



Tạp chí điện tử  
Khoa học và Công nghệ Giao thông  
Trang website: <https://jstt.vn/index.php/vn>



**Article info**

**Type of article:**

Original research paper

**DOI:**

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2024.vn.4.4.10-24>

**\*Corresponding author:**

Email address:

[hungnt@utt.edu.vn](mailto:hungnt@utt.edu.vn)

**Received:** 04/08/2024

**Revised:** 26/10/2024

**Accepted:** 30/10/2024

## Design some experimental models, inspection and evaluate the quality of construction structures

Nguyễn Thanh Hưng

University of Transport Technology, Hanoi 100000, Vietnam

**Abstract:** Experiments and inspections are essential tasks in the management of construction execution and maintenance. In fact, materials and structures degrade over time, which is why Construction managers are always concerned with maintenance work to sustain the operational performance of construction projects. The design of physical models will contribute to improving research methods and testing skills, enhancing expertise and understanding of construction management. In this paper, the designs some experimental models and construction inspections based on requirements on management content for bridge.

**Keywords:** Experimental model; equipment; quality inspection; concrete components; construction structure.



Thông tin bài viết  
Dạng bài viết:  
Bài báo nghiên cứu

DOI:  
<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2024.vn.4.4.10-24>

\*Tác giả liên hệ:  
Địa chỉ Email:  
[hungnt@utt.edu.vn](mailto:hungnt@utt.edu.vn)

Ngày nộp bài: 04/08/2024  
Ngày nộp bài sửa: 26/10/2024  
Ngày chấp nhận: 30/10/2024

## Nghiên cứu thiết kế một số mô hình thí nghiệm, kiểm định và đánh giá chất lượng kết cấu công trình

Nguyễn Thanh Hưng  
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, Hà Nội, Việt Nam

**Tóm tắt:** Thí nghiệm và kiểm định là một trong những công tác thiếu yếu trong quản lý thi công và bảo trì công trình xây dựng. Trong thực tế, vật liệu và kết cấu bị xuống cấp theo thời gian, vì thế mà các đơn vị quản lý luôn quan tâm đến công tác bảo trì, duy trì hiệu suất khai thác cho công trình. Việc xây dựng mô hình vật lý sẽ góp phần nghiên cứu hoàn thiện phương pháp và kỹ năng thử nghiệm, nâng cao nghiệp vụ và hiểu biết về công tác quản lý công trình xây dựng. Trong bài báo này, tác giả nghiên cứu thiết kế một số mô hình thử nghiệm, kiểm định công trình trên cơ sở các yêu cầu về nội dung quản lý công trình cầu.

**Từ khóa:** Mô hình thí nghiệm; thiết bị; kiểm tra chất lượng; cấu kiện bê tông; kết cấu công trình.

### 1. Đặt vấn đề

Trong lĩnh vực xây dựng, chất lượng vật liệu và kết cấu cần đáp ứng được các yêu cầu thiết kế đề ra. Việc thí nghiệm vật liệu, và kiểm định kết cấu có thể khẳng định được chất lượng công trình tại thời điểm khảo sát, thử nghiệm. Hoạt động thí nghiệm xây dựng đóng vai trò quan trọng trong kiểm soát chất lượng thi công và hiệu suất khai thác công trình.

Công tác đo lường các đặc tính của vật liệu kết cấu được gọi là thí nghiệm xây dựng. Kiểm định xây dựng là công tác điều tra, khảo sát hiện trạng kết cấu, đánh giá chất lượng thông qua các số liệu quan trắc, thí nghiệm kết hợp với việc tính toán, phân tích.

Công trình duy trì được tuổi thọ và hiệu suất làm việc khi công tác kiểm tra, bảo trì được thực thi kịp thời và phù hợp với hiện trạng kết cấu. Việc tiếp cận kiến thức về thử nghiệm thông qua mô hình vật lý và thiết bị sẽ giúp nâng cao năng lực thí nghiệm, khả năng phân tích, đánh giá kết cấu, đáp

ứng được nhu cầu của ngành và xã hội.

### 2. Giới thiệu một số bài thí nghiệm

Sau đây, tác giả giới thiệu tóm tắt nội dung chính một số bài thí nghiệm phổ biến trong kiểm định công trình cầu.

#### 2.1. Xác định cường độ chịu nén của bê tông bằng súng bật nảy



**Hình 1.** Súng bật nảy Original Schmidt live

Sử dụng súng thí nghiệm bắn vào bề mặt kết cấu, số liệu thu được là trị số bật nảy  $n$ . Từ biểu đồ quan hệ  $R-n$  có sẵn trên súng bắn hoặc xây dựng

từ thực nghiệm nén mẫu thử chuẩn, ta xác định được cường độ nén R của bê tông kết cấu thí nghiệm. Dạng số liệu kết quả xem Bảng PL1.

Tiêu chuẩn quốc gia TCVN9334:2012 [1] có hướng dẫn cụ thể về nội dung thí nghiệm. Các trị số bật nảy của mỗi lần bắn súng trên một vùng cấu kiện là khác nhau ứng với giá trị cường độ khác nhau. Thông qua xử lý số liệu đo ta cũng xác định được độ lệch bình phương trung bình và hệ số biến động cường độ bê tông

**2.2. Thí nghiệm xung siêu âm đánh giá chất lượng bê tông kết cấu**



**Hình 2.** Máy siêu âm bê tông Tico

Khi sóng siêu âm truyền qua môi trường kết cấu sẽ cho kết quả tốc độ truyền sóng khác nhau, phụ thuộc chủ yếu vào độ đồng nhất, mật độ của vật liệu bê tông. Tốc độ truyền sóng siêu âm qua vùng thí nghiệm được dùng để đánh giá được chất lượng của vật liệu bê tông trong phạm vi đó.

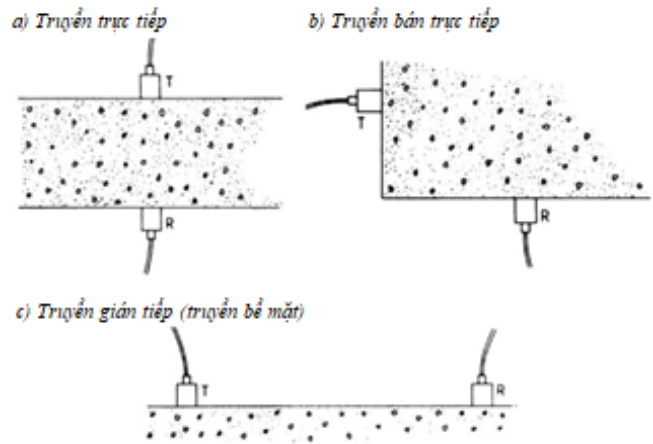
Thiết bị đo sử dụng chùm sóng siêu âm ở đầu dò của thiết bị (đầu phát và đầu thu) và ghi lại tốc độ truyền sóng qua vùng kiểm tra với độ chính xác cao và đảm bảo tính tin cậy. Tiêu chuẩn TCVN13536: 2022 [2] cho phép xác định cường độ chịu nén của bê tông dựa trên sự phụ thuộc của vận tốc truyền sóng với các đặc tính đàn hồi của bê tông. Vật liệu đặc sẽ là môi trường truyền sóng thuận lợi và ngược lại, vì vậy mà có thể nhận định được các đặc tính mật độ của vật liệu khi có tốc độ truyền sóng qua nó. Trên cơ sở bộ số liệu thu được có thể đánh giá độ đồng nhất của cấu kiện bê tông, xác định vị trí và mức độ phát triển của khuyết tật

(nứt, lỗ rỗng,...) trong bê tông theo tiêu chuẩn TCVN13537: 2022 [3].

