

Modelado probabilístico de la dinámica de barras esbeltas con periodicidad y resonadores mecánicos internos

Fruccio, W.H.¹; Piovan, M.T.² y Hecker, R.L.¹

¹Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa, calle 110 nº390, General Pico, La Pampa.
wfruccio@ing.unlpam.edu.ar

² Universidad Tecnológica Nacional FRBB.

RESUMEN

Durante las últimas décadas las industrias de alta tecnología como la aeroespacial, la automovilística, la electrónica y la militar, entre otras, han propendido al uso de materiales y estructuras periódicas con micro y macro resonadores internos, dando especial interés al estudio de la propagación de ondas elásticas en estructuras de materiales compuestos (a estas construcciones o sistemas mecánicos-estructurales se las está denominando de manera genérica "metamateriales" o "meta-estructuras"); con el objetivo de disminuir, amortiguar y/o cancelar fenómenos oscilatorios en ciertos rangos de frecuencia, o bien de magnificarlos en casos específicos. Este interés radica en la posibilidad de contar con subestructuras internas que sirvan como osciladores resonantes calibrados que favorezcan la presencia de bandas con reducción o atenuación de los niveles de vibración o de emisión de ruido. Ejemplos aplicativos de estas construcciones se hallan en las protecciones acústicas aeroespaciales o elementos para efectuar control estructural o subestructuras para coleccionar y/o disipar energía, entre otras aplicaciones. Estas estructuras tipo barra o viga portante que incorpora resonadores mecánicos localmente embebidos (masas-resortes-amortiguadores), dispuestos periódicamente, ha comenzado a denominarse "meta-estructura mecánica" o "metamaterial mecánico", para discriminarla de sus contrapartes electromagnética y acústica (se suele distinguir en metamateriales ópticos, acústicos, electro-magnéticos, elasto-mecánicos o fonónicos). Ahora bien, cuando se elabora el modelo de un sistema estructural, se establecen hipótesis que naturalmente condicionan la respuesta del mismo. Así pues, para que un modelo de un sistema estructural, pueda predecir la realidad compleja de su comportamiento mecánico, debe contemplar aspectos de incertidumbre. Ésta, se puede asociar a factores tales como las propiedades mecánicas y configuración del material, las solicitaciones, los vínculos del sistema, metodología de fabricación, etc. Existen diversos enfoques que incorporan la incertidumbre en la modelación estructural que permiten ahondar el estudio del comportamiento dinámico aleatorio. En tales enfoques se adoptan variables aleatorias asociadas a los parámetros inciertos del problema, o bien la incertidumbre se adopta globalmente empleando entidades matriciales aleatorias del sistema en su conjunto. Una revisión de la literatura científica disponible refleja el creciente interés que se da a temas de modelación de metamateriales



mecánicos concebidos como estructuras esbeltas con resonadores locales embebidos, en virtud de su actual factibilidad constructiva a través de la fabricación aditiva o impresión 3D. También hay un creciente empleo de técnicas de modelación probabilística y tópicos de cuantificación de incertidumbre en el análisis estructural. Por lo tanto, se pretende extender y profundizar el nivel de conocimiento actual sobre la dinámica de metamateriales mecánicos, introduciendo modelos de vigas portantes que ofrezcan mayor generalidad (vigas de paredes delgadas pre-curvadas) junto con resonadores internos de variado tipo de acción y acoplamiento. A su vez, la incorporación de técnicas de modelación probabilística en el estudio de la dinámica estructural permitirá establecer la extensión, grados de robustez y confiabilidad de los modelos desarrollados. En específico, se intentará deducir un modelo completo de viga resonante pre-curvada con periodicidad constitutiva elástica, con acoplamiento estructural global y con resonadores locales embebidos distribuidos periódicamente que faciliten, por su diseño, diversas alternativas de atenuación de los patrones vibratorios globales.

Palabras clave: estructuras periódicas, vigas curvas, fabricación aditiva, metamateriales, atenuación de vibraciones.

Probabilistic modeling of the dynamics of slender bars with periodicity and internal mechanical resonators

ABSTRACT

During the last decades, high-tech industries such as aerospace, automotive, electronics and the military, among others, have tended to use periodic materials and structures with internal micro and macro resonators, giving special interest to the study of the propagation of elastic waves in structures of composite materials (these constructions or mechanical-structural systems are generically called "metamaterials" or "meta-structures"); in order to reduce, damp and/or cancel oscillatory phenomena in certain frequency ranges, or to magnify them in specific cases. A review of the available scientific literature reflects the growing interest in modeling mechanical metamaterials conceived as slender beams with embedded local resonators, considering their current construction feasibility through additive manufacturing or 3D printing. Therefore, it is intended to extend and deepen the current level of knowledge about the dynamics of mechanical metamaterials, introducing load-bearing beam models that offer greater generality (pre-curved thin-walled beams) together with internal resonators of various types of action and coupling. In turn, the incorporation of probabilistic modeling techniques in the study of structural dynamics will allow to establish the extension, degrees of robustness and reliability of the developed models. Specifically, an attempt is made to deduce a complete model of a pre-curved resonant beam with elastic constitutive periodicity, with global structural coupling and periodically distributed embedded resonators that facilitate various alternatives for attenuation of the global vibration patterns in its design.

Keywords: periodic structures, curved beams, additive manufacturing, metamaterials, vibration attenuation.

