

## **NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA “THOÁT KHÔNG” ĐẾN DAO ĐỘNG CỦA TẦM BÊ TÔNG BẢN MẶT**

**Nguyễn Thái Hoàng<sup>1</sup>, Nguyễn Công Thắng<sup>1</sup>, Nguyễn Cảnh Thái<sup>2</sup>**

**Tóm tắt:** “Thoát không” là hiện tượng xuất hiện các khoảng trống dưới tầm bê tông bản mặt của đập CFRD do biến dạng của thân đập và các lớp đệm. “Thoát không” gây ảnh hưởng đặc biệt nghiêm trọng bởi hiện tượng này có thể dẫn đến việc phân bố lại ứng suất và thay đổi cơ chế làm việc của tầm bê tông bản mặt dẫn đến giảm khả năng chống thấm và tuổi thọ của công trình. Nguy hại hơn hiện tượng này có thể dẫn đến sự cố sập gãy bản mặt bê tông phía thượng lưu khiến đập bị phá hủy. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của “thoát không” đến dao động của tầm bê tông bản mặt, từ đó đề xuất phương pháp xác định “thoát không” tại hiện trường.

**Từ khóa:** đập CFRD, hiện tượng “thoát không”, dao động của tầm, nền đàn hồi, tải trọng kích động.

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật nói chung, khoa học thiết kế và thi công các công trình thủy lợi - thủy điện cũng có sự phát triển vượt bậc trong thời gian qua. Các nhà khoa học đã tính toán và thiết kế được các dạng đập mới phù hợp với nhiều dạng địa hình địa chất, có tính an toàn, ổn định cao, tận dụng được vật liệu sẵn có, tăng cường được khả năng cơ giới hóa thi công, giúp giảm giá thành xây dựng mà chất lượng công trình vẫn được đảm bảo. Đập đá đổ có bản mặt chống thấm bằng bê tông (Concrete Face Rockfill Dam - CFRD) là một trong những loại đập như thế.

Đập CFRD có rất nhiều ưu điểm như: có tính an toàn cao, phù hợp với nhiều điều kiện địa hình, địa chất, khả năng chịu tải trọng động đất lớn, có thể thi công trong mọi điều kiện thời tiết khác nhau, có thể tận dụng các loại đá thải loại từ đào hố móng tràn, làm đường hầm tháo lũ để xây dựng đập. Vì thế, việc sử dụng đập CFRD mang lại hiệu quả kinh tế và kỹ thuật cao.

Trong thời gian qua đập CFRD cũng đã và đang được lựa chọn để xây dựng cho các cụm công trình đầu mối thủy lợi – thủy điện ở Việt Nam như: đập Tuyên Quang (cao 92m), đập Rào

Quán (cao 78m), đập Cửa Đạt (cao 118m), đập An Khê Kanak (cao 60m), đập Sông Bung (cao 98m).

Trong thực tế khi các đập này được đưa vào sử dụng, nhất là các đập có chiều cao lớn thường có sự biến dạng lớn của thân đập dẫn đến hiện tượng mất tiếp xúc giữa tầm bê tông bản mặt và phần còn lại của thân đập. Kết quả tạo ra khoảng trống giữa tầm bê tông bản mặt và lớp đệm, hiện tượng này được các nhà nghiên cứu gọi là hiện tượng “thoát không”. Khi chịu áp lực nước phần bản mặt bị “thoát không” này không tựa được vào tầng đệm, làm cho mô men uốn trong phạm vi này tăng lớn, dễ dẫn đến nứt bản mặt. Phạm vi “thoát không” càng lớn thì mô men uốn do áp lực nước gây ra càng lớn. Điều nguy hiểm là do mô men uốn ở vị trí “thoát không” có chiều làm căng ở phía dưới bản mặt nên nếu bị nứt thì vết nứt bắt đầu xuất hiện ở mặt dưới, không quan sát thấy được. Còn khi quan sát thấy nứt thì vết nứt này đã là vết nứt xuyên, dẫn đến thấm nước qua bản mặt.

