

NGHIÊN CỨU KHẢO SÁT PHÁT HIỆN KHOANG RỔNG BÊN DƯỚI LỚP BÊ TÔNG CỐT THÉP BẰNG CÔNG NGHỆ SIÊU ÂM CHỤP CẮT LỚP BÊ TÔNG TRÊN MÔ HÌNH THỰC TẾ

Phạm Lê Hoàng Linh, Dương Văn Sáu,
Vũ Hoàng Hiệp, Lê Văn Đức
Viện Sinh thái và Bảo vệ công trình

Tóm tắt: Qua quá trình làm việc, dưới tác động của các yếu tố gây phá hủy khác nhau, cấu kiện bê tông cốt thép dần xuất hiện một số khuyết tật như: khoang rỗng bên dưới lớp bê tông, lỗ rỗng bên trong bê tông, sự tách lớp bên trong bê tông, khe nứt, sự ăn mòn cốt thép bên trong bê tông... Những khuyết tật này là nguyên nhân tiềm tàng làm giảm khả năng làm việc của cấu kiện bê tông, từ đó gây nguy cơ mất an toàn cho công trình. Công nghệ siêu âm chụp cắt lớp bê tông là phương pháp khảo sát không phá hủy hiện đại, có độ tin cậy cao trong việc phát hiện các khuyết tật có trong bê tông được hiển thị ở dạng hình ảnh có độ phân giải tốt và khả năng áp dụng cho các cấu kiện có chiều dày (sâu) lớn. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một số kết quả mới thu được khi nghiên cứu áp dụng công nghệ siêu âm chụp cắt lớp bê tông để xác định khoang rỗng bên dưới bê tông cốt thép trên mô hình thực tế.

Từ khóa: Công nghệ siêu âm chụp cắt lớp bê tông, bê tông cốt thép, khuyết tật, khoang rỗng.

Summary: Through the process of use, under the influence of various destructive factors, reinforced concrete components gradually develop certain defects such as: voids beneath the concrete layer, internal air pockets within the concrete, delamination within the concrete, cracks, and corrosion of the reinforcement within the concrete. These defects are potential causes that can reduce the functionality of the concrete component, thereby posing a risk to the safety of the structure. Ultrasonic tomography is a modern non-destructive testing method with high reliability in detecting defects within concrete, providing high-resolution imaging and applicability to components with significant thickness (depth). This paper presents some new results obtained from applying ultrasonic tomography technology to detect voids beneath reinforced concrete in concrete models.

Keywords: Ultrasonic tomography, reinforced concrete, defects, voids.

1. MỞ ĐẦU

Qua quá trình làm việc, dưới tác động của các yếu tố gây phá hủy khác nhau, cấu kiện bê tông cốt thép dần xuất hiện một số khuyết tật như: khoang rỗng bên dưới lớp bê tông, lỗ rỗng bên trong bê tông, sự tách lớp bên trong bê tông, khe nứt, sự ăn mòn cốt thép bên trong bê tông... Những khuyết tật này là nguyên nhân tiềm tàng làm giảm khả năng làm việc của cấu kiện bê tông, từ đó gây nguy cơ mất an toàn cho công trình. Công nghệ siêu âm chụp cắt lớp bê tông là phương pháp khảo sát không phá hủy hiện

đại, có độ tin cậy cao trong việc phát hiện các khuyết tật có trong bê tông được hiển thị ở dạng hình ảnh có độ phân giải tốt và khả năng áp dụng cho các cấu kiện có chiều dày (sâu) lớn. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một số kết quả mới thu được khi nghiên cứu áp dụng công nghệ siêu âm chụp cắt lớp bê tông để xác định khoang rỗng bên dưới bê tông cốt thép trên mô hình bê tông thực tế.

2. GIỚI THIỆU CHUNG

Khoang rỗng bên dưới lớp bê tông là loại hình khuyết tật phổ biến được ghi nhận đối với bê

Ngày nhận bài: 26/9/2024
Ngày thông qua phản biện: 29/10/2024

Ngày duyệt đăng: 15/11/2024

tông cốt thép. Khoảng rỗng bên dưới làm mất sự liên kết giữa lớp bê tông cốt thép bên trên và các lớp lót bên dưới, khiến lớp bê tông dễ bị biến dạng, nứt vỡ khi chịu tác dụng của ngoại lực. Các khoảng rỗng này phát triển âm thầm, không thể nhận thấy bằng quan sát mắt thường trên bề mặt công trình. Vì vậy, nghiên cứu áp dụng các công nghệ khảo sát không phá hủy nhằm phát hiện sớm khoảng rỗng bên dưới lớp bê tông để có biện pháp xử lý kịp thời, đảm bảo an toàn công trình là vô cùng cần thiết.

