

# Nghiên cứu xác định cường độ chịu nén hiện trường của bê tông cầu cũ bằng phương pháp phá hủy có xét tới số lượng lõi khoan theo Tiêu chuẩn EN 13791:2020

■ TS. LÊ VĂN MẠNH

Trưởng Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

**TÓM TẮT:** Bài báo trình bày việc nghiên cứu xác định cường độ chịu nén hiện trường của bê tông cầu cũ bằng phương pháp phá hủy có xét tới sự phụ thuộc vào số lượng mẫu thí nghiệm theo Tiêu chuẩn EN 13791:2020.

**TỪ KHÓA:** Cường độ chịu nén, bê tông, EN 13791:2020

**ABSTRACT:** The paper presents research method evaluation of the compressive strength of concrete on site of the old reinforced concrete bridge on the reliability, consider on the number of test following EN 13791:2020.

**KEYWORDS:** The compressive strength, concrete, reliability, old reinforced concrete bridge.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các đặc tính cơ học của bê tông, cường độ chịu nén thường được đo đạc tại hiện trường bằng nhiều phương pháp khác nhau nhưng có thể chia thành hai nhóm: nhóm phương pháp phá hủy và nhóm phương pháp không phá hủy. Nhóm phương pháp không phá hủy có ưu điểm cho kết quả nhanh, không làm ảnh hưởng đến kết cấu, nhưng thường không đảm bảo được độ chính xác cần thiết. Nhóm phương pháp phá hủy (khoan lõi) đem lại giá trị thực của đặc tính vật liệu, tuy nhiên có khả năng ảnh hưởng tới kết cấu nên số lượng mẫu khoan thường có xu hướng giảm tối đa.

Việc xác định cường độ chịu nén hiện trường ở Việt Nam được quy định tại TCVN 12252:2020. Trong Tiêu chuẩn EN 13791:2020 [3], cường độ chịu nén đặc trưng hiện trường có biên độ phụ thuộc vào số lượng mẫu thí nghiệm và số lượng lõi khoan có thể được giảm khi kết hợp với các phương pháp không phá hủy.

Nhằm xây dựng hệ thống tiêu chuẩn đồng bộ, hiện đại và tiệm cận với tiêu chuẩn quốc tế, việc nghiên cứu ứng dụng tiêu chuẩn EN 13791:2020 trong việc xác định cường độ chịu nén hiện trường của bê tông cầu cũ là cần

thiết nhằm đánh giá đúng khả năng chịu tải cũng như tuổi thọ cầu cũ.

## 2. NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TIÊU CHUẨN EN 13791:2020

Đối với cầu cũ, cường độ bê tông luôn là giá trị rất khó đánh giá, việc cho phép khoan lấy mẫu sẽ dẫn đến những lo ngại nhất định cho khả năng chịu tải của công trình cầu, vì vậy việc xác định vị trí khoan, đặc điểm làm việc chịu lực, cũng như mục tiêu của việc xác định cường độ cũng cần phải xem xét. Các công trình cầu mới nếu có nghi ngại về chất lượng bê tông thì việc xác định cường độ chính xác cũng là cần thiết. Vấn đề này được thể hiện rõ hơn với Tiêu chuẩn EN 13791:2020.

Trong tiêu chuẩn này đề cập đến việc xác định cường độ chịu nén hiện trường của bê tông:

- Xác định cường độ chịu nén đặc trưng hiện trường  $f_{ck,IS}$  của vùng thí nghiệm hoặc cấu kiện đúc tại chỗ (mục 8) [3] đối với vùng thí nghiệm có thể tích  $\leq 10 \text{ m}^3$  bằng phương pháp khoan lấy mẫu, khi cấu kiện có thể tích từ  $10 \text{ m}^3$  đến  $30 \text{ m}^3$  thì kết hợp khoan lấy mẫu với phương pháp không phá hủy tại vị trí vùng bê tông có cường độ thấp.

- Xác định cường độ chịu nén của bê tông cho các kết cấu đang xây dựng có nghi ngờ về cường độ chịu nén, dựa trên kết quả nén mẫu đúc thông thường hoặc có nghi ngờ về chất lượng thi công (mục 9) [5]. Phương pháp này áp dụng đối với kết cấu bê tông có thể tích không lớn hơn  $30 \text{ m}^3$ .

