

**THỰC NGHIỆM TRÊN MÔ HÌNH VẬT LÝ HOÀN THIỆN PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH “THOÁT KHÔNG” DƯỚI TẦM BÊ TÔNG BẢN MẶT**

Nguyễn Thái Hoàng<sup>1</sup>, Nguyễn Công Thắng<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** CFRD là đập đá đổ được chống thấm bằng các tấm bê tông bản mặt. Các đập CFRD khi đưa vào sử dụng thường có biến dạng lớn của thân đập dẫn đến hiện tượng mất tiếp xúc giữa tấm bê tông bản mặt và phần còn lại của thân đập. Kết quả tạo ra khoảng trống giữa tấm bê tông bản mặt và lớp đệm, hiện tượng này được các nhà nghiên cứu gọi là hiện tượng “thoát không”. Hiện tượng “thoát không” thay đổi cơ chế làm việc của tấm bê tông bản mặt, có thể dẫn đến sự cố sập gây ảnh hưởng đến an toàn của công trình.

Tính khả thi của phương pháp phân tích dao động xác định “thoát không” tại hiện trường đã được chứng minh bằng mô hình số. Trong khuôn khổ bài báo này nhóm nghiên cứu sẽ trình bày kết quả thực nghiệm trên mô hình vật lý nhằm khẳng định các kết quả thu được từ các nghiên cứu trên mô hình số đồng thời xây dựng quy trình thực nghiệm trước khi đưa vào áp dụng thực tế tại hiện trường.

**Từ khóa:** Đập CFRD, hiện tượng “thoát không”, mô hình vật lý, phương pháp phân tích dao 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 những 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 các vật liệu sẵn có, tăng cường được khả năng cơ giới hóa thi công, nên đã làm 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.

Tính đến năm 2004, căn cứ vào thống kê chưa đầy đủ, từ sau năm 1966, trên toàn thế giới đã có 260 đập, trong đó đập cao trên 100m có 78 đập. Tại Việt Nam 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 tấm bê tông bản mặt và phần còn lại của thân đập. Kết quả tạo ra khoảng trống giữa tấm bê tông bản mặt và lớp đệm, hiện tượng này được các nhà nghiên cứu gọi là hiện tượng “thoát không”.

“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 gây 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

---

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

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, nnk 2013).

Từ các kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của “thoát không” đến dao động của tấm bê tông bản mặt trong (Nguyễn Thái Hoàng, nnk 2020) nhóm nghiên cứu đề xuất phương pháp phân tích dao động để 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 (Nguyễn Thái Hoàng, nnk 2021) nhóm tác giả đã sử dụng mô hình số để mô phỏng phương pháp phân tích dao động xác định “thoát không” tại hiện trường. Kết quả nghiên cứu trên mô hình số đã cho thấy tính khả thi của phương pháp.

Trong khuôn khổ bài báo này nhóm nghiên cứu sẽ trình bày kết quả thực nghiệm trên mô hình vật lý nhằm khẳng định các kết quả thu được từ các nghiên cứu trên mô hình số đồng thời xây dựng quy trình thực nghiệm trước khi đưa vào áp dụng thực tế tại hiện trường.

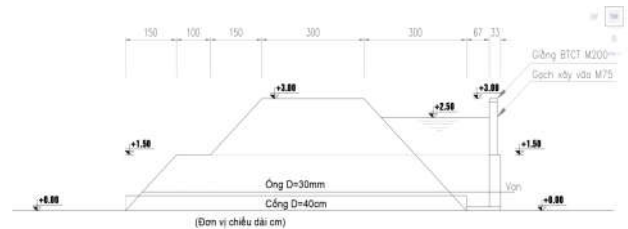
## 2. PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 2.1. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.1.1. Xây dựng mô hình vật lý

