

# Đánh giá khuyết tật cọc khoan nhồi theo vận tốc sóng siêu âm

## Evaluation of Bored Pile Defects According to Ultrasonic Wave Velocity

> TS NGUYỄN NGỌC THẮNG<sup>1,\*</sup>, THS TRẦN THỊ PHƯƠNG LAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy Lợi; Tác giả liên hệ: \*Email: thangnn@tlu.edu.vn

<sup>2</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Hải Phòng; Email: bithoi06@gmail.com

### TÓM TẮT

Phương pháp thí nghiệm siêu âm bê tông nhờ việc đo vận tốc sóng âm truyền trong bê tông là một phương pháp được sử dụng phổ biến trên Thế giới cũng như ở Việt Nam hiện nay để đánh giá chất lượng bê tông sau khi thi công. Nguyên lý của phương pháp này dựa chủ yếu vào vận tốc âm truyền trong bê tông nên cho kết quả thí nghiệm có độ chính xác khá cao, giá thành hợp lý; phương pháp thí nghiệm và vận hành thiết bị đơn giản, phương pháp này cũng đã được quy định cụ thể trong các tiêu chuẩn hiện hành. Tuy nhiên với cọc khoan nhồi việc xác định và đánh giá khuyết tật bê tông từ kết quả siêu âm cọc cũng có những sai lệch khác nhau, phụ thuộc nhiều vào quan điểm tính toán cũng như kinh nghiệm của người thực hiện. Trong bài báo này tác giả trình bày tổng quan cơ sở lý thuyết, yêu cầu và chỉ dẫn kỹ thuật của phương pháp thí nghiệm siêu âm truyền qua hai ống; ngoài ra dựa trên kết quả thực tế thí nghiệm siêu âm cọc tại hai dự án, tại Cầu Giấy và tại Long Biên, Hà Nội cho những kết quả khác nhau về độ đồng nhất của bê tông. Từ kết quả thực nghiệm này, việc đánh giá khuyết tật, dự đoán cường độ bê tông cọc dựa trên vận tốc sóng siêu âm thu được cũng được kiến nghị đưa ra.

**Từ khóa:** Sóng siêu âm; vận tốc sóng; cọc khoan nhồi; khuyết tật; cường độ bê tông.

### ABSTRACT

The ultrasonic testing method for concrete, based on measuring the velocity of sound waves transmitted through the material, is a widely used approach globally and in Vietnam for assessing the quality of concrete after construction. The principle of this method relies primarily on the sound velocity in concrete, resulting in relatively high accuracy and reasonable costs. The testing procedure and equipment operation are straightforward, and the method is explicitly outlined in current standards. However, for bored piles, identifying and evaluating concrete defects based on ultrasonic testing results can vary, depending heavily on calculation approaches and the experience of the operator. In this paper, the author provides an overview of the theoretical basis, requirements, and technical guidelines for the ultrasonic testing method using the cross-hole technique. Additionally, based on the actual ultrasonic testing results of piles from two projects, one in Cau Giay and another in Long Bien, Hanoi, the study highlights differing outcomes regarding the concrete's uniformity. From these experimental results, recommendations are made regarding defect evaluation and the prediction of concrete pile strength based on the obtained ultrasonic wave velocity.

**Keywords:** Ultrasonic waves; wave velocity; bored concrete piles; defects; concrete strength.

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

### 1.1 Phương pháp thí nghiệm siêu âm cọc khoan nhồi

Kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi bằng phương pháp xung siêu âm là thực hiện phương pháp kiểm tra không phá hủy cho phép xác định tính đồng nhất và khuyết tật của bê tông trong phạm vi từ điểm phát điểm thu. Thí nghiệm kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi bằng phương pháp xung siêu âm có thể được thực hiện ở hai giai đoạn: thi công cọc thử, thi công cọc đại trà. Kết quả thí nghiệm là một trong những cơ sở để lựa chọn thiết bị và công nghệ thi công cọc và là một trong những cơ sở cần thiết để đánh giá tổng thể về chất lượng thi công cọc. Trong số bốn phương pháp thí nghiệm sử dụng xung siêu âm truyền qua ống hiện nay

gồm: kỹ thuật siêu âm một ống, kỹ thuật siêu âm thành cọc, kỹ thuật quét xung siêu âm nhận dạng khuyết tật thì phương pháp xung siêu âm truyền qua hai ống (CSL) nhờ việc đo vận tốc sóng âm truyền trong bê tông là một phương pháp được sử dụng phổ biến trên Thế giới cũng như ở Việt Nam hiện nay. Nguyên lý của phương pháp này dựa chủ yếu vào vận tốc âm truyền trong bê tông nên cho kết quả thí nghiệm có độ chính xác khá cao, giá thành hợp lý; phương pháp thí nghiệm và vận hành thiết bị đơn giản [1].