Phương pháp siêu âm là phương pháp Địa vật lý thăm dò nghiên cứu sự lan truyền của sóng đàn hồi (có tần số lớn hơn 20kHz) bên trong bê tông từ đó phát hiện, đánh giá các khuyết tật trong bê tông. Biến thể đầu tiên cũng là biến thể lâu đời nhất của phương pháp siêu âm là phương pháp vận tốc xung siêu âm. Phương pháp này sử dụng cặp đầu dò thu - phát xác định vận tốc truyền sóng dọc trong bê tông. Tại Việt Nam, một số hướng dẫn kỹ thuật, tiêu chuẩn, quy chuẩn liên quan đến phương pháp vận tốc xung siêu âm đã được ban hành. Tuy đã chứng minh được tính hiệu quả trong thực tế sản xuất, nhưng phương pháp vận tốc xung siêu âm cũng bộc lộ nhiều hạn chế như: yêu cầu điều kiện tiếp âm rất khắt khe (dùng mỡ tiếp âm), thông tin cung cấp là thông tin 1D gây khó khăn trong việc minh giải tài liệu, sóng nghiên cứu là sóng dọc có mức độ tán xạ và suy giảm tín hiệu lớn hơn sóng ngang. Khắc phục những hạn chế kể trên, phương pháp siêu âm chụp cắt lớp ra đời dựa trên nguyên lý xác định vận tốc sóng ngang trong bê tông, sử dụng công nghệ đầu dò không có thể thích ứng với nhiều dạng điều kiện bề mặt thực địa mà không cần mở tiếp âm, hệ thống nhiều đầu dò cho phép phương pháp cung cấp dữ liệu 2D và 3D của đối tượng quan tâm. Như đã biết, sóng ngang chỉ truyền được trong môi trường vật chất rắn, khác với sóng dọc truyền được trong cả môi trường rắn, lỏng và khí. Do đó, phương pháp siêu âm chụp cắt lớp có khả năng phát hiện hiệu quả đối với khoảng rỗng bên dưới lớp bê tông.

Là công nghệ mới phát triển từ đầu những năm 2000, phương pháp siêu âm chụp cắt lớp bê tông vẫn còn khá mới mẻ. Hiện nay, có rất ít

nghiên cứu chuyên sâu nào về phương pháp này tại Việt Nam. Trên thế giới các công bố khoa học sử dụng phương pháp siêu âm chụp cắt lớp bê tông có số lượng khiêm tốn so với các công bố khoa học sử dụng các phương pháp khảo sát không phá hủy khác. Phần lớn các công bố khoa học đều đến từ đội ngũ phát triển thiết bị của các hãng sản xuất lớn. Các công trình khoa học trên đã phần nào chỉ ra được phạm vi ứng dụng và hạn chế của phương pháp.

Phương pháp siêu âm chụp cắt lớp được ứng dụng cho hầu như tất cả các mục đích khảo sát bê tông mà các phương pháp siêu âm truyền thống thường làm với tốc độ triển khai thực địa nhanh hơn và kết quả khảo sát trực quan, dễ dàng nhận biết đối tượng. Một số ứng dụng của phương pháp siêu âm chụp cắt lớp có thể kể đến như: Xác định, đánh giá các khuyết tật liên quan đến không khí trong bê tông như lỗ rỗng, bọt khí, khe nứt, tách lớp; Xác định cốt thép, đường ống bên trong bê tông; Xác định chiều dày khối bê tông, khoảng rỗng bên dưới lớp bê tông; Xác định khu vực bê tông kém chất lượng.

Năm 2013, Andrey A.Samokrutov và nnk [1] đã giới thiệu nghiên cứu khảo sát bê tông sử dụng thiết bị siêu âm sóng ngang Mira, Eyecon và công nghệ tái tạo hình ảnh SAFT-C. Thiết bị đã được ứng dụng trong một số thử nghiệm sau: Xác định đường ống kim loại rỗng trong bê tông; Xác định chiều dày của tấm bê tông; Xác định phạm vi bê tông xuống cấp trong khối đầm hộp dự ứng lực đúc sẵn; Xác định lỗ rỗng bên trong bê tông. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng cả hai thiết bị đều có khả năng xuyên sâu trong bê tông tối thiểu là 1,25m để xác định được mặt sau của khối bê tông.

