



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0004367

(51) **G01P 15/00**
2024.01

(13) **Y**

(21) 2-2025-00426

(22) 06/04/2022

(67) 1-2022-02148

(45) 27/10/2025 451

(43) 27/06/2022 411A

(73) Trường Đại học Thủy Lợi (VN)

175 Tây Sơn, Phường Trung Liệt, Quận Đống Đa, Thành phố Hà Nội

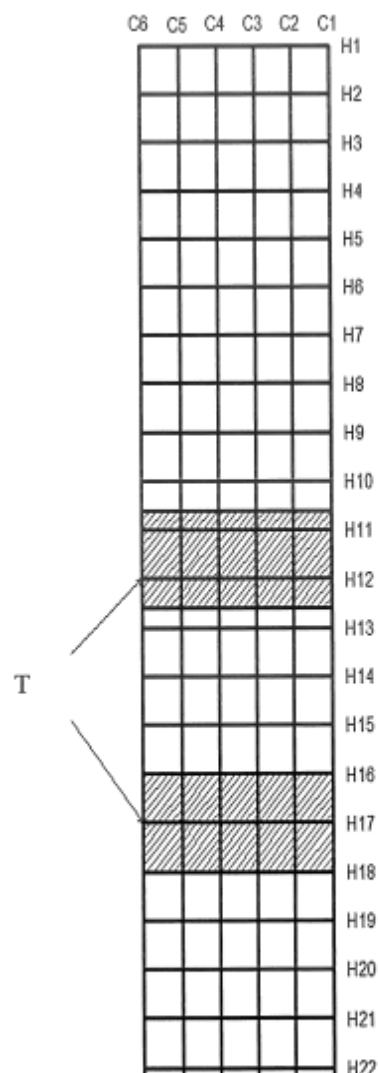
(72) Nguyễn Công Thắng (VN); Nguyễn Thái Hoàng (VN); Nguyễn Cảnh Thái (VN);
Phạm Viết Ngọc (VN).

(74) Công ty TNHH SHTT Hải Hân (HAI HAN IP CO., LTD.)

(54) **PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH THOÁT KHÔNG DƯỚI ĐẬP ĐÁ ĐỒ BÊ TÔNG
BẢN MẶT BẰNG TÀN SỐ DAO ĐỘNG RIÊNG**

(21) 2-2025-00426

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp xác định thoát không dưới đập đá đổ bê tông bản mặt bằng tần số dao động riêng, trong đó phương pháp này bao gồm bước chia tấm bê tông thành các hàng và cột có khoảng cách giữa các hàng và các cột đều nhau, bước gắn đầu đo gia tốc vào các vị trí được đánh dấu trước, bước tác dụng tải trọng kích động lên tấm bê tông theo phương vuông góc với tấm bê tông, bước ghi lại giá trị gia tốc tại các điểm đo theo thời gian, bước thực hiện biến đổi Fourier sang miền tần số để xác định các tần số dao động riêng tại vị trí các điểm đo và bước so sánh các giá trị tần số dao động riêng để xác định được vị trí xảy ra thoát không dưới tấm bê tông.



Hình 9

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp xác định thoát không dưới đập đá đổ bê tông bản mặt bằng tần số dao động riêng, trong đó phương pháp này bao gồm bước chia tấm bê tông thành các hàng và cột có khoảng cách giữa các hàng và các cột đều nhau, bước gắn đầu đo gia tốc vào các vị trí được đánh dấu trước, bước tác dụng tải trọng kích động lên tấm bê tông theo phương vuông góc với tấm bê tông, bước ghi lại giá trị gia tốc tại các điểm đo theo thời gian, bước thực hiện biến đổi Fourier sang miền tần số để xác định các tần số dao động riêng tại vị trí các điểm đo và bước so sánh các giá trị tần số dao động riêng để xác định được vị trí xảy ra thoát không dưới tấm bê tông.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Thoát không của tấm bê tông bản mặt là hiện tượng tấm bê tông bản mặt không bám được vào tầng đệm, do đó 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 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 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.

Một số phương pháp xác định thoát không đã được biết đến trong kỹ thuật chuyên ngành.

Phương pháp radar đất (Ground Penetrating Radar - GPR) 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 nằm trong khoảng từ 10^6 đến 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. Độ sâu thăm thấu của phương pháp phụ thuộc vào tần số của ăng ten phát thu và tính chất vật lý của môi trường địa chất, trong đó phụ thuộc chủ yếu vào giá trị hằng số điện môi tương đối và độ dẫn điện (σ). Tần số càng cao, độ dẫn điện và hằng số điện môi càng lớn thì chiều sâu khảo sát càng nhỏ.

Tại những ranh giới giữa các tầng bê tông với lớp lót luôn luôn tồn tại mặt phản xạ sóng điện từ, với hệ số phản xạ được tính theo công thức sau:

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}}$$

trong đó: ϵ_1 là hằng số điện môi tương đối của môi trường thứ nhất; ϵ_2 là hằng số điện môi tương đối của môi trường thứ hai.

Như vậy ranh giới giữa các môi trường vật chất càng có sự khác biệt về giá trị hằng số điện môi thì áp dụng phương pháp radar đất càng có hiệu quả. Thiết bị của phương pháp radar 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. Độ sâu của phương pháp phụ thuộc vào tần số của ăngten và giá trị hằng số điện môi của

môi trường đất đá. Với cùng một môi trường khảo sát, ăngten có tần số càng thấp thì chiều sâu nghiên cứu càng lớn nhưng độ phân giải càng thấp, còn đối với ăngten tần số càng cao thì ngược lại.

Để khảo sát, xác định các vị trí thoát không nằm dưới lớp bê tông bản mặt thì hệ thống tuyến đo được bố trí theo các tuyến đo song song với mặt đập (có cùng cao độ) trên từng tấm bê tông, độ dài mỗi tuyến đo bằng chiều rộng của tấm bê tông tại vị trí tuyến và khoảng cách giữa các tuyến đo nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,5m/tuyến.

Mặc dù có một số ưu điểm như nêu trên, nhược điểm của phương pháp radar đất là không xác định được chiều dày của thoát không.

