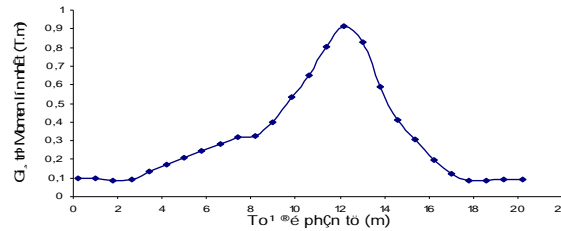


## 6. Kết quả tính toán

Kết quả mômen nội lực:



Hình 5. Biểu đồ giá trị mô men lớn nhất của các cấu kiện.

Từ kết quả tính toán ở trên, ta thấy:

- Cấu kiện chịu tải lớn nhất: cấu kiện số 16
- Mô men lớn nhất trong cấu kiện:  $M_{max} = 0.915 \text{ T.m}$

Dựa vào kết quả nội lực xác đã được xác định sẽ kiểm tra được độ bền của khối Bê tông mảng mềm.

## 7. Kết luận

Việc dùng phương pháp phần tử hữu hạn, lập chương trình tính toán nội lực của các cấu kiện kè tấm bê tông mảng mềm trên môi trường máy tính Mathcad cho phép tính toán chính xác và nhanh nội lực của tấm bê tông mảng mềm chịu tải trọng sóng. Từ đó có thể giúp người thiết kế xác định được chính xác kích thước cũng như cường độ cấu kiện ở từng phạm vi mái kè cho phù hợp.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Zienkiewicz O.C. and Taylor R. *The Finite Element Method*, Volum 1, 2, 4<sup>th</sup> Edition McGraw – Hill Book Co., 1989
- [2] Bath K.J and Wilson E.L, *Numerical Method in Finite Element Analysis*, Prentice-Hall, 1976.
- [3] Đào Văn Tuấn, *Bài giảng phương pháp số*, Hải Phòng, 2002
- [4] Phạm Văn Giáp, Nguyễn Ngọc Huệ, Nguyễn Hữu Đầu, *Đình Đình Trường Bể cảng và đê chắn sóng*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2000,
- [5] Phan Đức Tác, *Nghiên cứu giải pháp công trình bảo vệ mái đê biển Việt nam bằng mảng mềm từ các cấu kiện bê tông đúc sẵn*, Hà Nội, 1996
- [6] Phan Trường Phiệt Nền và móng, Nhà xuất bản KHKT, Hà Nội, 1976.
- [7] Bộ Giao thông Vận tải, *Tải trọng và tác động do sóng và tàu lên công trình thủy*. Tiêu chuẩn thiết kế 22 TCN 222-95, Hà nội, 1995.
- [8] Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn, *Hướng dẫn thiết kế đê biển - 14 TCN 130-2002*, Hà Nội, 2002.

Người phản biện: TS. Phạm Văn Trung

## BÀI TOÁN TỐI ƯU KẾT CẤU THEO PHƯƠNG PHÁP CHUYỂN VỊ SOLVING STRUCTURAL OPTIMIZATION BY THE TRANSPOSE METHOD

TS. PHẠM VĂN TRUNG  
Khoa Công trình thủy, Trường ĐHHH

### Tóm tắt

Việc giải bài toán tối ưu tính kết cấu là rất quan trọng, bởi qua đó chúng ta xác định được giá trị tối ưu của các đại lượng cực tiểu hoá như trọng lượng, thể tích kết cấu, giá cả vật liệu... Với các giá trị cực tiểu của kết cấu ta có thể đưa ra các giải pháp kết cấu tối ưu, nhằm giải quyết những đòi hỏi cao về kinh tế để thực hiện các chỉ tiêu tối ưu. Trong bài báo đã đưa ra cách giải bài toán tối ưu tính kết cấu theo phương pháp chuyển vị.