Trong đó các lõi khoan phải có đường kính  $\geq 75 \text{ mm}$  với tỷ lệ chiều dài/đường kính là 2:1 hoặc 1:1.

### 2.1. Phương pháp đánh giá cấp bê tông cho các nhóm kết cấu riêng lẻ

Kết quả đánh giá cường độ chịu nén hiện trường cho các nhóm kết cấu riêng lẻ thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{f_{c,IS,highest} - f_{c,m(n)IS}}{s} > G_p \quad (1)$$

$$\frac{f_{c,m(n)IS} - f_{c,IS,lowest}}{s} > G_p \quad (2)$$

Trong đó:

$f_{c,IS,highest}$  - Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén hiện trường lớn nhất trong n kết quả thí nghiệm;

$f_{c, is, lowest}$  - Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén hiện trường nhỏ nhất trong n kết quả thí nghiệm;

$f_{c, m(n), is}$  - Giá trị trung bình của n kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén hiện trường;

s - Giá trị của độ lệch chuẩn kết quả thí nghiệm của  $f_{c, is}$ ; Giá trị tối hạn  $G_p$  được thể hiện ở Bảng 2.1.

**Bảng 2.1. Giá trị tối hạn  $G_p$  trong kiểm tra các trường hợp ngoại lệ**

| Số mẫu thí nghiệm | $G_p$ | Số mẫu thí nghiệm | $G_p$ | Số mẫu thí nghiệm | $G_p$ |
|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|
| 4                 | 1.496 | 10                | 2.482 | 16                | 2.852 |
| 5                 | 1.764 | 11                | 2.564 | 17                | 2.894 |
| 6                 | 1.973 | 12                | 2.636 | 18                | 2.932 |
| 7                 | 2.139 | 13                | 2.699 | 19                | 2.968 |
| 8                 | 2.274 | 14                | 2.755 | 20                | 3.001 |
| 9                 | 2.387 | 15                | 2.806 | 25                | 3.135 |

**2.2. Nghiên cứu xác định cường độ chịu nén hiện trường của bê tông của công trình đã khai thác**

**2.2.1. Chỉ sử dụng phương pháp khoan lấy mẫu (phương pháp phá hủy)**

Cần xác định khu vực có cùng mức bê tông để tiến hành thí nghiệm. Giá trị cường độ chịu nén hiện trường của vùng thí nghiệm bằng phương pháp khoan lõi (phương pháp phá hủy) là giá trị nhỏ hơn của:

$$f_{c, is} = f_{c, m(n), is} - k_n \times s \tag{3}$$

$$\text{hoặc } f_{c, is} = f_{c, is, lowest} + M \tag{4}$$

Trong đó:

$f_{c, is}$  - Cường độ chịu nén đặc trưng hiện trường;

$f_{c, m(n), is}$  - Giá trị trung bình của n kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén hiện trường;

$f_{c, is, lowest}$  - Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén hiện trường nhỏ nhất;

s - Độ lệch chuẩn của kết quả thí nghiệm, không nhỏ hơn giá trị tương đương hệ số biến thiên 8%;

$k_n$  - Hệ số, lấy theo quy định bảng sau:

**Bảng 2.2. Hệ số  $k_n$**

| n     | 8    | 10   | 12   | 16   | 20   | 30   | ∞    |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| $k_n$ | 2,00 | 1,92 | 1,87 | 1,81 | 1,76 | 1,73 | 1,64 |

M - Hệ số với:

M = 4 cho bê tông có cường độ chịu nén  $\geq 20$  Mpa;

M = 3 cho bê tông có cường độ chịu nén  $\geq 16 < 20$  Mpa;

M = 2 cho bê tông có cường độ chịu nén  $\geq 12 < 16$  Mpa;

M = 1 cho bê tông có cường độ chịu nén  $< 12$  Mpa.

Như vậy, nếu đảm bảo đủ điều kiện để sử dụng cả hai công thức (3) và (4) để xác định cường độ chịu nén hiện trường hợp lý nhất, thì phải lấy từ 8 lõi khoan bê tông (Bảng 2.2) có đường kính lớn hơn 75 mm với tỷ lệ chiều dài/đường kính nằm trong khoảng 1:1 hoặc 2:1.