Để phục vụ nghiên cứu các sự cố về thấm, trong khuôn khổ đề tài ĐTĐL.CN-04/16,

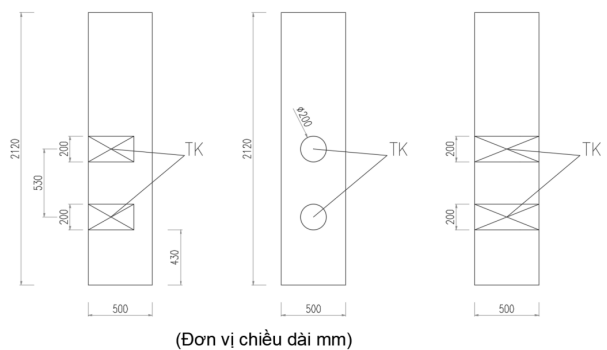
“Nghiên cứu công nghệ phát hiện sớm nguy cơ sự cố đê sông, đập đất, đập đá, đập bê tông trọng lực và đề xuất giải pháp xử lý” đã xây dựng một mô hình vật lý tỷ lệ lớn bằng đất đồng chất (hình 1). Trên cơ sở mô hình có sẵn, nhóm nghiên cứu sẽ sử dụng mái hạ lưu phục vụ thí nghiệm xác định hiện tượng thoát không phía dưới tấm bê tông bản mặt nhằm kiểm tra lại các kết quả thu được từ nghiên cứu trên mô hình số.



Hình 1. Mô hình vật lý tỷ lệ lớn

Với chiều dày của tấm mỏng là 3cm, qua nghiên cứu nhóm tác giả quyết định sử dụng xi măng lưới thép đúc trực tiếp 4 tấm mỏng lên mái hạ lưu với 3 trường hợp “thoát không” có diện tích khác nhau được bố trí trước và 1 tấm không có “thoát không” để tiến hành so sánh.

Vị trí các “thoát không” trên mô hình vật lý được thể hiện trên hình 2 và quá trình xây dựng mô hình hình 3.



Hình 2. Sơ đồ các vị trí các “thoát không” trên mô hình vật lý (theo thứ tự : diện tích “thoát không” trung bình, diện tích “thoát không” nhỏ và diện tích “thoát không” lớn)



Hình 3. Quá trình xây dựng mô hình vật lý

### 2.1.2. Thí nghiệm xác định tần số dao động riêng của tấm bê tông bản mặt trên mô hình vật lý

#### a) Thiết bị thí nghiệm :

- Bộ thiết bị đo dao động RION DA-40
- Búa
- Đầu đo gia tốc.

Đầu đo gia tốc được gắn vào các vị trí trên tấm bê tông bản mặt, bộ thiết bị đo dao động được kết nối với đầu đo gia tốc. Số liệu đo được ghi lại vào thẻ nhớ và sau đó được phân tích thông qua phần mềm chuyên dụng.

#### b) Phương pháp thí nghiệm

Bước 1: Chia bản mặt của các tấm mô hình vật lý thành các hàng và cột cách nhau 10cm.

Bước 2: Gắn đầu đo gia tốc vào các vị trí được đánh dấu trước.

Bước 3: Tạo dao động cho tấm bê tông bản mặt bằng cách sử dụng búa kích động lên tấm bê tông theo phương thẳng đứng. Thiết bị đo ghi lại phản ứng gia tốc tại nút theo thời gian.

Thực hiện nhiều lần đo tương tự như trên cho toàn bộ bề mặt các tấm bê tông mô hình vật lý thu được bộ số liệu gia tốc tương ứng cho từng tấm.

#### c) Xử lý kết quả thí nghiệm:



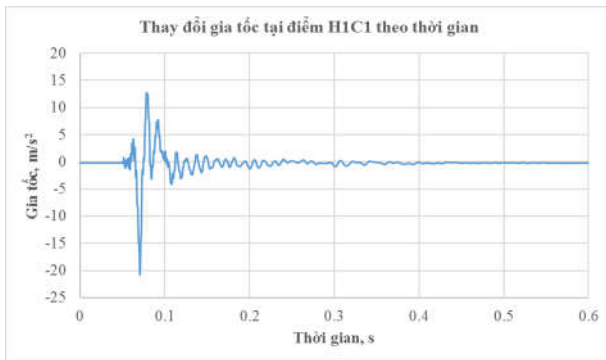
Hình 4. Quá trình thực nghiệm trên mô hình vật lý

Với mỗi số liệu đo gia tốc tương ứng thu được từ thí nghiệm, thực hiện biến đổi Fourier sang miền tần số để nhận dạng các tần số dao động riêng đặc biệt là tần số của dạng dao động đầu tiên.

Sơ đồ các hàng cột, vị trí điểm kích động và vị trí các điểm đo gia tốc giống thí nghiệm trên mô hình số (Nguyễn Thái Hoàng, ntk 2021).