**Abstract**

The solving structural optimization is very important, by which we determine the optimal values of the minimums such as weight, structural volume, material prices. .. With the minimum value of the structure we can offer solutions for structural optimization, to address the high demand of performing economic optimization criteria. This article is issuing method of solving an optimal structure by the transpose method.

**1. Đặt vấn đề**

Trong vòng nửa thế kỉ nay, một ngành toán học mới - lí thuyết quy hoạch toán học đã hình thành và phát triển mạnh mẽ do những đòi hỏi cấp bách về kinh tế để thực hiện các chỉ tiêu tối ưu: nhiều nhất, nhanh nhất, rẻ nhất, tốt nhất... Với lý thuyết quy hoạch, người kĩ sư được trang bị thêm một công cụ toán học rất hiệu quả để giải các bài toán tối ưu mà trước đây các phương pháp cổ điển chưa thể giải được.

**2. Nội dung**

Trong tính toán kết cấu, hàm mục tiêu thường biểu thị các đại lượng cần được cực tiểu hoá như trọng lượng, thể tích kết cấu, giá cả vật liệu. Các điều kiện ràng buộc dưới dạng đẳng thức thường là các điều kiện cân bằng, các điều kiện biến dạng liên tục. Các điều kiện ràng buộc dưới dạng bất đẳng thức thường là các điều kiện về độ bền, độ cứng, các điều kiện chảy dẻo.

**2.1. Hàm mục tiêu**

Giả sử một kết cấu chia thành G nhóm, một nhóm bất kì kí hiệu là nhóm g. Trong mỗi nhóm, cấu kiện đầu tiên có số thứ tự là 1, cấu kiện cuối cùng có số thứ tự là  $l_g$ . Gọi tổng chiều dài của các cấu kiện trong nhóm g là  $L_g$ , diện tích trong nhóm g là  $A_g$ . Vậy giá vật liệu kết cấu

$$C = \sum_{g=1}^G C_g \cdot \gamma_g \cdot L_g \cdot A_g \tag{1}$$

$C_g$  - giá vật liệu trên đơn vị trọng lượng.

Hàm C trong phương trình (1) gọi là hàm mục tiêu hay hàm giá cả.

**3. Bài toán tính tối ưu tính khung theo phương pháp chuyển vị**

Trong cơ học kết cấu, ta đã làm quen với các hệ thức sau:

$$N_i = \frac{E_i A_i}{L_i} u_i \tag{2}$$

$$M_{1i} = \frac{6 E_i I_i}{L_i^2} \cdot v_i + \frac{4 E_i I_i}{L_i} \cdot \theta_{1i} + \frac{2 E_i I_i}{L_i} \cdot \theta_{2i} \tag{3}$$

$$M_{2i} = \frac{6 E_i I_i}{L_i^2} \cdot v_i + \frac{2 E_i I_i}{L_i} \cdot \theta_{1i} + \frac{4 E_i I_i}{L_i} \cdot \theta_{2i} \tag{4}$$

$$Q_i = \frac{12 E_i I_i}{L_i^3} \cdot v_i - \frac{6 E_i I_i}{L_i^2} \cdot \theta_{1i} - \frac{6 E_i I_i}{L_i^2} \cdot \theta_{2i} \tag{5}$$

Trong đó:

$N_i$  - lực dọc của phần tử i

$Q_i$  - lực cắt trong phần tử i

$M_{1i}$  - mômen tại đầu 1 của phần tử i

$M_{2i}$  - mômen tại đầu 2 của phần tử i

$u_i$  - biến dạng dọc trục của phần tử i

$v_i$  - chuyển vị thẳng tương đối giữa hai đầu của phần tử i (vuông góc với trục của phần tử)