Năm 2022, Ruoyu Chen và nnk [3] đã ứng dụng công nghệ siêu âm chụp cắt lớp để phát hiện sự tách lớp bên trong bê tông. Kết quả cho thấy thiết bị Mira có thể phát hiện các tách lớp với độ sâu (65 và 130mm) và kích thước (100x150 và 250x150mm) chính xác.

Tại Việt Nam năm 2022, Viện Chuyên ngành Bê tông – Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng đã ứng dụng công nghệ siêu âm chụp cắt lớp (Thiết bị Mira A1020 Lite) trong kiểm tra vị trí

tiếp giáp của mỗi nối cấu kiện cột, vách thi công theo biện pháp topdown, semi topdown tại vị trí đổ bù (vữa, bê tông) để liền khối hóa cấu kiện trên các mẫu thử (mockup) và kiểm chứng độ tin cậy của phương pháp bằng phương pháp phá hủy (khoan lấy mẫu) kiểm tra. Kết quả siêu âm dự đoán khuyết tật bằng phương pháp siêu âm chụp cắt lớp có độ chính xác cao. Tuy nhiên do hạn chế về việc hiển thị (phân biệt) khuyết tật, cần phải kết hợp với các thông tin về kết cấu kiểm tra như: bản vẽ thép, hiện trạng thi công ... để loại trừ các khuyết tật đã biết (thép, ống thoát khí ...). Trong nghiên cứu này, thiết bị Mira A1020 Lite có chiều sâu đo được lên tới 1m đối với bê tông thường và 0,4m đối với bê tông cốt thép.

Hãng sản xuất thiết bị Proceq (sản xuất mẫu thiết bị Pundit 250 Array) cũng đưa ra sổ tay tổng hợp một số áp dụng thực tế của thiết bị siêu âm chụp cắt lớp Pundit 250 Array. Theo sổ tay, thiết bị có thể phát hiện được các phản xạ của mặt sau tấm bê tông ở khoảng cách 0,9m và độ xuyên sâu tối đa trong bê tông theo khuyến nghị là 1m. Ngoài ra, thiết bị còn có thể phát hiện cốt thép bên trong bê tông và một số khuyết tật như lỗ rỗng tổ ong hay tách lớp trong bê tông.

Nguyên lý chung của các phương pháp khảo sát không phá hủy là phát hiện đối tượng thông qua sự khác biệt giữa các đặc tính vật lý của đối tượng và môi trường xung quanh. Mỗi phương pháp địa vật lý khác nhau sẽ nghiên cứu đối tượng dựa trên phép đo ghi trong một trường vật lý cụ thể. Do đó, đối với từng phương pháp địa vật lý, chỉ một đặc tính vật lý của đối tượng được nghiên cứu. Điều này gây nên sự khó khăn, tính đa trị cho kết quả phát hiện đối tượng của phương pháp. Thực tiễn đặt ra yêu cầu cho sự kết hợp nhiều phương pháp địa vật lý thành tổ hợp phương pháp khảo sát nhằm khảo sát, đánh giá toàn diện đối tượng, nâng cao độ tin cậy của kết quả. Hệ phương pháp khảo sát không phá hủy sử dụng sóng siêu âm đặc biệt phù hợp để khảo sát phát hiện các khuyết tật liên quan đến không khí bên trong bê tông như: khe nứt, tách lớp, lỗ rỗng, bọt khí... do đặc tính trở kháng âm học khác biệt giữa không khí và môi trường bê tông. Khi kết hợp hệ phương pháp khảo sát không phá hủy sử dụng sóng siêu âm

này với các phương pháp địa vật lý khác như: phương pháp Radar xuyên đất, phương pháp Nhiệt hồng ngoại..., hiệu quả cũng như độ chính xác trong khảo sát phát hiện khuyết tật bên trong bê tông sẽ được cải thiện đáng kể. Vì vậy, việc nghiên cứu ứng dụng hệ phương pháp khảo sát sử dụng sóng siêu âm là rất cần thiết để hoàn thiện tổ hợp phương pháp Địa vật lý nghiên cứu đánh giá chất lượng bê tông. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng công nghệ siêu âm chụp cắt lớp bê tông để khảo sát phát hiện khoang rỗng bên dưới lớp bê tông trên mô hình bê tông cốt thép thực tế.