Tốc độ truyền sóng âm (V) là tỷ số giữa chiều dài truyền sóng (L) và thời gian truyền sóng trong phạm vi đo (T).

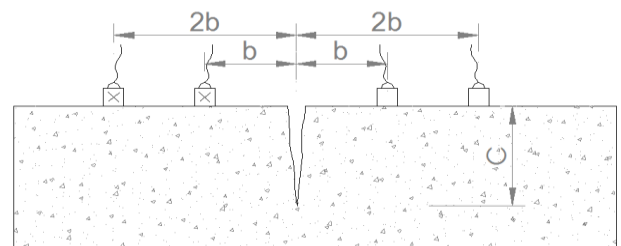
$$V = \frac{L}{T} \tag{1}$$

Tùy theo cách bố trí đầu dò mà phân thành ba hình thức truyền sóng cơ bản là truyền trực tiếp, bán trực tiếp và truyền gián tiếp như Hình 3.



**Hình 3.** Sơ đồ phương pháp truyền và nhận xung siêu âm (T – đầu phát; R- đầu thu)

Thông số vết nứt như chiều dài, bề rộng có thể dễ dàng đo được bằng dụng cụ đo. Chiều sâu vết nứt được định lượng dựa vào tốc độ truyền sóng âm qua vết nứt. Với vết nứt thẳng góc, đầu dò siêu âm được bố trí truyền gián tiếp như trên Hình 4.



**Hình 4.** Sơ đồ bố trí truyền sóng qua vết nứt

Dựa trên đặc tính truyền sóng và sơ đồ đo, dễ dàng xác định được chiều sâu vết nứt C theo công thức (2).

$$C = b \times \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}} \tag{2}$$

trong đó:

t<sub>1</sub> – thời gian truyền sóng khi 2 đầu dò cách

nhau khoảng  $2b$  ( $b = 150 \text{ mm}$ )

$t_2$  – thời gian truyền sóng khi 2 đầu dò cách nhau khoảng  $4b$

Trong thực tế kết cấu thường có bề mặt gồ ghề, không được phẳng, nhấn như yêu cầu thí nghiệm. Để độ tiếp âm đảm bảo tốt và ổn định, trước khi thí nghiệm cần xử lý làm sạch bề mặt kết cấu. Khi thực hiện thí nghiệm cần ép chặt mặt đầu dò lên một lớp vật liệu truyền âm được phết lên bề mặt bê tông (thường là mỡ bò) tại vị trí đặt đầu dò.

**2.3. Thí nghiệm dò cốt thép trong bê tông**

Thí nghiệm này giúp đánh giá chất lượng thi công, vai trò bảo vệ cốt thép khỏi tác động môi trường và phục vụ công tác kiểm toán kết cấu trong kiểm định.



**Hình 5.** Máy dò cốt thép Profometer 5+

Máy dò cốt thép cấu tạo từ các bộ phận cơ bản gồm máy chính (cài đặt, hiển thị và lưu số liệu), đầu dò và cáp nối giữa các bộ phận. Trong quá trình thí nghiệm, đầu dò được di chuyển nhẹ nhàng và luôn giữ tiếp xúc trên bề mặt bê tông.

Tính năng kỹ thuật của một số máy đo thông dụng được thể hiện ở phụ lục D, tiêu chuẩn TCVN9356:2012 [4].

Kết cấu thực tế xây dựng có thể sai khác so với thiết kế vì sai số thi công hoặc sự thay đổi của kết cấu sau thời gian khai thác. Thí nghiệm dò thép cung cấp các thông số cần thiết về cốt thép, qua đó đánh giá và kiểm toán được chất lượng kết cấu, đặc biệt là với công trình cũ mà thiếu thông tin hồ sơ lưu trữ.

**2.4. Thí nghiệm kiểm tra chất lượng bê tông cọc**

**khoan nhồi bằng phương pháp siêu âm**

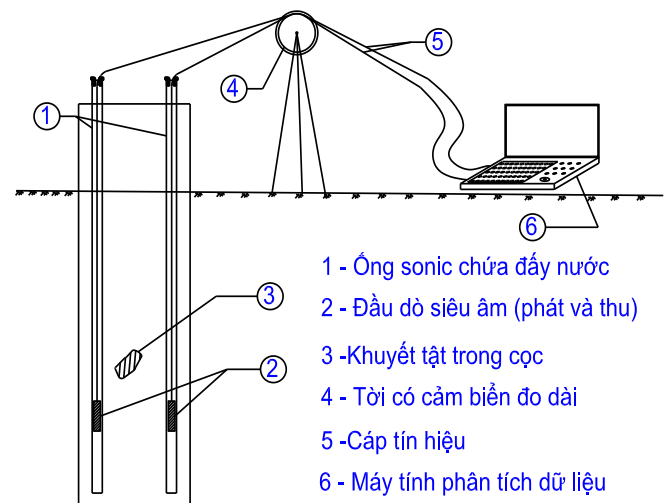
Máy thí nghiệm là một hệ thống ghi nhận và phân tích, biến đổi tín hiệu đo thành những đại lượng vật lý hiển thị thành số liệu có thể quan sát được. Có hai loại đầu dò (một đầu phát sóng xung siêu âm, một đầu thu sóng) gắn với các cáp tín hiệu cuốn quanh tang tời điều khiển cho phép tự động ghi lại chiều sâu hạ đầu đo, một bộ phận thiết bị hạ điện tử ghi nhận và điều chỉnh tín hiệu thu được.

Cọc hoặc các cấu kiện móng kiểm tra cần được bố trí trước ống đo (ống sonic). Ống sonic được bịt kín 2 đầu để tránh dị vật rơi vào làm tắc ống. Người ta lắp ống sonic cùng với lồng thép và cố định nó vào cốt thép để không bị dịch chuyển vị trí do tác động thi công.

Tương tự phép thí nghiệm siêu âm bê tông kết cấu, trên cơ sở vận tốc truyền sóng khi tiến hành thu nhận sóng siêu âm, ta đánh giá được chất lượng bê tông cọc ở mặt cắt thí nghiệm.



**Hình 6.** Bộ thiết bị thí nghiệm siêu âm



- 1 - Ống sonic chứa đầy nước
- 2 - Đầu dò siêu âm (phát và thu)
- 3 - Khuyết tật trong cọc
- 4 - Tời có cảm biến đo dài
- 5 - Cáp tín hiệu
- 6 - Máy tính phân tích dữ liệu

**Hình 7.** Sơ đồ phương pháp thí nghiệm siêu âm cọc

Đầu thu và đầu phát được thả vào trong lòng ống sonic chứa đầy nước sao cho luôn đảm bảo cùng một cao độ. Khi tiến hành thí nghiệm, cả hai đầu dò được kéo đều từ đáy lên đỉnh cọc với một vận tốc tính trước, phù hợp với chiều dài cọc và khả năng của thiết bị [5]. Tại mặt cắt kiểm tra, khoảng cách truyền sóng chính là cự ly giữa hai ống sonic chứa đầu dò. Tốc độ truyền sóng được ghi lại liên tục tại các vị trí mặt cắt đo theo công thức (1). Qua kết quả thu được (biểu mẫu như thể hiện ở PL5), ta đánh giá được chất lượng bê tông qua tốc độ truyền sóng, và từ sự thay đổi tốc độ truyền sóng có thể xác định vị trí và mức độ khuyết tật trong kết cấu.