$\theta_{1i}$  - góc xoay tại đầu 1 của phần tử i

$\theta_{2i}$  - góc xoay tại đầu 2 của phần tử i

Các hệ thức trên có biểu thị dưới dạng ma trận:

$$S_i = k_i \cdot U \tag{6}$$

$$S_i = \begin{bmatrix} N_i \\ Q_i \\ M_{1i} \\ M_{2i} \end{bmatrix} \quad U_i = \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ \theta_{1i} \\ \theta_{2i} \end{bmatrix} \quad k_i = \begin{bmatrix} a_i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_i & d_i & d_i \\ 0 & d_i & e_i & f_i \\ 0 & d_i & f_i & e_i \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$a_i = E_i A_i / L_i; b_i = 12 E_i I_i / L_i^3; d_i = 6 E_i I_i / L_i^2 \quad (8)$$

$$e_i = 4 E_i I_i / L_i; f_i = 2 E_i I_i / L_i$$

Ta gọi:

- $S_i$  - Vectơ nội lực của phần tử  $i$
- $U_i$  - vectơ chuyển vị của phần tử  $i$
- $k_i$  - Ma trận độ cứng của phần tử  $i$

Giả sử khung có  $n$  phần tử. Đối với toàn bộ khung, hệ thức ma trận giữa vectơ nội lực  $S$  và vectơ chuyển vị  $U$  như sau:

$$S = k.U \quad (9)$$

$$S = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_n \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_n \end{bmatrix} \quad k = \begin{bmatrix} k_1 & & & \\ & k_2 & & \\ & & \dots & \\ & & & k_i & \\ & & & & \dots & \\ & & & & & & k_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

a) Điều kiện ràng buộc về độ bền.

Khi không xét đến ảnh hưởng của lực dọc, ứng suất pháp trong phần tử  $i$  phải thỏa mãn các điều kiện sau:

$$\frac{M_{1i}}{W_i} \leq \sigma_i^* \quad \frac{M_{2i}}{W_i} \leq \sigma_i^* \quad (11)$$

Trong đó:

$M_{1i}, M_{2i}$  - mômen tại đầu 1 và mômen tại đầu 2 của phần tử  $i$

$W_i$  - mômen chống uốn của phần tử  $i$

$\sigma_i^*$  - ứng suất cho phép của phần tử  $i$

Căn cứ vào các hệ thức (6) và (7) hệ bất đẳng thức (11) có thể viết:

$$\text{Tại đầu 1: } (d_i.v_i + e_i.\theta_{1i} + f_i.\theta_{2i}) / W_i \leq \sigma_i^* \quad (12)$$

$$\text{Tại đầu 2: } (d_i.v_i + f_i.\theta_{1i} + e_i.\theta_{2i}) / W_i \leq \sigma_i^*$$

Khi xét đến ảnh hưởng của lực dọc, các điều kiện sau đây có thể viết:

$$\frac{N_i}{A_i} + \frac{M_{1i}}{W_i} \leq \sigma_i^* \quad \frac{N_i}{A_i} + \frac{M_{2i}}{W_i} \leq \sigma_i^* \quad (13)$$

Hoặc:

$$\text{Tại đầu 1: } u_i.E_i / L_i + (d_i.v_i + e_i.\theta_{1i} + f_i.\theta_{2i}) / W_i \leq \sigma_i^* \quad (14)$$

$$\text{Tại đầu 2: } u_i.E_i / L_i + (d_i.v_i + f_i.\theta_{1i} + e_i.\theta_{2i}) / W_i \leq \sigma_i^*$$

Trong đó:

$d_i, f_i, e_i$  tính theo công thức (8)

b) Điều kiện ràng buộc về độ cứng:

Để đảm bảo yêu cầu về độ cứng bất đẳng thức sau đây phải được thỏa mãn:

$$X \leq \Delta \quad (15)$$

Trong đó:

$X$  - Vectơ chuyển nút

$\Delta$  - Vectơ chuyển vị cho phép

c) Điều kiện ràng buộc về cân bằng  
 áp dụng công thức (9) và (10) ra có điều kiện ràng buộc về cân bằng:  
 $P = K.X$