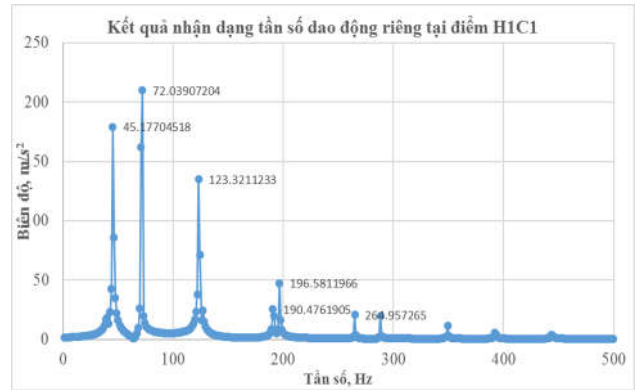
## 2.2. Kết quả nghiên cứu

### 2.2.1. Trường hợp tấm không “thoát không”



Hình 5. Biểu đồ thay đổi gia tốc tại điểm H1C1 theo thời gian

Kết quả nhận dạng tần số dao động riêng tại điểm H1C1 (TH1) được thể hiện như hình 6.



Hình 6. Kết quả nhận dạng tần số dao động riêng tại điểm H1C1 (TH1)

Nhìn vào hình 5 ta xác định được tần số dao động riêng đầu tiên tại điểm H1C1 là 45,177 Hz.

Tiến hành tương tự cho các điểm còn lại và các lần tính toán tiếp theo trên toàn bộ tấm 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	
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H1
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H2
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H3
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H4
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H5
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H6
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H7
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H8
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H9
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H10
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H11
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H12
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H13
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H14
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H15
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H16
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H17

C6	C5	C4	C3	C2	C1	
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H18
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H19
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H20

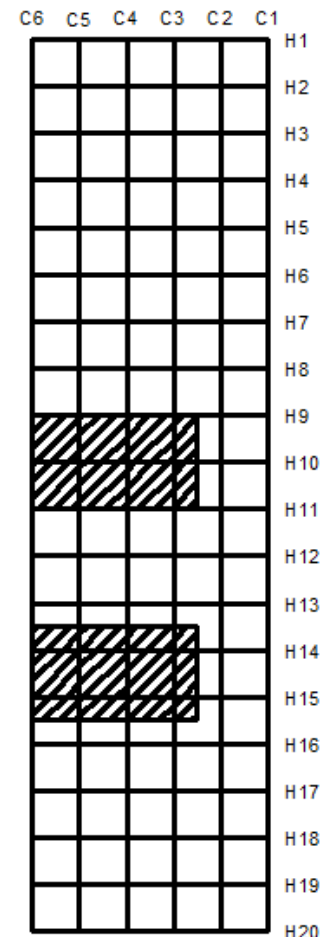
**2.2.2. Trường hợp tấm “thoát không” với diện tích trung bình**

Tiến hành tương tự như đối với trường hợp

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

**Bảng 2. Tần số dao động riêng đầu tiên trường hợp tấm “thoát không” diện tích trung bình**

C6	C5	C4	C3	C2	C1	
42.735	42.735	43.956	42.735	42.735	42.735	H1
42.735	42.735	43.956	42.735	42.735	42.735	H2
42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	H3
42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	H4
42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	H5
42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	H6
42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	H7
41.514	41.514	42.735	42.735	42.735	42.735	H8
41.514	41.514	41.514	42.735	42.735	42.735	H9
40.293	40.293	40.293	42.735	42.735	42.735	H10
41.514	41.514	41.514	42.735	42.735	42.735	H11
41.514	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	H12
41.514	41.514	41.514	42.735	42.735	42.735	H13
40.293	40.293	40.293	42.735	42.735	42.735	H14
40.293	40.293	40.293	42.735	42.735	42.735	H15
41.514	41.514	41.514	42.735	42.735	42.735	H16
42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	H17
42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	H18
42.735	42.735	43.956	43.956	42.735	42.735	H19
42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	H20

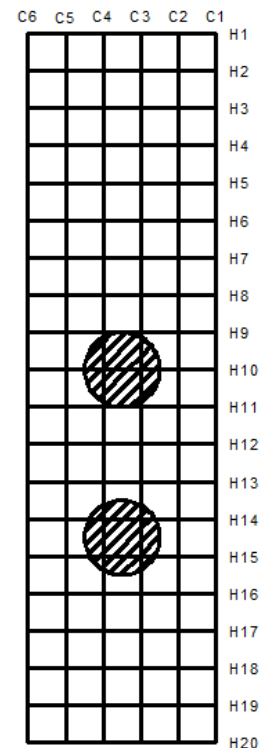


**2.2.3. Trường hợp tấm “thoát không” với diện tích nhỏ**

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*.