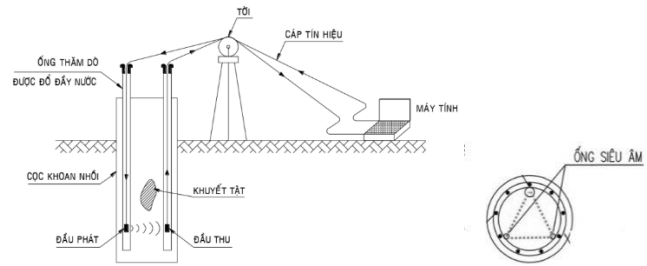
Trên thế giới, các phương pháp thí nghiệm kiểm tra xác định sự đồng nhất của bê tông cọc khoan nhồi theo phương thức không phá hủy kết cấu được quan tâm từ rất sớm, từ cuối

những năm 1970 và đầu những năm 1980. Các phương pháp này ban đầu chủ yếu dựa vào nguyên lý phản hồi xung âm thanh. Năm 1983, Trung tâm thí nghiệm động lực học ở Delft đã nghiên cứu, phát triển phương pháp phản hồi âm thanh để kiểm tra độ đồng nhất thân cọc. Năm 1987, Wetman đề xuất phương pháp phản hồi xung và đo trở kháng cọc để xác định khuyết tật trong cọc và độ cứng của hệ cọc- đất nền. Những phương pháp ban đầu này là cơ sở lý thuyết cho các thiết bị kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi theo phương pháp thử động biến dạng nhỏ PIT; và thử động biến dạng lớn PDA sau này [2, 11-13]. Trên cơ sở nguyên lý truyền sóng siêu âm, hai phương pháp thí nghiệm chấn động song song và phương pháp sóng ứng suất được xây dựng, kết hợp với kết quả thí nghiệm khoan lấy lõi, phương pháp thí nghiệm tia gamma, phương pháp nội soi bê tông lập thành hệ tiêu chí đầy đủ để đánh giá chất lượng bê tông cọc khoan nhồi [1-2], [14-15].

Để kết quả thí nghiệm siêu âm đánh giá đúng chất lượng bê tông cọc, thời điểm thí nghiệm phải đảm bảo khi bê tông cọc đã đạt cường độ thiết kế. Tuy vậy, trong mọi trường hợp khuyết tật của bê tông cọc khoan nhồi hoặc cấu kiện móng được phát hiện bằng phương pháp xung siêu âm cần được hiểu đây là sự cảnh báo hoặc sự xác định gián tiếp về tồn tại khuyết tật trong bê tông. Để khẳng định và đánh giá đặc điểm khuyết tật cần kết hợp thực hiện thêm các phương pháp khác như: khoan lấy mẫu ở lõi bê tông, thí nghiệm nén mẫu bê tông. Theo qui định tại điều 3.3.4 của TCVN 9396: 2012 [3], thời gian bắt đầu tiến hành thí nghiệm trên cọc tối thiểu phải sau 7 ngày tính từ khi kết thúc đổ bê tông ở cọc. Theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn, khi tiến hành thí nghiệm cần căn cứ vào đường kính cọc, vật liệu ống siêu âm, nếu sử dụng ống PVC nên thí nghiệm siêu âm trong vòng từ 2 đến 10 ngày sau khi đổ bê tông để hạn chế hiện tượng mất dính bám; từ 2 đến 45 ngày đối với ống vật liệu thép [4].