**2.5. Thí nghiệm xác định độ võng của nhịp cầu**

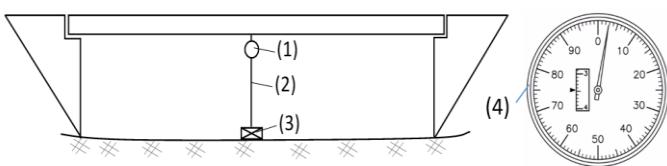
Độ võng của nhịp cầu do hoạt tải được giới hạn trong tiêu chuẩn thiết kế nhằm đảm bảo điều kiện sử dụng bình thường cho kết cấu. Đối với công trình đang khai thác, theo định kỳ phải tiến hành kiểm định, đánh giá trạng thái làm việc để đưa ra phương án khai thác phù hợp. Nội dung đo lường và đánh giá độ võng của nhịp cầu là phép thí nghiệm quan trọng phản ánh chân thực với độ tin cậy cao trong đánh giá hiện trạng nhịp cầu.

Độ võng do hoạt tải thử nghiệm gây ra được xác định bằng các thiết bị đo chuyển vị gắn trên vị trí đo ứng với mỗi trường hợp xếp tải theo thiết kế. Sau khi xác định được độ võng của nhịp cầu (võng của các dầm thuộc nhịp) ta có thể xác định được hệ số phân bố tải trọng theo phương ngang theo công thức (3).

$$\eta_k = \frac{y_k}{\sum y_i} \tag{3}$$

trong đó:

- $y_k$  – Độ võng của dầm k do hoạt tải;
- $y_i$  – Độ võng của dầm i do hoạt tải.



**Hình 8.** Sơ đồ xác định độ võng nhịp cầu  
1- thiết bị đo võng; 2- dây thép mềm; 3- vật nặng;  
4- mặt đồng hồ đo võng

Có nhiều thiết bị đo võng khác nhau như đồng hồ đo chuyển vị (Indicator), dụng cụ đo võng Maximop, thiết bị đo võng bằng tia Laser,... tùy vào từng trường hợp mà sử dụng cho phù hợp.

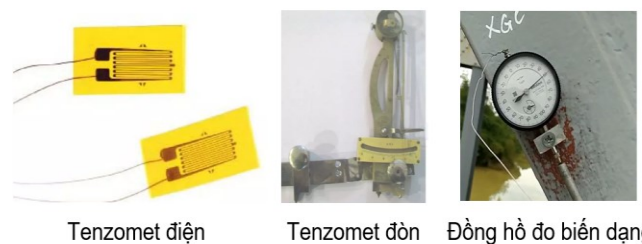


**Hình 9.** Đồng hồ đo chuyển vị Indicator [6]

**2.6. Thí nghiệm xác định ứng suất nhịp cầu dưới tác dụng của tải trọng thử**

Ứng suất là một đại lượng phản ánh ứng xử chịu lực của kết cấu. Trong công tác kiểm định, đo ứng suất để đánh giá năng lực chịu tải của công trình và độ mở rộng vết nứt trong bê tông (nếu có). Có nhiều phương pháp để đo ứng suất với thiết bị tương ứng, nhưng thường không thể đo được ứng suất một cách trực tiếp mà thông qua việc đo biến dạng. Dựa vào mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng để xác định ra đại lượng ứng suất cần đo [7].

Thiết bị đo ứng suất thường dùng là Tenzomet đôn, đồng hồ đo biến dạng hoặc Tenzomet điện. Thiết bị này được gắn vào vị trí cần đo theo phương đo.



**Hình 10.** Thiết bị đo ứng suất

Để thuận lợi cho công tác thu nhận và xử lý số liệu, tùy theo trường hợp cụ thể mà sử dụng thiết bị cơ học hoặc thiết bị điện. Trong điều kiện thí nghiệm thuận lợi nên ưu tiên sử dụng thiết bị cơ học để tiết kiệm chi phí. Trường hợp đo phức tạp hoặc yêu cầu đo ứng suất động thì sử dụng thiết bị điện nhằm ghi lại kết quả đo theo thời gian.

**2.7. Thí nghiệm đo dao động và chuyển vị động**

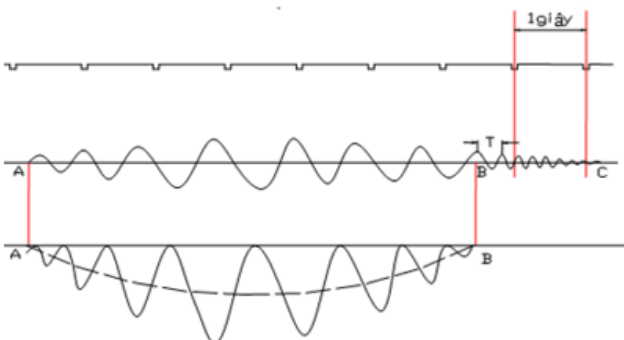
**của kết cấu nhịp cầu**

Đo dao động là thí nghiệm xác định các đặc trưng động học của kết cấu như chuyển vị động, biên độ, chu kỳ, tần số dao động. Đây là thí nghiệm quan trọng phản ánh khá chính xác sức khỏe công trình. Dựa vào thông số động học đo được, có thể đánh giá trạng thái làm việc của kết cấu tại thời điểm thử nghiệm.

Để xác định các thông số dao động cần phải tạo ra được dao động cho kết cấu. Máy ghi dao động sẽ ghi lại quá trình dao động theo thời gian. Tham số máy đo dao động ghi lại thường là gia tốc dao động, đây là đại lượng có độ nhạy dao động cao để đảm bảo tính chính xác của phép đo. Có thể dùng thiết bị tạo dao động hoặc dùng phương tiện di chuyển trên kết cấu để tạo dao động cho kết cấu. Máy ghi dao động được bố trí ở những vị trí có độ võng tương đối lớn. Thông qua dữ liệu máy đo được có thể xác định các đặc trưng động học của dao động qua thuật toán. Có nhiều loại thiết bị ghi dao động, nhưng cơ bản là hoạt động dựa trên nguyên lý động lực học.



**Hình 11.** Thiết bị đo dao động IMV 5123/6 [6]



**Hình 12.** Biểu đồ đo dao động

Khi xử lý số liệu đo dao động cần lưu ý phân biệt vùng biểu đồ biểu diễn đo dao động cưỡng bức (khi còn duy trì lực kích thích dao động) và vùng biểu đồ biểu diễn dao động tự do tắt dần của

kết cấu (khi không còn lực kích thích tạo ra dao động). Chu kỳ dao động là chỉ tiêu quan trọng để xem xét kết cấu làm việc có rủi ro xảy ra hiện tượng cộng hưởng hay không.

Dựa vào biểu đồ dao động ta cũng xác định được độ võng lớn nhất  $y_{max}$  và độ võng trung bình  $y_{tb}$ , tại vị trí có  $y_{max}$  ta tính được hệ số xung kích của tải trọng kích thích  $(1+IM)$ .

$$(1+IM) = \frac{y_{max}}{y_{TB}}; \quad y_{TB} = \frac{y_{max} + y_{min}}{2} \quad (4)$$

Các thông số động học đo được dùng để so sánh với yêu cầu thiết kế, so sánh với các kết quả thử nghiệm trước, từ đó đánh giá được thực trạng sức khỏe của công trình tại thời điểm thí nghiệm.

**3. Xây dựng mô hình thí nghiệm**

Trên cơ sở các bài thí nghiệm trên, có thể thấy cần xây dựng mô hình thí nghiệm đáp ứng được các phép đo lường và phục vụ công tác tập khảo sát, kiểm tra và đánh giá năng lực chịu tải cho công trình [8].

Dưới đây sẽ đề xuất một mô hình tổng hợp, có thể thực hiện được các bài thí nghiệm phổ biến trong công tác kiểm tra, chẩn đoán và đánh giá chất lượng công trình cầu.

