

## MÔ PHÒNG PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH “THOÁT KHÔNG” DƯỚI TẦM BÊ TÔNG BẢN MẶT BẰNG MÔ HÌNH SỐ

Nguyễn Thái Hoàng<sup>1</sup>, Nguyễn Công Thắng<sup>1</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 mô phỏng phương pháp thực nghiệm xác định “thoát không” bằng mô hình số để kiểm tra tính khả thi của phương pháp được đề xuất.

**Từ khóa:** đập CFRD, hiện tượng “thoát không”, tần số dao động riêng, tải trọng kích động.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đập đá đổ bê tông bản mặt (CFRD) hiện nay được ứng dụng tương đối phổ biến trên thế giới đặc biệt là ở các nước phát triển. Đập CFRD được chống thấm bằng bản mặt bê tông phía thượng lưu. Bản mặt nối với bản chân và bản chân nối liền với nền đá móng đập. Móng đập dưới bản chân được khoan phụt xi măng chống thấm như các loại đập bê tông khác.

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. Với những ưu điểm đó loại đập này đã và đang được xây dựng ngày càng nhiều, hình thức bố trí mặt cắt đập ngày càng được nghiên cứu hoàn thiện và đạt hiệu quả kinh tế hơn.

Nhật Bản là nước đặt tiền đề cho việc phát triển CFRD, trong thập kỷ 70 của thế kỷ 20 ở nước này đã xây dựng được rất nhiều CFRD với chiều cao lớn. Ở các nước khác cũng có hàng loạt CFRD ra đời, đến năm 2004, căn cứ vào thống kê

chưa đầy đủ về các đập đang và đã xây dựng xong từ sau năm 1966, trên toàn thế giới đã có 260 đập, trong đó đập cao trên 100m có 78 đập.

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.

---

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

<sup>2</sup> Khoa Công Trình, Trường Đại học Thủy lợi

“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 tấm 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 trước khi tích nước để đưa vào vận hành và 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) (Annan A.P, 1992) tuy nhiên việc ứng dụng phương pháp này có những hạn chế nhất định (Đỗ Anh Chung, ntk 2013).

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của “thoát không” đến dao động của tấm bê tông bản mặt của nhóm tác giả trong (Nguyễn Thái Hoàng, ntk 2020) đã đưa ra được các kết luận 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 kết quả trên nhóm nghiên cứu đề xuất

phương pháp xác định “thoát không” tại hiện trường gồm các bước:

Bước 1: 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.

Bước 2: Sử dụng biến đổi Fourier nhanh chuyển kết quả đo theo thời gian sang miền tần số để xác định tần số dao động riêng ứng với dạng dao động đầu tiên của tấm.

Bước 3: Theo dõi sự thay đổi của tần số này để chỉ ra vị trí xảy ra “thoát không”.

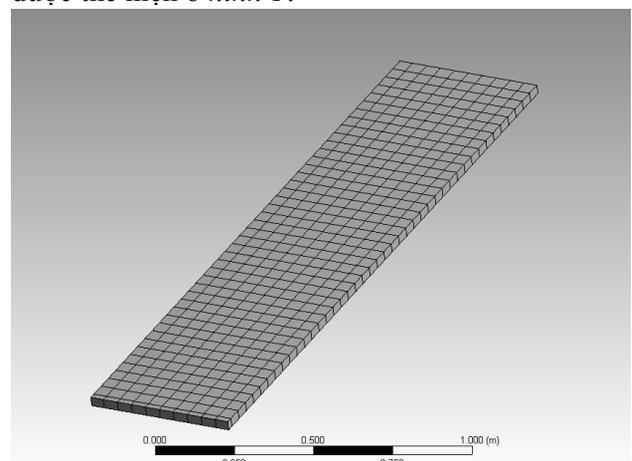
Trong khuôn khổ bài báo này nhóm tác giả sẽ trình bày kết quả mô phỏng phương pháp trên bằng mô hình số để kiểm tra tính khả thi của phương pháp trước khi áp dụng thực tế tại hiện trường.