Ngoài phương pháp radar đất nêu trên đây, chuyên gia trong lĩnh vực kỹ thuật này còn biết đến phương pháp nhiệt hồng ngoại. Phương pháp này 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). Nó được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp khác nhau.

Nhiệt kế bức xạ là một thiết bị được sử dụng để đo nhiệt độ của một đối tượng. 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 một hệ thống quang học bên trong nhiệt kế bức xạ. 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 bức xạ và đối tượng phát ra nhiệt độ.

Nguyên lý cơ bản được giải thích như sau: các đối tượng có nhiệt độ lớn hơn 0°C tuyệt đối đều phát ra hay tạo ra bức xạ. Bức xạ này phụ thuộc vào nhiệt

độ. Nói chung các bức xạ hồng ngoại được xem là phần lớn các bức xạ nằm trong dải quang phổ điện tử của miền hồng ngoại. Miền này nằm trong quang phổ ánh sáng nhìn thấy. Năng lượng bức xạ từ vật thể được dùng để đo nhiệt độ của nó thông qua việc dùng các thiết bị cảm biến có thể chuyển đổi tín hiệu nhận được thành tín hiệu điện. Các thiết bị đo dựa trên nguyên tắc này được biết đến như nhiệt kế bức xạ quang học (Optical Pyrometer) và nhiệt kế bức xạ (Radiation Pyrometer).

Bê tông là vật liệu có tính chất để cho nhiệt truyền qua từ phía có nhiệt độ cao sang phía có nhiệt độ thấp.

$$\lambda = \frac{Q \cdot a}{F(t_1 - t_2)T} \quad \text{kCal/m.}^{\circ}\text{C.giờ} \quad (2.2)$$

trong đó: Q là nhiệt lượng truyền qua mẫu vật liệu (Kcal);

a là chiều dày mẫu vật liệu thử nghiệm (m);

F là tiết diện chịu nhiệt của mẫu (m^2);

T là thời gian nhiệt lượng truyền qua (giờ);

($t_1 - t_2$) là độ chênh lệch nhiệt độ giữa hai mặt truyền nhiệt.

Như vậy, hệ số truyền nhiệt λ chính là nhiệt lượng Q truyền qua một bức tường dày 1m, có diện tích 1m^2 trong thời gian 1 giờ với độ chênh lệch là 1°C .

Với vật liệu khô trong không khí, λ có thể xác định bởi công thức thực nghiệm gần đúng của Nhê-cra-xốp:

$$\lambda = \sqrt{0.0196 + 0.22 \cdot \gamma_0^2} - 0.14$$

hoặc theo công thức của Vla-xốp: $\lambda\tau = \lambda_0 (1 + 0.002t)$

trong đó: $\lambda\tau$, λ_0 là hệ số truyền nhiệt ở nhiệt độ $\tau^{\circ}\text{C}$ và 0°C và t là nhiệt độ trung bình khi tiến hành thí nghiệm.

Trên thế giới phương pháp nhiệt hồng ngoại đã được áp dụng tại đập Zipingpu ở Trung Quốc. Phương pháp nhiệt hồng ngoại có một số nhược điểm như phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ trong ngày, chỉ xác định được các thoát không với kích thước lớn và không hiệu quả về kinh tế.

Ngoài hai phương pháp xác định thoát không nêu trên đây, chuyên gia trong lĩnh vực này còn biết đến phương pháp đo dao động (dynamic modal testing method). Phương pháp này đã được áp dụng thành công trong việc xác định thoát không phía dưới các tấm bê tông của đường cao tốc cũng như đường băng sân bay.

Trong nghiên cứu của mình, Dongjian Zheng, Lin Cheng, Xiaoqi Li đã dùng mô hình số để xác định sự thay đổi tần số dao động riêng của đập đá đầm nén bản mặt bê tông trên sông Yellow của Trung Quốc. Bằng mô hình số Zheng và các cộng sự đã chỉ ra được sự thay đổi tần số dao động riêng của tấm bê tông bản mặt khi xảy ra hiện tượng thoát không. Phương pháp này mới chỉ dừng ở việc so sánh tần số dao động riêng trong mô hình số, chưa đưa ra được quy trình cụ thể để có thể áp dụng vào thực tế.

Do đó có mong muốn xây dựng được một phương pháp xác định thoát không dưới đập đá đổ bê tông bản mặt bằng tần số dao động riêng tại hiện trường mà có thể dễ dàng thực hiện và có độ tin cậy cao.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất phương pháp xác định thoát không dưới đập đá đổ bê tông bản mặt bằng tần số dao động riêng, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

chia tấm bê tông thành các hàng và cột có khoảng cách giữa các hàng và các cột đều nhau;

gắn đầu đo gia tốc vào các vị trí được đánh dấu trước;

tác dụng tải trọng kích động lên tấm bê tông theo phương vuông góc với tấm bê tông;

ghi lại giá trị gia tốc tại các điểm đo theo thời gian;
 thực hiện biến đổi Fourier sang miền tần số để xác định các tần số dao động riêng tại vị trí các điểm đo; và
 so sánh các giá trị tần số dao động riêng để xác định được vị trí xảy ra thoát không dưới tấm bê tông.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ minh họa tải trọng kích động theo thời gian.

Hình 2 là hình vẽ minh họa sơ đồ các hàng và cột của tấm bê tông bản mặt trong phương pháp xác định thoát không theo giải pháp hữu ích.

Hình 3 là hình vẽ minh họa vị trí điểm kích động và các điểm đo gia tốc.

Hình 4 là hình vẽ minh họa biểu đồ thay đổi của tải trọng kích động theo thời gian.

Hình 5 là hình thể hiện kết quả nhận dạng tần số dao động riêng tại kênh đo gia tốc thứ nhất trong mô hình số trong trường hợp không có thoát không.

Hình 6 là hình thể hiện kết quả nhận dạng tần số dao động riêng tại kênh đo gia tốc thứ nhất trong mô hình số trong trường hợp có thoát không ít.

Hình 7 là hình vẽ minh họa vị trí thoát không trong mô hình số trong trường hợp có thoát không ít.