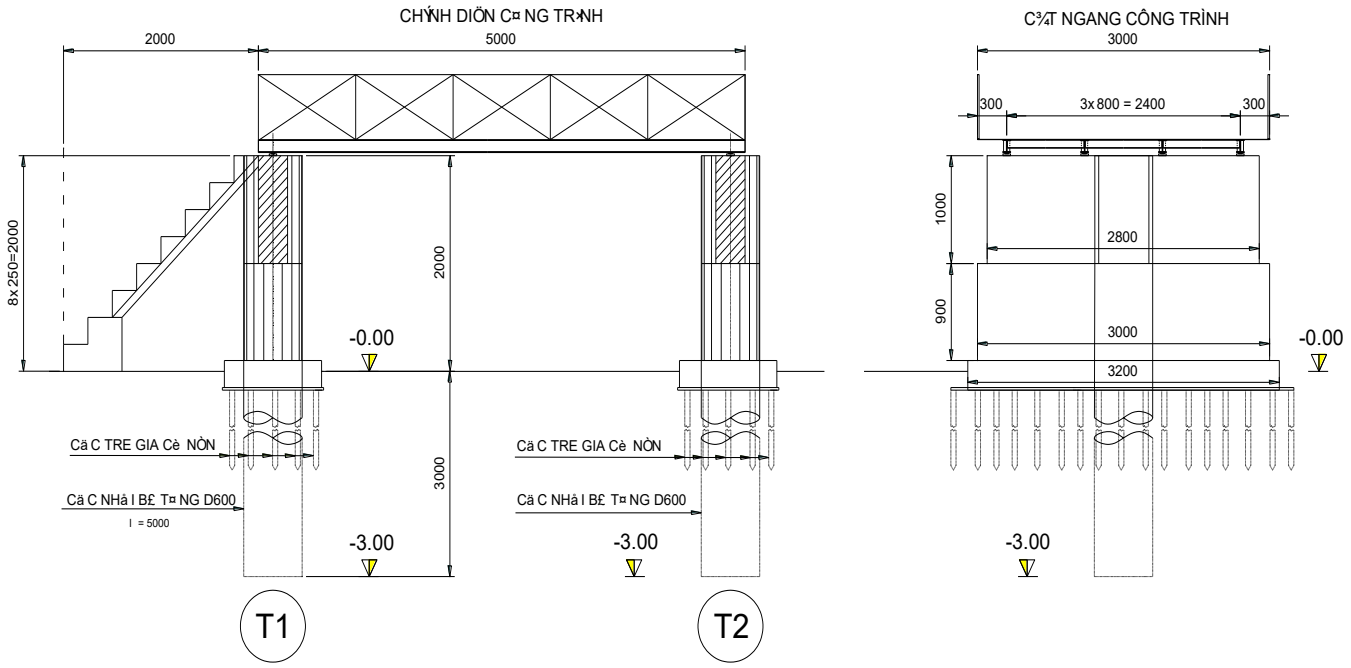
**3.1. Cơ sở thiết lập mô hình thí nghiệm**

Công tác thí nghiệm, kiểm định công trình là công tác quan trọng trong các dự án xây dựng. Các phép thí nghiệm trên cầu kiện, kết cấu công trình được quy định cụ thể trong các tiêu chuẩn thí nghiệm, thử nghiệm tương ứng.

Để cụ thể hóa phép thí nghiệm và tăng tính thực tiễn tổ chức thử nghiệm công trình, mô hình thí nghiệm tổng thể lấy ý tưởng từ việc xây dựng một công trình tổ hợp các mô hình thành phần để thực hiện các bài thí nghiệm trên.

**3.2. Mô hình thí nghiệm**

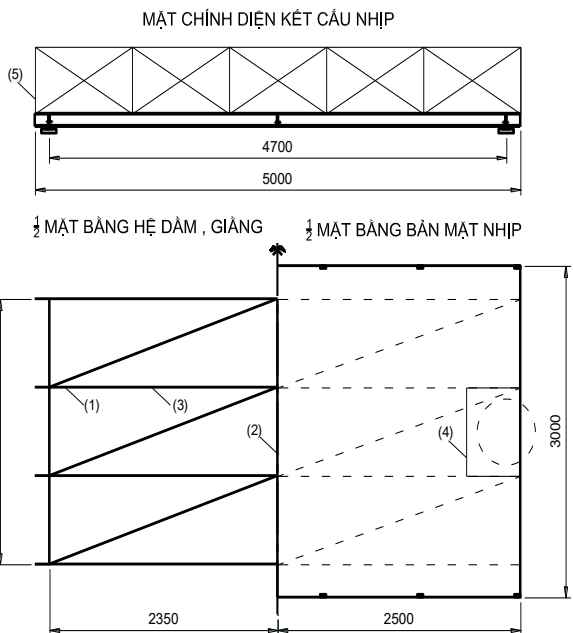
Mô hình thí nghiệm được xây dựng mô tả một công trình cầu gồm 2 trụ đỡ và 1 nhịp cầu. Phần thang bộ có nhiệm vụ chính là phục vụ cho công tác lên xuống gia tải trên nhịp phục vụ thử nghiệm (Hình 13). Ngoài ra, chân thang bộ được cấu tạo từ khối bê tông để thực hiện kiểm tra chất lượng vật liệu bê tông kết cấu.



**Hình 13.** Mô hình tổng quát thí nghiệm công trình

Kết cấu nhịp được cấu tạo từ hệ dầm thép và bản mặt cầu bằng thép. Hệ dầm thép được dùng cho thí nghiệm đo ứng suất dầm, độ võng và dao động của kết cấu nhịp.

kết quả, có thể sử dụng tải trọng người bộ hành cho phép đo thực hành của sinh viên. Riêng phần đo dao động kết cấu nhịp có thể sử dụng thiết bị kích thích dao động hoặc hoạt tải người gây dao động. Máy đo ghi lại số liệu dao động của hệ, qua đó xác định các thông số động học của kết cấu.



**Hình 14.** Bố trí chung kết cấu nhịp

- (1) Dầm dọc; (2) – Dầm ngang; (3) – Liên kết dọc;
- (4) – Nắp mở; (5) – Lan can

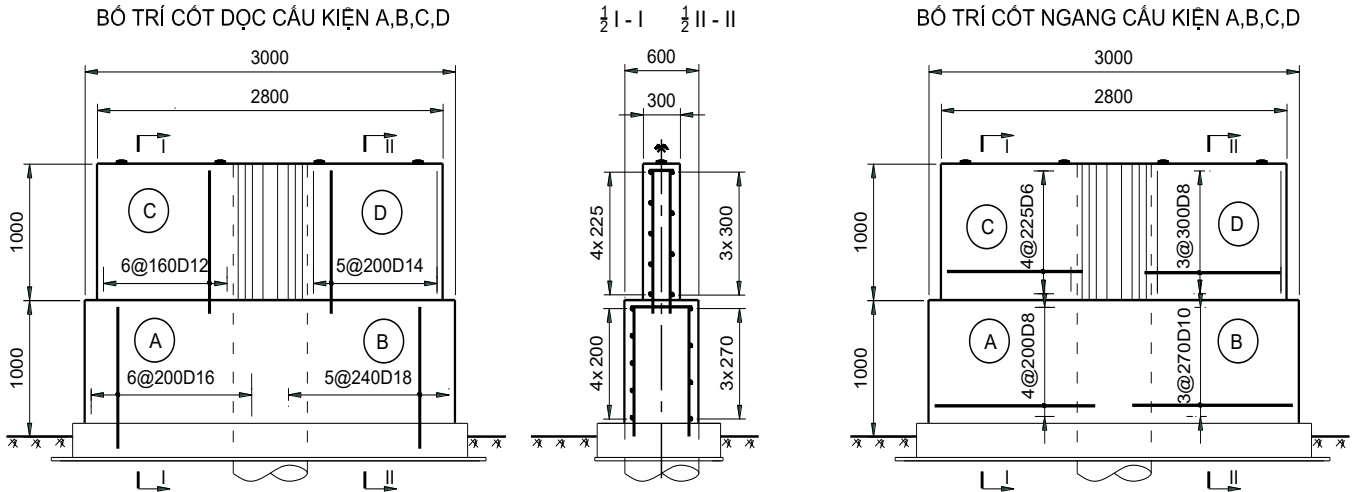
Thực hiện phép đo ứng suất và độ võng của nhịp, có thể sử dụng tải trọng tĩnh bằng các khối đúc sẵn, hoặc gia công hệ khung chất tải có dùng trục bánh xe mô phỏng cho phương tiện ô tô trên cầu. Trong đào tạo để tăng thêm tính đa dạng cho