	C5	C4	C3	C2	C1	
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H1
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H2
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H3
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H4
45.177	45.177	43.956	43.956	43.956	45.177	H5
45.177	45.177	43.956	43.956	43.956	45.177	H6
45.177	43.956	43.956	43.956	43.956	45.177	H7
45.177	43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	H8
43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	H9
43.956	43.956	42.735	42.735	43.956	43.956	H10
43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	H11
43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	H12
43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	H13
43.956	43.956	42.735	42.735	43.956	43.956	H14
43.956	43.956	42.735	42.735	43.956	43.956	H15
43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	43.956	H16
45.177	43.956	43.956	43.956	43.956	45.177	H17
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H18
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H19
45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	45.177	H20

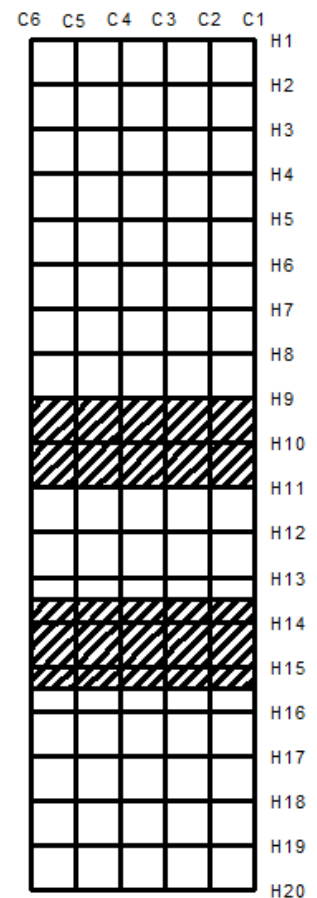


**2.2.4. Trường hợp tằm “thoát không” với diện tích lớn**

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	
39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	H1
39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	H2
39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	H3
39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	H4
39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	H5
39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	H6
39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	H7
39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	H8
37.851	37.851	37.851	37.851	37.851	37.851	H9
37.851	37.851	37.851	37.851	37.851	37.851	H10
35.409	35.409	35.409	35.409	35.409	35.409	H11
37.851	37.851	37.851	37.851	37.851	37.851	H12
36.63	36.63	36.63	36.63	36.63	36.63	H13
36.63	36.63	36.63	36.63	36.63	36.63	H14
35.409	35.409	35.409	35.409	35.409	35.409	H15
35.409	35.409	35.409	35.409	35.409	35.409	H16
37.851	37.851	37.851	37.851	37.851	37.851	H17
37.851	37.851	37.851	37.851	37.851	37.851	H18
39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	H19
39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	39.072	H20



### 2.2.5. Nhận xét kết quả nghiên cứu trên mô hình vật lý

Từ các kết quả nghiên cứu trên mô hình vật lý 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”. Diện tích “thoát không” càng lớn thì tần số đầu tiên giảm càng nhiều.

4) 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”.

5) Kết quả trên MHVL và MHS (Nguyễn Thái Hoàng, nnk 2021) trùng nhau khẳng định độ tin cậy của phương pháp phân tích dao động xác định hiện tượng “thoát không” tại hiện trường.

## 2.3. Đề xuất quy trình thực nghiệm tại hiện trường

### 2.3.1. Dụng cụ đo

Bộ thiết bị đo gia tốc, biến dạng và chuyển vị động gồm máy đo, đầu đo gia tốc và dây đo.

- Yêu cầu về máy đo:

+ Tốc độ lấy mẫu: từ  $10^{-3}$ s đến 60s;

+ Gia tốc đến 4G.

- Yêu cầu về đầu đo gia tốc:

+ Chung loại: phù hợp với máy đo.

+ Gia tốc lớn nhất đến 4G.

+Số lượng phải lớn hơn 33,33% số lượng điểm đo.

- Yêu cầu về dây đo:

+ Chung loại: dây đồng 5 sợi bọc nhựa có sơn màu kí hiệu các sợi riêng biệt.

