# QUY LUẬT ỨNG XỬ CỦA VẬT LIỆU COMPOSITE

**Mã số đề tài: 310202**

Chủ nhiệm đề tài: **GS.TS. NGÔ THÀNH PHONG**

Cơ quan công tác: Trường ĐH Khoa học Tự Nhiên – ĐHQG-HCM

Địa chỉ liên lạc 227 Nguyễn Văn Cừ, Q5, tp.HCM

Điện thoại: 8350098 email: ntphong_6@yahoo.com

Các thành viên tham gia đề tài**:**

- TS Trịnh Anh Ngọc
- Ths Nguyễn Thời Trung,
- PGS.TS Nguyễn Dũng,
- TS. Nguyễn Đình Hiển
- TS. Nguyễn Phú Vinh
- ThS. Nguyễn Thế Quang
- ThS. Bùi Quốc Tính
- ThS. Kiều Trí Thịnh

## 1. TÓM TẮT MỤC ĐÍCH, NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Đề tài NCCB được tập trung 4 vấn đề

- Quy luật ứng xử đàn hồi bất đẳng hướng
- Quy luật ứng xử đàn – nhớt tuyến tính
- Quy luật ứng xử đàn – dẻo
- Tối ưu hóa cấu trúc vật liệu Composite

## 2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU, Ý NGHĨA KHOA HỌC ĐÃ ĐẠT ĐƯỢC

### 2.1. Quy luật ứng xử đàn hồi bất đẳng hướng

Chúng tôi sử dụng mô hình vật liệu composit theo quan điểm vĩ mô, trong đó các đặc trưng cơ học của composit được xác định qua các đặc trưng cơ học và hình học của các thành phần, được gọi là đặc trưng hiệu dụng.

Hai loại composit được chú ý là : composit sợi và composit nhiều lớp. Chúng tôi đã giải một bài toán biên về uốn tấm nhiều lớp.

### 2.2. Quy luật ứng xử đàn – nhớt tuyến tính

Dạng tổng quát của quy luật ứng xử đàn – nhớt tuyến tính

$$\sigma_{ij}(t,x_i) = \int_0^t C_{ij}^{kl}(t-\tau,x_i)\frac{\partial \varepsilon_{kl}}{\partial \tau}d\tau \quad (1)$$

hoặc

$$\varepsilon_{ij}(t,x_i) = \int_0^t S_{ij}^{kl}(t-\tau,x_i)\frac{\partial \sigma_{kl}}{\partial \tau}d\tau \quad (2)$$

trong đó $C_{ij}^{kl}$ và $S_{ij}^{kl}$ là các tenxơ hạng 4 được gọi tương ứng là mô đun chùng ứng suất và hàm chảy chậm, chúng có tính chất hoàn toàn đối xứng.

Phép biến đổi Laplace của hàm $f(t, x_i)$ được xác định bằng công thức

$$\bar{f} = \bar{f}(p, x_i) = \int_0^\infty e^{-pt} f(t, x_i) dt \tag{3}$$

Áp dụng phép biến đổi Laplace vào (1) và (2) ta được

$$\bar{\sigma}_{ij} = \tilde{C}_{ij}^{kl} \bar{\varepsilon}_{kl} \tag{4}$$

$$\bar{\varepsilon}_{ij} = \tilde{S}_{ij}^{kl} \bar{\sigma}_{kl} \tag{5}$$

Trong đó $\tilde{C}_{ij}^{kl} \equiv p\bar{C}_{ij}^{kl}$ , $\tilde{S}_{ij}^{kl} \equiv p\bar{S}_{ij}^{kl}$ (6)

Áp dụng phép biến đổi Laplace vào phương trình cân bằng , hệ thức Cauchy và các điều kiện biên, ta thu được

$$\frac{\partial \bar{\sigma}_{ij}}{\partial x_j} + \bar{F}_i = 0 \tag{7}$$

$$\bar{\varepsilon}_{ij} = \tfrac{1}{2}\left( \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} + \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \right) \tag{8}$$

$$\bar{u}_i = \bar{U}_i \text{ trên } S_u \tag{9}$$

$$\bar{\sigma}_{ij} n_i = \bar{T}_i \text{ trên } S_t \tag{10}$$

Hệ phương trình (4), (7), (8), (9), (10) lập thành một hệ phương trình kín mô tả bài toán biên đàn hồi kết hợp. Nguyên lý tương ứng khẳng định rằng, nếu áp phép biến đổi Laplace ngược vào nghiệm của bài toán biên đàn hồi kết hợp, ta sẽ thu được nghiệm của bài toán biên đàn – nhớt.