## 2. PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 2.1. Phương pháp nghiên cứu

Tấm bê tông bản mặt của đập CFRD được xem như tấm mỏng đặt trên nền đàn hồi. Lời giải bài toán dao động của tấm trên nền đàn hồi chịu tác dụng của tải trọng kích động có được bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

Để có thể so sánh kết quả thu được trên mô hình số và kết quả từ mô hình vật lý, tấm mỏng với kích thước 0,5m x 2,12m x 3cm được mô phỏng bằng phần mềm ANSYS. Lưới phần tử được thể hiện ở hình 1:



Hình 1. Lưới phần tử

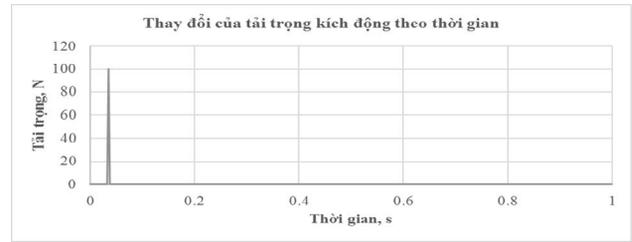
Tấm được làm từ bê tông có:

Mô đun đàn hồi  $E = 2,1.10^7 \text{ kN/m}^2$ ; Hệ số Poisson :  $\nu = 0,2$ ; Hệ số nền:  $k_s = 4.10^6 \text{ N/m}^3$ .

Hiện tượng “thoát không” là hiện tượng mất tiếp xúc giữa tấm bê tông bản mặt và lớp đệm. Nhóm nghiên cứu mô phỏng hiện tượng “thoát không” trên mô hình số bằng cách bỏ liên kết với nền tại các vị trí giả định có “thoát không”.

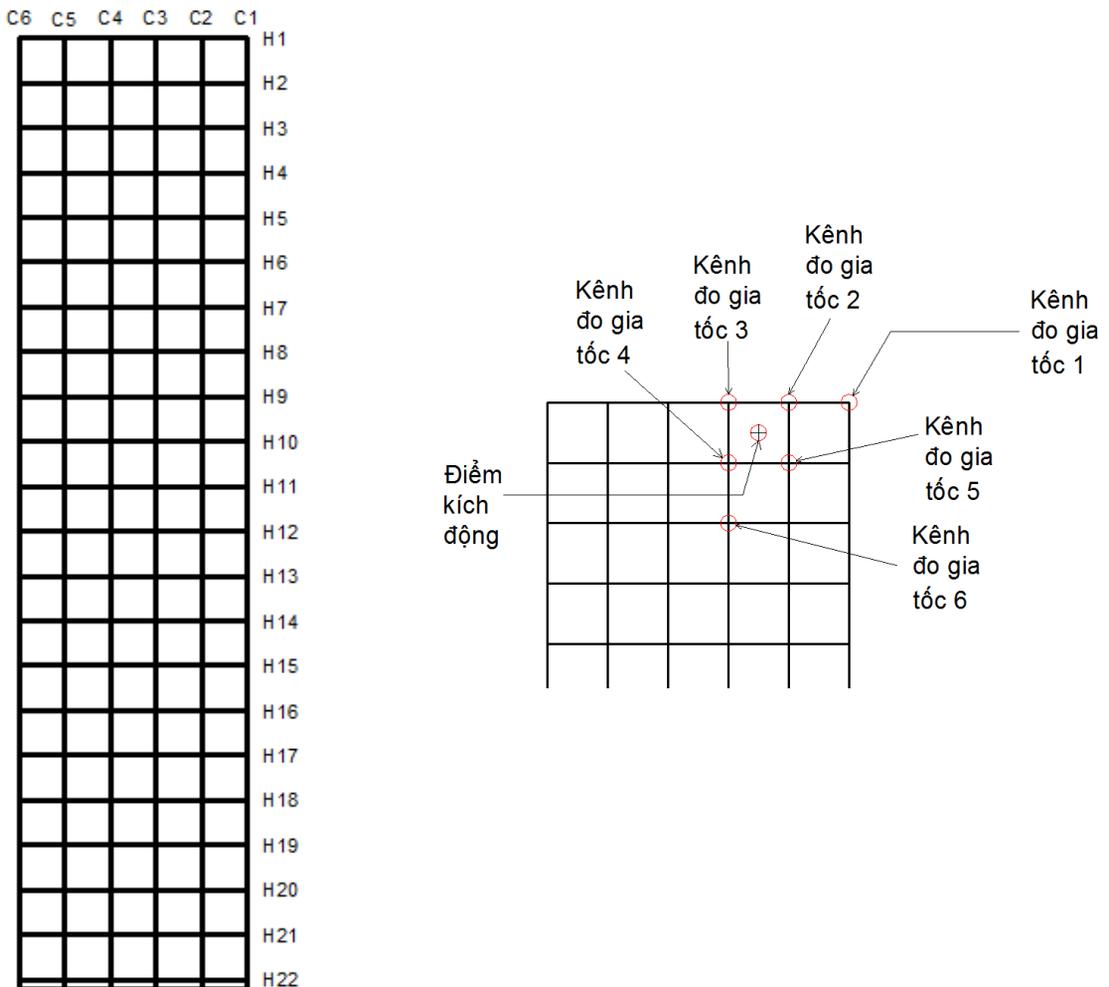
Để theo dõi sự thay đổi của tần số dao động riêng tấm bê tông được chia thành các hàng và cột có khoảng cách giữa các hàng và các cột là 10cm. Tạo dao động cho tấm bằng một tải trọng kích động tác dụng lên tấm theo phương vuông góc với tấm trong thời gian ngắn, sau đó xác định sự thay đổi của giá trị gia tốc tại các điểm xung quanh theo thời gian.