Phần trụ T1 và T2 (cấu kiện A, B, C, D) được bố trí cốt thép để tiến hành thí nghiệm dò cốt thép trong bê tông (Hình 15). Cốt thép bố trí trong bê tông với các thông số đa dạng. Cụ lý từ bề mặt bê tông đến bề mặt thanh cốt thép được bố trí thay đổi từ (3-5) cm. Đường kính thép cốt và cụ lý giữa chúng được bố trí với nhiều kích thước khác nhau. Cụ thể, các cốt ngang có đường kính d6, d8, d10; các cốt dọc có đường kính d12, d14, d16 và d18. Như vậy, thiết kế này sẽ làm tăng thêm tính đa dạng cho phép thí nghiệm.

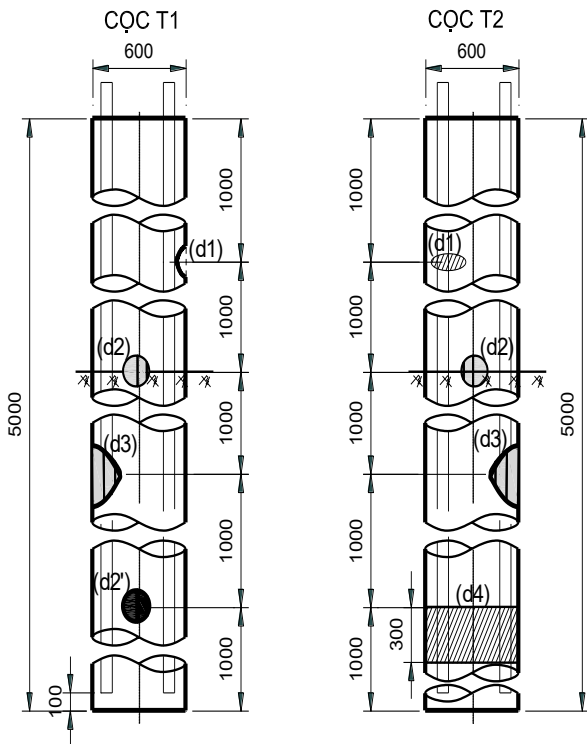
Mỗi cọc nhồi bê tông bố trí 3 ống sonic phục vụ thí nghiệm. Trên thân cọc bố trí các phần khuyết tật ứng với các vị trí và mặt cắt siêu âm (Hình 16,17). Có 02 dạng khuyết tật gồm khuyết tật do do bản thân cọc và địa tầng xung quanh [9]. Khuyết tật (d1), (d2, d2'), (d3) là các khuyết tật cục bộ, khuyết tật (d4) là dạng khuyết tật trên toàn mặt cắt siêu âm. Các khuyết tật trên các mặt cắt siêu âm được bố trí với kích thước và vật liệu tạo khuyết tật

có chất lượng kém khác nhau. Khi bê tông rỗ, bị xâm thực, rửa trôi cọc sẽ bị mất lớp bê tông bảo vệ ( $d_1$ ). Thành phần cấp phối bê tông không tốt, tính linh động kém cọc sẽ bị rỗ, rỗng hoặc phân tầng ( $d_2$ ). Tiết diện cọc bị thu hẹp ( $d_3$ ) là khuyết tật đại

diện cho cọc bị kém chất lượng do kỹ thuật đổ bê tông, do sập vách lỗ khoan hoặc công tác rút ống đổ bê tông không thích hợp. Khuyết tật ( $d_4$ ) đại diện cho chất lượng bê tông kém do nhiễm bẩn hoặc bị nứt do nhiệt.

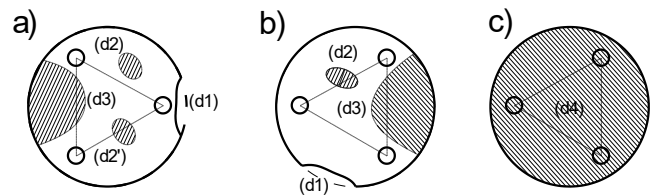


**Hình 15.** Bố trí cốt thép các cấu kiện thí nghiệm



**Hình 16.** Bố trí các khuyết tật trên thân cọc

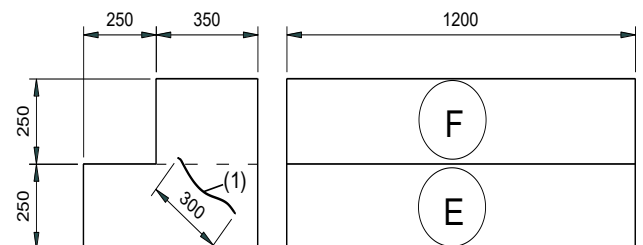
Phân bố các khuyết tật theo chiều dài cọc sao cho đảm bảo khuyết tật này không ảnh hưởng đến kết quả siêu âm ở mặt cắt có khuyết tật khác. Cụ ly và bố trí loại khuyết tật cụ thể được thể hiện như trên Hình 16. Trên mặt cắt ngang thân cọc, các khuyết tật ( $d_1$ ), ( $d_2$ ), ( $d_3$ ) được bố trí ở khoảng trung gian giữa các ống sonic (Hình 17).



**Hình 17.** Bố trí khuyết tật trên mặt cắt ngang

a) Khuyết tật trên Cọc 1; b) Khuyết tật  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_2'$  và  $d_3$  trên Cọc 2; c) Khuyết tật  $d_4$  trên Cọc 2

Cấu kiện chân thang bộ được cấu thành từ 2 cấu kiện bê tông (tách thành 2 vùng E và F) có mác và chất lượng khác nhau để phục vụ cho thí nghiệm súng bịt nảy và siêu âm kết cấu. Trên cấu kiện này bố trí thêm vết nứt nhân tạo để phục vụ cho thí nghiệm xác định các thông số vết nứt (Hình 18).



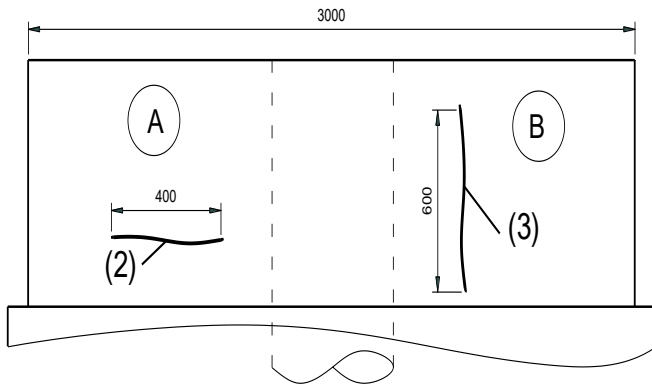
**Hình 18.** Cấu kiện (chân cầu thang bộ) thí nghiệm đánh giá chất lượng bê tông

(1) vết nứt sâu 50 mm, rộng 1 mm

Cấu kiện A, B tại trụ T2 tạo hình hai vết nứt (nứt ngang và nứt dọc) để phục vụ cho thí nghiệm



xác định các thông số vết nứt và khảo sát nhận định nguyên nhân nứt (Hình 19).