Chúng tôi đã áp dụng 3 phương pháp gần đúng để tìm nghiệm đàn nhớt.

- Phương pháp chọn điểm : cực tiểu hóa bình phương sai số của biến đổi Laplace chuỗi Dirichlet và nghiệm đàn hồi kết hợp tại N điểm $p = \lambda_i$.
- Phương pháp trực tiếp dựa vào quan hệ gần đúng :

$$f(t, x_i) \approx \left[ p\bar{f} \right]_{p = 1/2t} \tag{11}$$

- Phương pháp tựa đàn hồi : nghiệm đàn – nhớt được xấp xỉ bởi nghiệm đàn hồi, trong đó tất cả các hằng số đàn hồi được thay bởi mô đun chùng phụ thuộc thời gian.

$$f(t, x_i) = f \Big| C_{ij}^{kl}(t, x_i) \tag{12}$$

### 2.3 Quy luật ứng xử đàn – dẻo

Đầu tiên ta giả thiết hàm đặt tải hoặc hàm chảy có dạng tổng quát

$$f(\sigma_{kl}, \varepsilon_{kl}^p) = k \tag{13}$$

Biến dạng toàn phần gồm biến dạng đàn hồi $\varepsilon_{ij}^e$ và biến dạng dẻo $\varepsilon_{ij}^p$

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^e + \varepsilon_{ij}^p \tag{14}$$

Hàm vô hướng $k$ trong (13) phụ thuộc vật liệu.

Biến dạng đàn hồi thỏa định luật Hooke

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl}^e \tag{15}$$

Biến dạng dẻo khi xảy ra đặt tải dẻo được xác định bởi hệ thức

$$\dot{\varepsilon}_{ij}^{p} = F_{ij}(\sigma_{kl}, \dot{\sigma}_{kl}, \sigma_{kl}^{p}) \qquad (16)$$

Hàm $F_{ij}(\sigma_{kl}, \dot{\sigma}_{kl}, \sigma_{kl}^{p})$ được giả thiết là hàm đẳng cấp cấp 1 đối với $\dot{\sigma}_{kl}$.

Quy luật ứng xử đàn – dẻo được phát biểu ở 3 trạng thái biến dạng : đặt tải, cất tải và trung hòa.

– Đặt tải : $f = k$ , $\dot{k} \neq 0$ và $\dfrac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} \dot{\sigma}_{ij} > 0$ (17a)

$\dot{\varepsilon}_{ij}^{p}$ được tính theo (16).

– Trung hòa : $f = k$ , $\dot{k} = 0$ và $\dfrac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} \dot{\sigma}_{ij} = 0$ (17b)

$\dot{\varepsilon}_{ij}^{p} = 0$

– Cất tải : $f = k$ , $\dot{k} = 0$ và $\dfrac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} \dot{\sigma}_{ij} < 0$ (17c)

$\dot{\varepsilon}_{ij}^{p} = 0$

Chúng tôi đã áp dụng mô hình đàn – dẻo tái bền đẳng hướng một chiều, viết giải thuật số "Return mapping" và giải số một bài toán cụ thể.

Hàm chảy thường dùng là điều kiện dẻo Mises

$$J_2 = \frac{1}{2} S_{ij} S_{ij} = k^2 \qquad (18)$$

$k$ là giới hạn dẻo khi biến dạng trượt giản đơn.

Quy luật chảy

$$\dot{\varepsilon}_{ij}^{p} = \lambda \frac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} \qquad (19)$$

trong đó : $\lambda = \lambda(\sigma_{kl}, \dot{\sigma}_{kl}, \varepsilon_{kl}^{p})$

$\lambda$ là hàm đẳng cấp cấp một đối với $\dot{\sigma}_{kl}$. (19) chứng tỏ rằng $\dot{\varepsilon}_{ij}^{p}$ vuông góc với mặt dẻo. Điều này suy ra từ tiên đề Drucker về điều kiện không âm của công biến dạng dẻo

$$(\sigma_{ij} - \sigma_{ij}^{0}) d\varepsilon_{ij}^{p} \geq 0 \qquad (20)$$

Từ (20) suy ra rằng mặt đặt tải là mặt lồi trong không gian ứng suất.