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Khi một áp lực nén được đặt tức thời lên bề mặt chất rắn, nhiễu loạn được sinh ra lan truyền qua chất rắn được gọi là sóng nén. Có ba dạng lan truyền của sóng nén qua môi trường đẳng hướng, đàn hồi: sóng dọc, sóng ngang và sóng Rayleigh. Ở sóng dọc, phần tử vật chất chuyển động song song với phương truyền sóng (gây giãn nở). Ở sóng ngang, phần tử vật chất chuyển động vuông góc với phương truyền sóng (gây biến dạng). Sóng dọc có thể lan truyền trong tất cả các loại môi trường, còn sóng ngang chỉ có thể lan truyền trong môi trường chất rắn. Sóng Rayleigh, hay còn gọi là sóng mặt, lan truyền dọc theo bề mặt chất rắn, quỹ đạo chuyển động của các phần tử vật chất là hình elip ngược.

Trong môi trường chất rắn đàn hồi vô hạn, vận tốc sóng dọc, V_p được biểu diễn qua công thức

$$V = \sqrt{\frac{KE}{\rho}} \quad (1)$$

Trong đó:

V : vận tốc sóng dọc;

$K = (1-\mu)/((1+\mu)(1-2\mu))$;

E : mô đun đàn hồi động;

ρ : mật độ;

μ : hệ số Poisson động.

Vận tốc sóng ngang, V_s , trong môi trường chất rắn đàn hồi vô hạn được biểu diễn qua công thức:

$$V_s = \sqrt{G/\rho} \quad (2)$$

Trong đó: $G = E/2(1-\nu)$ là mô đun cắt.

Tỷ số vận tốc sóng dọc và sóng ngang, α , được

cho bởi công thức:

$$\alpha = \frac{c_s}{c_p} = \sqrt{\frac{(1-2\nu)}{2(1-\nu)}} \quad (3)$$

Với giá trị hệ số Poisson $\nu=0,2$ thì $\alpha = 0,61$ tương ứng với vận tốc sóng ngang trong môi trường bằng 61% vận tốc sóng dọc trong môi trường.

Khi lan truyền trong môi trường, ở các ranh giới có sự khác biệt về tính chất đàn hồi, các sóng đàn hồi (sóng dọc và sóng ngang) bị phản xạ một phần, phần còn lại đi qua ranh giới vào môi trường bên dưới (khúc xạ). Góc khúc xạ β và góc phản xạ θ tuân theo định luật Snell:

$$\sin \beta = \frac{C_2}{C_1} \sin \theta \quad (4)$$

Trong đó: C_2, C_1 lần lượt là vận tốc truyền sóng trong môi trường 2 và môi trường 1.

Biên độ tương đối của sóng phản xạ phụ thuộc vào sự khác biệt giữa trở kháng âm học của hai môi trường qua mặt ranh giới, góc tới, khoảng cách từ mặt ranh giới tới nguồn tín hiệu và sự duy giảm tín hiệu trên đường truyền. Các giá trị trở kháng âm học Z cho một số loại vật liệu được thể hiện ở Bảng 2. Trở kháng âm học của xốp có giá trị gần với không khí, vì vậy xốp là vật liệu thích hợp để mô phỏng không khí cho các thử nghiệm đo đặc bằng sóng siêu âm.

Bảng 1: Trở kháng âm học cho một số loại vật liệu (Sansalone và Carino, 1991)

Tên vật liệu	Trở kháng âm học (kg/m ² s)
Không khí	0,4
Polystrene (xốp)	2,52
Nước	1,5 x 10 ⁶
Đất	0,3-4 x 10 ⁶
Bê tông	7-10 x 10 ⁶
Đá vôi	7-19 x 10 ⁶
Granite	15-17 x 10 ⁶
Thép	47 x 10 ⁶

Biên độ của sóng phản xạ là hàm của góc tới và giá trị cực đại khi góc tới bằng 90⁰ (góc tới bình thường). Với góc tới bình thường, hệ số phản xạ R được cho bởi công thức:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (5)$$

Trong đó: R là tỷ số giữa áp suất âm học của sóng phản xạ và áp suất âm học của sóng tới;

Z_2 là trở kháng âm học của vật liệu 2 (vật liệu sau mặt ranh giới);

Z_1 là trở kháng âm học của vật liệu 1 (vật liệu trước mặt ranh giới);

Nếu Z_1 lớn hơn Z_2 , R nhận giá trị âm, điều này có nghĩa rằng sóng phản xạ có dấu hiệu đảo ngược hay sự đảo pha được diễn ra. Nếu Z_2 lớn hơn Z_1 , không xảy ra sự đảo pha ở sóng phản xạ.