Hình 8 là hình thể hiện kết quả nhận dạng tần số dao động riêng tại kênh đo gia tốc thứ nhất trong mô hình số trong trường hợp có thoát không nhiều.

Hình 9 là hình vẽ minh họa vị trí thoát không trong mô hình số trong trường hợp có thoát không nhiều.

Mô tả chi tiết phương án thực hiện giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích được mô tả chi tiết dưới đây tham khảo đến các hình vẽ đi kèm.

Cơ sở lý thuyết của phương pháp theo giải pháp hữu ích được giải thích như sau: như được thể hiện trên Hình 1, 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. Dao động của hệ chịu tải trọng kích động được chia làm 2 giai đoạn, cụ thể là giai đoạn 1 là dao động cưỡng bức trong khoảng thời gian từ 0 đến t_1 và giai đoạn 2 là dao động tự do khi $t_1 \leq t$, phụ thuộc vào dịch chuyển và vận tốc tại thời điểm cuối của giai đoạn 1. Ký hiệu P_0 là giá trị lớn nhất mà tải trọng đạt được, $f(t)$ là hàm biểu diễn luật biến đổi của tải trọng theo thời gian, còn gọi là hàm chất tải. Khi thời gian chất tải kích động t_1 là nhỏ so với chu kỳ dao động riêng, có thể thực hiện việc tính toán với giả thiết: khối lượng chỉ bắt đầu chuyển động sau thời gian t_1 . Dựa vào các phân tích và tính toán theo lý thuyết có thể xác định được rằng khi hệ chịu tải trọng kích động với thời gian tác động lực t_1 nhỏ hơn so với chu kỳ dao động riêng thì sau thời gian t_1 chuyển động của hệ có thể xem là tổng của các dao động với các tần số trùng với các tần số dao động riêng của hệ.

Phương pháp phân tích dao động bằng phương pháp biến đổi Fourier nhanh là một phép toán biến đổi tín hiệu từ miền thời gian sang miền tần số. Theo phép phân tích Fourier thì một đường cong tuần hoàn bất kỳ, cho dù phức tạp đến đâu, đều có thể biểu diễn bằng một tập hợp các hàm điều hòa với biên độ, tần số và pha cho trước. Số phần tử trong tập hợp này có thể vô hạn. Số phần tử càng lớn, đường cong có được càng trùng khớp với đường cong cần phân tích.

Dạng chuỗi Fourier cho tín hiệu tuần hoàn, $X(t)$ có dạng như sau:

$$X(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{n=1}^N A_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{T} + \phi_n\right) = \sum_{n=1}^N C_n e^{\frac{2\pi i n t}{T}}$$

Trong đó, T là chu kỳ của tín hiệu và C_n được gọi là các hệ số Fourier của tín hiệu $X(t)$. Các hệ số này được xác định bằng công thức sau:

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T e^{-\frac{2\pi i n t}{T}} X(t) dt$$

Tuy nhiên, hầu hết các tín hiệu không tuần hoàn. Do đó, tín hiệu có thể được chuyển từ miền thời gian sang miền tần số theo phương trình sau đây:

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

với ω là tần số rời rạc.

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

Việc sử dụng phương pháp biến đổi Fourier nhanh phân tích dao động của hệ chịu tác dụng của tải trọng kích động trong giai đoạn dao động tự do có thể xác định được các tần số dao động riêng của hệ.

Dựa trên nghiên cứu mô hình số, tác giả giải pháp hữu ích đã có kết luận như sau: tấm bê tông bản mặt của đập đá đổ bê tông bản mặt 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. Khi xảy ra hiện tượng thoát không thì độ cứng trung bình của nền sẽ giảm, 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, tần số dao động riêng của dạng dao động đầu tiên sẽ bị ảnh hưởng bởi hiện tượng thoát không rõ ràng nhất, hệ 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, có thể nhận dạng được các tần số dao động của các dạng dao động từ tín hiệu thu được. Do đó, nếu 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, sau đó 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 các tần số dao động riêng.

Từ những nghiên cứu về mô hình số và mô hình vật lý, tác giả giải pháp hữu ích đã đề xuất phương pháp xác định thoát không dưới đập đá đổ bê tông

bản mặt bằng tần số dao động riêng, trong đó phương pháp này bao gồm bước chia tấm bê tông thành các hàng và cột có khoảng cách giữa các hàng và các cột đều nhau, bước gắn đầu đo gia tốc vào các vị trí được đánh dấu trước, bước tác dụng tải trọng kích động lên tấm bê tông theo phương vuông góc với tấm bê tông, bước ghi lại giá trị gia tốc tại các điểm đo theo thời gian, bước thực hiện biến đổi Fourier sang miền tần số để xác định các tần số dao động riêng tại vị trí các điểm đo và bước so sánh các giá trị tần số dao động riêng để xác định được vị trí xảy ra thoát không dưới tấm bê tông.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Các Ví dụ sau đây được thực hiện để minh họa phương pháp xác định thoát không dưới đập đá đổ bê tông bản mặt bằng tần số dao động riêng theo giải pháp hữu ích. Các Ví dụ này chỉ nhằm minh họa giải pháp hữu ích mà không thu hẹp phạm vi của giải pháp hữu ích.

Ví dụ 1: Sử dụng mô hình số xác định thoát không bằng phương pháp phân tích tần số dao động riêng

Chia tấm bê tông thành các hàng và cột có khoảng cách giữa các hàng và các cột là 10cm như được thể hiện trên Hình 2 trong đó số cột được đánh số từ C1 đến C6 và số hàng được đánh số từ H1 đến H22. Để tạo dao động cho tấm, sử dụng một tải trọng kích động tác dụng lên tấm theo phương vuông góc với tấm trong thời gian ngắn, sau đó ghi lại giá trị gia tốc tại các điểm xung quanh theo thời gian. Tương quan vị trí điểm kích động D, kênh đo gia tốc 1, kênh đo gia tốc 2, kênh đo gia tốc 3, kênh đo gia tốc 4, kênh đo gia tốc 5, kênh đo gia tốc 6 được thể hiện trên Hình 3. Sự thay đổi của tải trọng kích động theo thời gian được thể hiện trên Hình 4 trong đó thời gian T được thể hiện trên trục hoành và giá trị của tải trọng kích động P được thể hiện trên trục tung. Số lượng điểm đo gia tốc bằng với số đầu đo gia tốc 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.