“Thoát không” là hiện tượng gây ảnh hưởng đặc biệt nghiêm trọng bởi hiện tượng này có thể dẫn đến việc phân bố lại ứng suất và thay đổi cơ chế làm việc của tầm bê tông bản mặt dẫn đến giảm khả năng chống thấm và tuổi thọ của công trình. Nguy hại hơn là hiện tượng này có thể dẫn đến sự cố sập gãy bản mặt bê tông phía thượng lưu khiến đập bị phá hủy. Chính vì vậy cần theo dõi kiểm tra tình trạng “thoát không” để xử lý

---

<sup>1</sup> Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

<sup>2</sup> Trường Đại học Thủy lợi

trước khi tích nước và đưa vào vận hành và cả trong thời kỳ đầu vận hành khi biến dạng của thân đập chưa ổn định. Cần phải phát triển các công nghệ nhằm phát hiện và xử lý hiện tượng ‘thoát không’ để đảm bảo an toàn cho bản mặt khi hồ tích nước cũng như các biện pháp khắc phục khi xảy ra hiện tượng nứt bản mặt.

Hiện nay trên thế giới để xác định “thoát không” thường sử dụng phương pháp Ra đa đất (Ground Penetrating Radar) và phương pháp nhiệt hồng ngoại.

Phương pháp Ra đa đất (Ground Penetrating Radar - GPR) (Annan A.P, 1992) là một phương pháp Địa Vật lý hoạt động dựa trên nguyên lý của sự lan truyền sóng điện từ trong môi trường đất đá. Khi ăng ten phát ra sóng điện từ tần số cao từ  $10^6 \div 10^9$  MHz, sóng này được lan truyền xuống môi trường đất đá. Khi sóng điện từ gặp các ranh giới vật chất có hằng số điện môi khác nhau nó sẽ bị tán xạ, khúc xạ hoặc phản xạ. Sóng phản xạ quay trở lại gặp mặt đất và được ăngten thu ghi lại. Tín hiệu của sóng phản xạ sẽ phản ánh những thông tin của môi trường địa chất phía dưới. Thiết bị của phương pháp Rađa đất thường bao gồm một trạm máy chủ và hệ thống ăngten có tần số từ 15MHz đến 900MHz. Việc lựa chọn các ăngten dựa vào hai yếu tố: Độ sâu nghiên cứu và độ phân giải của ăngten. Tại Việt Nam, phương pháp Rađa đất đã được Viện Sinh Thái và Bảo vệ công trình – Viện Khoa học Thủy Lợi áp dụng thử nghiệm tại công trình Hồ chứa nước Cửa Đạt và cho một số kết quả đáng ghi nhận, tuy nhiên nhược điểm của phương pháp là thiết bị máy móc có chi phí cao và không xác định được chiều dày của thoát không (Đỗ Anh Chung, nnk 2013).

Phương pháp nhiệt hồng ngoại dựa trên cơ sở truyền nhiệt trong bê tông: tại những điểm bị “thoát không” thì nhiệt độ trên bê tông truyền đi sẽ chậm hơn so với những vị trí bê tông tiếp xúc trực tiếp với đất, vì thế tại các điểm tiếp xúc trực tiếp với đất thì nhiệt độ bê tông tại điểm đó sẽ truyền vào môi trường nhanh hơn nên tại đó nhiệt độ sẽ gần với nhiệt độ môi trường hơn. Phương pháp nhiệt hồng ngoại sử dụng thiết bị đo nhiệt độ của các đối tượng mà không cần tiếp xúc trực tiếp vào chúng được gọi là Nhiệt kế bức xạ