Thay đổi của tải trọng kích động theo thời gian được thể hiện như hình 2.



Hình 2. Biểu đồ thay đổi của tải trọng kích động theo thời gian

Sơ đồ các hàng cột, vị trí điểm kích động và vị trí các điểm đo gia tốc ở lần tính toán đầu tiên thể hiện ở hình 3.



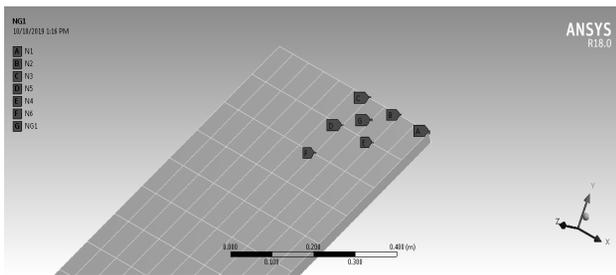
Hình 3. Sơ đồ các hàng, cột và tương quan vị trí điểm kích động, điểm đo gia tốc ở lần tính toán đầu tiên

Số lượng điểm đo gia tốc bằng với số đầu đo gia tốc của Phòng Thí Nghiệm Bộ môn Sức bền – Kết cấu và được sắp xếp theo sơ đồ như hình 3 để có thể khảo sát được ảnh hưởng của khoảng cách từ điểm gõ đến vị trí đo cũng như ảnh hưởng của vị trí gõ đến các tần số dao động riêng được nhận dạng.

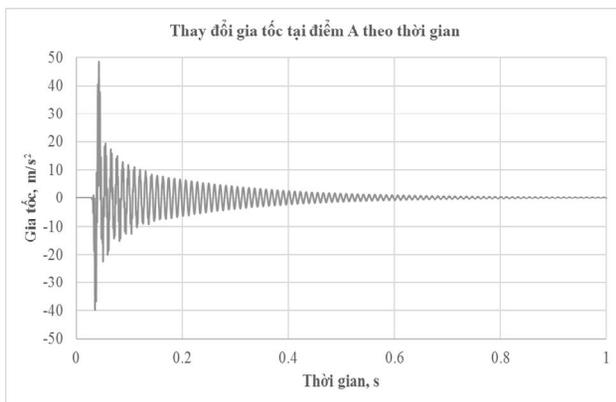
Để khảo sát ảnh hưởng của “thoát không” cũng như diện tích vùng “thoát không” đến tần số dao động riêng, nhóm nghiên cứu thực hiện tính toán cho 3 trường hợp: Không “thoát không” (TH1), “thoát không” ít (TH2) và “thoát không” nhiều (TH3). Vị trí và diện tích “thoát không” trong các trường hợp tính toán sẽ được trình bày ở phần tiếp theo.