+ Diện tích mỗi sợi  $\geq 0,5\text{mm}^2$ .

+ Điện trở suất dây đo nhỏ.

### 2.3.2. Công tác chuẩn bị hiện trường

Bước 1: Tiếp cận vị trí đo, đánh dấu và làm

phẳng, nhẵn các vị trí đo gia tốc, vị trí tác động lực trên tấm bê tông bản mặt. Đánh dấu và ký hiệu các kênh đo.

Bước 2: Xác định vị trí đặt máy đo và đi dây đo, cách di chuyển máy đo và dây đo từ vị trí này sang vị trí khác.

Bước 3: Đấu nối lắp đặt thiết bị

### 2.3.3. Công tác đo đạc

- Bắt đầu đo đạc, cán bộ thí nghiệm ghi lại thời gian bắt đầu đo, nhiệt độ tại hiện trường và tại từng điểm đo.

- Luôn cập nhật những bất thường vào sổ theo dõi, quan sát các dây đo và máy đo để không bị ảnh hưởng bởi các yếu tố khác.

- Sau mỗi vị trí đo, cán bộ thí nghiệm cần lưu lại kết quả đo

- Di chuyển máy đo, đầu đo đến vị trí tiếp theo và tiến hành tương tự như các lần đo trước.

### 2.3.4. Công tác xử lý kết quả

- Với mỗi số liệu đo gia tốc tương ứng thu được từ thí nghiệm, thực hiện biến đổi Fourier sang miền tần số để nhận dạng các tần số dao động riêng đặc biệt là tần số của dạng dao động đầu tiên.

- Phân tích so sánh để chỉ ra các vị trí có “thoát không” từ kết quả đo đạc

## 3. KẾT LUẬN

Hiện tượng “thoát không” làm phân bố lại ứng suất, thay đổi cơ chế làm việc của tấm bê tông bản mặt dẫn đến việc giảm khả năng chống thấm và tuổi thọ của công trình. Nguy hại hơn hiện tượng này có thể dẫn đến sập gãy bản mặt bê tông phía thượng lưu khiến đập bị phá hủy. Vì vậy việc phát triển các công nghệ nhằm phát hiện hiện tượng “thoát không” để đảm bảo an toàn cho bản mặt khi hồ tích nước là rất cần thiết.

Phương pháp phân tích tần số dao động riêng để xác định “thoát không” dưới các tấm bê tông bản mặt được xây dựng dựa trên quá trình nghiên cứu dao động của tấm trên nền đàn hồi chịu tải trọng kích động bằng mô hình số và mô hình vật lý với nhiều kích bản khác nhau. Kết quả thu được từ mô hình vật lý khẳng định kết quả từ mô hình số cho thấy phương pháp có độ tin cậy cao.

Nhóm nghiên cứu đã xây dựng được quy trình thực nghiệm để áp dụng thực tế tại hiện trường, 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 bê tông bản mặt”, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi Môi trường, Số 69, 2020, tr, 79-85.
- Nguyễn Thái Hoàng, Nguyễn Công Thắng, “Mô phỏng phương pháp thực nghiệm xác định thoát không dưới tấm bê tông bản mặt bằng mô hình số”, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi Môi trường, Số 74, 2021, tr, 76-83.
- 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:

#### EXPERIENCE ON PHYSICAL MODEL TO COMPLETE METHOD DETERMINING “FACE SLAB DISPATCH” UNDER THE CONCRETE FACE SLAB

*CFRD is a type of dam body filled with rockfills or gravels compacted in layers, and also with its face slab as a anti-seepage system. CFRD dams, when put into use, often have large deformations of the dam body, leading to a loss of contact between the concrete slab and the rest of the dam body. The result is a gaps under the concrete face slab, a phenomenon the researchers call the “face slab dispatch”. “Face slab dispatch” is particularly serious because this phenomenon can 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 feasibility of the vibration analysis method to determine "face slab dispatch" in the field has been demonstrated by numerical modeling. In this paper, the research team will present the experimental results on the physical model to confirm the results obtained from the studies on the numerical model and build an experimental procedure before practical use in the field*

**Keywords:** CFRD, “Face slab dispatch” phenomenon, physical model, vibration analysis method.

---

Ngày nhận bài: 15/4/2022

Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2023