Tóm lại, bài toán tối ưu tính khung theo phương pháp chuyển vị có dạng tổng quát sau đây:  
 Cực tiểu hoá hàm:

$$C = \sum_{g=1}^G C_g \gamma_g L_g A_g \quad \text{hoặc hàm:}$$

$$C = 0,559 \sum_{g=1}^G C_g \gamma_g L_g I_g^{1/2}$$

Với điều kiện:

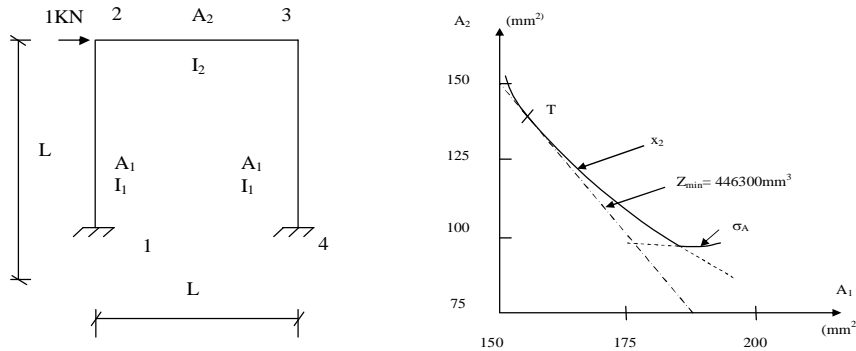
$$u_i \cdot E_i / L_i + (d_i \cdot v_i + e_i \cdot \theta_{1i} + f_i \cdot \theta_{2i}) / W_i \leq \sigma_i^*$$

$$u_i \cdot E_i / L_i + (d_i \cdot v_i + f_i \cdot \theta_{1i} + e_i \cdot \theta_{2i}) / W_i \leq \sigma_i^*$$

$$i = 1, 2, \dots, s; \quad X \leq D; \quad P = K.X$$

#### 4. Ví dụ tính toán:

Cho khung trên hình 1, ứng suất pháp cho phép bằng  $0,15 \text{ kN/mm}^2$  (bỏ qua ảnh hưởng của lực dọc). Chuyển vị thẳng cho phép trên phương nằm ngang tại nút 2 bằng 4mm. Các cột thuộc nhóm diện tích  $A_1$ , xà thuộc nhóm  $A_2$ .  $L=1000\text{mm}$ ,  $E=207\text{kN/mm}^2$ .



Hình 1. Giải bằng phương pháp đồ thị.

Kết quả giải theo phương pháp đồ thị ghi trên hình 1. Đường mức  $Z_{\min} = 446300 \text{ mm}^3$  tiếp xúc với đường biên  $x_2$  tại điểm T. Vậy thể tích cực tiểu của khung bằng  $446300 \text{ mm}^3$ .

#### 5. Kết luận

Bài báo đã đưa ra cách giải bài toán tối ưu tính kết cấu theo phương pháp chuyển vị, nhằm giải quyết các đòi hỏi cao về kinh tế sao cho để thực hiện các chỉ tiêu tối ưu: nhiều nhất, nhanh nhất, rẻ nhất, tốt nhất... Qua đó, người kỹ sư được trang bị thêm một công cụ toán học rất hiệu quả để giải các bài toán tối ưu mà trước đây các phương pháp cổ điển chưa thể giải được.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ермаков С.М. (ред.). Математическая теория планирования эксперимента. М., Наука. 1983.
- [2] Налимов В.В., Чернова Н.А.. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М. 1965.
- [3] Bùi Minh Trí. *Qui hoạch toán học*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1999.
- [4] Nguyễn Nhật Lệ. *Tối ưu hoá ứng dụng*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.
- [5] Hardy G. *Linear programming*. Addison Wesley Publ. Co. 1984.
- [6] Hardy G. *Non linear and dynamic programming*. Addison Publ. Co. 1984.

Người phản biện: TS. Hà Xuân Chuẩn