## 2.2. Kết quả nghiên cứu

### a) Trường hợp tấm không “thoát không” (TH1)



Hình 4. Vị trí điểm kích động và điểm đo gia tốc ở lần tính toán đầu tiên trên mô hình số TH1



Hình 5. Biểu đồ thay đổi gia tốc tại điểm A theo thời gian TH1

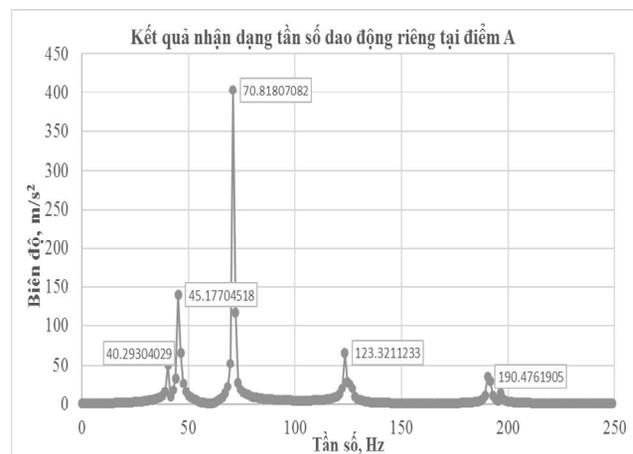
Với mỗi số liệu đo gia tốc, thực hiện biến đổi Fourier sang miền tần số để xác định các tần số dao động riêng. Biến đổi Fourier là một phép toán biến đổi tín hiệu từ miền thời gian sang miền tần số được đặt tên theo nhà toán học người Pháp Jean - Baptiste Joseph Fourier cuối thế kỷ 18.

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) :

$$X(\omega) = \sum_{-\infty}^{\infty} x[k]e^{-j\omega nk} \quad (1)$$

Phương trình này không chỉ đơn thuần là toán học, nó còn chuyển các khối cấu thành các tín hiệu thành từng khối riêng biệt. Kết quả biến đổi Fourier cho ta phổ tần số (frequency spectrum), phổ tần số đạt giá trị cực trị tại các tần số dao động riêng của hệ.

Kết quả nhận dạng tần số dao động riêng tại điểm A (TH1) được thể hiện như hình 6.



Hình 6. Kết quả nhận dạng tần số dao động riêng tại điểm A (TH1)

Nhìn vào hình 6 ta xác định được tần số dao động riêng đầu tiên tại điểm A là 40,29 Hz.

Tiến hành tương tự cho các điểm còn lại và các lần tính toán tiếp theo trên toàn bộ tám nghiên cứu. Kết quả được tổng hợp ở Bảng 1.

**Bảng 1. Tần số dao động riêng đầu tiên trường hợp tấm không “thoát không”**

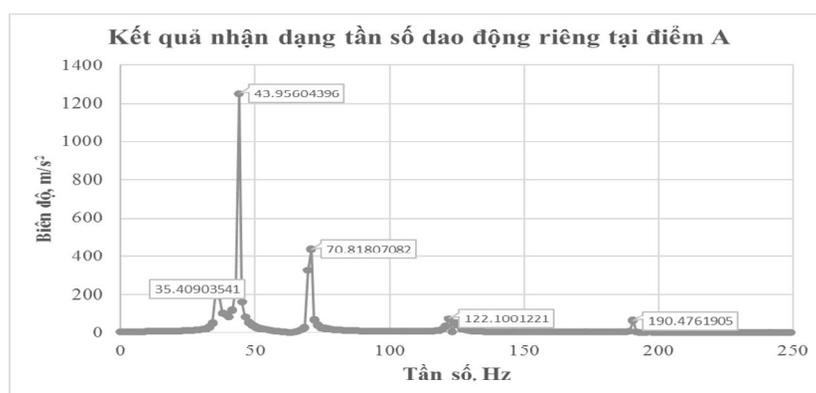
C6	C5	C4	C3	C2	C1	
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H1
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H2
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H3
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H4
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H5
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H6
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H7
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H8
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H9
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H10
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H11
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H12
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H13
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H14
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H15
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H16
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H17
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H18
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H19
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H20
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H21
40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	40.29	H22

**b) Trường hợp tấm “thoát không” ít (TH2).**

Tiến hành tương tự như đối với trường hợp tấm không “thoát không”. Kết quả nhận dạng tần số dao động riêng của điểm A ở lần tính toán đầu tiên

được thể hiện ở hình 7.

