

## ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN TÍNH TOÁN GIA CỐ BÊ TÔNG MẢNG MỀM

### THE APPLICATION OF FINITE ELEMENTS METHOD IN CALCULATING THE STRENGTH OF FLEXIBLE PATTEN-PLACED ARMOR UNITS

TS. ĐÀO VĂN TUẤN

Khoa Công trình thủy-Trường Đại học Hàng Hải

#### Tóm tắt

Tính toán độ bền khối gia cố bằng Bê tông mảng mềm là một phần quan trọng trong các bước tính toán gia cố bờ biển. Nội dung bài báo trình bày ứng dụng phương pháp Phần tử hữu hạn tính toán khối Bê tông mảng mềm giống như dầm trên nền đàn hồi có liên kết khớp chịu tải trọng phân bố là áp lực tựa tĩnh của sóng biển.

#### Abstract

Calculating the strength of flexible patten-placed concrete armor units is an important part in shore protection engineering. This article presents the application of finite elements method in calculating patten-placed concrete armor units by considering them as beams on elastic foundation with joint connections under the impact of distributed wave load.

#### 1. Đặt vấn đề

Việt Nam là một quốc gia có bờ biển dài. Đây là một điều kiện tự nhiên vô cùng thuận lợi. Gia cố bảo vệ mái đê và bờ biển bằng kè tấm bê tông mảng mềm ngày càng được áp dụng rộng rãi và đóng vai trò hết sức quan trọng.

Các kết cấu và phương pháp tính ngày càng phát triển cho phép đánh giá đúng bản chất hiện tượng từ đó có biện pháp gia cố có hiệu quả. Việc tính toán thiết kế tấm bê tông mảng mềm trong đó có: xác định kích thước, trọng lượng khối bê tông theo thông số sóng và độ bền của các khối. Các khối có liên kết khớp với nhau và làm việc giống như dầm trên nền đàn hồi. Việc áp dụng phương pháp Phần tử Hữu hạn để tính toán là phù hợp và hiệu quả nhất.

#### 2. Gia cố bờ biển bằng khối Bê tông mảng mềm

Ở nước ta đã sử dụng nhiều biện pháp bảo vệ mái đê như: đá đổ, đá lát khan, đá xây, các loại rỗng tre lõi đá, tấm bê tông,... gần đây đã sử dụng tấm lát liên kết với nhau hay còn gọi là Bê tông mảng mềm. Thực tế cho thấy, bảo vệ mái đê biển bằng kết cấu tấm bê tông liên kết mảng phát huy tác dụng rất tốt.



Hình 1. Kè bê tông tấm âm - dạng hình vuông có mô giảm sóng.

#### 3. Trình tự tính toán khối Bê tông mảng mềm

Việc tính toán gia cố mảng mềm bao gồm:

- Xác định kích thước, trọng lượng khối bê tông mảng mềm theo thông số sóng;
- Kiểm tra khả năng chịu lực của khối bê tông mảng mềm theo tải trọng sóng.

Tính toán độ bền của cấu kiện khối phủ được đưa về mô hình tính toán: dầm trên nền đàn hồi, trong đó liên kết giữa các khối là liên kết khớp.

#### 4. Ứng dụng phương pháp Phần tử Hữu hạn

Tải trọng sóng tác dụng lên dầm là tải trọng phân bố hình thang trong khoảng a,b (a<b) với giá trị lực phân bố tương ứng  $p_1, p_2$ . Khi đó giá trị tải trọng p tại tọa độ x bất kỳ được biểu diễn bằng hàm tải trọng:

$$q(x) = q_1 + \frac{q_2 - q_1}{b - a} (x - a) = \frac{q_2 - q_1}{b - a} x + \frac{bq_1 - aq_2}{b - a}$$

Véc tơ tải trọng nút của phần tử dầm chịu uốn xác định theo công thức:

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{2C}{5l^3}(b^5 - a^5) + \frac{1}{4}\left(-\frac{3C}{l^2} + \frac{2D}{l^3}\right)(b^4 - a^4) - \frac{D}{l^2}(b^3 - a^3) + \frac{C}{2}(b^2 - a^2) + D(b - a) \\ \frac{C}{5l^2}(b^5 - a^5) + \frac{1}{4}\left(-\frac{2C}{l} + \frac{D}{l^2}\right)(b^4 - a^4) + \frac{1}{3}\left(C - \frac{2D}{l}\right)(b^3 - a^3) + \frac{D}{2}(b^2 - a^2) \\ -\frac{2C}{5l^3}(b^5 - a^5) + \frac{1}{4}\left(\frac{3C}{l^2} - \frac{2D}{l^3}\right)(b^4 - a^4) + \frac{D}{l^2}(b^3 - a^3) \\ \frac{C}{5l^2}(b^5 - a^5) + \frac{1}{4}\left(-\frac{C}{l} + \frac{D}{l^2}\right)(b^4 - a^4) - \frac{D}{3l^2}(b^3 - a^3) \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó:

$$C = \frac{q_2 - q_1}{b - a}; \quad D = \frac{bq_1 - aq_2}{b - a}$$

Ma trận độ cứng của phần tử dầm có khớp 2 đầu được xác định theo công thức:

$$[K]_e = \frac{EJ}{l^3} \begin{bmatrix} \frac{Fl^2}{J} & 0 & 0 & -\frac{Fl^2}{J} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{Fl^2}{J} & 0 & 0 & \frac{Fl^2}{J} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

trong đó :

- E - mô đun đàn hồi;
- F - diện tích mặt cắt ngang dầm;
- l - chiều dài dầm ;
- J - mô men quán tính.