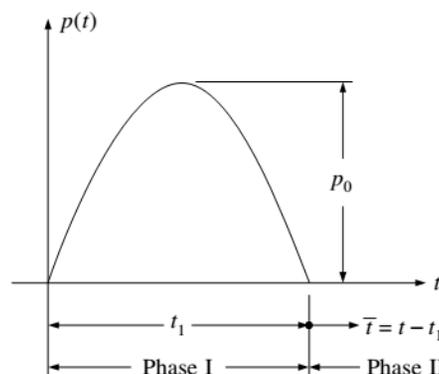
(Pyrometer). Thiết bị này theo dõi và đo độ lớn thực tế của bức xạ nhiệt tỏa ra từ đối tượng cần đo. Bức xạ nhiệt tỏa ra từ đối tượng sẽ đi qua 1 hệ thống quang học bên trong Nhiệt kế. Hệ thống quang học sẽ làm cho bức xạ nhiệt hội tụ tốt hơn và đi qua đầu dò. Đầu ra của đầu dò sẽ tỉ lệ với bức xạ nhiệt đầu vào. Ưu điểm lớn nhất của Nhiệt kế bức xạ là không có sự tiếp xúc trực tiếp giữa Nhiệt kế và đối tượng phát ra nhiệt độ. Kinh nghiệm sử dụng phương pháp nhiệt hồng ngoại ở Trung Quốc để xác định “thoát không” cũng như thử nghiệm trên mô hình tại Việt Nam (Đỗ Anh Chung, nnk 2018) cho thấy một số hạn chế của phương pháp như: phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ trong ngày, chỉ xác định được các “thoát không” với kích thước lớn, không hiệu quả về kinh tế....

Trong khuôn khổ bài báo này nhóm tác giả sẽ trình bày nghiên cứu ảnh hưởng của “thoát không” đến dao động của tấm bê tông bản mặt bằng mô hình số và đề xuất phương pháp xác định “thoát không” tại hiện trường.

## 2. PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 2.1. Dao động của kết cấu chịu tải trọng kích động

Tải trọng kích động là tải trọng tác dụng vào công trình một cách đột ngột với cường độ lớn, rồi giảm nhanh sau một khoảng thời gian tương đối ngắn.



Hình 1. Tải trọng kích động theo thời gian

Ở giai đoạn 2, hệ dao động tự do với các tần số dao động riêng được xác định từ hệ phương trình vi phân dao động tự do có cản của hệ có n bậc tự do (Dave Corelli, et al 1984):

$$[M] \{\ddot{u}\} + [C] \{\dot{u}\} + [K] \{u\} = \{0\} \quad (1)$$

trong đó:

[M], [K] - ma trận khối lượng và ma trận độ cứng;

[C] - ma trận cản, mô hình cản tỷ lệ :

$$[C] = \alpha[M] + \beta[K] \quad (2)$$

Các điều kiện ban đầu tổng quát :

$$\{u\} = \{u_0\}; \quad \{\dot{u}\} = \{\dot{u}_0\} \quad (3)$$

Để giải bài toán dao động riêng có cản, thực hiện hai bước sau :

+ *Bước 1*: Xác định các tần số dao động riêng  $\omega_i$  và ma trận dạng chính  $[\Phi]$ .

Các tần số dao động riêng  $\omega_i$  xác định từ phương trình tần số:

$$\det([K] - \omega^2[M]) = 0 \quad (4)$$

Ma trận dạng chính  $[\Phi]$  xác định từ việc chuẩn hóa ma trận  $[X] = (\{X_1\}, \{X_2\}, \dots, \{X_i\}, \dots, \{X_n\})$  với  $\{X_i\}$  là các véc tơ

dạng dao động riêng. Ma trận dạng  $[\Phi]$  thỏa mãn điều kiện:

$$[\Phi]^T [M] [\Phi] = [E] \quad (5)$$

+ *Bước 2*: sử dụng phương pháp phân tích dạng dao động riêng tìm nghiệm của phương trình (1).

Đặt  $\{u\} = [\Phi]\{v\}$  và sử dụng tính chất trực giao của các dạng dao động riêng, biến đổi phương trình (1) thành phương trình:

$$\left\{ \ddot{v} \right\} + (\alpha[E] + \beta[\omega^2]) \left\{ \dot{v} \right\} + [\omega^2] \{v\} = \{0\} \quad (6)$$

trong đó:  $[\omega^2]$  - ma trận đường chéo với các thành phần trên đường chéo chính là  $\omega_i^2$ .