Với mỗi số liệu đo gia tốc thu được, thực hiện biến đổi Fourier sang miền tần số để xác định các tần số dao động riêng.

Trong trường hợp không có thoát không, kết quả nhận dạng tần số dao động riêng kênh đo gia tốc 1 được thể hiện trên Hình 5 trong đó trục hoành thể hiện tần số dao động riêng F và trục tung thể hiện biên độ của dao động A . Dựa vào kết quả như thể hiện trên Hình 5, có thể xác định được tần số dao động riêng đầu tiên tại kênh đo gia tốc 1 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 dưới đây.

Bảng 1: Tổng hợp kết quả tần số dao động riêng đầu tiên trường hợp tám 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

Số liệu ở Bảng 1 cho thấy rằng đối với trường hợp tấm không có thoát không thì 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.

Trong trường hợp tấm có thoát không ít, tiến hành tương tự như đối với trường hợp không thoát không. Kết quả nhận dạng tần số dao động riêng kênh đo gia tốc 1 được thể hiện trên Hình 6 trong đó trục hoành thể hiện tần số dao động riêng F và trục tung thể hiện biên độ của dao động A . Dựa vào kết quả như thể hiện trên Hình 6, có thể xác định được tần số dao động riêng đầu tiên tại kênh đo gia tốc 1 là 35,41 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 2 dưới đây.

Bảng 2: Tổng hợp kết quả tần số dao động riêng đầu tiên trường hợp tấm có 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
35,41	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

Số liệu ở Bảng 2 cho thấy rằng đối với trường hợp tấm có thoát không ít thì tần số dao động riêng đầu tiên thu được tại các vị trí thoát không ít nhỏ hơn không đáng kể so với tần số dao động riêng tại các vị trí còn lại. Vị trí có thoát không ít được ký hiệu là T được thể hiện trên Hình 7.

Trong trường hợp tấm có thoát không nhiều, tiến hành tương tự như đối với hai trường hợp trước. Kết quả nhận dạng tần số dao động riêng kênh đo gia tốc 1 được thể hiện trên Hình 8 trong đó trục hoành thể hiện tần số dao động riêng F và trục tung thể hiện biên độ của dao động A . Dựa vào kết quả như thể hiện trên Hình 8, có thể xác định được tần số dao động riêng đầu tiên tại kênh đo gia tốc 1 là 32,97 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 3 dưới đây.

Bảng 3: Tổng hợp kết quả tần số dao động riêng đầu tiên trường hợp tấm có thoát không nhiều

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	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

Số liệu ở Bảng 3 cho thấy rằng đối với trường hợp tấm có thoát không nhiều thì tần số dao động riêng đầu tiên thu được tại các vị trí thoát không nhiều nhỏ hơn và dễ dàng nhận ra so với tần số dao động riêng tại các vị

trí còn lại. Vị trí có thoát không nhiều được ký hiệu là T được thể hiện trên Hình 9.

So sánh kết quả thu được giữa trường hợp chưa thoát không và có thoát không cho 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. Trên cùng một tấm, càng tiến đến gần khu vực có 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, bằng cách khảo sát tần số dao động riêng đầu tiên trên toàn bộ tấm bằng phương pháp tải trọng kích động ta có thể phát hiện ra vị trí xảy ra thoát không dưới các tấm bê tông.

Kết quả nghiên cứu trong mô hình số đã được tác giả kiểm chứng chứng trên mô hình vật lý và thực nghiệm đo ngoài tại đập đá đổ bê tông bản mặt công trình hồ chứa nước thực tế từ đó tác giả giải pháp hữu ích đã rút ra những nhận xét như sau:

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.

Tần số dao động riêng của kết cấu có thể được xác định tại hiện trường nhờ tải trọng kích động và phương pháp phân tích miền tần số.

Diện tích thoát không càng lớn tần số dao động riêng đầu tiên giảm càng nhiều. Càng đến gần vị trí thoát không tần số dao động riêng đầu tiên bắt đầu giảm, và giá trị nhỏ nhất đạt tại các vị trí có thoát không.

Như vậy bằng cách phân tích sự thay đổi của tần số dao động riêng đầu tiên tại các vị trí khác nhau trên toàn bộ tấm bê tông bản mặt khi chịu tải trọng kích động ta có thể chỉ ra được vị trí xảy ra hiện tượng thoát không.

Kết quả trên mô hình vật lý và mô hình số cũng như đo đạc tại hiện trường trùng nhau khẳng định độ tin cậy của phương pháp phân tích tần số dao động riêng khi xác định hiện tượng thoát không theo giải pháp hữu ích.

Ví dụ 2: Quy trình xác định thoát không bằng phương pháp phân tích tần số dao động riêng tại hiện trường

Dụng cụ đo bao gồm: bộ thiết bị đo gia tốc, biến dạng và chuyển vị động, đầu đo gia tốc, dây đo và các trang thiết bị khác, trong đó:

Bộ thiết bị đo gia tốc, biến dạng và chuyển vị động có yêu cầu như sau:

Tốc độ lấy mẫu: từ 10^{-3} s đến 60s;

Độ nhạy chuyển vị: 0,01mm;

Độ nhạy biến dạng nhỏ nhất: 10^{-6} ;

Dải đo biến dạng: $\pm 2 \times 10^{-3}$;

Gia tốc đến 4G.

Số kênh đo: đáp ứng yêu cầu về số vị trí đo.

Phụ kiện: dây nguồn AC khi dùng điện lưới và dây nguồn DC khi sử dụng ắc quy.

Đầu đo gia tốc có yêu cầu như sau:

Chủng loại: phù hợp với máy đo.

Gia tốc lớn nhất đến 4G.

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

Dây đo là dây điện nối từ máy đo đến điểm đo có yêu cầu như sau:

Chủng 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.

Số lượng dây bằng số lượng điểm đo.