**Hình 19.** Cấu kiện thí nghiệm đánh giá vết nứt (2) vết nứt ngang sâu 30 mm, rộng 1,5 mm; (3) vết nứt dọc sâu 40 mm, rộng 3 mm

**4. Tính duyệt dầm thử nghiệm**

**4.1. Cấu tạo và đặc trưng hình học của dầm**

Kết cấu nhịp gồm 4 dầm chủ bằng thép kê trên gối cầu bản thép, đặt cách nhau 0,8 m; Dầm

**Bảng 1.** Kích thước và đặc trưng hình học của tiết diện

h	b <sub>f</sub>	t <sub>w</sub>	t <sub>f</sub>	h <sub>w</sub>	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	S <sub>xc</sub>	r <sub>x</sub>	r <sub>y</sub>
cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
12,0	8,0	0,60	0,80	10,4	19,04	457,99	68	76	44	4,90	1,9

**Bảng 2.** Thông số, đặc trưng cơ học, tải trọng và nội lực tính toán

L <sub>0</sub>	L	[f/L]	f	f <sub>v</sub>	E	q	P <sub>L</sub>	M <sub>u</sub>	V <sub>u</sub>
m	m		kN/cm <sup>2</sup>	kN/cm <sup>2</sup>	kN/cm <sup>2</sup>	kN/m	kN/m <sup>2</sup>	kN.m	kN
5,0	4,7	1/200	23	12,5	21000	0,428	3	13,666	14,998

**4.3. Kiểm toán**

**4.3.1. Kiểm tra điều kiện cường độ**

Sức kháng uốn: Mr = 17,6 kN.m > Mu = 13,666 kN.m, còn dự trữ 28,7%, đảm bảo yêu cầu.

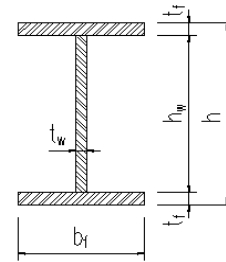
Sức kháng cắt: Vr = 18,2 kN > Vu = 14,998 kN, còn dự trữ 21,3 %, đảm bảo yêu cầu.

**4.3.2. Kiểm tra điều kiện sử dụng**

Với mục đích phục vụ công tác thí nghiệm, kết cấu nhịp cho phép võng tương đối tối đa là [f/L]=1/200 như đã thể hiện trong Bảng 2.

Độ võng tương đối tiêu chuẩn do tải trọng thử: f/l = 1/296, đảm bảo yêu cầu. Kết quả phân tích nội lực cho thấy, dưới tác dụng của tĩnh tải và hoạt tải, sức kháng uốn và kháng cắt của tiết diện còn dự trữ khoảng hơn 20%, kết quả này đảm bảo việc phát sinh nhu cầu linh hoạt tải trọng thử khi cần thiết. Ứng suất và độ võng do tải trọng thử gây

chủ dài 5,0 m, khẩu độ tính dầm 4,7 m; ký hiệu kích thước tiết diện tính toán của dầm như Hình 20. Các thông số kích thước và tính toán của tiết diện thể hiện trong Bảng 1.



**Hình 20.** Tiết diện tính toán

**4.2. Các thông số và nội lực tính toán**

Chiều dài dầm L<sub>0</sub> = 5,0 m; khẩu độ tính toán là L = 4,7 m. Tĩnh tải tác dụng q được xác định theo cấu tạo thiết kế, hoạt tải dùng để tính duyệt kết cấu là người bộ hành P<sub>L</sub> lấy bằng 3,0 kN/m<sup>2</sup>. Các đặc trưng cơ học, thông số hình học và nội lực tính được thể hiện trong Bảng 2.

ra đều có giá trị đủ lớn để thuận lợi cho việc thí nghiệm, đảm bảo tính kiểm chứng thiết bị của phương pháp thí nghiệm.

**5. Kết luận và kiến nghị**

Bài báo đã xây dựng mô hình thí nghiệm cho phép thực hiện một nhóm các thí nghiệm cơ bản như thí nghiệm siêu âm kết cấu, siêu âm cọc nhồi, thí nghiệm dò thép, thí nghiệm xác định cường độ bê tông, thí nghiệm đo ứng suất, độ võng và dao động của kết cấu nhịp... Các phép thử nghiệm đánh giá kết cấu được xây dựng khá giống với kết cấu ngoài thực tế xây dựng.

Ngoài ra mô hình được xây dựng như một công trình cầu thu nhỏ, nên còn sử dụng được trong công tác thực hành khảo sát, điều tra hiện trạng công trình, đánh giá năng lực chịu tải của công trình.

Trên cơ sở mô hình thí nghiệm, có thể tiến hành thêm một vài thí nghiệm khác như đo dao động và chuyển vị của trụ cầu... Trong điều kiện cho phép, nên xây dựng mở rộng thêm 1 nhịp dầm BTCT nhằm tăng thêm số mẫu thử cũng như bổ sung thêm một vài mẫu thí nghiệm vật liệu, một số dạng khuyết tật thường gặp trong kết cấu công trình. Ngoài ra có thể sưu tầm thêm các mẫu cấu kiện, bộ phận thực tế của công trình để minh chứng cho phần hiện trạng công trình mà mô hình thí nghiệm chưa thể xây dựng được./.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Khoa học và Công nghệ. (2012). TCVN 9334:2012, Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ chịu nén bằng súng bật nảy.
- [2] Bộ Khoa học và Công nghệ. (2022). TCVN 13536:2022, Bê tông – Phương pháp siêu âm xác định cường độ chịu nén.
- [3] Bộ Khoa học và Công nghệ. (2022). TCVN13537:2022, Bê tông – Phương pháp siêu âm xác định khuyết tật.
- [4] Bộ Khoa học và Công nghệ. (2012). TCVN 9356:2012, Kết cấu bê tông cốt thép - Phương pháp điện từ xác định chiều dày lớp bê tông bảo vệ, vị trí và đường kính cốt thép trong bê tông.
- [5] Bộ Khoa học và Công nghệ. (2012). TCVN 9396:2012, Cọc khoan nhồi – Xác định tính đồng nhất của bê tông – Phương pháp xung siêu âm.
- [6] P.B. Thắng, N.T. Hưng, P.H. Quân. (2019). Quản lý khai thác và kiểm định cầu. NXB Khoa học tự nhiên và công nghệ.
- [7] Bộ Khoa học và Công nghệ. (2020). TCVN 12882:2020, Đánh giá tải trọng khai thác cầu đường bộ.
- [8] Bộ Giao thông vận tải. (1998). 22TCN243-98, Quy trình kiểm định cầu trên đường ô tô – Yêu cầu kỹ thuật.
- [9] M. Al-Mosawe, Y. Al-Shakarchi, and A. A-Saidi. (2006). Influence of Defect in the Concrete Piles using Non-Destructive Testing. *Journal of Engineering*, 12(3), 1804-1816.