Trong tiêu chuẩn cũng quy định, nếu như vùng thí nghiệm có thể tích  $\leq 10m^3$  thì cần tối thiểu 3 lõi khoan, trong đó tối thiểu mỗi lõi khoan cho một phần tử của kết cấu. Khi đó, giá trị cường độ chịu nén thấp nhất của 3 hoặc nhiều hơn lõi khoan có thể được chấp nhận là cường độ  $f_{c, is}$  để đánh giá kết cấu.

**2.2.2. Kết hợp phương pháp không phá hủy và phương pháp phá hủy**

Về nguyên tắc, áp dụng kết hợp phương pháp không phá hủy và khoan lấy mẫu là cần thiết để giảm được số lượng mẫu khoan. Việc áp dụng này sẽ nâng cao được độ chính xác của kết quả cường độ chịu nén của bê tông.

**2.2.3. Áp dụng phương pháp khoan mẫu với số lượng mẫu ít nhất 3 mẫu**

Nếu như vùng thí nghiệm có thể tích  $\leq 30 m^3$ , thì thí nghiệm xác định cường độ chịu nén hiện trường bằng phương pháp không phá hủy để xác định các vị trí có cường độ chịu nén thấp (sử dụng kết hợp giữa bắn súng bê tông và siêu âm bê tông), từ các vị trí này tiến hành khoan tối thiểu 3 lõi khoan, trong đó tối thiểu mỗi lõi khoan cho một phần tử của kết cấu. Giá trị cường độ chịu nén trung bình của 3 hoặc nhiều hơn lõi khoan có thể được chấp nhận là cường độ  $f_{c, is}$  để đánh giá kết cấu, trong đó cường độ chịu nén hiện trường của các lõi này không được lớn hơn 15% giá trị của cường độ chịu nén trung bình. Nếu cường độ chịu nén của lõi lớn hơn thì cần phải xem xét các nguyên nhân khác nhau.

**3. PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN HIỆN TRƯỜNG TRÊN CƠ SỞ LỖI KHOAN THEO TIÊU CHUẨN EN 13791:2020**

Để có cơ sở nghiên cứu về các yêu cầu về số lượng mẫu thí nghiệm và độ tin cậy trong việc xác định cường độ chịu nén của bê tông, nhóm nghiên cứu đã tiến hành khoan khảo sát công trình cầu Châu Mai cũ thuộc huyện Thanh Oai, là cầu dầm bê tông cốt thép gồm 4 nhịp dầm chữ T có sơ đồ nhịp 8+6+6+8 m, với bề rộng cầu B=4,5 m. Cầu được xây dựng năm 1983, cầu đã khai thác được 38 năm.

**3.1. Kết quả thí nghiệm**

Thí nghiệm này được thực hiện theo quy định của Tiêu chuẩn TCVN 12252:2020, quá trình gia công mẫu và thí nghiệm nén mẫu được thực hiện tại phòng thí nghiệm LAS-72 của Trường Đại học Công nghệ GTVT. Khoan rút lõi mẫu bê tông cốt thép tại mặt cầu, dầm chủ của nhịp 8 m.

**Bảng 3.1. Phương pháp xác định cường độ BT bằng khoan lõi bê tông cầu Châu Mai**

| STT | Ký hiệu mẫu | $R_{m,1}$ (MPa) | Ký hiệu mẫu | $R_{m,2}$ (MPa) | Ký hiệu mẫu | $R_{m,3}$ (MPa) |
|-----|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
|     |             |                 |             |                 |             |                 |
| 1   | M1-BMC      | 34,8            | MK1-B       | 42,4            | MK1-G       | 40,0            |
| 2   | M2-BMC      | 26,0            | MK2-B       | 42,8            | MK2-G       | 39,8            |
| 3   | M3-BMC      | 24,9            | MK3-B       | 35,3            | MK3-G       | 37,2            |
| 4   | M4-BMC      | 39,6            | MK4-B       | 35,0            | MK4-G       | 36,9            |
| 5   | M5-BMC      | 35,1            | MK5-B       | 29,2            | MK5-G       | 29,1            |
| 6   | M6-BMC      | 24,3            | MK6-B       | 29,5            | MK6-G       | 29,2            |
| 7   | M7-BMC      | 37,2            | MK7-B       | 28,0            |             |                 |
| 8   | M8-BMC      | 32,4            | MK8-B       | 28,3            |             |                 |

**3.2. Phân tích đánh giá kết quả thí nghiệm**

Để phân tích được sự phụ thuộc giá trị cường độ bê tông hiện trường vào số lượng mẫu khoan theo công thức (3) và (4) của Tiêu chuẩn EN 13791:2020.

