



Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería

www.elsevier.es/rimni



Ajuste de modelos de cortante en hormigón estructural mediante algoritmos evolutivos

A.M. Hernández-Díaz^{a,*}, J.M. Cecilia^b y M.D. García-Román^c

^a Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Murcia (UCAM), Campus de los Jerónimos, s/n E30107 Guadalupe, Murcia, España

^b Departamento de Informática, Universidad Católica de Murcia (UCAM), Campus de los Jerónimos, s/n E30107 Guadalupe, Murcia, España

^c Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima, Universidad de La Laguna, Campus de Anchieta, s/n E38271, Santa Cruz de Tenerife, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 27 de agosto de 2015

Aceptado el 23 de octubre de 2015

On-line el xxx

Palabras clave:

Algoritmos evolutivos

Cortante en hormigón estructural

Modelos constitutivos

R E S U M E N

El comportamiento de elementos de hormigón armado y pretensado sometidos a cortante ha sido tradicionalmente objeto de estudio de las denominadas *Teorías de Campos de Compresiones*. En los últimos años varios autores han modificado parcialmente el modelo mecánico en que se apoyan dichas teorías a fin de incluir el efecto de la tensorrigidez del hormigón (o capacidad del hormigón de resistir tracciones entre fisuras) en la ecuación de comportamiento del acero; el sistema de ecuaciones resultante es altamente no-lineal e involucra una gran cantidad de variables. El presente artículo plantea, a partir de datos experimentales ya existentes, el ajuste del modelo de cortante propuesto por una de estas teorías, usando para ello algoritmos evolutivos. Los algoritmos evolutivos son una rama emergente de la computación natural, cuyo principal objetivo es la resolución de problemas de optimización y búsqueda, computacionalmente costosos, en un tiempo razonable. Estos métodos se caracterizan por la creación de una población que representa posibles soluciones del problema. Los individuos de la población se combinan y compiten entre sí con el fin de buscar el individuo (solución) más apto para el problema tratado. Los resultados numéricos obtenidos presentan un error relativo inferior al 10% respecto a los valores experimentales considerados, validando así la estrategia evolutiva y situándola como una alternativa seria en problemas de ajuste computacionalmente costosos.

© 2015 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Adjustment of shear models for structural concrete using genetic algorithms

A B S T R A C T

The behavior of reinforced and prestressed concrete members subjected to shear has been traditionally studied by the so-called Compression-Field Theories. In the last years several authors have modified the mechanical model of such theories in order to include the tension-stiffening effect of the concrete in the steel constitutive model; the resulting system of equations is highly non-linear and involves a great number of unknowns. From an experimental database of RC beams, this work performs an adjustment of the shear model proposed by one of these theories using evolutionary algorithms. Evolutionary algorithm is a branch of Natural Computing. Its computations start from an initial population of individuals (randomly generated) and proceed according to rules of selection and other operators, such as recombination and mutation. The main objective of such algorithms is to find good solutions in a reasonable time-frame. Numerical results show a relative error between numerical results and experimental data less than 10%, what validates genetic algorithms as a good alternative for solving these computationally-intensive adjustment problems.

© 2015 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Keywords:

Evolutionary algorithms

Shear in concrete

Constitutive models

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: amhernandez@ucam.edu (A.M. Hernández-Díaz), jmcecilia@ucam.edu (J.M. Cecilia), mroman@ull.es (M.D. García-Román).

1. Introducción

La transmisión del esfuerzo cortante a través del alma fisurada de una viga de hormigón armado constituye un fenómeno sumamente complejo que, todavía a día de hoy, es objeto de diversos tipos de estudios. La formulación de un modelo que determine la curva de respuesta a cortante de una viga de hormigón armado requiere tener en cuenta, para cada nivel de solicitación, la inclinación de las fisuras en el alma de la referida viga. En este sentido, las Teorías de Campo de Compresiones [1–3] establecen relaciones cinemáticas entre la inclinación de dichas fisuras, las deformaciones de la armadura y del hormigón. Tales relaciones, unidas a unas condiciones de equilibrio y los correspondientes modelos constitutivos de los materiales involucrados, permiten determinar con un grado de aproximación razonable la respuesta carga-deformación en cualquier sección de una viga de hormigón armado y pretensado sometida a cortante.

La validación experimental de las Teorías de Campo de Compresiones [2–4] concluye que la consideración del área de rigidez a tracción del hormigón entre fisuras (o área de tensorrigidez) propuesta por la actual normativa, en base a la pérdida de adherencia que acontece entre el hormigón y el acero en la zona próxima a la fisura, subestima notablemente la resistencia a cortante de la viga en los instantes previos al agotamiento. En este sentido, resulta interesante ajustar una función que tenga en cuenta la progresiva degradación resistente que experimenta el hormigón a medida que aumenta la fuerza solicitante y que esté relacionada con la deformación por cortante del elemento estructural.

El ajuste de un parámetro de degradación del área de tensorrigidez que permita estimar en mejor medida la respuesta a cortante de un elemento de hormigón estructural ha sido abordado mediante técnicas clásicas de regresión, obteniéndose bajos coeficientes de correlación debido, entre otras razones, a la alta no linealidad del problema y el gran número de variables involucradas [5]. En este sentido, y a fin de mejorar el ajuste del modelo, este trabajo propone el uso de la computación evolutiva, y en concreto, la estrategia de evolución des-aleatorizada con adaptación de matriz de covarianza (CMA-ES).