Phương pháp siêu âm chụp cắt lớp hoạt động dựa trên nguyên lý sự lan truyền sóng đàn hồi trong môi trường bê tông. Khác với phương pháp xung dội (pulse-echo) truyền thống, nghiên cứu sự lan truyền sóng dọc, phương pháp siêu âm chụp cắt lớp nghiên cứu sự lan truyền sóng ngang để xác định các đối tượng cũng như tính chất của môi trường nghiên cứu. Với các đặc tính chỉ truyền được trong môi trường chất rắn, sóng ngang là lựa chọn tối ưu để nghiên cứu khảo sát một số loại hình khuyết tật trong bê tông có liên quan đến không khí. Trong phạm vi đề tài, tác giả ứng dụng phương pháp siêu âm chụp ảnh cắt lớp để khảo sát khoang rỗng dưới lớp bê tông, khe nứt bề mặt bê tông, lỗ rỗng trong bê tông, cốt thép bị ăn mòn.

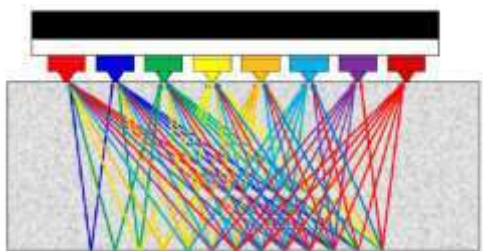
4. KHẢO SÁT PHÁT HIỆN KHOANG RỖNG BÊN DƯỚI LỚP BÊ TÔNG CỐT THÉP TRÊN MÔ HÌNH

4.1 Công tác khảo sát thực địa

4.1.1 Thiết bị sử dụng

Thiết bị sử dụng là hệ thiết bị Pundit 250 Array bao gồm bộ điều khiển và đầu dò Array 250 (Hình 17). Đầu dò Array 250 bao gồm 3 hàng đầu dò, mỗi hàng có 8 đầu dò. Các đầu phát này sử dụng công nghệ đầu dò khô, tức là đầu dò sẽ tiếp xúc trực tiếp với bề mặt bê tông mà không cần sử dụng mỡ tiếp âm. Tần số sử dụng của đầu dò là 50kHz, sóng sử dụng là sóng ngang. Khi mỗi dò phát xung siêu âm vào bê tông, tín hiệu phản hồi sẽ được thu bởi các đầu dò còn lại, việc

này được lặp lại cho mỗi đầu dò. Tổng hợp các tín hiệu phản hồi bằng công nghệ Synthetic Aperture Focusing Technique (SAFT), thiết bị cung cấp mặt cắt 2D thể hiện cường độ tín hiệu sóng siêu âm theo chiều sâu. Minh giải mặt cắt này, chúng ta sẽ thu được thông tin của các đối tượng quan tâm.



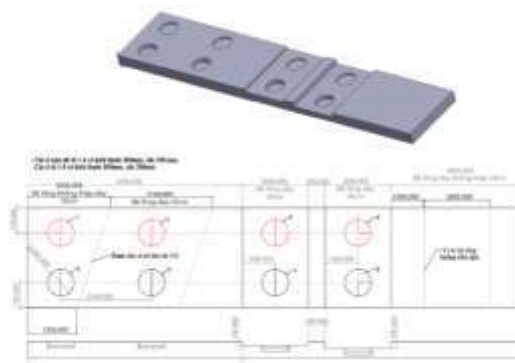
Hình 1: Sơ họa quá trình thu phát tín hiệu từ các đầu dò

4.1.2 Xây dựng mô hình bê tông cốt thép

Để phục vụ công tác khảo sát, đánh giá khả năng ứng dụng của hệ thiết bị trong khảo sát phát hiện một số loại hình khuyết tật bên trong bê tông, tác giả tiến hành xây dựng mô hình bê

tông chứa khuyết tật với thiết kế được thể hiện trong Hình 2.

