

POSIBILIDADES DE UN MÉTODO NUMÉRICO LAGRANGIANO PARA DINÁMICA DE FLUIDOS EN INGENIERÍA CIVIL

Autor: MIGUEL ÁNGEL CELIGUETA JORDANA

Tutores: EUGENIO OÑATE y FRANCESC XAVIER GIRONELLA

Resumen

El campo de la Ingeniería Civil fue de los primeros en utilizar el método de elementos finitos (Finite Element Method, FEM) para aplicaciones prácticas. El cálculo de estructuras complejas se realiza a menudo y cada día con más asiduidad por este método.

Sin embargo, el uso de los elementos finitos no se limita a este campo, y puede ser de gran utilidad dentro del electromagnetismo, la propagación de ondas, flujo en medio poroso, problemas de convección-difusión e incluso dinámica de fluidos. En particular, el método de elementos finitos sin malla (Meshless Finite Element Method, MFEM), una variante del FEM, se ha empezado a utilizar principalmente para modelizar el movimiento de fluidos.

El programa Dam, desarrollado en CIMNE durante los últimos años, en colaboración con CIMEC, usa el MFEM aplicado a las ecuaciones de la dinámica de fluidos en formulación lagrangiana, y aparece como un intento de resolver algunos de los problemas asociados a otras formulaciones. Como característica novedosa, el programa calcula una nueva malla a cada nuevo paso de tiempo de cálculo.

La ventaja de la formulación lagrangiana es que no aparecen en las ecuaciones los términos convectivos, responsables de muchos y tradicionales problemas en la resolución numérica cuando se aplica la formulación euleriana. Por otro lado, el remallado a cada paso de tiempo permite abordar problemas de grandes deformaciones de forma natural, con un leve gasto de tiempo en el mallado, especialmente rentable en los casos 3D.

El hecho de desconocer si los resultados que el programa Dam proporciona se ajustan a la realidad ha desencadenado la realización de esta tesina, cuyo objeto es hacer un estudio de su aplicabilidad en el mundo de la Ingeniería Civil, es decir, una valoración objetiva de sus posibilidades como herramienta real de cálculo para el ingeniero.

Para una mejor comprensión de lo que representan a nivel práctico tanto la formulación lagrangiana como el remallado, así como los elementos finitos sin malla, se presenta con cierto detalle el algoritmo de cálculo y el de mallado.

A continuación se analizan los resultados de Dam sobre determinados problemas, contrastándolos con otros resultados analíticos o experimentales a esos mismos problemas.

El estudio del campo de velocidades revela una gran semejanza entre los resultados de Dam y los analíticos de la teoría lineal en los casos de olas estudiados, y el estudio del campo de presiones en el caso hidrostático coincide exactamente con la ley analítica de presiones hidrostáticas, que es lineal con la profundidad.

Al intentar contrastar los resultados de presiones en casos con gran presencia de presión dinámica es difícil encontrar expresiones analíticas que den buenos resultados, y por eso se ha preferido comparar a Dam con resultados experimentales obtenidos en canal de ensayos (CIEM, UPC) mediante sensores de presión. La comparación revela un buen ajuste en las presiones, pero también que se requiere un cierto tratamiento especializado de los datos en su interpretación.

Se presenta también un conjunto de ejemplos variados mostrando los diversos problemas y casos que el programa Dam puede abordar, con condiciones de contorno diversas y simulando situaciones habituales en Ingeniería Civil.

Finalmente se dedica un capítulo a la propia aplicación del programa a un caso concreto de la Ingeniería Civil: el estudio de la incidencia de una ola sobre un dique vertical. Este capítulo se ha realizado con el objeto de evidenciar las facilidades que Dam ofrece si realmente decide utilizarse.

Todo ello permite afirmar que Dam tiene una verdadera utilidad para el ingeniero civil, dada su adaptabilidad y sus buenos resultados, pero aún es necesario un cierto desarrollo y perfeccionamiento del programa para conseguir la total fiabilidad.