Các trang thiết bị khác như keo cố định dây đo, cố định điểm đo, kìm cắt, kìm giữ, kéo cắt, giấy nhớ, bút đánh dấu, sơn đánh dấu, tuốc-lu-vít, thước đo cuộn, thước cặp, sổ ghi chép, nhiệt kế, thước đo, khăn khô, giấy nhám, dây thít, dây buộc, ô che nắng mưa, thiết bị bảo vệ khu vực thực nghiệm cần được chuẩn bị.

Các bước đo đạc được thực hiện sau sau:

Bước 1: Tiếp cận vị trí đo, đánh dấu và làm phẳng, nhấn các vị trí đo gia tốc, vị trí tác động lực trên tấm bê tông bản mặt, sử dụng hệ thống dây cáp được đầu nối cẩn thận giúp tiếp cận vị trí đo và di chuyển dễ dàng từ vị trí này sang vị trí khác trên bề mặt tấm bê tông, sử dụng thước đo để xác định chính xác vị trí đo gia tốc cần khảo sát và vị trí tác động lực của mỗi lần đo sau đó dùng sơn đánh dấu, kí hiệu vị trí đo, sử dụng giấy nhám đánh lớp rêu bề mặt, làm bề mặt đo nhẵn, sạch và phẳng theo phương đã đánh dấu.

Bước 2: Đánh dấu, kí hiệu các kênh đo. Có rất nhiều các kênh đo tại các vị trí đo khác nhau, vì thế cần sử dụng giấy và bút đánh dấu, kí hiệu tại cả 2 đầu mỗi dây đo cho mỗi kênh, một đầu dây đo để gắn vào điểm đo và một đầu đưa về máy đo.

Bước 3: 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. Máy đo có thể mang theo hoặc cố định vào xe lăn để di chuyển trên mái nghiêng khi thay đổi vị trí đo. Xác định vị trí đặt hệ thống máy đo sao cho không gây ảnh hưởng đến việc dùng búa kích động, đảm bảo thuận tiện cho việc đi dây đo, đảm bảo dễ dàng cho việc cài đặt, đầu nối thiết bị và bảo quản thiết bị trong quá trình đo. Dây đo là các dây điện một đầu đặt ở máy đo và đầu kia kéo đến vị trí đo, chú ý đi dây sao cho không bị ảnh hưởng trong quá trình kích động bằng búa, các dây đo được cố định và không bị xô dịch, căng kéo trong quá trình thực nghiệm.

Bước 4: Nối đầu đo gia tốc vào dây đo.

Bước 5: Dán đầu đo vào điểm đo, sử dụng khăn lau sạch vị trí đo, bóc và chuẩn bị keo dán, bôi keo một lớp mỏng lên mặt dưới của tấm sắt mỏng (không bôi dày keo sẽ lâu khô và kết quả phép đo thiếu đi chính xác). Dính tấm sắt mỏng vào vị trí đo, đặt đầu đo đã dính sẵn nam châm vào tấm sắt mỏng theo đúng phương và đợi từ 20 giây đến 1 phút cho keo khô.

Bước 6: Nối đầu dây còn lại vào máy đo. Việc nối các thiết bị cần được thực hiện kỹ càng để các mối nối được đảm bảo, vì nếu các mối nối lỏng sẽ dẫn đến kết quả bị sai lệch.

Bước 7: Nối đất máy đo, cấp điện và kiểm tra. Nối đất cho máy đo gia tốc, sau khi hoàn thành đầu nối đủ các kênh, kiểm tra tổng thể, bật các máy đo, và chạy thử, các kênh đo có giá trị đo không ổn định cần được kiểm tra và đấu nối lại.

Bước 8: Lưu trữ dữ liệu đã thu được trong quá trình đo đạc.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Phương pháp xác định thoát không dưới đập đá đổ bê tông bản mặt bằng tần số dao động riêng theo giải pháp hữu ích có các bước đơn giản, dễ thực hiện và có độ tin cậy cao nên có thể áp dụng cho việc xác định hiện tượng thoát không tại hiện trường, từ đó xây dựng được phương án phòng ngừa và xử lý sự cố cho đập đá đổ bê tông bản mặt một cách tốt nhất.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp xác định thoát không dưới đập đá đổ bê tông bản mặt bằng tần số dao động riêng, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

chia tấm bê tông thành các hàng và cột có khoảng cách giữa các hàng và các cột đều nhau;

xử lý bề mặt của tấm bê tông tại các vị trí cần đo;

đánh dấu, kí hiệu các kênh đo và các vị trí đo;

xác định vị trí đặt máy đo và đi dây đo;

gắn đầu đo gia tốc vào dây đo;

gắn đầu đo gia tốc vào các vị trí được đánh dấu; dính tấm sắt mỏng vào vị trí đo bằng keo dán, đặt đầu đo đã dính sẵn nam châm vào tấm sắt mỏng theo đúng phương;

kết nối dây đo với máy đo gia tốc;

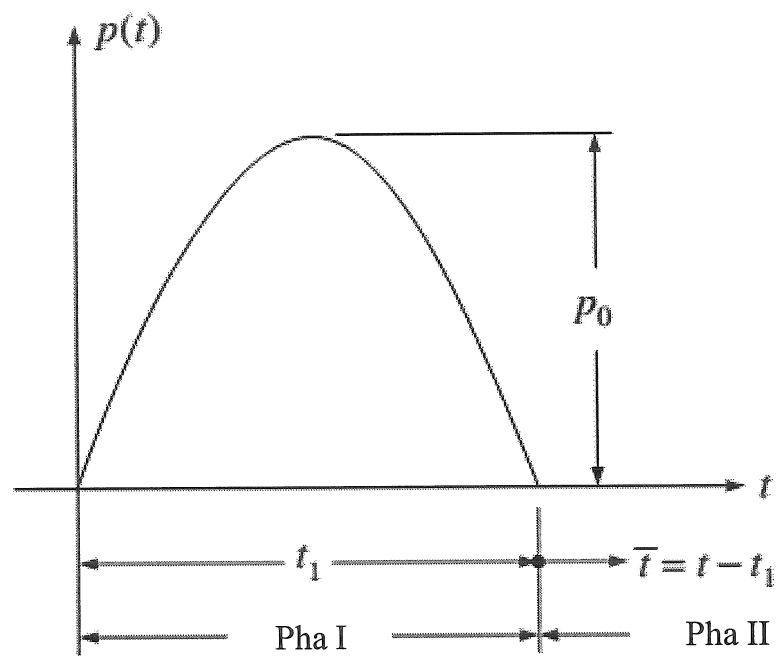
tác dụng tải trọng kích động lên tấm bê tông theo phương vuông góc với tấm bê tông;

ghi lại giá trị gia tốc tại các điểm đo theo thời gian;

lưu trữ dữ liệu đã thu được trong quá trình đo đạc;

thực hiện biến đổi Fourier sang miền tần số để xác định các tần số dao động riêng tại vị trí các điểm đo; và

