

La competitividad en la industria actual impone la necesidad de generar nuevos y mejores diseños. El tradicional procedimiento de prueba y error usado a menudo para el diseño de componentes mecánicos ralentiza el proceso de diseño y produce diseños subóptimos, por lo que se necesitan nuevos enfoques para obtener una ventaja competitiva. Con el desarrollo del Método de los Elementos Finitos (MEF) en el campo de la ingeniería en la década de 1970, la optimización de forma estructural surgió como un área de aplicación prometedora.

El entorno industrial cada vez más exigente implica ciclos cada vez más cortos de desarrollo de nuevos productos. Por tanto, la naturaleza iterativa de los procesos de optimización de forma, que supone el análisis de gran cantidad de geometrías (para las se han de usar modelos numéricos de gran tamaño a fin de limitar el efecto de los errores intrínsecamente asociados a las técnicas numéricas), puede incluso disuadir del uso de estas técnicas.

Esta Tesis se centra en la formulación de una metodología 3D basada en el Cartesian-grid Finite Element Method (cgFEM) como herramienta para un análisis numérico eficiente y robusto. Esta metodología pertenece a la categoría de técnicas de discretización Immersed Boundary donde el concepto clave es extender el problema de análisis estructural a un dominio de aproximación, que contiene la frontera del dominio físico, cuya discretización (mallado) resulte sencilla.

El uso de mallados cartesianos proporciona una plataforma natural para la optimización de forma estructural porque el dominio numérico está separado del modelo físico, que podrá cambiar libremente durante el procedimiento de optimización sin alterar la discretización subyacente. Otro argumento positivo reside en el hecho de que la generación de malla se convierte en una tarea trivial. La discretización del dominio numérico y su manipulación, en coalición con la eficiencia de una estructura jerárquica de datos, pueden ser explotados para ahorrar coste computacional.

Sin embargo, estas ventajas pueden ser cuestionadas por varios problemas numéricos. Básicamente, el esfuerzo computacional se ha desplazado. Del uso de costosos algoritmos de mallado nos movemos hacia el uso de, por ejemplo, esquemas de integración numérica elaborados para poder capturar la discrepancia entre la frontera del dominio geométrico y la malla de elementos finitos que lo embebe. Para ello, utilizamos, por un lado, una formulación de estabilización para imponer condiciones de contorno y, por otro lado, hemos desarrollado nuevas técnicas para poder captar la representación exacta de los modelos geométricos.

Para completar la implementación de un método de optimización de forma estructural se usa una formulación adjunta para derivar las sensibilidades de diseño requeridas por los algoritmos basados en gradiente. Las derivadas no son sólo variables requeridas para el proceso, sino una poderosa herramienta para poder proyectar información entre diferentes diseños o, incluso, proyectar la información para crear mallas h-adaptadas sin pasar por un proceso completo de refinamiento h-adaptativo.

Las mejoras propuestas se reflejan en los ejemplos numéricos presentados en esta Tesis. Estos análisis muestran claramente el comportamiento superior de la tecnología cgFEM en cuanto a precisión numérica y eficiencia computacional. En consecuencia, el enfoque cgFEM se postula como una herramienta adecuada para la optimización de forma.