Khai triển phương trình thứ i của (6) ta được :

$$\ddot{v}_i + (\alpha + \beta \omega_i^2) \dot{v}_i + \omega_i^2 v_i = 0 \quad (7)$$

Nghiệm của (7) có dạng:

$$v_i = e^{-\xi_i \omega_i t} \left( A_i \sin \left( \sqrt{1 - \xi_i^2} \omega_i t \right) + B_i \cos \left( \sqrt{1 - \xi_i^2} \omega_i t \right) \right) \quad (8)$$

trong đó:  $A_i, B_i$  là các giá trị phụ thuộc vào điều kiện ban đầu (3);

$\xi_i$  - tỷ số cản đối với dạng dao động riêng thứ i. Xác định theo công thức :

$$\xi_i = \frac{\alpha + \beta \omega_i^2}{2\omega_i} \quad (9)$$

Viết lại (8) dưới dạng ma trận

$$\{v\} = [A] [ES_t] + [B] [EC_t] \quad (10)$$

Với :

$$[A] = \begin{bmatrix} A_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A_2 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \dots & A_n \end{bmatrix}; \quad [B] = \begin{bmatrix} B_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & B_2 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \dots & B_n \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$[ES_t] = \begin{bmatrix} e^{-\xi_1 \omega_1 t} \sin \left( \sqrt{1 - \xi_1^2} \omega_1 t \right) \\ e^{-\xi_2 \omega_2 t} \sin \left( \sqrt{1 - \xi_2^2} \omega_2 t \right) \\ \cdot \\ e^{-\xi_n \omega_n t} \sin \left( \sqrt{1 - \xi_n^2} \omega_n t \right) \end{bmatrix}; \quad [EC_t] = \begin{bmatrix} e^{-\xi_1 \omega_1 t} \cos \left( \sqrt{1 - \xi_1^2} \omega_1 t \right) \\ e^{-\xi_2 \omega_2 t} \cos \left( \sqrt{1 - \xi_2^2} \omega_2 t \right) \\ \cdot \\ e^{-\xi_n \omega_n t} \cos \left( \sqrt{1 - \xi_n^2} \omega_n t \right) \end{bmatrix} \quad (12)$$

Biến đổi ta được :

$$\{\bar{B}\} = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix} = [\Phi]^{-1} \{u_o\}; \{\bar{A}\} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{bmatrix} = [DM_1]^{-1} \left( [\Phi]^{-1} \{\dot{u}_o\} + [DM_2] \{\bar{B}\} \right) \quad (13)$$

Với :

$$[DM_1] = \begin{bmatrix} \sqrt{1-\xi_1^2} \omega_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{1-\xi_2^2} \omega_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sqrt{1-\xi_n^2} \omega_n \end{bmatrix}; [DM_2] = \begin{bmatrix} \xi_1 \omega_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \xi_2 \omega_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \xi_n \omega_n \end{bmatrix} \quad (14)$$

Vậy nghiệm của hệ phương trình (1) là:

$$\{u\} = [\Phi] \{v\} = [\Phi][A][ES_t] + [\Phi][B] [EC_t] \quad (15)$$

Thay vào bài toán **kết cấu chịu tải kích động** với giả thiết thời gian  $t_1$  nhỏ so với chu kỳ dao động riêng.

Tại thời điểm kết cấu bắt đầu dao động tự do  $t=t_1$ , do dịch chuyển  $\{u(t_1)\}$  rất nhỏ có thể bỏ qua, điều kiện ban đầu  $\{\dot{u}\} = \{\dot{u}(t_1)\}$ .

Thay vào (13) ta có :

$$\{\bar{B}\} = \{0\};$$

$$\{A\} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{bmatrix} = [DM_1]^{-1} [\Phi]^{-1} \{\dot{u}(t_1)\} \quad (16)$$

Nghiệm tổng quát của bài toán dao động của kết cấu chịu tải trọng kích động có dạng:

$$\{u\} = [\Phi][A] [ES_t]. \quad (17)$$

Như vậy dao động của **kết cấu chịu tải trọng kích động** sau thời gian lực tác dụng có thể xem là tổng của các dao động với các tần số trùng với tần số dao động riêng.