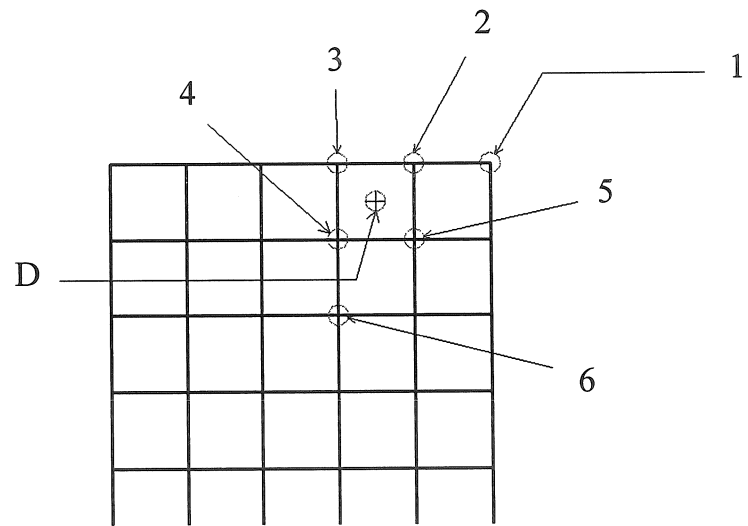
so sánh các giá trị tần số dao động riêng để xác định được vị trí xảy ra thoát không dưới tấm bê tông.



