

# Modelización de vigas mixtas con interacción imperfecta

## *Modeling of mixed beams with imperfect interaction*

Ricard Caus<sup>a</sup>, Jose Antonio Lozano-Galant<sup>b,\*</sup>, Enrique Mirambell Arrizabalaga<sup>c</sup>,  
Dong Xu<sup>d</sup> y Jose Turmo<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Ingeniero Civil, Barcelona, España

<sup>b</sup> Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Castilla-La Mancha, Profesor Contratado Doctor, Ciudad Real, España

<sup>c</sup> Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Universitat Politècnica de Catalunya, BarcelonaTech, Catedrático de Universidad, Barcelona, España

<sup>d</sup> Ph.D in Civil Engineering, Tongji University, Full Professor, Shanghai, China

<sup>e</sup> Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Universitat Politècnica de Catalunya, BarcelonaTech, Profesor Titular de Universidad, Barcelona, España

Recibido el 28 de abril de 2017; aceptado el 18 de julio de 2017

### Resumen

En la mayoría de vigas mixtas, la conexión entre el hormigón y el acero es imperfecta y, por tanto, aparece un mayor o menor deslizamiento relativo entre ambos materiales. Este deslizamiento afecta tanto a las deformaciones como a los esfuerzos de la viga. Para simular este fenómeno, en este trabajo se propone un nuevo modelo de elementos finitos bidimensional basado en elementos tipo viga, facilitando así la interpretación y la aplicación práctica de los resultados. Para validar la precisión del modelo, se comparan los resultados obtenidos mediante el modelo con los derivados de las ecuaciones analíticas propuestas en la literatura, en dos estructuras mixtas con diferentes estados de carga.

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

*Palabras clave:* Interacción parcial; Modelo de elementos finitos bidimensional; Viga mixta

### Abstract

In most composite beams, the concrete and steel connection is flexible to some extent. For this reason, a relative slip always appears at the interface. This slip is of primary importance because it affects both the deflections and the stresses in the beam. To simulate this phenomenon, a two-dimensional finite element based on frame elements model is proposed. The main advantage of this model is its easy interpretation of the results and its applicability on design practice. To validate the accuracy of the proposed model, this has been verified against those results obtained by analytical equations available in the literature for different loading cases.

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

*Keywords:* Partial Interaction; 2D-finite element model; Composite beam

## 1. Introducción

Las estructuras mixtas están formadas generalmente por un forjado o losa de hormigón y una viga de acero solidarizadas por medio de conectadores (fig. 1). El comportamiento de estas

estructuras depende de la rigidez relativa de estos conectadores,  $k_q$ , su número en la dirección transversal,  $n_q$  y su separación longitudinal,  $s_q$ . Si la conexión es muy rígida (interacción perfecta), se puede suponer que no hay deslizamiento relativo entre las superficies en contacto y que la distribución de rasantes que transmite la conexión no depende de la rigidez de la misma, que suponemos infinita, sino de las características mecánicas de las secciones de hormigón y de acero. La mayoría de normativas sobre estructuras mixtas asumen esta hipótesis [1,2].

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: joseantonio.lozano@uclm.es (J.A. Lozano-Galant).

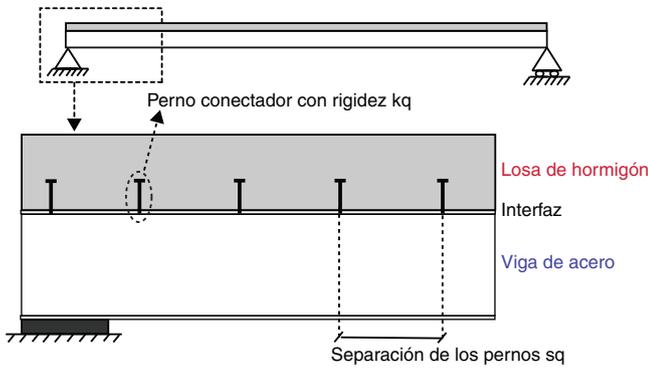


Figura 1. Elementos de una viga mixta con pernos conectadores.

Sin embargo, en vigas con pernos conectadores flexibles que permiten un deslizamiento relativo entre el hormigón y el acero (interacción imperfecta), el rasante que se moviliza es proporcional a este deslizamiento, siendo por tanto función no solo de las características mecánicas de las secciones transversales de la estructura, sino también de la flexibilidad de la conexión.