Trường hợp tái bền đẳng hướng, hàm đặt tải có dạng

$$f(J_2, J_3 = k) \qquad (21)$$

Tái bền đẳng hướng không kể đến hiệu ứng Bauschinger.

Trường hợp tái bền động học hàm đặt tải có dạng

$$f(\dot{\sigma}_{ij} - \alpha_{ij}) = k^2 \qquad (22)$$

trong đó $k$ là hằng số và $\alpha_{ij}$ là tham số tái bền.

## 3. Ý NGHĨA THỰC TIỄN VÀ HIỆU QUẢ ỨNG DỤNG.

Trên thế giới, những nghiên cứu tương tự đã được áp dụng váo các công trình kỹ thuật cao: hàng không, du hành vũ trụ… Ở Việt nam, việc sử dụng các vật liệu mới, vật liệu composite khá phổ biến nhưng các công trình kỹ thuật cao còn hiếm. Vì vậy việc áp dụng kết quả nghiên cứu còn chờ đợi ở tương lai.

## 4. KẾT QUẢ ĐÀO TẠO SAU ĐẠI HỌC CỦA ĐỀ TÀI:

Thạc sỹ: số đã bảo vệ: 02
Tiến sỹ: số đã bảo vệ: 02 đang hướng dẫn: 01

## 5. CÁC SẢN PHẨM KHOA HỌC ĐÃ HOÀN THÀNH

### 5.1. Các công trình đã công bố trên tạp chí Quốc gia

[1]. Ngô Thành Phong, *Phương pháp gần đúng giải bài toán biên trong vật liệu composite đàn nhớt*, Tạp chí phát triển khoa học công nghệ-ĐHQG–Tp.HCM, 9/2003.

[2]. Ngô Thành Phong, Nguyễn Thời Trung, *Ap dụng giải thuật di truyền cho bài toán tối ưu cấu trúc composite*, Tạp chí phát triển khoa học công nghệ-ĐHQG–Tp.HCM, 7&8/2003.

[3]. Ngô Thành Phong, Nguyễn Thời Trung, *Ap dụng phương pháp xấp xỉ lồi tuần tự cho bài toán tối ưu cấu trúc composite*, Tạp chí phát triển khoa học công nghệ- ĐHQG–Tp.HCM, 7&8/2003.

[4]. Nguyễn Thời Trung, Ngô Thành Phong, Nguyễn Phú Vinh, *Giải số bài toán đàn-dẻo một chiều bằng giải thuật "return-mapping"*, Tạp chí phát triển khoa học công nghệ-ĐHQG–Tp.HCM (sẽ in/2003).

[5]. Ngô Thành Phong, Nguyễn Thời Trung, Nguyễn Đình Hiển, Ap dụng phương pháp gần đúng biến đổi Laplace ngược để giải bài toán biến dạng phẳng trong vật liệu composite đàn-nhớt trực hướng, Tạp chí phát triển khoa học công nghệ-ĐHQG–Tp.HCM (sẽ in/2003).

### 5.2. Các báo cáo khoa học tại Hội nghị quốc gia

[1]. Nguyễn Phú Vinh , Ngô Thành Phong, "*Thuật giải "return mapping cho bài toán dẻo một chiều "*, Tuyển tập Công trình Khoa học, Hội nghị Cơ học toàn quốc lần 7, Hà nội 18-20/12/2002. NXB ĐHQG HN.

## 6. ĐÁNH GIÁ VÀ KIẾN NGHỊ

Đề nghị cho phép nhóm nghiên cứu đề tài NCCB này tiếp tục trong giai đoạn 2004-2005 với tên đề tài : "Giả lập số và tối ưu hóa cấu trúc cho vật liệu composit". *(Numerical Simulation and structural optimization for Composite Materials).*

Thực hiện đề tài này chúng tôi dự kiến sẽ đăng 10 bài báo khoa học, sẽ hoàn thành 4 luận án Thạc sĩ và 3 luận án Tiến sĩ, sẽ xuất bản một quyển sách chuyên khảo.

## CONSTITUTIVE EQUATIONS OF COMPOSITE MATERIALS

### ABSTRACT

- Constitutive equations of elastic anisotropic solids.
- Constitutive equations of linear visco – elastic materials
- Constitutive equations of elastic – plastic solids
- Structure optimization of composite materials