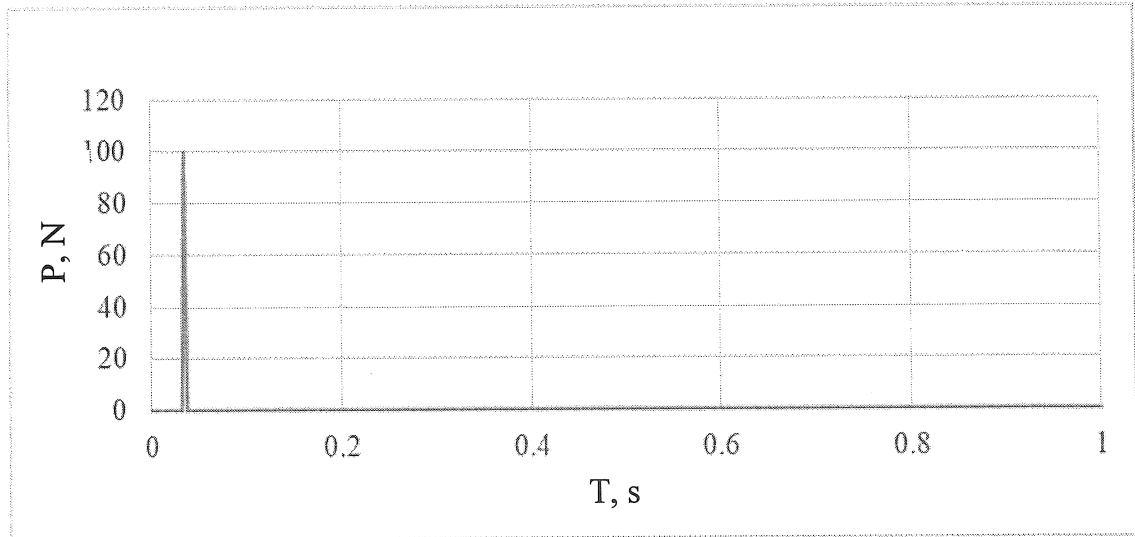
Hình 1

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

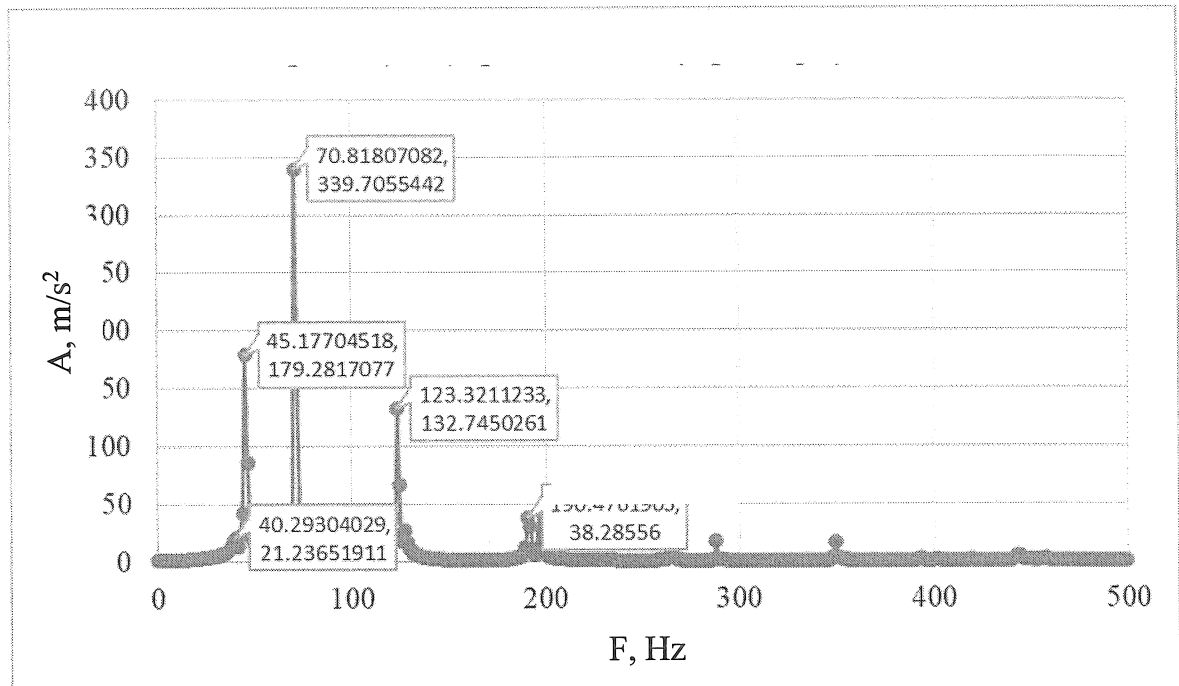
Hình 2



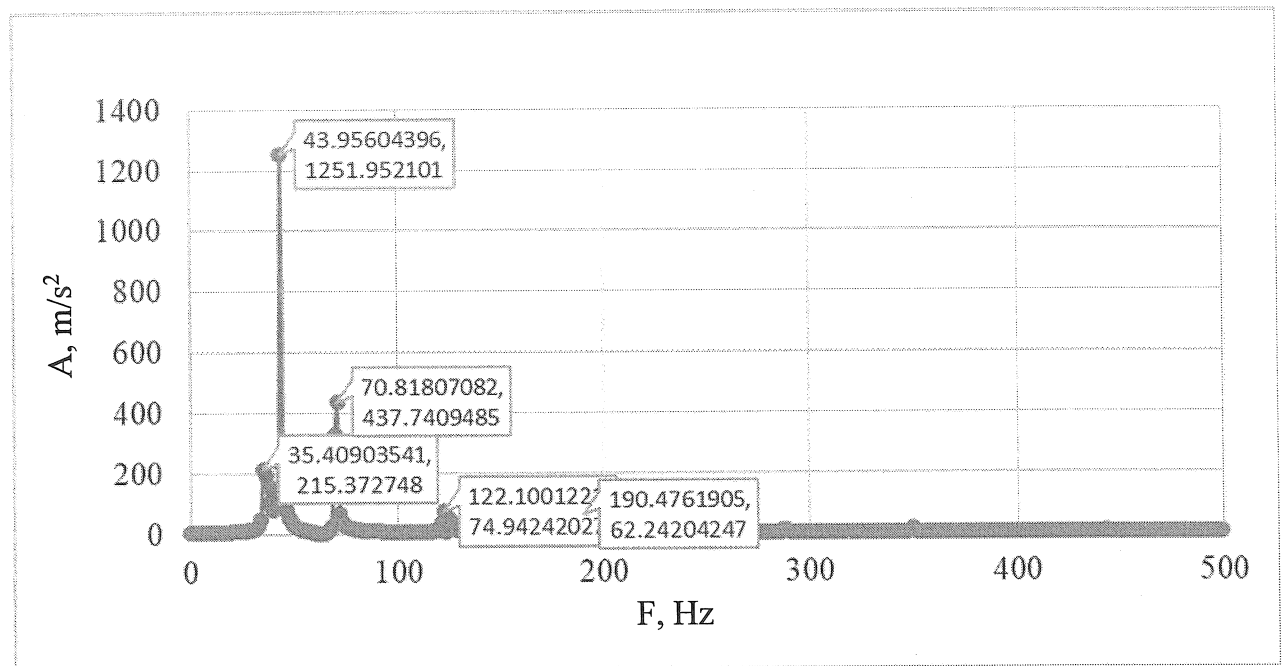