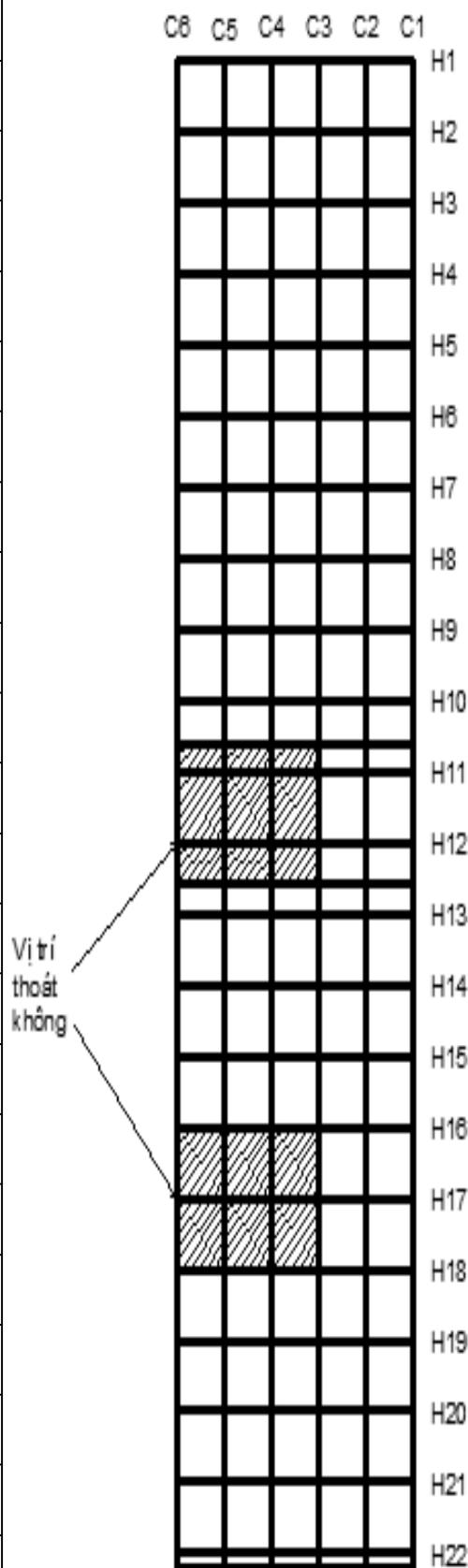
Tổng hợp kết quả xác định tần số dao động đầu tiên được thể hiện ở *Bảng 2*.



Hình 7. Kết quả nhận dạng tần số dao động riêng tại điểm A (TH2)

**Bảng 2. Tần số dao động riêng đầu tiên trường hợp tấm “thoát không” ít**

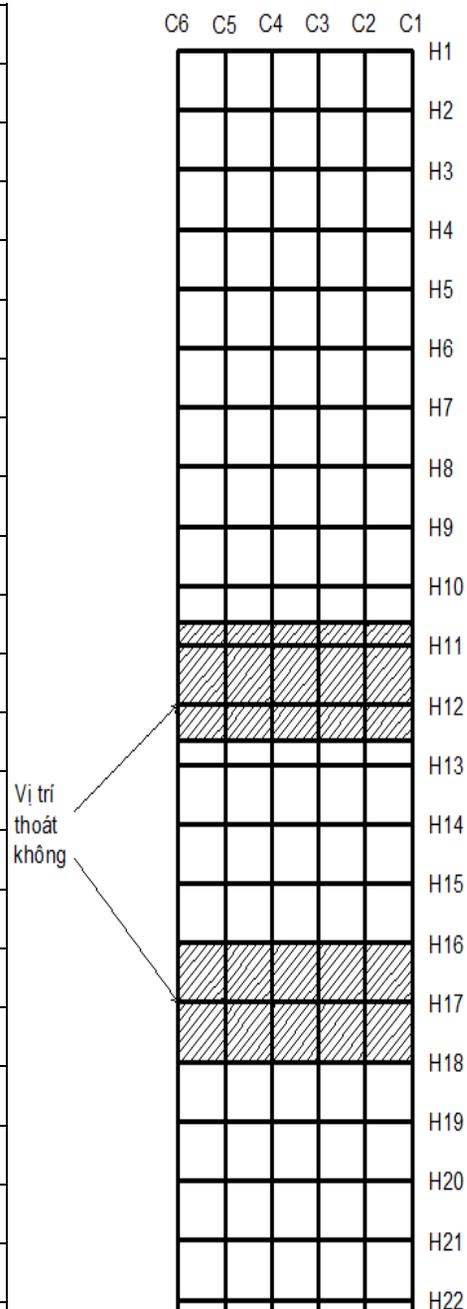
C6	C5	C4	C3	C2	C1	
35.41	35.41	35.41	39.07	39.07	39.07	H1
35.41	35.41	35.41	39.07	39.07	39.07	H2
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H3
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H4
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H5
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H6
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H7
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H8
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H9
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H10
34.19	34.19	34.19	35.41	35.41	35.41	H11
34.19	34.19	34.19	35.41	35.41	35.41	H12
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H13
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H14
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H15
5.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H16
34.19	34.19	34.19	35.41	35.41	35.41	H17
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H18
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H19
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H20
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H21
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H22



**b) Trường hợp tấm “thoát không” nhiều (TH3)**

Tiến hành tương tự như đối với 2 trường hợp trước. Tổng hợp kết quả xác định tần số dao động đầu tiên được thể hiện ở *Bảng 3*.