## 2.2. Phân tích dao động bằng phương pháp biến đổi Fourier nhanh (FFT)

Được đặt tên theo nhà toán học người Pháp Jean - Baptiste Joseph Fourier cuối thế kỷ 18, biến đổi Fourier là một phép toán biến đổi tín hiệu từ miền thời gian sang miền tần số.

Theo phép phân tích Fourier thì tín hiệu bất kỳ, cho dù phức tạp đến đâu, đều có thể chuyển từ miền thời gian sang miền tần số theo phương trình sau đây (Batenkov D, 2005):

$$X(\omega) = \sum_{-\infty}^{\infty} x[k] e^{-j\omega k} \quad (18)$$

Phương trình này không chỉ đơn thuần là toán học, nó còn mô tả các khối cấu thành các tín hiệu thành từng khối riêng biệt. Cho dù các thành phần của tín hiệu nhỏ hay lớn, chúng đều sẽ xuất hiện trong danh sách thành phần được cung cấp bởi phép biến đổi.

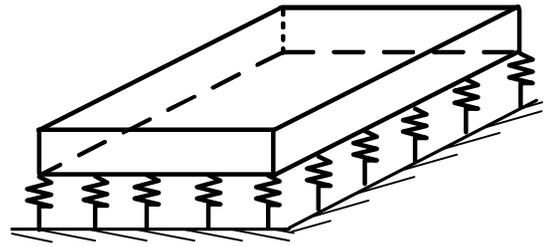
Số lượng phép tính cần thiết để xử lý phương trình này tỉ lệ với chiều dài chuỗi tín hiệu. Các máy tính đầu tiên đã mất hàng trăm giờ để thực hiện một phép biến đổi đơn giản theo các tiêu chuẩn hiện nay. Do đó, kể từ năm 1805 đã có những nỗ lực để nâng cao hiệu quả của thuật toán. Carl Friedrich Gauss đã phát minh ra một phương pháp biến đổi Fourier hiệu quả, tuy nhiên nó vẫn không rõ ràng cho đến khi James Cooley của IBM và John Tukey của Princeton đã khám phá ra thuật toán này và phổ biến nó vào năm 1965. Thuật toán của họ làm giảm đáng kể số lượng phép tính. Đòi hỏi bắt buộc của thuật toán này là số tín hiệu bằng lũy thừa của 2. Thuật toán được gọi là **phương pháp biến đổi Fourier nhanh (FFT)**. Ngay sau khi được giới thiệu nó lập tức tạo nên sự cách mạng trong biến đổi Fourier của các tín hiệu. Với 64000 điểm FFT, thuật toán này nhanh gấp 4000 lần so với phương pháp ban đầu (Batenkov D, 2005).

Sử dụng phép biến đổi FFT **phân tích dao động của kết cấu chịu tác dụng của tải trọng**

**kích động** trong giai đoạn dao động tự do ta có thể xác định được các tần số dao động riêng của kết cấu.

### 2.3 Ảnh hưởng của "thoát không" đến tần số dao động riêng của tấm trên nền đàn hồi

Tấm bê tông bản mặt của đập CFRD thường có chiều dày rất nhỏ so với hai chiều còn lại nên có thể xem như tấm mỏng được đặt trên nền đàn hồi.



Hình 2. Tấm trên nền đàn hồi

Phương trình vi phân dao động tự do của tấm mỏng trên nền đàn hồi (CAO Zhiyuan, 1989):

$$D\nabla^4 w(x, y, t) + k_s \nabla^2 w(x, y, t) + \rho h \frac{\partial^2 w(x, y, t)}{\partial t^2} = 0 \quad (19)$$

Với:  $w(x, y, t)$  – dịch chuyển của tấm

$$\nabla^4 = \frac{\partial^4}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4}{\partial y^4}; \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}; D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (20)$$

D là độ cứng chống uốn của tấm;

E là mô đun đàn hồi;  $\nu$  - hệ số biến dạng ngang;

$k_s$  - hệ số nền.