**1.2 Cơ sở lý thuyết và yêu cầu kỹ thuật của phương pháp siêu âm**

Theo nguyên lý thí nghiệm siêu âm, khi sóng siêu âm truyền trong môi trường vật liệu bê tông (không hoàn toàn đàn hồi) thế năng không hoàn toàn chuyển thành động năng gây dao động cho các hạt trong môi trường mà bị suy giảm một phần do nội ma sát giữa các hạt và giữa các cốt liệu với đá và xi măng. Sự suy giảm này rõ ràng khi sóng siêu âm gặp các khuyết tật như lỗ rỗng, vết nứt, khu vực đặc chắc kém. Đặt sẵn tối thiểu hai ống thăm dò trong cọc trước khi thi công bê tông và đổ đầy nước sạch nhằm tăng chất lượng truyền âm. Hai đầu dò gồm một đầu phát, một đầu thu được thả vào ống đồng thời ở cùng cao độ và được kéo từ đáy lên đỉnh cọc với một vận tốc ngang nhau, phù hợp theo chiều dài cọc và khả năng của thiết bị [3]. Cơ chế hoạt động của thiết bị gồm một bộ biến áp điện phát xung điện theo dây dẫn đến đầu phát, đầu phát chuyển xung điện sang dao động cơ học có tần số 20 - 100 kHz và truyền qua bê tông. Đầu thu nhận sóng siêu âm và chuyển từ dao động cơ học sang xung điện rồi theo dây dẫn truyền về máy tính. Tín hiệu sóng siêu âm cũng được hiển thị trên màn hình và ghi lại theo chiều dài thân cọc cho mỗi mặt cắt. Nước sạch là môi trường trung gian để sóng có thể truyền từ đầu phát vào môi trường nước - thành ống - bê tông và tiếp tục từ thành ống qua nước rồi đến đầu thu. Nước được đổ vào ống thăm dò trước hoặc ngay khi kết thúc quá trình đổ bê tông để hạn chế mất dính bám giữa thành ngoài ống với bê tông khi bê tông ninh kết. Chỗ không dính bám làm kết quả siêu âm phản ánh không đúng bản chất thực của bê tông (cho kết quả xấu hơn hoặc đôi khi mất sóng) [2- 3], [15-16].



**Hình 1.** Thí nghiệm siêu âm xác định khuyết tật bê tông cọc khoan nhồi [1, 2, 14]

Tiêu chuẩn TCVN 9396: 2012 [3] quy định số lượng cọc cần tiến hành kiểm tra bằng phương pháp xung siêu âm được lựa chọn tùy theo từng giai đoạn. Trong giai đoạn thi công cọc thử số lượng cọc được kiểm tra là tất cả các cọc có thực hiện các phương pháp kiểm tra sức chịu tải của cọc bằng tải trọng tĩnh hoặc tải trọng động. Trong giai đoạn thi công cọc đại trà số lượng cọc có đặt ống siêu âm được quy định tối thiểu bằng 50 % tổng số lượng cọc có trong công trình, trong đó số lượng cọc cần tiến hành kiểm tra được xác định một cách ngẫu nhiên và lấy ít nhất bằng 25 % tổng số lượng cọc có trong công trình. Cách bố trí, thông số kỹ thuật ống thăm dò với khoảng cách ống từ 0,3 ÷ 1,5m làm từ thép hoặc PVC, đường kính ống 50 ÷ 60mm và sai số đo sâu cho phép từ 1/500 chiều sâu ống đo hoặc 50mm, quy định số lượng tối thiểu và cách bố trí ống siêu âm thể hiện trong bảng 1 dưới đây.

**Bảng 1:** Quy định ống thăm dò siêu âm [3, 11]

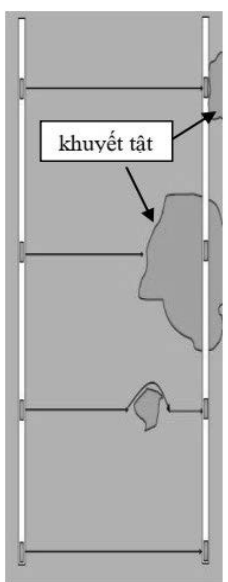
Số lượng ống tối thiểu	Đường kính cọc	Cách bố trí ống (1: ống siêu âm; 2: vùng siêu âm)
2	$D \leq 0,6m$	
3	$0,6m \leq D \leq 1,0m$	
4	$D > 1,0m$	

**1.3 Đánh giá chất lượng bê tông theo vận tốc sóng âm**

Sóng siêu âm truyền trong bê tông dưới hai dạng gồm sóng dọc (hay sóng nén, ký hiệu P) và sóng ngang (hay sóng cắt, ký hiệu S). Sóng P là loại sóng có phương dao động của các phần tử vật chất trùng với phương truyền sóng trong khi sóng S là loại sóng có phương dao động vuông góc với phương truyền sóng. Trong phương pháp siêu âm, sóng S tương đối yếu nên được bỏ qua [1]. Theo hướng dẫn trong TCVN 9396: 2012 [2- 3], tại hiện trường có thể sơ bộ đánh giá kết quả đo về tính đồng nhất của bê tông cọc dựa theo vận tốc sóng dọc thân cọc. Khi thấy có sự giảm hoặc tăng vận tốc truyền xung  $\geq 20\%$  thì phải thử nghiệm lại ở cao độ của vị trí đó để khẳng định khuyết tật trong cọc, ảnh hưởng tới chất lượng bê tông, xem bảng 2. Tuy nhiên theo bảng 3 trên đây, kết quả thu được là vận tốc truyền sóng âm chỉ mới xác định được vị trí khuyết tật bên ngoài do nền đất yếu như cọc phình hông, hư hỏng lớp bê tông bảo vệ, đọng bentonite dọc thân cọc. Điều 7.4 của

TCVN 9396 [3] quy định, tại vị trí khuyết tật cần kết hợp các đặc trưng của xung siêu âm ghi nhận: vận tốc, biên độ, năng lượng, thời gian truyền xung.