Hình 3



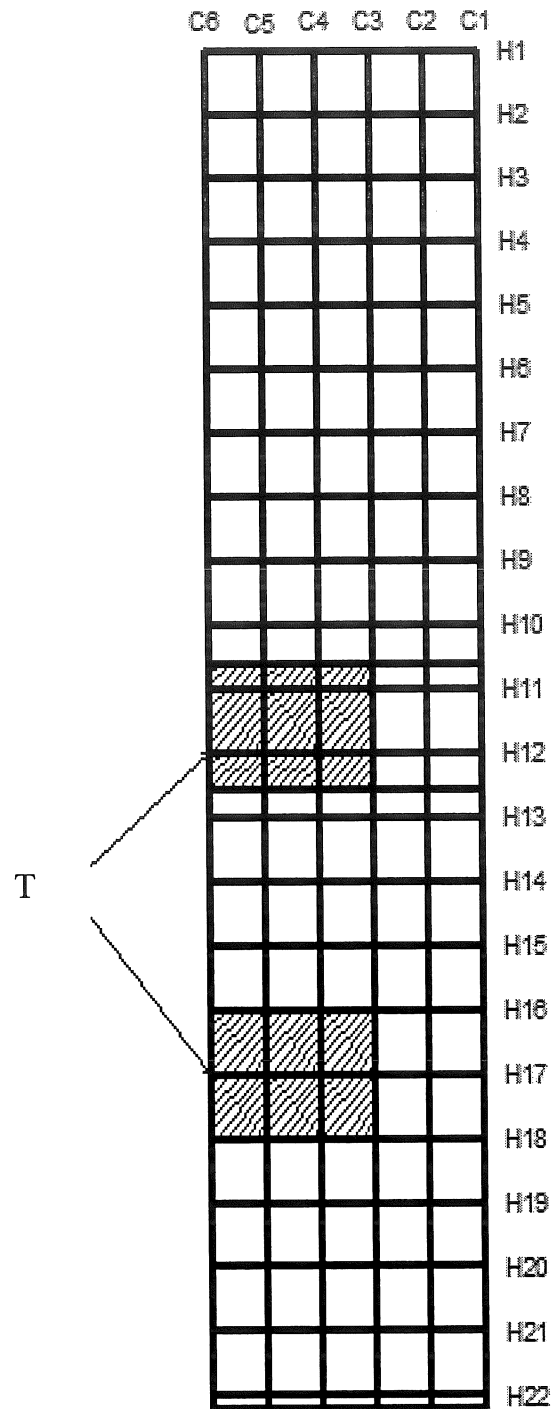
Hình 4



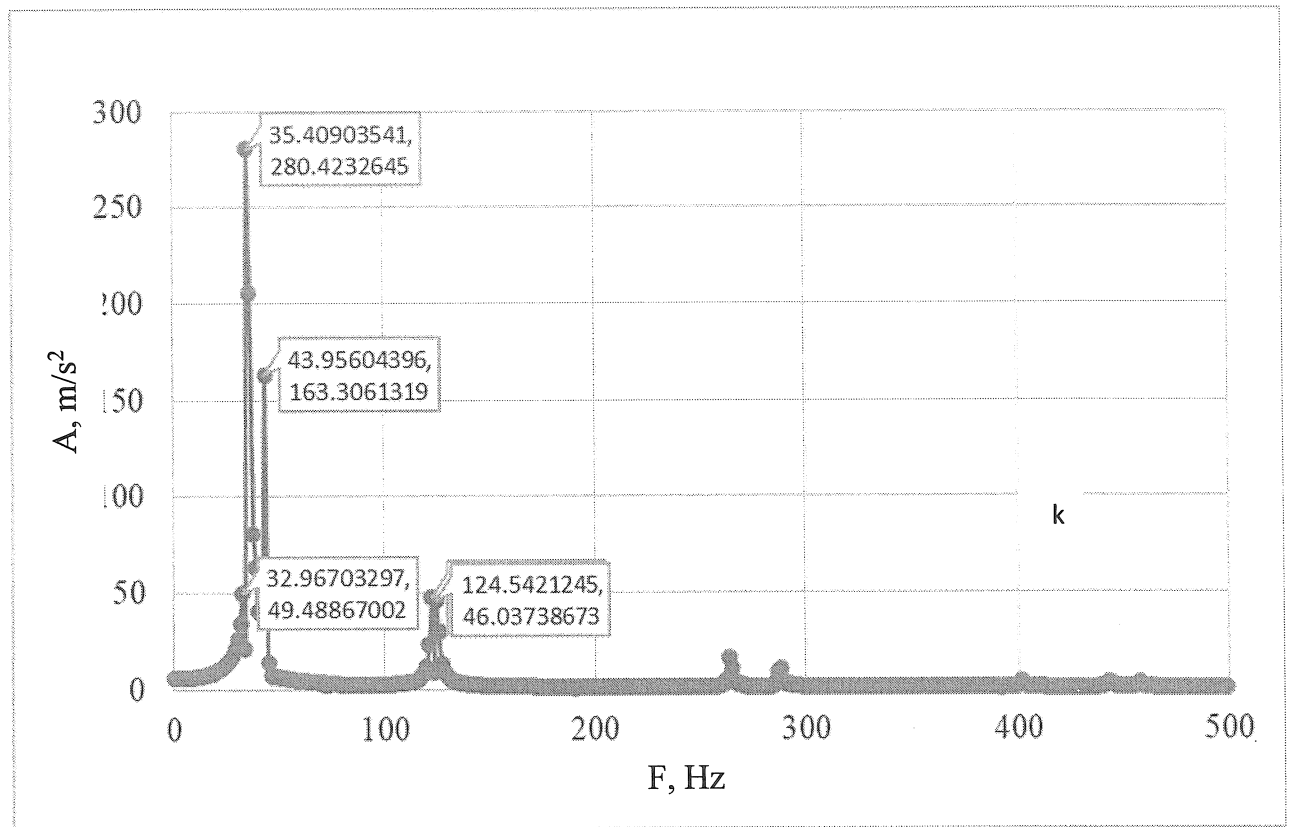
Hình 5



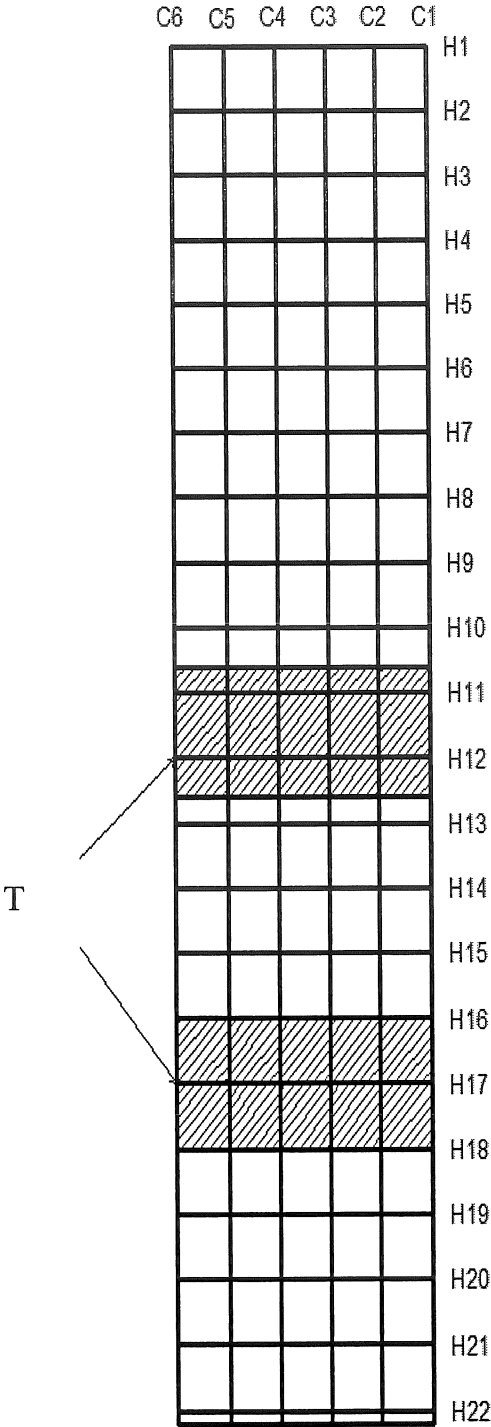
Hình 6



Hình 7



Hình 8



Hình 9