C6	C5	C4	C3	C2	C1	
35.41	35.41	36.63	36.63	36.63	35.41	H1
35.41	35.41	36.63	36.63	35.41	35.41	H2
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H3
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H4
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H5
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H6
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H7
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H8
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H8
35.41	35.41	34.19	35.41	34.19	34.19	H9
34.19	34.19	35.41	34.19	34.19	35.41	H10
32.97	32.97	32.97	32.97	32.97	32.97	H11
32.97	32.97	32.97	32.97	32.97	32.97	H12
34.19	34.19	35.41	35.41	34.19	34.19	H13
34.19	34.19	35.41	35.41	34.19	34.19	H14
35.41	34.19	34.19	35.41	34.19	34.19	H15
34.19	34.19	34.19	34.19	34.19	34.19	H16
32.97	32.97	32.97	32.97	32.97	32.97	H17
34.19	34.19	34.19	34.19	34.19	34.19	H18
34.19	34.19	35.41	35.41	34.19	34.19	H19
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H20
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H21
35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	35.41	H22



**d) Nhận xét kết quả nghiên cứu trên mô hình số**

Từ các kết quả nghiên cứu trên mô hình số có thể rút ra một số nhận xét:

1) Khoảng cách từ điểm kích động đến vị trí đo không ảnh hưởng đến tần số dao động riêng được nhận dạng.

2) Nhìn vào bảng tổng hợp kết quả *Bảng 1* ta có thể thấy đối với trường hợp tấm không có “thoát không” tần số dao động riêng đầu tiên thu được tại các vị trí khác nhau là đồng nhất trên toàn bộ diện tích của tấm.

3) So sánh kết quả thu được giữa trường hợp

chưa “thoát không” và có “thoát không” ta thấy với các tấm có “thoát không” thì tần số đầu tiên sẽ giảm so với chưa “thoát không”.

4) So sánh kết quả thu được giữa trường hợp tấm “thoát không ít” và tấm có “thoát không nhiều” cho thấy diện tích “thoát không” càng lớn thì tần số đầu tiên tại vị trí “thoát không” giảm càng nhiều.

5) Trên cùng một tấm có “thoát không”, càng tiến đến gần khu vực “thoát không” thì tần số đầu tiên có xu hướng giảm xuống, và giá trị tần số bé nhất thu được tại các vị trí có “thoát không”.

Như vậy phương pháp sử dụng tải trọng kích động, thu tín hiệu gia tốc đề từ đó nhận dạng tần số dao động riêng đầu tiên có thể phát hiện ra vị trí “thoát không” dưới tấm bê tông bản mặt.

### 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 mô phỏng phương pháp xác định “thoát không” tại hiện trường bằng mô hình số. Kết quả nghiên cứu trên mô hình số đã cho thấy tính khả thi của phương pháp.

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.

### 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.

Nguyễn Thái Hoàng, Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Cảnh Thái, “Nghiên cứu ảnh hưởng của thoát không đến dao động của tấm bên tông bản mặt”, Tạp chí Khoa Học Kỹ Thuật Thủy Lợi Môi Trường, Số 69, 2020, tr, 79-85.

Annan A.P, Sensor & Software Inc., *Ground Penetrating Radar Workshop Note*, 1992.

Batenkov D, *Fast Fourier Transform*, Key Paper in Computer Science Seminar, 2005.

#### Abstract:

#### EXPERIMENTAL METHOD TO DETERMINE “FACE SLAB DISPATCH” UNDER 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. The paper presents simulation results of empirical method to determine “face slab dispatch” by numerical model to test the feasibility of the proposed method.*

**Keywords:** CFRD, “Face slab dispatch” phenomenon, slab vibration, free oscillation frequency, fluctuating load.

---

Ngày nhận bài: 26/4/2021

Ngày chấp nhận đăng: 10/6/2021