Bảng 2. Nhận định đánh giá khuyết tật cọc khoan nhồi theo [3, 11]

STT	Nhận dạng khuyết tật bê tông cọc	Hình dạng và vị trí	Đánh giá từ kết quả thí nghiệm
1	Mất bê tông lớp bảo vệ cốt thép		Không đánh giá được khuyết tật ở lớp bê tông bảo vệ
2	Khuyết tật thu hẹp đường kính cọc		Mất sóng hoàn toàn
3	Khuyết tật nhỏ trong thân cọc		Vận tốc sóng giảm do thời gian truyền sóng tăng
4	Không có khuyết tật		Sóng tốt, vật liệu đồng nhất

Theo [4] vận tốc truyền sóng siêu âm trong quá trình thí nghiệm được xác định bằng cách đo thời gian truyền xung siêu âm giữa hai đầu thu - phát (T) và quãng đường truyền sóng (khoảng cách giữa hai ống thăm dò, D), tính theo công thức (1):

$$V_p = \frac{D}{T} \quad (1)$$

Trong môi trường vật liệu đồng nhất, vận tốc sóng P ( $V_p$ ) phụ thuộc vào mô đun đàn hồi của vật liệu (E), hệ số Poisson ( $\nu$ ) và tỷ trọng ( $\rho$ ) của vật liệu theo biểu thức (2) [6]:

$$V_p = \sqrt{\frac{(1-\nu)E}{(1+\nu)(1-2\nu)\rho}} \quad (2)$$

Như vậy từ công thức (1) và (2) bằng cách xác định vận tốc truyền sóng siêu âm tại các vị trí khác nhau dọc theo thân cọc khoan nhồi có thể kết luận về tính không đồng nhất của bê tông cọc; sự không đồng nhất có thể do nhiều nguyên nhân khác nhau, như sự tồn tại các lỗ rỗng chứa khí, nước hoặc do bê tông cọc có lẫn tạp chất bentonite, đất.

Tuy nhiên để đánh giá độ đồng nhất của bê tông cọc cần xét đến năng lượng của sóng siêu âm. Đặc trưng khả năng truyền sóng trong một môi trường vật chất được định nghĩa là trở kháng sóng âm, ký hiệu là Z. Giá trị của Z phụ thuộc tuyến tính vào vận tốc sóng  $V_p$  trong môi trường đó, tỷ trọng của  $\rho$  của vật liệu theo biểu thức (3):

$$Z = \rho \cdot V_p \quad (3)$$

Trong các nghiên cứu của mình Olson và các cộng sự (2012), [5]; Ibatullin cùng cộng sự (2019) [14] và Wang và các cộng sự (2023) [15] đã tiến hành thí nghiệm truyền sóng siêu âm trong các môi trường vật liệu đồng nhất khác nhau, và từ (3) đã xác định được trở kháng sóng âm tương ứng với môi trường đó, kết quả được hợp trong bảng 3.

Bảng 3. Trị số trở kháng sóng âm [15]

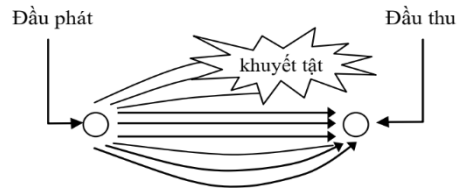
STT	Vật liệu	Trở kháng sóng âm $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
1	Bê tông	$7 \div 10 \times 10^6$
2	Không khí	0,4
3	Nước	$1,5 \times 10^6$
4	Đất	$0,3 \div 0,4 \times 10^6$
5	Đá, Sỏi cứng	$15 \div 19 \times 10^6$
6	Thép	$45 \div 47 \times 10^6$

#### 1.4 Phát hiện khuyết tật trong bê tông cọc qua năng lượng sóng âm

Jalinoos và cộng sự (2015) [6] và Gao cùng cộng sự (2017) [16] đã chỉ ra năng lượng của sóng siêu âm bị suy giảm trên quãng đường truyền sóng là sự hấp thụ (chuyển thành nhiệt năng), tán xạ (đổi hướng khi truyền trong môi trường không đồng nhất) và phản xạ của môi trường. Khi sóng siêu âm truyền qua hai môi trường khác nhau, một phần năng lượng sóng tới sẽ bị phản xạ tại mặt phân cách giữa hai môi trường đó. Trong trường hợp này, hệ số phản xạ, ký hiệu R, được xác định gần đúng theo công thức (4), [6]:

$$R = \left( \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2 \quad (4)$$

với  $Z_1, Z_2$  lần lượt là trở kháng sóng âm của môi trường thứ nhất và thứ hai. Giá trị R trong biểu thức (4) luôn  $\leq 1$ , mức độ suy giảm năng lượng truyền sóng trong thí nghiệm siêu âm cọc được biểu thị qua trị số (1-R) %, là cơ sở phát hiện khuyết tật trong bê tông cọc, minh họa ở hình 2 dưới đây.