Véc tơ tải trọng nút của dầm chịu uốn có khớp tại hai đầu xác định theo công thức:

$$\begin{Bmatrix} Q_i \\ M_i \\ Q_j \\ M_j \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_1 - \frac{P_2 + P_4}{l} \\ 0 \\ P_3 + \frac{P_2 + P_4}{l} \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (3)$$

Trong đó  $P_1, P_2, P_3, P_4$  được xác định theo công thức 1.

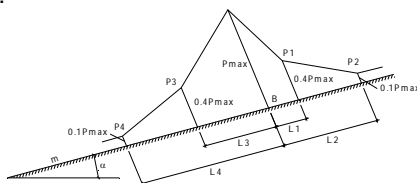
Độ cứng của gối đàn hồi của nền đất được xác định theo công thức sau:

$$k = C.l.b \quad (4)$$

trong đó:

- k - độ cứng của gối đàn hồi (kN/m);
- C - hệ số nền (kN/m<sup>3</sup>);
- l - chiều dài dầm (m);
- b - bề rộng dầm (m).

Áp lực sóng được xác định theo sơ đồ:



Hình 2. Sơ đồ áp lực sóng lên mái dốc.

Trị số áp lực sóng lớn nhất:

$$P_{\max} = 1,7 \cdot \frac{v_B^2}{2 \cdot g} \cdot \gamma \cdot \cos^2 \varphi \quad (4)$$

Trị số áp lực ở phía trên và phía dưới mái so với trị số lớn nhất:

$$\begin{aligned} P_1 &= 0,4 \cdot P_{\max} \text{ tương ứng } L_1 = 0,025 \cdot S \\ P_2 &= 0,1 \cdot P_{\max} \text{ tương ứng } L_2 = 0,065 \cdot S \\ P_3 &= 0,4 \cdot P_{\max} \text{ tương ứng } L_3 = 0,053 \cdot S \\ P_4 &= 0,1 \cdot P_{\max} \text{ tương ứng } L_4 = 0,135 \cdot S \end{aligned}$$

trong đó:

$$S = \frac{m \cdot \lambda}{2 \cdot \sqrt{m^2 - 1}} \quad (5)$$

## 5. Tính toán ví dụ thực tế

### Số liệu ban đầu

Chọn loại hình cấu kiện bảo vệ: để đạt được các yêu cầu về kỹ thuật bảo vệ mái cần chọn loại hình cấu kiện dạng tấm âm dương.

Cấp công trình: công trình đê điều cấp IV

Nhiệm vụ công trình: an toàn khi có bão cấp 10 gấp triệu cường ứng với tần suất  $P = 5\%$  và nước dâng thiết kế  $P = 30\%$ .

- + Mức nước triều thiết kế:  $H_{5\%} = 2,25 \text{ m}$ .
- + Chiều cao sóng:  $H_S = 1,44 \text{ m}$ .
- + Chiều cao nước dâng:  $H_{ND} = 1,1 \text{ m}$ .

Trong đó:

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 4.764 \text{ T} \\ P_1 &= 1.906 \text{ T} \quad \text{tương ứng} \quad L_1 = 0.932 \text{ m} \\ P_2 &= 0.476 \text{ T} \quad \text{tương ứng} \quad L_2 = 2.422 \text{ m} \\ P_3 &= 1.906 \text{ T} \quad \text{tương ứng} \quad L_3 = 1.975 \text{ m} \\ P_4 &= 0.476 \text{ T} \quad \text{tương ứng} \quad L_4 = 5.031 \text{ m} \end{aligned}$$

Chiều rộng dầm:  $b = 0,8 \text{ m}$ ;

Bề cao dầm:  $h = 0,26 \text{ m}$ ;

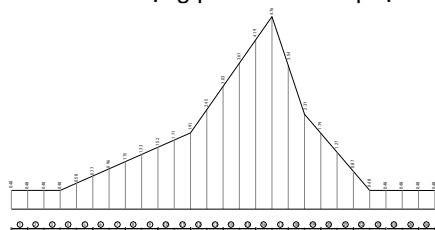
Chiều dài dầm:  $a = 0,8 \text{ m}$ ;

Mô đun đàn hồi bê tông:  $E_b = 24.107 \text{ kN/m}^2$

Trọng lượng riêng bê tông:  $\gamma_b = 2.4 \text{ tấn/m}^3$

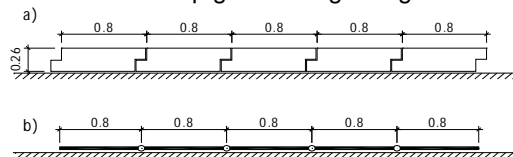
Hệ số nền:  $C = 3630 \text{ KN/m}^2$

Biểu đồ tải trọng phân bố của áp lực sóng như hình vẽ:



Hình 3. Sơ đồ kết cấu, tải trọng

Sơ đồ tính toán của lớp gia cố bằng mảng mềm:



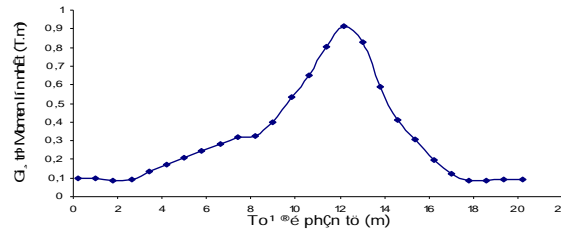
Hình 4. Mô hình hoá kết cấu mảng mềm

a) Sơ đồ kết cấu ghép tấm

b) Sơ đồ tính toán

## 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.