**PHỤ LỤC**  
**MỘT SỐ DẠNG KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM MINH HỌA**

PL1 Dạng kết quả biểu diễn trị số bật nảy và xử lý số liệu đo

Vị trí bắn	Vị trí 1	Giá trị bị	Vị trí 2	Giá trị bị	Vị trí 3	Giá trị bị	Vị trí 4	Giá trị bị
Hướng bắn	Ngang	loại	Ngang	loại	Ngang	loại	Ngang	loại
Trị số của 16 nhát bắn ngẫu nhiên tại mỗi vị trí	37	37	33	37	36	37	33	38
	34	37	35	36	32	37	35	37
	33	37	36	36	36	37	32	37
	33		35		33		36	
	37		33		37		33	
	33		35		32		36	
	36		32		34		32	
	33		33		34		32	
	37		36		35		37	
	35		32		34		37	
	37		36		33		35	
	36		32		33		35	
	35		33		36		37	
	33	33	35	32	35	33	35	32
	36	33	37	32	37	32	38	32
	35	33	34	32	37	32	33	32
Trị số bắn trung bình tại mỗi vị trí	35		34.2		34.6		34.8	
Cường độ bê tông Mpa	27.3		26.1		26.8		26.95	

Cường độ trung bình của BT Mũ mố M1 là: **Rtb = 26.8 Mpa**  
 Hệ số biến động : **Vck = 6.0%**

PL2 Dạng kết quả siêu âm kết cấu và xử lý số liệu

Vị trí kiểm tra	Thời gian (µs) - Khoảng cách hai đầu dò 20 cm						Toàn bộ	
	1	2	3	4	5			
Mũ mố M1	A	85.8	87.9	79.2	83.7	83.5	83.1	
	B	84.9	81.1	78.0	86.9	83.5		
	C	87.3	79.5	81.9	82.8	82.4		
	D	86.1	86.8	79.5	83.2	78.7		
	Vận tốc siêu âm (m/s), xác định theo phương pháp truyền gián tiếp							2408.9
	A	2331	2275	2525	2389	2395		
	B	2356	2466	2564	2301	2395		
	C	2291	2516	2442	2415	2427		
D	2323	2304	2516	2404	2541			

Vận tốc siêu âm trung bình **Vtb = 2408.9 m/s**

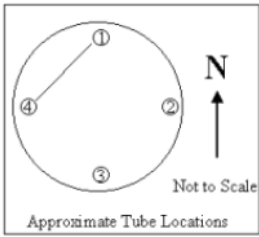
PL3 Dạng kết quả siêu âm xác định độ sâu vết nứt trong bê tông

Vị trí kiểm tra	Ký hiệu vết nứt	Độ mở rộng vết nứt (mm)		Thời gian truyền sóng ( $\mu\text{s}$ )		Độ sâu vết nứt (mm)		Ghi chú
		a	$a_{\text{max}}$	$t_1$	$t_2$	c	$C_{\text{max}}$	
Tường cánh mổ M1	N1	0.32	0.32	128.1	187.5	195.0	195.0	
	N2	0.21		99.6	190.9	45.0		
Mũ mổ M1	N3	0.26	0.26	121.9	203.4	120.0	120.0	
	N4	0.14		94.8	181.7	45.0		
Tường cánh mổ M2	N5	0.16	0.28	121.4	180.3	180.0	180.0	
	N6	0.28		125.4	196.8	150.0		
Mũ mổ M2	N7	0.21	0.21	96.2	167.9	105.0	105.0	
	N8	0.16		94.8	168.1	90.0		

PL4 Dạng kết quả thí nghiệm dò cốt thép

Vị trí kiểm tra	Khoảng cách thép ngang (mm)				Khoảng cách thép dọc (mm)				K.cách trung bình (mm)	
	e	f	g	h	a	b	c	d	thép ngang	thép dọc
Mũ trụ	201.0	198.3	203.1	199.5	148.1	151.9	145.9	154.2	200.5	150.0
	Đường kính cốt thép ngang (mm)				Đường kính cốt thép dọc (mm)				Đ. kính trung bình (mm)	
	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8	thép ngang	thép dọc
	15.9	15.9	15.9	15.8	16.1	16.0	15.9	15.8	16	16
	Chiều dày BTBV thép ngang (mm)				Chiều dày BTBV thép dọc (mm)				BTBV trung bình (mm)	
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	thép ngang	thép dọc
	62	59	58	61	78	75	75	77	60.0	76.3
<p><b>Ghi chú:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- a, b, c, d là Bước lưới cốt thép dọc và e, f, g, h là bước lưới cốt thép ngang trên cấu kiện (mm).</li> <li>- Ø1, Ø2, Ø3, Ø4 là Đường kính thép ngang và , Ø5, Ø6, Ø7, Ø8 là đường kính cốt thép dọc tại vị trí thí nghiệm trên cấu kiện (mm).</li> <li>- Cụ ly t1, t2, t3, t4 từ mép ngoài của thanh thép ngang và t5, t6, t7, t8 từ mép ngoài của thanh thép dọc đến bề mặt cấu kiện (mm).</li> </ul>										

PL5 Dạng kết quả siêu âm cọc khoan nhồi

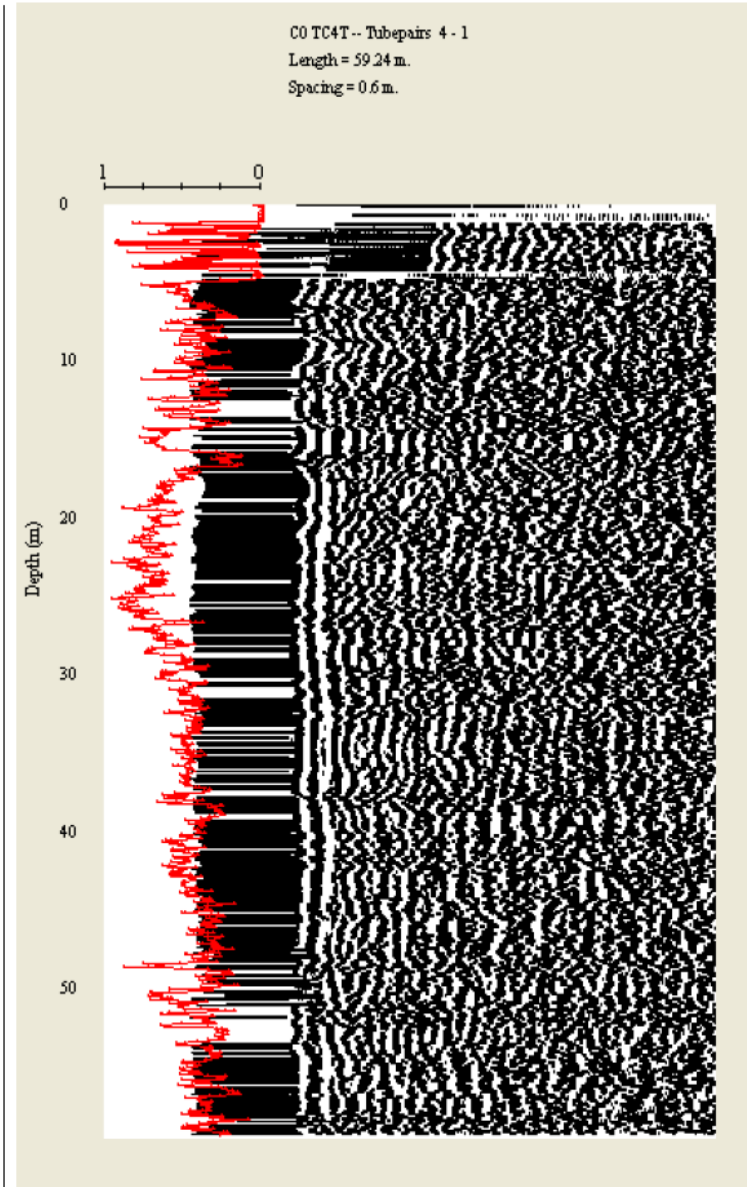
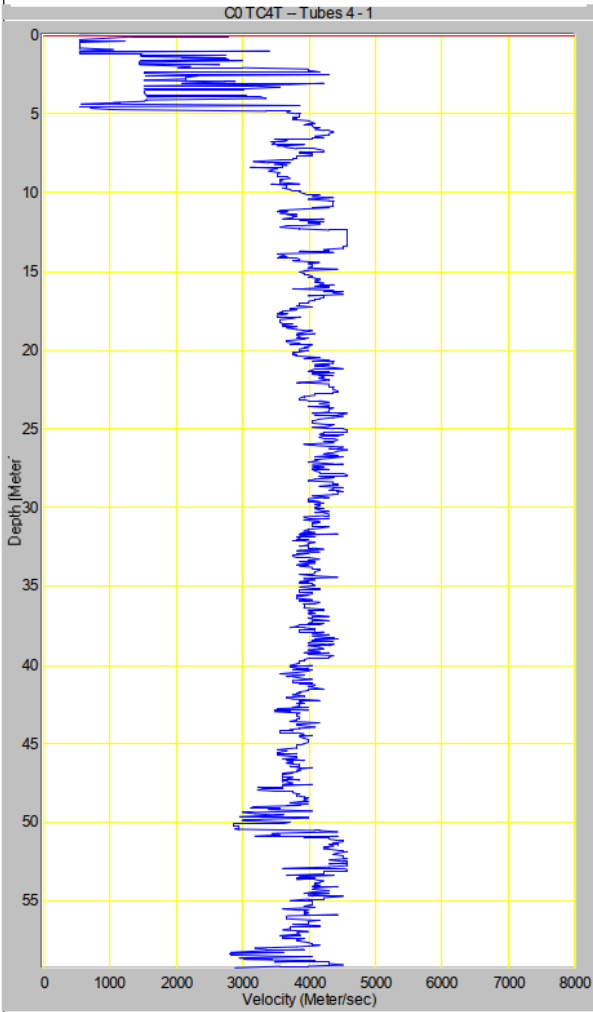