Hình 2. Phát hiện khuyết tật trong bê tông cọc từ sóng siêu âm [6]

Từ kết quả thí nghiệm truyền sóng cho cùng chủng loại mẫu bê tông, Garland L at al (2017) [7] đã đưa ra biểu thức thực nghiệm phản ánh mối liên hệ giữa cường độ ( $f_c$ ) với vận tốc truyền sóng âm ( $V_p$ ) và tỷ trọng ( $\rho$ ) của bê tông qua biểu thức (5):

$$f_c' = V_p^4 \rho^2 \quad (5)$$

Theo (5) có thể dự đoán mức độ suy giảm cường độ bê tông tại vùng khuyết tật thông qua mức độ suy giảm vận tốc. Ví dụ, giả sử vị trí khuyết tật có độ suy giảm vận tốc 20%, nghĩa là vận tốc sóng âm thu được không truyền qua bê tông (vật liệu không còn đồng nhất nữa), lúc này trị số  $\rho$  cũng thay đổi. Theo đó, cường độ bê tông vùng bị khuyết tật đạt khoảng 40% cường độ tại vùng không khuyết tật. Tương tự, bê tông vùng bị suy giảm 10% vận tốc sóng sẽ có cường độ bằng 65% cường độ tại vùng không khuyết tật. Như vậy, qua phân tích giá trị cường độ bê tông suy giảm chỗ khuyết tật tính được theo vận tốc truyền âm, ta có thể dự tính được cường độ bê tông. Tuy vậy, kết quả tính toán là rất phân tán, phụ thuộc nhiều vào cốt liệu, xi măng, cấp phối, nhiệt độ, độ ẩm, cấp bền. Trong một số các trường hợp thí nghiệm, kết quả thu được thời gian truyền xung (T) không đổi hoặc thay đổi nằm trong giới hạn cho phép nhưng năng lượng nhận được ở đầu thu bị suy giảm đáng kể. Như vậy nếu chỉ đánh giá theo vận tốc truyền xung thu được sẽ không nhận định được khuyết tật cọc.

M. Al-Mosawe, at al, (2017) [8] đưa ra tiêu chí đánh giá vận tốc sóng, đạt  $V_p > 3000\text{m/s}$  mới kết luận độ đồng nhất của bê tông đạt yêu cầu, khi đó xem xét mức độ suy giảm năng lượng xác định theo thực nghiệm trong (6):

$$A = 20 * \log_{10} \left( \frac{C}{E} \right) \quad (6)$$

Với A là mức độ suy giảm năng lượng (dB), E là năng lượng thực tế nhận được, và C là năng lượng dự kiến lớn nhất đầu thu có thể nhận được [9, 10].

### 3. THỰC NGHIỆM SIÊU ÂM CỌC KHOAN NHỎ

#### 3.1 Giới thiệu công tác thí nghiệm cọc tại công trình

Dự án 1: Tòa nhà hỗn hợp văn phòng, dịch vụ thương mại, khách sạn, căn hộ và nhà ở có địa điểm tại ô đất D32 thuộc khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hòa, quận Cầu Giấy, Hà Nội, do Công ty TNHH Đầu tư xây dựng và Xuất nhập khẩu Tây Đô làm chủ đầu tư. Dự án sử dụng cọc khoan nhồi đường kính D1200, chiều dài cọc trung bình 48m.

Dự án 2: Xây dựng nhà ở cao tầng để bán đối với ô đất ký hiệu CT2 tại phường Long Biên, quận Long Biên, TP Hà Nội, do Công ty TNHH Đầu tư xây dựng và Xuất nhập khẩu Tây Đô làm chủ đầu tư. Dự án sử dụng cọc khoan nhồi đường kính D1200, chiều dài cọc trung bình 36.5m.

Đơn vị thực hiện thí nghiệm cọc: Công ty Cổ phần Kiểm định và Kỹ thuật xây dựng Hà Nội.