#### a) Lời giải giải tích:

Trong nghiên cứu của mình đối với tấm hình chữ nhật mỏng trên nền đàn hồi có điều kiện biên là liên kết đơn giản (simply supported plate, hình 3) CAO Zhiyuan (CAO Zhiyuan, 1989) đã tìm ra phương trình xác định tần số dao động riêng như sau:

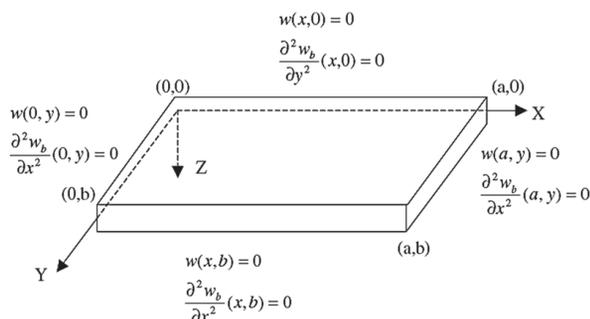
$$\omega_{mn} = \sqrt{\frac{\pi^4 D}{\rho h} \left( \frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right) + \frac{k_s}{\rho h}} \quad (21)$$

với : – trọng lượng riêng của tấm;

$h$  – độ dày của tấm;

$a, b$  – chiều dài và chiều rộng của tấm;

$m, n$  – bước của tần số.



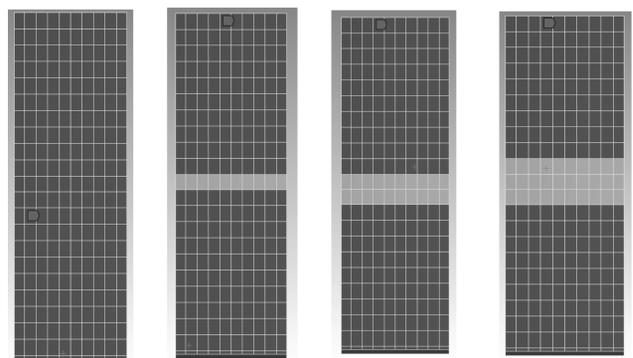
Hình 3. Simply supported plate

Phương trình (21) cho thấy khi giá trị của hệ số

nền giảm thì giá trị của các tần số giao động riêng cũng sẽ giảm. Hiện tượng “thoát không” làm giảm độ cứng trung bình của nền, dẫn đến tần số dao động riêng của tấm bản mặt cũng sẽ giảm theo. Diện tích “thoát không” càng lớn thì tần số dao động riêng sẽ giảm càng rõ rệt.

#### b) Lời giải bằng mô hình số

Lời giải bài toán dao động của tấm trên nền đàn hồi có được bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Để có thể so sánh với kết quả thí nghiệm từ mô hình vật lý, tấm mỏng với kích thước 0,5m x 2,1m x 3cm được mô phỏng bằng phần mềm ANSYS. Tính toán được thực hiện với 4 trường hợp: Không “thoát không”, “thoát không” với bề rộng 10cm, 20cm và 30cm (hình 4).

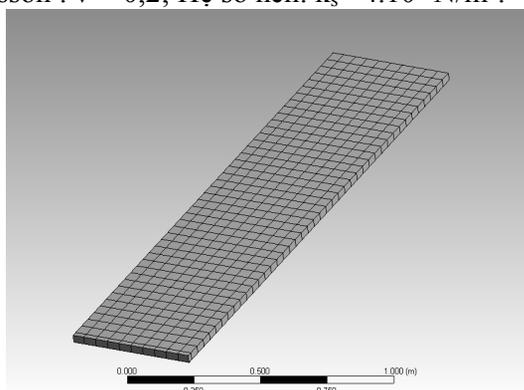


Hình 4. Các trường hợp tính toán

Tấm được làm từ bê tông có:

Mô đun đàn hồi  $E = 2,1.10^7 \text{ kN/m}^2$ ; Hệ số

Poisson :  $\nu = 0,2$ ; Hệ số nền:  $k_s = 4.10^6 \text{ N/m}^3$ .