En la literatura se han realizado un gran número de estudios para simular el comportamiento de las vigas mixtas con interacción imperfecta. De acuerdo con Sousa et al. [3], Newmark et al. [4] presentaron el primer modelo analítico con interacción imperfecta. En este método, las ecuaciones de equilibrio y compatibilidad de cada elemento de la viga mixta se reducen a ecuaciones diferenciales de segundo orden asumiendo una conexión uniforme en la interfaz. Martínez y Ortiz [5] también utilizaron un enfoque basado en ecuaciones diferenciales para definir las ecuaciones analíticas para vigas biapoyadas sometidas a diferentes casos de carga. En este procedimiento se asume que las deformaciones en los centroides son las mismas en ambos materiales (acero y hormigón) así como una distribución uniforme de los conectadores. Los principales inconvenientes de los métodos analíticos son: 1) Esfuerzo de cálculo necesario para obtener las ecuaciones analíticas. 2) Análisis complejo limitado únicamente a vigas isostáticas de canto uniforme y a casos de carga particulares y sus combinaciones. 3) Los efectos de las distribuciones no uniformes de conectadores no se pueden analizar. Por todas estas razones, el enfoque analítico no es el más indicado para el diseño práctico de vigas mixtas.

Alternativamente, los modelos numéricos de elementos finitos (MEF) permiten un análisis más indicado para el diseño práctico [6]. Una de las primeras decisiones a la hora de abordar la simulación de estructuras mixtas mediante este procedimiento consiste en definir la dimensionalidad del modelo. Por un lado, modelos en tres dimensiones (3D) proporcionan una alta precisión indicada especialmente para estudios de regiones locales o de discontinuidades. Sin embargo, de acuerdo con Queiroz et al. [7,8], el uso de este procedimiento se desaconseja en estructuras complejas debido a los grandes costes computacionales, la necesidad de integrar esfuerzos y la dificultad de conseguir una convergencia numérica. A pesar de que el reciente desarrollo de softwares como ABAQUS/explicit [9] ha mejorado considerablemente esta convergencia, y por lo tanto la aplicabilidad

de los MEF, un gran número de autores recomiendan modelos bidimensionales (2D) para el diseño práctico de vigas mixtas. Uno de los métodos basados en una simulación 2D por medio de elementos tipo viga se presenta en [8]. En este método la interfaz se simula por medio de muelles no-lineales situados a la altura del centroide de la losa de hormigón armado.

El objetivo de este artículo es proporcionar un enfoque estructurado a la simulación de vigas mixtas con interacción imperfecta utilizando software sencillo. Para ello, se propone un modelo bidimensional basado en un MEF compuesto únicamente por seis tipos diferentes de elementos tipo viga (losa de hormigón, viga de acero, conectadores verticales, muelles conectadores para el cortante, así como elementos verticales para simular el espesor del hormigón y el acero). La principal ventaja de este método es que proporciona directamente información útil para el diseño sin la necesidad de realizar una integración de esfuerzos (como en los modelos tridimensionales). Las diferencias fundamentales que presenta este modelo respecto a las ecuaciones analíticas y los modelos tridimensionales son las siguientes: 1) Intuitividad: cada elemento del modelo corresponde a un elemento de la viga mixta, lo que facilita la interpretación de los resultados. 2) Aplicabilidad: el modelo proporciona directamente información que es útil para el diseño, tal como los esfuerzos en la losa de hormigón, en la viga de acero y en los pernos conectadores, y las deformaciones en la viga mixta, sin la necesidad de realizar una integración de las tensiones en los elementos finitos. 3) Versatilidad: a diferencia de las ecuaciones analíticas, el modelo permite el análisis de estructuras hiperestáticas, de canto variable y con distribuciones no uniformes de pernos conectadores. Además, con objeto de evaluar la influencia de la deformabilidad de la conexión en el comportamiento a torsión de las vigas, el modelo permite también su generalización a tres dimensiones. 4) Fácil construcción: el modelo incluye secuencias repetitivas de elementos, por lo que la generación de la geometría de los modelos se puede programar fácilmente con algoritmos de pre-procesamiento. 5) Fácil reproducción: como el modelo está compuesto únicamente por elementos tipo viga, se puede analizar con cualquier programa sencillo de barras.

La organización del artículo es la siguiente. En la sección 2 se revisan brevemente las principales ecuaciones analíticas propuestas en la literatura para el análisis de vigas mixtas con interacción imperfecta. En la sección 3 se describen en detalle las principales características de cada uno de los elementos que componen el MEF propuesto. En la sección 4 se presenta la aplicación numérica del modelo propuesto. Para validar su precisión, esta sección incluye también la comparación con los resultados obtenidos mediante ecuaciones analíticas. En este análisis también se estudian los efectos de la rigidez de la conexión tanto en estructuras isostáticas como hiperestáticas. Tras ello, en la sección 5 se presentan las futuras líneas de investigación y finalmente en la sección 6 se resumen las conclusiones.

## 2. Ecuaciones analíticas

Las ecuaciones analíticas presentadas en la literatura están basadas en las siguientes hipótesis simplificadoras: 1) Los

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/10225380>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/10225380>

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