

# A MULTI-STAGE HOMOGENIZATION METHOD FOR DETERMINING THE EFFECTIVE ELASTIC PROPERTIES OF LAYERED MATERIALS

Thi Thu Nga Nguyen<sup>1,\*</sup>, Nam Hung Tran<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Le Quy Don Technical University

## Abstract

The paper presents a multi-stage homogenization method to determine the effective properties of layered materials which have  $n$  elastic isotropic layers or elastic transversely isotropic (in the direction of the layers) ones. The homogenization procedure uses  $(n-1)$  times an explicit analytical formula for the layered material with  $n$  layers. The normal stress and strain at the interface between two material layers are assumed to be continuous, i.e., no slip and no detachment. The results obtained from this method are compared with the existing analytical four-sub-matrix method and they show good agreements. The multi-stage homogenization method is a powerful tool that can be used to quickly identify the effective properties of the layered materials.

**Keywords:** Multi-stage homogenization method; four-sub-matrix method; layered materials; transversely isotropic; effective elastic properties.

## PHƯƠNG PHÁP ĐỒNG NHẤT HÓA TỪNG BƯỚC XÁC ĐỊNH ĐẶC TÍNH ĐÀN HỒI CỦA VẬT LIỆU XẾP LỚP

Nguyễn Thị Thu Nga, Trần Nam Hưng

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày phương pháp đồng nhất hóa từng bước nhằm xác định tính chất đặc trưng của vật liệu xếp lớp có  $n$  lớp đàn hồi, đẳng hướng hoặc đẳng hướng ngang trong phương của lớp. Thủ tục đồng nhất hóa sử dụng  $(n-1)$  lần một công thức giải tích cho vật liệu xếp lớp với  $n$  lớp. Ứng suất pháp tuyến và biến dạng tại mặt phân giới giữa các lớp được giả thiết là liên tục, có nghĩa là không có sự trượt và tách tại vị trí này. Các kết quả của phương pháp này đã được so sánh với kết quả của lời giải giải tích trong phương pháp bốn ma trận con và cho kết quả tương đồng giữa hai phương pháp. Phương pháp đồng nhất hóa từng bước đã cung cấp một công cụ hiệu quả trong việc đồng nhất hóa vật liệu xếp lớp nhằm xác định nhanh chóng tính chất đặc trưng của vật liệu này.

**Từ khóa:** Phương pháp đồng nhất hóa từng bước; phương pháp bốn ma trận con; vật liệu xếp lớp; đẳng hướng ngang; đặc tính đàn hồi.

Received: 15/04/2021; Revised: 20/07/2021; Accepted for publication: 28/12/2021



\* Email: nguyennga@lqdtu.edu.vn