Los algoritmos evolutivos son estrategias de optimización y búsqueda de soluciones que toman como inspiración la evolución en distintos sistemas biológicos [6]. La idea fundamental de estos algoritmos es mantener un conjunto de individuos que representan una posible solución del problema. Estos individuos se mezclan y compiten entre sí, siguiendo el principio de selección natural por el cual sólo los mejor adaptados sobreviven al paso del tiempo. Esto redundará en una evolución hacia soluciones cada vez más aptas.

El objetivo de este trabajo es obtener, mediante computación evolutiva y a partir de datos experimentales de vigas de hormigón armado y pretensado disponibles en la bibliografía, una función de degradación que permita ajustar la variación del área de tensorrigidez del hormigón después que éste ha fisurado y, particularmente, en los estadios de deformación previos al agotamiento por cortante. El resto del trabajo está estructurado de la siguiente forma; en la sección 2 presentamos la metodología utilizada para el cálculo la función de degradación mediante algoritmos evolutivos. Posteriormente, se muestran los resultados obtenidos en base a los datos experimentales seleccionados y, finalmente, se emiten unas conclusiones.

2. Metodología

2.1. Teorías de Campo de Compresiones en hormigón estructural

La formulación de las Teorías de Campo de Compresiones en el contexto de la mecánica de medios continuos, habida

cuenta de la fisuración (y consiguiente pérdida de «continuidad») del hormigón durante el proceso de aplicación de la carga, pasa por la consideración de deformaciones medias comunes a acero y hormigón, medidas sobre una longitud suficiente que incluya varias fisuras y basadas en una adherencia perfecta entre ambos materiales. En este sentido, se asume un único tensor de deformaciones para el alma fisurada de la viga de hormigón armado, el cual verifica las siguientes relaciones cinemáticas:

$$\tan^2\theta_c = \frac{\varepsilon_x - \varepsilon_2}{\varepsilon_t - \varepsilon_2} \quad (1)$$

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_x + \varepsilon_t - \varepsilon_2 \quad (2)$$

donde ε_x y ε_t son las deformaciones longitudinal y transversal de la viga, respectivamente, ε_1 y ε_2 son las deformaciones principales a tracción y compresión en el hormigón, respectivamente, mientras que θ_c es el ángulo que mide la inclinación de la dirección principal de deformación a compresión respecto al eje longitudinal de la viga (y se asume igual a la inclinación de la fisura en el alma). El equilibrio a cortante puro del alma de la viga de hormigón armado viene definido por el siguiente conjunto de tres ecuaciones:

$$\sigma_2 = \frac{V}{b_w \cdot z} (\tan\theta_e + \cot\theta_e) - \sigma_1 \quad (3)$$

$$A_{st} \cdot \sigma_{st} = (\sigma_2 \sin^2\theta_e - \sigma_1 \cos^2\theta_e) b_w s \quad (4)$$

$$A_{sx} \cdot \sigma_{sx} + A_p \cdot \sigma_p = (\sigma_2 \cos^2\theta_e - \sigma_1 \sin^2\theta_e) b_w z = \frac{V}{\tan\theta_e} - \sigma_1 b_w z \quad (5)$$

donde σ_1 es la tensión principal de tracción en el hormigón, θ_e es el ángulo que forma la tensión principal de compresión con el eje longitudinal de la viga, V es la fuerza cortante, σ_2 es la tensión principal de compresión en el hormigón, s es la separación entre cercos, b_w es el ancho del alma, z es el brazo mecánico de flexión, A_{sx} , A_{st} y A_p son las secciones de la armadura longitudinal, transversal y pretensada, respectivamente, y σ_{sx} , σ_{st} y σ_p son las tensiones en las barras longitudinales, en los cercos y en la armadura activa, respectivamente (fig. 1a). Los ángulos θ_e y θ_c coinciden aproximadamente [1] y en el marco de las teorías de campo de compresiones se asumen iguales (i.e., $\theta_e = \theta_c = \theta$) bajo un cierto error aceptable [1,7]. Las dos hipótesis de base indicadas anteriormente (en relación a deformaciones medias y ángulos) han sido validadas por la experimentación desarrollada durante varias décadas [1,2,4] y permiten la predicción de la respuesta a cortante de elementos fisurados de hormigón armado y pretensado con un grado de precisión suficiente y un coste computacional razonable.

En el caso de paneles de hormigón sometidos a un estado biaxial de tracción y compresión, Vecchio y Collins proponen el siguiente modelo de comportamiento a compresión del hormigón [1]:

$$\sigma_2 = f_{2\max} \left[2 \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_c} \right) - \left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_c} \right)^2 \right], \quad \text{con } f_{2\max} = \frac{f_c}{0.8 + 170\varepsilon_1} \leq f_c \quad (6)$$

siendo f_c la resistencia a compresión del hormigón obtenida mediante ensayo uniaxial de una probeta cilíndrica, ε_c es la deformación a compresión correspondiente a f_c , y $f_{2\max}$ es la resistencia máxima a compresión del hormigón sometido a un estado de tensión biaxial. Del mismo modo cuando la deformación supera el valor correspondiente a la resistencia media de tracción (f_{ctm}), la contribución del hormigón a tracción entre fisuras (o tensorrigidez) no es despreciable y condiciona en gran medida la respuesta a cortante del hormigón estructural en la etapa de post-fisuración;

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8050755>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8050755>

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