

Desenvolvimento de ressonadores locais para redução de vibração em metaestruturas

Henri Miranda Magalhães

Orientador: Prof. Dr. Leopoldo Pisanelli R. de Oliveira

Universidade de São Paulo- Escola de Engenharia de São Carlos

henri30036@usp.br

Objetivos

Este trabalho tem como objetivo o estudo e desenvolvimento de ressonadores locais para a atenuação de vibrações, em baixas faixas de frequência encontradas tipicamente em problemas oscilatórios de engenharia, em metaestruturas periódicas. Para tal objetivo, algumas das etapas intermediárias foram: caracterização de diversos materiais poliméricos adequados para a elaboração dos ressonadores, construção dos ressonadores em CAD, construção de modelos de Elementos Finitos dos ressonadores via software e validação experimental dos ressonadores.

Métodos e Procedimentos

Neste projeto desenvolveu-se o estudo de dois tipos de ressonadores locais: os que apresentavam uma linearidade geométrica e os que não apresentavam essa linearidade. Ambos desenvolvidos com o objetivo de acoplados a uma metaestrutura periódica como mostra o desenho esquemático da Fig.1.

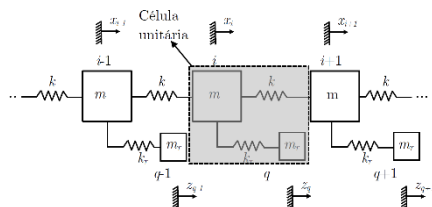


Figura 1. Modelo esquemático da metaestrutura periódica com ressonadores locais

Inicialmente, foram construídos modelos numéricos para o estudo do comportamento por meio do Método dos Elementos Finitos (FEM), utilizando o software comercial COMSOL. A Figura 2 (a) apresenta os modelos FEM dos corpos de prova dos materiais poliméricos caracterizados no projeto. Após a validação desses modelos, foi possível desenvolver o modelo dos ressonadores com linearidade geométrica, conforme mostrado na Fig.2 (b).

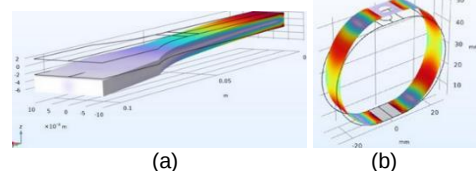


Figura 2. (a) Modelo COMSOL dos corpos de prova e (b) Modelo COMSOL do ressonador

Com finalização do estudo e validação do comportamento do primeiro ressonador, pode-se estudar o seu efeito ao ser acoplado em uma metaestrutura, como mostra a Fig.3 (a) e simultaneamente pode-se também começar a elaboração dos modelos dos ressonadores com não linearidade geométrica como ilustra a Fig.3 (b).



Figura 3. (a) Experimento dos ressonadores lineares acoplados a metaestrutura e (b) Modelo COMSOL do ressonador não linear

Resultados

As Figuras 4 (a) e (b) mostram os resultados comparativos entre os resultados obtidos experimentalmente e os modelos FEM das curvas do comportamento do ressonador. A partir do entendimento do comportamento do ressonador individual, o podendo-se verificar o efeito de vários ressonadores locais acoplados a metaestrutura, causando uma zona de atenuação nesta mesma estrutura na mesma faixa de frequência o qual o ressonador foi projetado, como mostra os resultados experimentais da Fig.5.

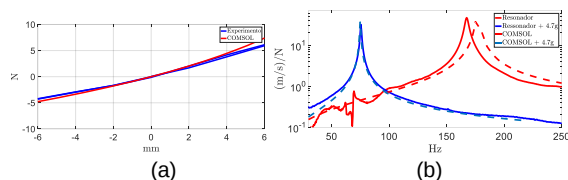


Figura 4. Comportamento do ressonador (a) estático e (b) dinâmico.

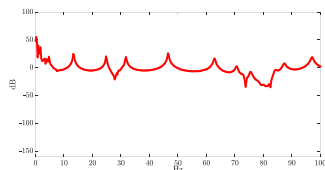


Figura 5. Resposta da metaestrutura excitada com os ressonadores locais acoplados

A partir dos métodos utilizados para modelar o ressonador linear, também pode-se realizar a modelagem do ressonador não linear para levantar a curva do seu comportamento estático como mostra a Fig.6.

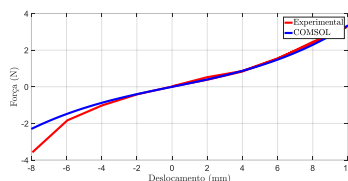


Figura 6. Curva do comportamento estático do ressonador não linear

Sugere-se, assim, o estudo de sistemas que empreguem este tipo de ressonador não-linear no futuro.

Conclusões

Pode-se concluir que os modelos FEM construídos para os ressonadores lineares representam com bastante veracidade os

experimentos realizados, assim como os modelos dos ressonadores não-lineares, que representam bem o comportamento estático dos ressonadores. Concluiu-se também que o funcionamento dos ressonadores lineares foi como o previsto, ocasionando o surgimento de zonas de atenuação ao serem acoplados a viga.

Referências

- [1] CAMPANA, M.-A. et al. Impact of non-linear resonators in periodic structures using a perturbation approach. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 135, p. 106408–106408, 1 jan. 2020.
- [2] LOBET, M.; MAJÉRUS, B.; LAMBIN, P. Graphene on epsilon-near-zero metamaterials as perfect electromagnetic absorber. *In: CARBON-BASED Nanoelectromagnetics*. 1^o. ed. rev. [S. l.]: Elsevier, 2019. cap. 7, p. 169-189. ISBN 978-0-08-102393-8.
- [3] MATLACK, Kathryn H. et al. Composite 3D-printed metastructures for low-frequency and broadband vibration absorption. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 113, n. 30, p. 8386-8390, 2016.
- [4] SUGINO, C.; ERTURK, A. Analysis of multifunctional piezoelectric metastructures for low-frequency bandgap formation and energy harvesting. *Journal of Physics D: Applied Physics*, IOP Publishing, v. 51, n. 21, 2018.
- [5] V. F. Buskes, M. B. Kaczmarek, J. C. Veenstra, C. Coulais and S. H. HosseinNia, "Control Architectures for Metamaterials in Vibration Control," 2023 IEEE International Conference on Mechatronics (ICM), Loughborough, United Kingdom, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICM54990.2023.10101931.
- [6] RAO, Singiresu S. *Vibrações Mecânicas*. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008