

Resumen

En la actualidad, una gran cantidad de infraestructuras están compuestas de forma parcial o total de materiales cementicios, siendo el hormigón uno de los materiales cementicios más antiguos y utilizados en la construcción debido a su bajo coste, durabilidad y a sus destacables características mecánicas y estructurales. Pese a su durabilidad y características, estos materiales están expuestos a diversas condiciones adversas del entorno y sufren procesos de deterioro que afectan a su integridad y seguridad.

El reconocimiento de la integridad y seguridad en las estructuras cementicias ha implicado una extensa investigación y el desarrollo de diversas pruebas para verificar su calidad y estado. Mediante la destrucción de una muestra extraída de la estructura, en el caso de los ensayos destructivos (ED), o mediante la inspección de la estructura sin necesidad de dañarla o alterar sus propiedades, en el caso de los ensayos no destructivos (END).

Existen multitud de técnicas de inspección no destructiva que tratan de caracterizar estas estructuras sin dañarlas, siendo la inspección mediante ultrasonidos uno de los END más utilizados en materiales cementicios. Tradicionalmente estas técnicas ultrasónicas se basan en el estudio de las ondas longitudinales y transversales (P y S), que permiten caracterizar una estructura mediante la realización de múltiples medidas en la estructura. Sin embargo, existe otro tipo de ondas, formadas por la superposición de los desplazamientos de las partículas de las ondas P y S denominadas ondas guiadas, las cuales permiten inspeccionar una estructura de forma global a partir de una única medida, además de ser capaces de propagarse a grandes distancias manteniendo una buena relación señal-a-ruido en comparación a las ondas P y S. Dentro de las ondas guiadas más utilizadas para inspeccionar materiales cementicios, se encuentran las ondas de Rayleigh y las ondas de Lamb. Las ondas de Rayleigh se propagan en estructuras de gran espesor, mientras que las ondas de Lamb se propagan en estructuras tipo placa.

Las ondas de Lamb presentan una naturaleza dispersiva y multimodal. Su naturaleza dispersiva implica que las velocidades de fase y grupo de estas ondas depende de la frecuencia, mientras que la naturaleza multimodal implica que existen cada vez más modos de propagación conforme se aumenta la frecuencia de excitación. Se pueden excitar y detectar selectivamente los distintos modos de Lamb mediante la incidencia oblicua, es decir, variando la inclinación del transmisor y el receptor. Para ello, existen distintas técnicas de acoplamiento que permiten la incidencia oblicua, como el acoplamiento por cuñas sólidas, el acoplamiento por agua y el acoplamiento por aire.

La presente tesis se ha centrado en el estudio de nuevas técnicas de END basadas en ondas guiadas (ondas de Rayleigh y ondas de Lamb) para caracterizar diferentes tipos de daño en los materiales cementicios. Para ello, se han llevado a cabo un número considerable de medidas experimentales basadas en distintas técnicas de acoplamiento para la generación y captación de ondas guiadas. Inicialmente se han analizado materiales homogéneos como los metales, para, posteriormente, utilizar el conocimiento adquirido en este tipo de materiales y estudiar materiales más heterogéneos como los cementicios. Concretamente, se han evaluado diferentes tipos de técnicas de acoplamiento (cuñas variables, inmersión, cuñas fijas, ...) junto con diferentes tipos de transductores (de contacto, de inmersión y acoplados por aire).

Los materiales cementicios se han inspeccionado mediante ondas guiadas ultrasónicas con dos tipos de daño o degradación: la carbonatación, estudiando el efecto con probetas de dos capas de mortero, y el envejecimiento de fibras en placas de cemento reforzado con fibra de vidrio (GRC). Se ha demostrado que las ondas guiadas son sensibles a estos daños, obteniendo resultados esperanzadores. Concretamente, las ondas de Rayleigh se han utilizado en el daño por carbonatación debido a su sensibilidad a capas superficiales de degradación, mientras que en el envejecimiento de fibras se han utilizado las ondas de Lamb, por su sensibilidad a defectos a lo largo del espesor de las placas.