. 3 se deduce que la respuesta estructural del tablero puede

descomponerse en dos mecanismos estructurales complementarios:

- Por un lado, una viga biapoyada entre los estribos, que flexa con luz L .
- Por otro lado, un conjunto de apoyos excéntricos intermedios, que evitan parcialmente la deflexión de la viga, pero que introducen una reacción vertical, que por ser excéntrica lleva asociado un momento torsor localizado.



Fig. 1. Pasarela de Kelheim.



Fig. 2. Puentes gemelos del Hospital General de Murcia.

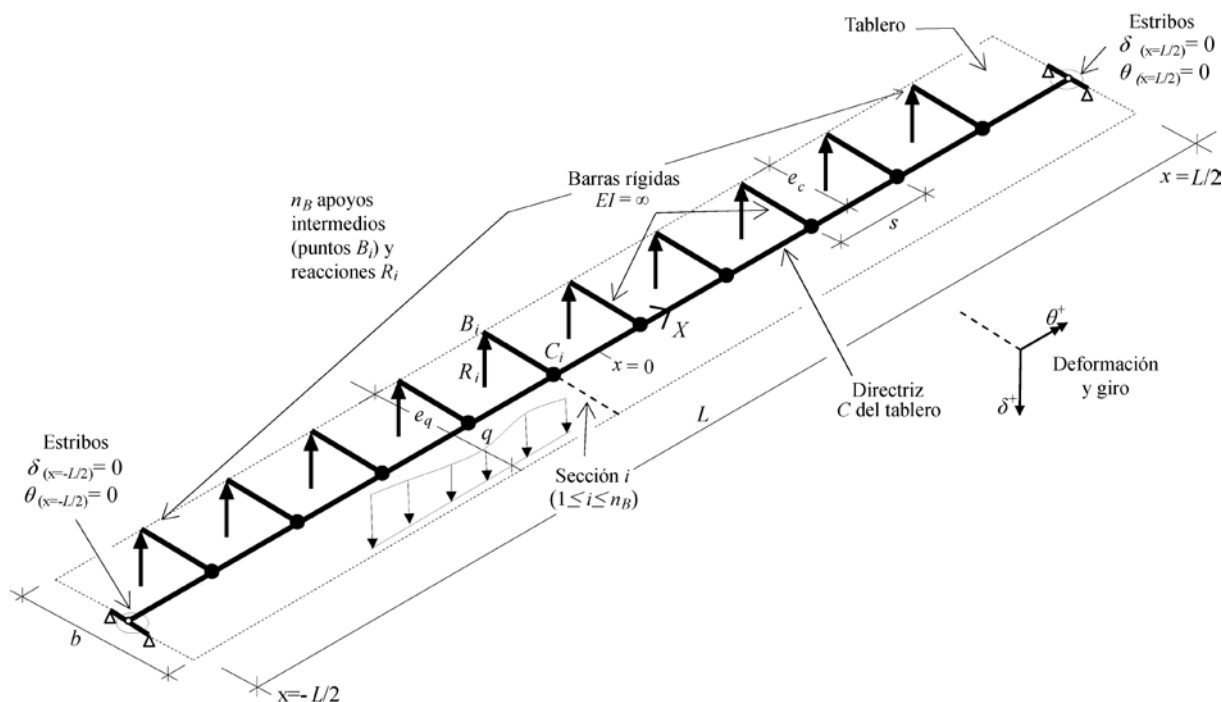


Fig. 3. Modelización del tablero con apoyos excéntricos.

La contribución de cada mecanismo resistente depende de su rigidez relativa. La flexión del tablero está, lógicamente, condicionada por la rigidez a flexión, EI . En este mecanismo la rigidez a torsión, GJ , no es relevante pues, al contrario que ocurre en los tableros curvos, en un tablero recto la flexión y la torsión están desacopladas.

La eficacia de los apoyos excéntricos, entendida como la fracción de la carga total $q \cdot L$ que dichos apoyos son capaces de recoger en forma de reacciones verticales, depende tanto de la rigidez a torsión del tablero, GJ , como de la excentricidad lateral de cada apoyo, e_c .

En este documento se lleva a cabo un estudio paramétrico que analiza cómo varía la flexión en este tipo de tableros para diferentes relaciones de las rigideces a flexión y torsión EI/GJ y diferentes valores de la excentricidad.

2. Estudios realizados

2.1 Modelización

Para la obtención de los resultados, en primer lugar ha sido necesaria la elaboración de una serie de modelos, en los que se varían los diferentes parámetros que gobiernan la respuesta de este tipo de tableros.

El estudio se ha realizado mediante modelos de elementos finitos de 6 grados de libertad por nudo. Una vista general de estos modelos puede verse en la Fig. 3.

Los parámetros estudiados son la excentricidad adimensional de los apoyos (e_c/L) y la relación entre las rigideces a flexión y torsión (EI/GJ).

El rango de variación de dichos parámetros considerados en el estudio será:

$$0 \leq e_c/L \leq 0.1$$

$$1 \leq EI/GJ \leq 20$$

Se ha considerado en todos los casos una luz $L = 100$ m. El estudio se ha realizado para una carga q uniformemente distribuida, centrada sobre el tablero, es decir, sin excentricidad.