Khoang rỗng bên dưới lớp bê tông: Bên dưới lớp bê tông bố trí 08 khoang rỗng với hai loại kích thước khác nhau lần lượt là 80x10cm và 80x20cm; vật liệu bên trong khoang rỗng là xốp. Xốp là vật liệu có trở kháng âm học thấp, phù hợp để sử dụng trong mô phỏng không khí chứa trong khoang rỗng.



Hình 2: Sơ họa thiết kế mô hình bê tông chứa khuyết tật



Hình 3: Một số hình ảnh xây dựng khối bê tông chứa khuyết tật

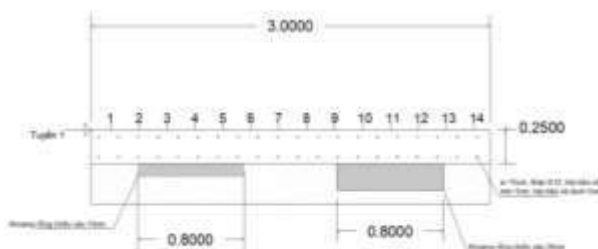
4.1.3. Thiết kế tuyến khảo sát

Bố trí 03 tuyến khảo sát trên từng khu vực có độ dày bê tông khác nhau:

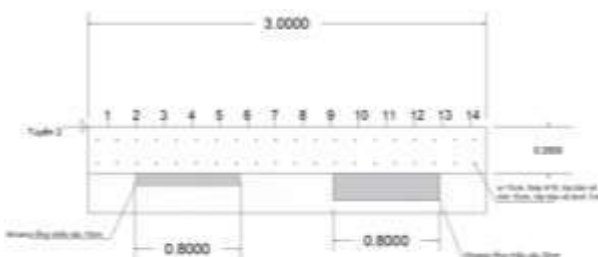
- Tuyến thứ 1: Tuyến khảo sát dài 3m, khảo sát trên lớp bê tông dày 25cm. Bê tông có 2 lớp thép đan lưới ô vuông với $a=15\text{cm}$, $\Phi 12$, lớp bảo vệ trên 5cm, lớp bảo vệ dưới 5cm. Bên dưới lớp bê tông bố trí 02 khoang rỗng với kích thước lần lượt là $80 \times 10\text{cm}$ và $80 \times 20\text{cm}$; vật liệu bên trong khoang rỗng là xốp.

- Tuyến thứ 2: Tuyến khảo sát dài 3m, khảo sát trên lớp bê tông dày 35cm. Bê tông có 2 lớp thép đan lưới ô vuông với $a=15\text{cm}$, $\Phi 16$, lớp bảo vệ trên 10cm, lớp bảo vệ dưới 7cm. Bên dưới lớp bê tông bố trí 02 khoang rỗng với kích thước lần lượt là $80 \times 10\text{cm}$ và $80 \times 20\text{cm}$; vật liệu bên trong khoang rỗng là xốp.

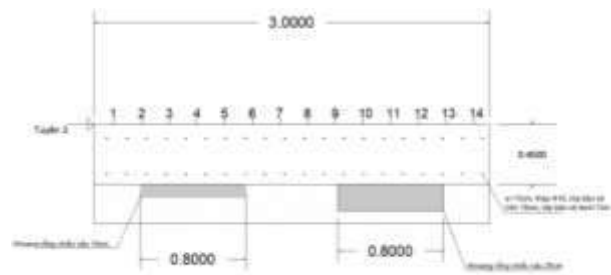
- Tuyến thứ 3: Tuyến khảo sát dài 3m, khảo sát trên lớp bê tông dày 45cm. Bê tông có 2 lớp thép đan lưới ô vuông với $a=15\text{cm}$, $\Phi 18$, lớp bảo vệ trên 10cm, lớp bảo vệ dưới 7cm. Bên dưới lớp bê tông bố trí 02 khoang rỗng với kích thước lần lượt là $80 \times 10\text{cm}$ và $80 \times 20\text{cm}$; vật liệu bên trong khoang rỗng là xốp.