Hình 5. Lưới phần tử

Kết quả tính toán được thể hiện ở bảng tổng hợp tần số dao động riêng *Bảng 1*.

Nhận xét kết quả:

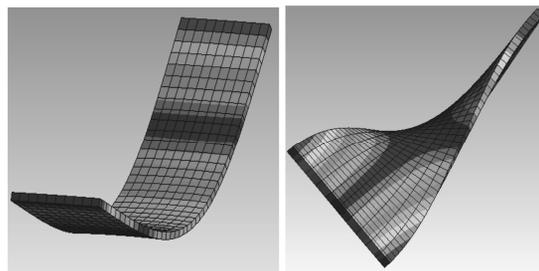
- Hiện tượng “thoát không” làm giảm tần số dao động riêng của tấm mỏng trên nền đàn hồi. Diện tích “thoát không” càng lớn thì giá trị tần số dao động riêng giảm càng nhiều.

- Hiện tượng “thoát không” ảnh hưởng nhiều đến các dạng dao động với tần số thấp và giảm dần đối với các mode dao động tần số cao.

Trong tất cả các dạng dao động thì dạng dao động đầu tiên chịu ảnh hưởng do “thoát không” rõ rệt nhất.

**Bảng 1. Bảng tổng hợp tần số dao động riêng**

Mode	K TK	TK 10cm	TK 20cm	TK 30cm
1	40.028	38.887	37.137	35.008
2	45.574	44.537	43.905	43.538
3	70.71	70.708	70.688	70.658
4	72.025	72.012	71.902	71.733
5	124.05	123.46	122.99	122.58
6	126.41	125.84	125.3	124.79
7	192.14	192.14	192.08	192
8	198.09	198.07	197.95	197.77
9	268.14	267.88	267.69	267.52
10	292.01	291.77	291.62	291.52
11	304.78	304.78	304.78	304.78
12	356.26	356.25	356.18	356.08
13	402.54	402.53	402.44	402.32
14	413.24	413.15	413.06	412.98
15	431.98	431.98	431.97	431.95



Hình 6. Dạng dao động thứ nhất và dạng dao động thứ 2

## 2.4 Đề xuất phương pháp xác định “thoát không” tại hiện trường

Từ các kết quả nghiên cứu đã trình bày ở các phần trước ta có thể rút ra các nhận xét như sau:

- Tấm bê tông bản mặt của đập CFRD thường có chiều dày rất nhỏ so với hai chiều còn lại nên có thể xem như tấm mỏng được đặt trên nền đàn hồi.

- Tần số dao động riêng của tấm bản mặt phụ thuộc vào độ cứng của nền, khi xuất hiện “thoát không” tần số dao động riêng sẽ giảm, diện tích “thoát không” càng lớn thì tần số dao động riêng giảm càng nhiều.

- Tần số dao động riêng của dạng dao động đầu tiên sẽ bị ảnh hưởng bởi hiện tượng “thoát không” rõ ràng nhất.

- Kết cấu chịu tải kích động sau thời gian tác dụng của tải trọng sẽ dao động tự do, dao động này có thể xem là tổng hợp của các dạng dao động riêng.

- Bằng phương pháp phân tích Fourier nhanh ta có thể nhận dạng được các tần số từ tín hiệu đo dao động thu được.

Từ các nhận xét trên nhóm nghiên cứu đề xuất phương pháp xác định “thoát không” tại hiện trường như sau:

Tạo dao động cho tấm bản mặt bằng cách dùng tải trọng kích động tác dụng tại một vị trí xác định và sử dụng đầu đo gia tốc ghi lại phản ứng gia tốc tại các vị trí xung quanh điểm kích động theo thời gian.

Sử dụng biến đổi Fourier nhanh chuyển kết quả đo theo thời gian sang miền tần số ta có thể xác định được các tần số dao động riêng của tấm.