#### 3.2 Trình tự và thiết bị thí nghiệm

a) Trình tự mỗi thí nghiệm siêu âm:

- Vận chuyển thiết bị từ phòng thí nghiệm đến công trường;
- Khởi động máy, kiểm tra hoạt động của hệ thống;
- Đo khoảng cách giữa hai cặp ống (ống thép thi công đặt sẵn trong thân cọc) kiểm tra độ thông suốt dọc của ống siêu âm;
- Đổ đầy nước vào các ống siêu âm;
- Cho đầu phát và đầu thu vào trong hai cặp ống xuống đáy cọc;
- Kéo đầu phát và đầu thu từ đáy ống siêu âm lên, các tín hiệu thu được tự động ghi vào file số liệu;
- Thực hiện tương tự đối với các mặt cắt tiếp theo;
- Tháo dỡ, vận chuyển thiết bị ra khỏi công trường về phòng thí nghiệm;
- Chuyển số liệu sang máy tính; Phân tích, xử lý các dữ liệu thu được bằng phần mềm thích hợp chuyên dụng, lập hồ sơ cho từng mặt cắt của từng cọc thí nghiệm;
- Lập báo cáo kết quả. In ấn và chuyển giao kết quả.

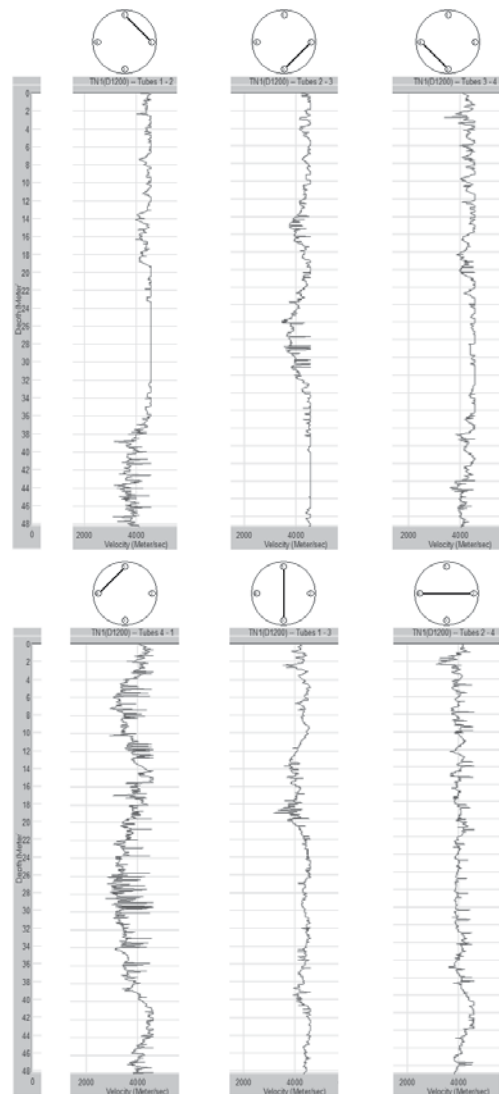
b) Thiết bị thí nghiệm siêu âm:

Công tác kiểm tra chất lượng bê tông cọc Khoan nhồi bằng phương pháp siêu âm sử dụng hệ thống thiết bị CSL, hệ thống thiết bị này bao gồm: Thiết bị chuyên dụng Model CSL1 do hãng OLSON Instrument, sản xuất tại Mỹ năm 2008 với phần mềm chuyên dụng SONIC được chạy trong môi trường Windows XP, cùng với các phụ kiện kèm theo gồm:

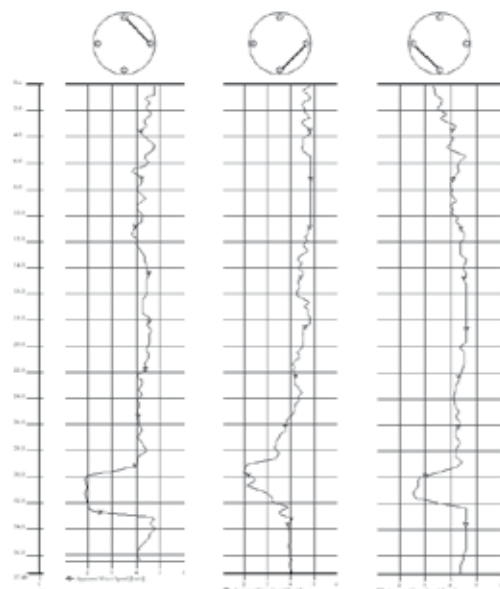
- Bộ vi xử lý 1.1 GHZ, 512MBDRAM, ổ cứng 40GB, màn hình 12inch độ phân giải 1024x768 Card National instrument PCL, 12 bit A/D tốc độ lấy mẫu 1MHz, Pin sạc Lithium làm việc 12 đến 14 giờ liên tục;
- Hai đầu phát và thu tín hiệu được nối với máy bởi hai cuộn cáp điện, mỗi cuộn có chiều dài 100m, có khớp nối chống nước; khoảng cách thu phát các tín hiệu truyền sóng tối đa đạt được là 4,0m;
- Thiết bị đo độ sâu (Triger) được nối với máy bởi bộ cáp điện;
- Kèm theo thiết bị có CD Rewrite, Máy tính Peltum IV, máy in Laze1200.