Hình 4: Mặt cắt dọc tuyến khảo sát số 01



Hình 5: Mặt cắt dọc tuyến khảo sát số 02



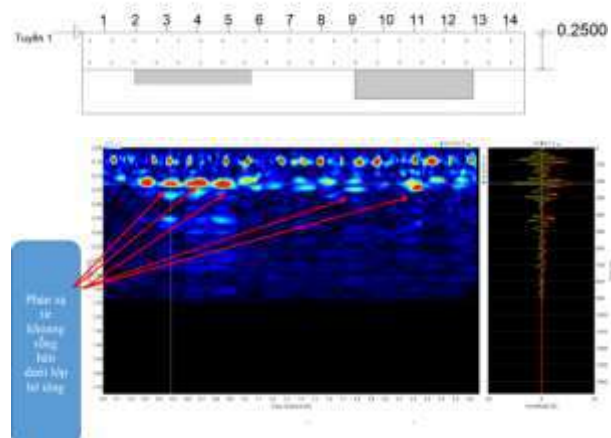
Hình 6: Mặt cắt dọc tuyến khảo sát số 03

4.2. Kết quả khảo sát

4.2.1. Kết quả khảo sát tuyến số 01

Kết quả khảo sát trên tuyến số 01 cho thấy khoang rỗng với chiều sâu 10cm được phát hiện rất rõ ràng ở các vị trí đặt máy thứ 2 đến vị trí đặt máy thứ 5. Khoang rỗng chiều sâu 20cm chỉ được phát hiện ở vị trí đặt máy thứ 10 và 12. Ngoài ra mặt cắt sóng siêu âm cũng thể hiện các phản xạ từ cốt thép ở độ sâu 8cm.

Phân tích biên độ và hình dạng sóng siêu âm tại từng vị trí cho thấy các phản xạ của thanh thép cho đỉnh xung cực đại có giá trị dương, các phản xạ của khoang rỗng dưới lớp bê tông cho đỉnh xung cực đại mang giá trị âm. Đây chính là hiện tượng đảo pha của xung sóng khi phản xạ từ mặt ranh giới bê tông- không khí. Phản xạ từ khoang rỗng sâu 10cm có biên độ lớn hơn phản xạ từ khoang rỗng sâu 20cm.



Hình 7: Kết quả khảo sát tuyến số 01

4.2.2. Kết quả khảo sát tuyến số 02

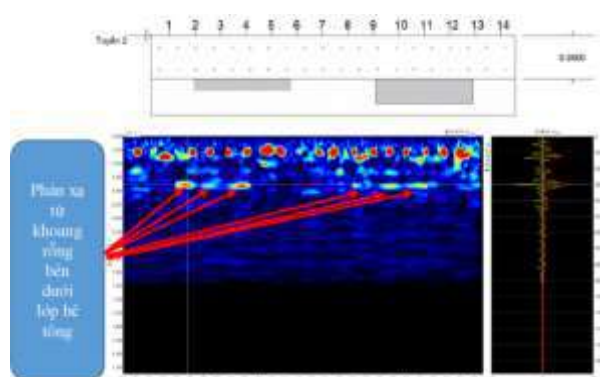
Kết quả khảo sát trên tuyến số 02 cho thấy khoang rỗng với chiều sâu 10cm được phát hiện ở các vị trí đặt máy thứ 3 đến vị trí đặt máy thứ

5. Khoảng rỗng chiều sâu 20cm được phát hiện ở vị trí đặt máy thứ 10 đến vị trí đặt máy thứ 12. Ngoài ra mặt cắt sóng siêu âm cũng thể hiện các phản xạ từ cốt thép ở độ sâu 12cm. Phân tích biên độ và hình dạng sóng siêu âm tại từng vị trí đặt máy cho thấy nếu phản xạ của thanh thép cho đỉnh xung cực đại có giá trị dương thì phản xạ của khoảng rỗng dưới lớp bê tông cho đỉnh xung cực đại mang giá trị âm và ngược lại. Đây chính là hiện tượng đảo pha của xung sóng khi phản xạ từ mặt ranh giới bê tông- không khí. Phản xạ từ khoảng rỗng sâu 10cm có biên độ lớn hơn phản xạ từ khoảng rỗng sâu 20cm.