Hiện tượng “thoát không” nếu có sẽ ảnh hưởng đến tín hiệu dao động thu được hay cụ thể là đến tần số dao động riêng của dạng dao động đầu tiên. Theo dõi sự thay đổi của tần số này sẽ chỉ ra được vị trí xảy ra “thoát không”.

### 3. KẾT LUẬN

“Thoát không” có thể gây ra các sự cố nghiêm trọng ảnh hưởng đến an toàn của công trình nên việc phát triển công nghệ nhằm phát hiện “thoát không”, đảm bảo an toàn cho bản mặt khi hồ tích nước đóng vai trò hết sức quan trọng.

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của “thoát không” đến tần số dao động riêng của tấm bê tông bản mặt. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra mối liên hệ giữa diện tích “thoát không” và sự suy giảm độ lớn của các tần số dao động riêng, đặc biệt là tần số của dạng dao động đầu tiên.

Dựa vào lời giải bài toán dao động của kết cấu chịu tải trọng kích động nhóm nghiên cứu đã đề xuất phương pháp xác định “thoát không” tại hiện trường. Phương pháp này dựa trên việc chuyển tín

hiệu dao động của tấm bản mặt khi chịu tải trọng kích động từ miền thời gian sang miền tần số bằng phương pháp biến đổi nhanh Fourier và xác định các tần số dao động riêng. Sau đó phân tích sự thay đổi của giá trị tần số dao động riêng đầu tiên để xác định vị trí “thoát không” tại hiện trường.

Phương pháp này cần được kiểm chứng trên mô hình vật lý và xây dựng quy trình thực nghiệm trước khi đưa vào áp dụng thực tế, phần này sẽ được nhóm nghiên cứu trình bày ở các bài báo tiếp theo.

- **LỜI CẢM ƠN:** Bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ của đề tài ĐTĐL.CN-04/16, “Nghiên cứu công nghệ phát hiện sớm nguy cơ sự cố đê sông, đập đất, đập đá, đập bê tông trọng lực và đề xuất giải pháp xử lý”. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đỗ Anh Chung, Nguyễn Văn Lợi, Vũ Đức Minh, “Áp dụng phương pháp Rada đất để xác định “thoát không” dưới bê tông bản mặt đập Cửa Đạt”, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Tập 29, Số 4, 2013, tr 8-15.
- Đỗ Anh Chung, Vũ Đức Minh, “Đánh giá khả năng phát hiện “thoát không” dưới lớp bê tông lát mái đê và đập bằng phương pháp Nhiệt Hồng ngoại”, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Tập 34, Số 3, 2018, tr 95-106.
- Annan A.P, Sensor & Software Inc., *Ground Penetrating Radar Workshop Note*, 1992.
- Batenkov D, *Fast Fourier Transform*, Key Paper in Computer Science Seminar, 2005.
- CAO Zhiyuan. *Vibration Theory of Plate and Shell [M]*. Beijing: China Railway Publishing House, 1989.
- Dave Corelli, David L. Brown, Impact Testing Consideration Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Modal Analysis Conferenc, 1984.

#### Abstract:

#### RESEARCH ON THE EFFECT OF “FACE SLAB DISPATCH” ON THE VIBRATION OF THE CONCRETE FACE SLAB

“Face slab dispatch” is the phenomenon of appearing gaps under the concrete face slab of concrete faced rock-fill dam (CFRD) due to deformation of dam body and buffer layers. “Face slab dispatch” is particularly serious because this phenomenon can lead to the redistribution of stress and change the working mechanism of the concrete face slab leading to the reduce of waterproofing and longevity of the construction. More seriously, “face slab dispatch” can lead to the collapse of the upstream concrete face slab, then collapsing the dam. In this paper, the results of the research on the effect of “face slab dispatch” on the vibration of the concrete face slab are presented, thereby proposing a method for determining “face slab dispatch” in the field.

**Keywords:** CFRD, “Face slab dispatch” phenomenon, slab vibration, elastic foundation, fluctuating load.

---

Ngày nhận bài: 10/5/2020

Ngày chấp nhận đăng: 11/6/2020