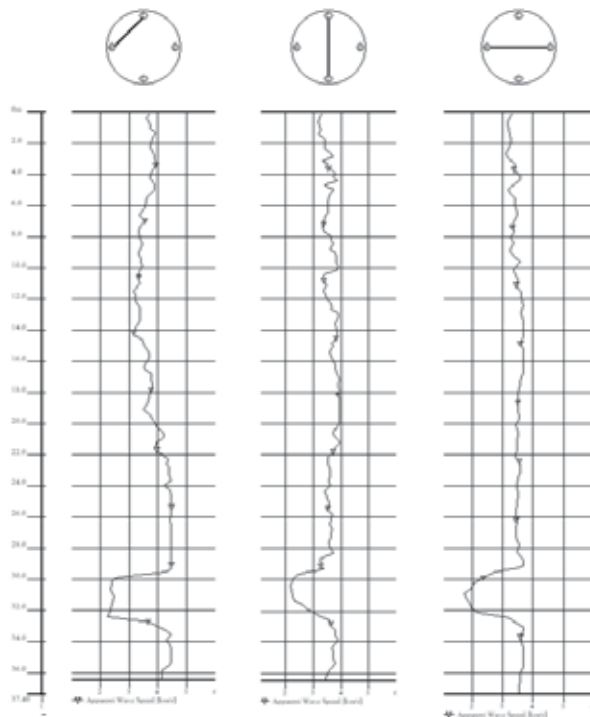
#### 3.3 Kết quả thí nghiệm

Bảng 4 dưới đây tổng hợp kết quả thực nghiệm siêu âm gồm vận tốc sóng, tín hiệu âm đầu tiên và năng lượng tín hiệu, biểu đồ năng lượng dọc theo chiều dài cọc thể hiện trong hình 3 và 4 cho tương ứng cọc D1200 ở dự án 1 và 2.



Hình 3. Hình ảnh truyền sóng siêu âm bê tông cọc khoan nhồi TN1-D1200, dự án 1, Cầu Giấy, Hà Nội





**Hình 4.** Hình ảnh truyền sóng siêu âm bê tông cọc khoan nhồi TN1-D1200, dự án 2, Long Biên, Hà Nội

Nhận xét chung:

Từ bảng số liệu 4 và kết quả hình ảnh siêu âm trong hình 3 và 4 cho thấy tại 2 dự án này cọc được thi công cùng đường kính, cùng bê tông với cấp bền B30 nhưng ở các cọc thí nghiệm trong dự án 1 vận tốc sóng siêu âm trung bình (đạt giá trị 4114m/s) là cao hơn khá nhiều so với cọc thí nghiệm ở dự án 2 (đạt giá trị 2933m/s) khoảng xấp xỉ 28.7%, và độ phân tán của kết quả siêu âm thấp hơn rõ rệt. Số liệu này cho thấy dự báo ở cọc thí nghiệm dự án 2 sẽ xuất hiện khuyết tật của bê tông, kéo theo sự suy giảm giá trị trung bình của vận tốc âm trong toàn bộ thân cọc.

Quan sát hình ảnh siêu âm nhận thấy ở cọc thí nghiệm trong dự án 1 tín hiệu âm là đồng nhất, ổn định theo suốt chiều dài cọc, nhưng ở cọc thí nghiệm thuộc dự án 2, sự không đồng nhất thấy rõ hình ảnh tại các mặt cắt khác nhau tuy không giống nhau hoàn toàn nhưng đều phản ánh trong khoảng độ sâu từ 29.09m đến độ sâu 32.47m (tính từ cao độ cắt cọc) bê tông gặp khuyết tật nặng, tín hiệu vận tốc giảm hơn 50%, tương ứng dưới 2000m/s, độ đồng nhất bê tông không đạt yêu cầu.