2.2 Herramientas de análisis

Para la elaboración de los modelos se ha empleado el programa MATLAB que ha generado los modelos de cálculo de SAP2000. Éste último es el encargado de resolver cada uno de los modelos propuestos, aportando los resultados de flexión. Posteriormente, y a través de MATLAB se han procesado los datos y extraído los relevantes para el presente estudio.

3. Análisis y resultados

Para la interpretación de los resultados se definen los siguientes parámetros, adimensionales, que permiten sintetizar la respuesta conjunta de los apoyos:

- El coeficiente ρ , que expresa la fracción de toda la carga solicitante, $q \cdot L$, que es recogida por las reacciones verticales en los estribos, definido como:

$$\rho \equiv 1 - \frac{\sum R_i}{q \cdot L}$$

donde $\sum R_i$ es la carga total recogida por las reacciones en los apoyos excéntricos.

- El coeficiente μ que compara el valor del momento flector en el centro del vano $M(q)_{x=0}$ debido a la carga uniforme q , con el

momento obtenido en una viga biapoyada de luz L :

$$\mu \equiv 1 - \frac{M(q)_{x=0}}{q \cdot L^2 / 8}$$

En la Fig. 4 quedan recogidos, para diferentes valores de la relación entre la excentricidad y la longitud y de la relación de rigideces.

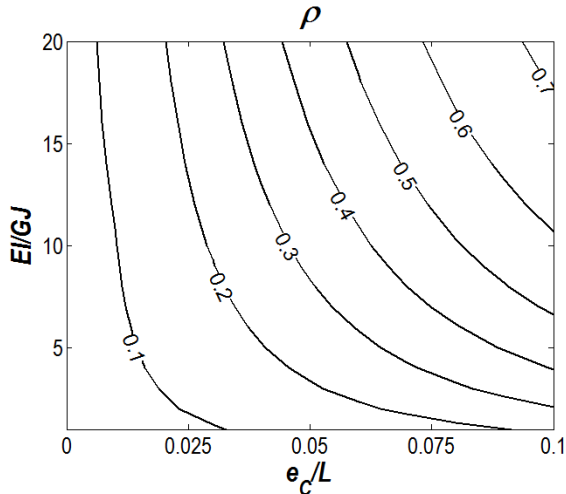


Fig. 4. Valores del parámetro ρ .

De la observación de los valores de ρ se puede ver lo siguiente:

- La disminución de la rigidez a torsión, para una excentricidad constante, produce un aumento de los valores de ρ .
- Por otro lado, a medida que aumenta la excentricidad, para una relación de rigideces constante, aumenta los valores de ρ .

En la Fig. 5 están reflejados los valores de la relación entre el valor del momento flector en el centro del vano, con respecto al de una viga biapoyada de la misma luz.

Del análisis de los valores de μ se puede ver lo siguiente:

- Una disminución de la rigidez a torsión, para una excentricidad constante, produce una disminución de valores de μ .
- Además, el aumento de la excentricidad, para unas rigideces constantes, produce una disminución de los valores de μ .

4. Conclusiones

Tras un análisis de los resultados, se concluye que:

- La rigidez a torsión es un parámetro fundamental en la respuesta del tablero: para una baja GJ , los apoyos intermedios pierden

mucha eficacia, hasta el punto de que para valores altos de e_c , casi toda la carga es transferida a los estribos, aumentando enormemente la flexión.

- Análogamente, a medida que aumenta la excentricidad de los apoyos, se reducen las reacciones en éstos, aumentando en los estribos, y por tanto, crece el momento flector, que se aproxima más al de una viga biapoyada.

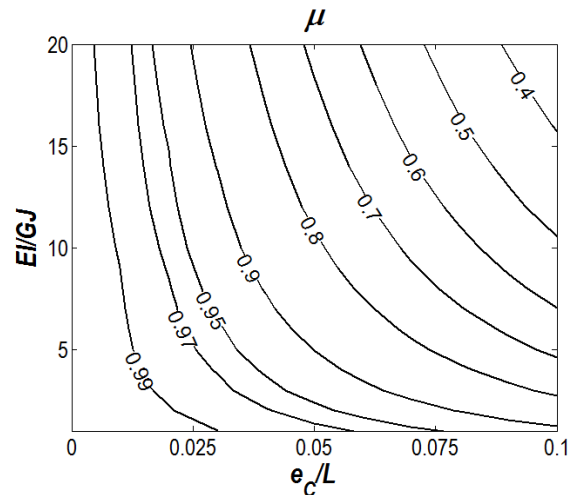


Fig. 5. Valores del parámetro μ .

Como conclusión general, se puede afirmar que en este tipo de puentes, la rigidez torsional es primordial para dar eficacia a los apoyos intermedios, sobre todo para valores altos de la excentricidad.

Agradecimientos

La contribución del segundo autor se ha desarrollado mediante la financiación del programa de Becas de Iniciación a la Actividad Investigadora de la UPCT.

Referencias

- [1] Baus U, Schlaich M. (2008) *Footbridges. Construction, design, history*. Birkhäuser Verlag.
- [2] Jorquera Lucerga, J. J. (2007) *Estudio del comportamiento resistente de los puentes arco espaciales*. Tesis Doctoral. UPM.
- [3] Jorquera Lucerga, J. J. (2013) "Understanding Calatrava's bridges: A conceptual approach to the 'La Devesa-type' footbridges". *Engineering Structures*, pp 2083–2097, vol. 56.
- [4] Strasky, J. (2005) *Stress ribbon and cable-supported pedestrian bridges*. Thomas Telford.