**Project Name:**  
Pile name: C0 TC4T  
Tubepairs: 4-1  
Testing date:  
Number of tubes: 04  
Tube spacing: 0.60m

Biểu đồ năng lượng và phổ / Energy and spectrum graph

C0 TC4T -- Tubepairs 4 - 1  
Length = 59.24 m.  
Spacing = 0.6 m.

Biểu đồ vận tốc xung siêu âm / Velocity graph



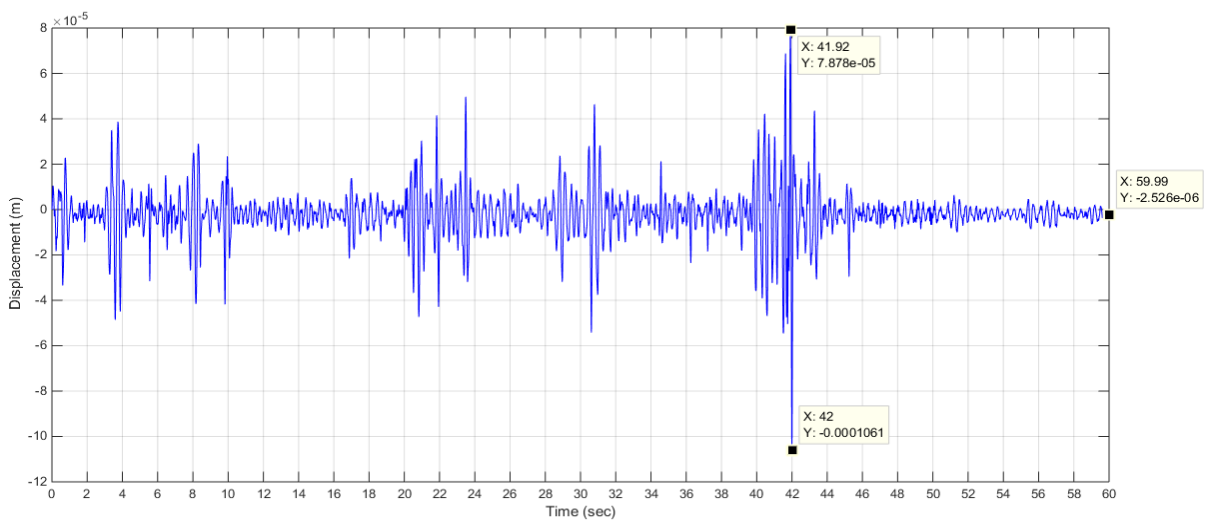
PL6 Bảng ví dụ kết quả thí nghiệm đo ứng suất nhịp cầu thép

Dầm	Điểm đo	Biến dạng tương đối $\varepsilon \times 10^{-6}$				Ứng suất (daN/cm <sup>2</sup> )	Ghi chú
		Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB		
D1	T <sub>11</sub> ; T <sub>12</sub>	327	330	326	328	688,49	
	T <sub>13</sub> ; T <sub>14</sub>	-346	-342	-347	-278	-724,82	
D2	T <sub>21</sub> ; T <sub>22</sub>	330	345	339	338	709,17	
	T <sub>23</sub> ; T <sub>24</sub>	-337	-360	-355	-284	-736,37	

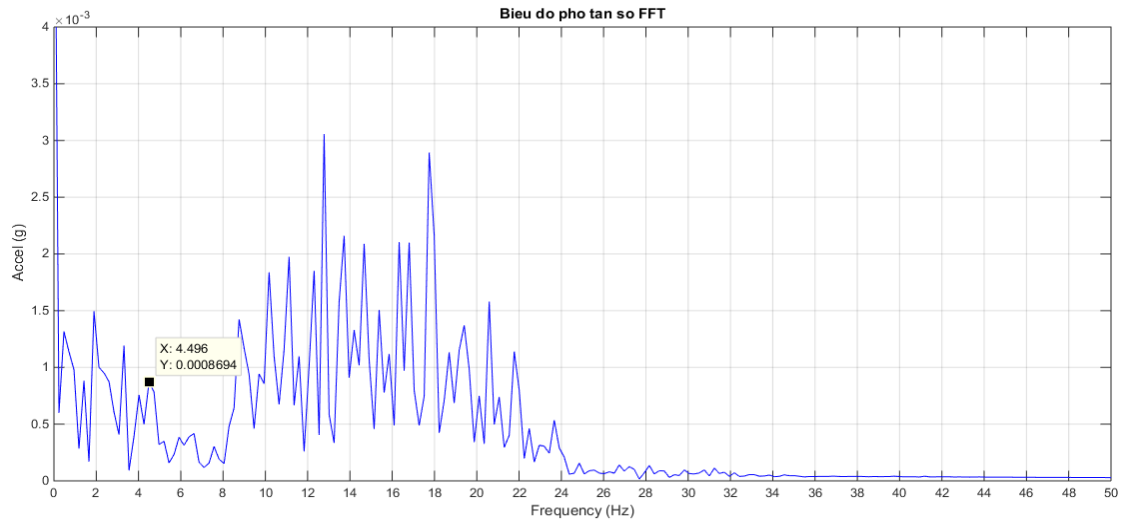
PL7 Một dạng biểu đồ kết quả thí nghiệm đo độ võng nhịp cầu bằng bách phân kế

Nhịp	Điểm đo	Số chênh lệch (vạch)				Độ võng (mm)	Ghi chú
		Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB		
N <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>	420	416,6	419,3	418,6	4,186	
	V <sub>2</sub>	421,5	420,9	422,1	421,5	4,215	

PL8 Một dạng biểu đồ kết quả thí nghiệm đo dao động nhịp cầu



Hình PL.8.1. Dạng biên độ dao động đứng nhịp cầu



Hình PL.8.2. Phổ tần số dao động đứng nhịp cầu