4.2.3. Kết quả khảo sát tuyến số 03

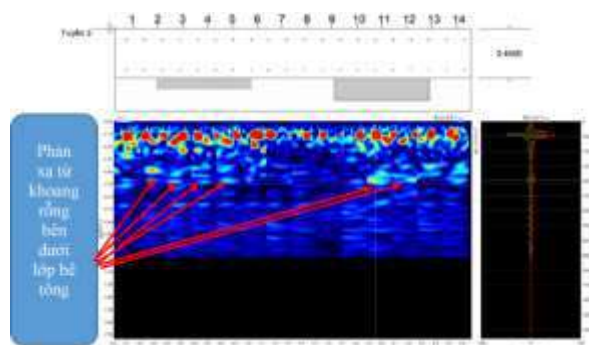
Kết quả khảo sát trên tuyến số 03 cho thấy khoảng rỗng với chiều sâu 10cm được phát hiện ở các vị trí đặt máy thứ 2 đến vị trí đặt máy thứ 5. Khoảng rỗng chiều sâu 20cm được phát hiện ở vị trí đặt máy thứ 11 và vị trí đặt máy thứ 12. Ngoài ra mặt cắt sóng siêu âm cũng thể hiện các phản xạ từ cốt thép ở độ sâu 12cm. Phân tích biên độ và hình dạng sóng siêu âm tại từng vị trí đặt máy cho thấy nếu phản xạ của thanh thép cho đỉnh xung cực đại có giá trị dương thì phản xạ của khoảng rỗng dưới lớp bê tông cho đỉnh xung cực đại mang giá trị âm và ngược lại. Đây chính là hiện tượng đảo pha của xung sóng khi phản xạ từ mặt ranh giới bê tông- không khí.

Biên độ của sóng phản xạ từ khoảng rỗng là khá yếu, gây khó nhận biết khi minh giải.



Hình 8: Kết quả khảo sát tuyến 02

TÀI LIỆU THAM KHẢO



Hình 9: Kết quả khảo sát tuyến 03

5. THẢO LUẬN

Kết quả khảo sát thiết bị siêu âm chụp cắt lớp Pundit 250 Array trên các tuyến khảo sát cho thấy thiết bị có khả năng phát hiện khoảng rỗng dưới lớp bê tông nhờ hai yếu tố: biên độ phản xạ mạnh do khoảng rỗng gây nên và hiện tượng đảo pha của xung sóng phản xạ. Khả năng xuyên sâu phát hiện đối tượng của thiết bị trong phạm vi khảo sát của đề tài đạt tối đa 45cm, với khả năng phát hiện rõ nét ở độ sâu 25cm, 35cm và khả năng phát hiện khá hạn chế ở độ sâu 45cm. Tuy nhiên, biên độ sóng phản xạ ở khoảng rỗng có độ sâu nhỏ (10cm) lại có giá trị lớn hơn biên độ sóng phản xạ ở khoảng rỗng có độ sâu lớn (20cm). Điều này có thể được lý giải do vật liệu lựa chọn lấp đầy khoảng rỗng là xốp, vật liệu này có trở kháng âm học cao hơn không khí, do đó vẫn có 1 phần năng lượng sóng đi qua và phản xạ ngược lại ở đáy khoảng đối với khoảng rỗng độ sâu nhỏ, phần năng lượng này ở khoảng rỗng độ sâu lớn là không đáng kể do quãng đường dài hơn. Sự cộng gộp năng lượng này khiến biên độ sóng phản xạ tại khoảng rỗng độ sâu nhỏ lớn hơn biên độ sóng phản xạ tại khoảng rỗng độ sâu lớn. Ở khoảng độ sâu nhỏ (25cm), kích thước kéo dài của khoảng rỗng theo chiều tuyến đo xác định trên mặt cắt siêu âm là đáng tin cậy. Ở khoảng độ sâu lớn hơn, kích thước kéo dài của khoảng rỗng theo chiều tuyến đo xác định trên mặt cắt siêu âm nhỏ hơn so với thực tế.

- [1] Aldo O.De La Haza, Andrey A.Samokrutov, Pavel A. Samokrutov (2013), “Assessment of concrete structures using the Mira and Eyecon ultrasonic shear wave devices and the SAFT-C image reconstruction technique”, Construction and Building Materials, 38, 1276-1291.
- [2] V.M. Malhotra, N.J. Carino (2004), Handbook on Nondestructive Testing of Concrete, CRC Press LLC.
- [3] Ruoyu Chen, Khiem T.Tran, Hung Manh La, Taylor Rawlinson, Kien Dinh (2022), “Detection of delamination and rebar debonding in concrete structures with ultrasonic SH-waveform tomography”, Automation in Construction, 133, 104004.
- [4] Pundit 250 Array Application Booklet.
- [5] Pundit Operating Instruction.
- [6] TCVN 9357:2012: Bê tông nặng- Phương pháp thử không phá hủy- Đánh giá chất lượng bê tông bằng vận tốc xung siêu âm.