## 5. KẾT LUẬN

Đánh giá chất lượng cọc từ kết quả thí nghiệm siêu âm là một vấn đề quan trọng, mặc dù các tiêu chuẩn hiện hành về thí nghiệm siêu âm cung cấp hướng dẫn cơ bản để đánh giá khuyết tật cọc khoan nhồi dựa trên mức độ suy giảm vận tốc sóng, việc áp dụng thực tế vẫn đối mặt với nhiều thách thức trong việc phân tích và đánh giá chính xác các khuyết tật. Nguyên nhân chính là do các tiêu chuẩn hiện nay chỉ tập trung vào suy giảm vận tốc sóng mà chưa xét đến các yếu tố bổ sung có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của đánh giá, dẫn đến khó khăn trong việc nhận diện và đánh giá toàn diện chất lượng bê tông cọc. Để nâng cao hiệu quả và tính toàn diện của phương pháp thí nghiệm siêu âm, cần thiết lập thêm các

tiêu chí đánh giá bổ sung. Các tiêu chí này nên bao gồm cường độ bề tổng của cọc, mức độ suy giảm năng lượng sóng, và sự biến đổi vận tốc sóng siêu âm. Việc tích hợp những chỉ số này không chỉ giúp đánh giá chính xác hơn mà còn mang lại cái nhìn toàn diện hơn về chất lượng và độ đồng nhất của cọc khoan nhồi. Các nghiên cứu trong tương lai nên tập trung phát triển các tiêu chí này, dựa trên cơ sở thực nghiệm cũng như tham chiếu các tiêu chuẩn quốc tế như ASTM D6760-08. Bài báo gợi mở hướng đi cho việc hoàn thiện phương pháp đánh giá khuyết tật cọc khoan nhồi, đồng thời thúc đẩy việc ứng dụng thí nghiệm siêu âm trong lĩnh vực bê tông cốt thép nói chung và cọc khoan nhồi nói riêng. Việc giải quyết những hạn chế hiện tại giúp cải thiện tính chính xác của phương pháp mà còn đảm bảo được chất lượng và tính toàn vẹn của cọc khoan nhồi.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vũ Công Ngữ và Nguyễn Thái (2006), Móng cọc Phân tích và thiết kế, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [2] Trần Quang Huy. Xác định và đánh giá khuyết tật cọc khoan nhồi bằng phương pháp xung siêu âm truyền qua hai ống, (2015).
- [3] Bộ KHCN. TCVN 9396:2012 - Cọc khoan nhồi - Phương pháp xung siêu âm xác định tính đồng nhất của Bê tông, (2012).
- [4] ASTM D6760. Standard Test Method for Integrity Testing of Concrete Deep Foundations by Ultrasonic Crosshole Testing, PA: ASTM, 2008.
- [5] Olson, D. L., Crosshole Sonic Logging and Tomographic Velocity Imaging of a New Drilled Shaft Bridge Foundation. Structural Materials Technology Topical Conference, Cincinnati, Ohio (2012).
- [6] F. Jalinos, et al., Defects in Drilled Shaft Foundations: Identification, Imaging, and Characterization. March, 2015.
- [7] Garland L., et al. Defect Analysis for CSL Testing. GSP 158 Contemporary Issues in Deep Foundations, 2017.
- [8] M. Al-Mosawe, Y. Al-Shakarchi, and A. a. A-Saidi. Influence of Defect in the Concrete Piles using Non-Destructive Testing. Journal of Engineering, vol. 3, Sep. 2016.
- [9] K. B. Ladhane and V. A. Sawant (2016), Effect of Pile Group Configurations on Nonlinear Dynamic Response, International Journal of Geomechanics, ASCE, Vol. 16, Issue 1, pp. 42- 51.
- [10] Bhishm, S. K. (2021), Experimental Study of Laterally Loaded Pile Group in Square Arrangement near Sloping Ground, International Journal of Geomechanics, ASCE, Vol. 21, Issue 2, pp. 427- 437.
- [11] Comodromos, E. M., and K. D. Ptilakis. 2015. "Response evaluation for horizontally loaded fixed-head pile groups using 3-D non-linear analysis." *Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech.* 29: 597-625.
- [12] Wang, J., Wang, C., Han, Z. et al. Borehole quality inspection method of bored piles based on multi-array ultrasonic scanning technology. *J Civil Struct Health Monit* 14, 285-302 (2024).
- [13] Joram M. Amir, Erez I. Amir, And Conrad W. Felice. Acceptance criteria for bored piles by ultrasonic testing. 7<sup>th</sup> International Conference on the Application of Stresswave Theory to Piles Kuala Lumpur 2014.
- [14] Ibatullin, Rustam & Shepelev, Alexander & Pischulev, Alexander. (2019). Uniformity Test of Bored Piles by Method of Ultrasonic Sensing. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- [15] Wang, Jinchao & Wang, Chuanying & Han, Zengqiang & Yiteng, Wang & Huang, Junfeng. (2023). Borehole quality inspection method of bored piles based on multi-array ultrasonic scanning technology. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*. 14. 1-18.
- [16] L. Gao, K. Wang, S. Xiao, W. Wu. Dynamic response of a pile considering the interaction of pile variable cross section with the surrounding layered soil. *Int J. Numer. Anal. Methods Geomech.*, 41 (2017), pp. 1196-1214.