**3.2.1. Trường hợp cầu Châu Mai đối với việc sử dụng cả 14 mẫu thí nghiệm dầm chủ**

Khi áp dụng công thức (3):  $k_n = 1,82$ ; M = 4, s = 5,54 (đảm bảo điều kiện nhỏ hơn 8%); từ Bảng 3.1 xác định được giá trị trung bình của n kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén hiện trường  $f_{c, m(n), is} = 34,47$  MPa, giá trị cường độ chịu nén hiện trường nhỏ nhất  $f_{c, is, lowest} = 28,0$  MPa.

Khi áp dụng công thức (3):

$$f_{ck,is} = 34,47 - 1,82 \cdot 5,54 = 24,38 \text{ MPa};$$

Khi áp dụng công thức (4):

$$f_{ck,is} = 28,0 + 4 = 32,0 \text{ MPa};$$

Kết quả nếu áp dụng theo công thức (3) và (4), trong trường hợp này giá trị cường độ chịu nén hiện trường của bê tông kết cấu  $f_{ck,is} = 24,38 \text{ MPa}$ .

### 3.2.2. Trường hợp xét kết quả khoan mẫu bản mặt cầu

Trong trường hợp xét mỗi bản mặt cầu Châu Mai, nơi có đặc thù chịu tác động trực tiếp của bánh xe theo thời gian, chất lượng bê tông có thể thay đổi nhiều hơn đậm chủ, ta sử dụng 8 mẫu thí nghiệm, khi đó  $k_n = 2$ ;  $M = 4$ ,  $s = 4,36$  (đảm bảo điều kiện nhỏ hơn 8%); giá trị trung bình của n kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén hiện trường  $f_{c,m(is)} = 31,78 \text{ MPa}$ ; giá trị cường độ chịu nén hiện trường nhỏ nhất  $f_{c,is,lowest} = 24,3 \text{ MPa}$ .

Khi áp dụng công thức (3):

$$f_{ck,is} = 31,78 - 2 \cdot 4,36 = 23,06 \text{ MPa};$$

Khi áp dụng công thức (4):

$$f_{ck,is} = 24,3 + 4 = 28,3 \text{ MPa};$$

Kết quả nếu áp dụng theo công thức (3) và (4) trong trường hợp này giá trị cường độ chịu nén hiện trường của bê tông kết cấu  $f_{ck,is} = 23,06 \text{ MPa}$ .

### 3.2.3. Áp dụng phương pháp khoan mẫu với số lượng mẫu ít nhất 3 mẫu

Do các đầm chủ của cầu Châu Mai có thể tích nhỏ hơn  $9 \text{ m}^3$ , số lượng mẫu khoan đầm là 6. Kết quả nén mẫu khoan đầm chủ nhận thấy các mẫu MK1-G, MK2-G có cường độ bê tông lớn, khi kiểm tra nhận thấy trong mẫu tỷ lệ cấp phối đá lớn tương đối cao có thể dẫn đến cường độ mẫu lớn hơn so với mức trung bình nhiều. Vì vậy, để áp dụng cho trường hợp này có thể sử dụng 4 mẫu MK2-G đến MK6-G, các mẫu đều có cường độ chịu nén mẫu khoan không lớn hơn 15% giá trị trung bình cường độ chịu nén hiện trường của nhịp, giá trị cường độ chịu nén thấp nhất của 3 hoặc nhiều hơn lõi khoan có thể được chấp nhận là cường độ  $f_{ck,is}$  tức là  $f_{ck,is} = 29,1 \text{ Mpa}$ .

Số liệu phân tích 3 trường hợp trên cho thấy, số lượng mẫu càng nhiều, độ chính xác càng cao và có độ tin cậy cao hơn. Tuy nhiên, việc sử dụng số lượng mẫu từ 3 - 4 mẫu cũng có thể đánh giá gần đúng cường độ bê tông nếu phân tích được đặc điểm của mẫu khoan cũng như dự đoán được cường độ bê tông thực tế của công trình.

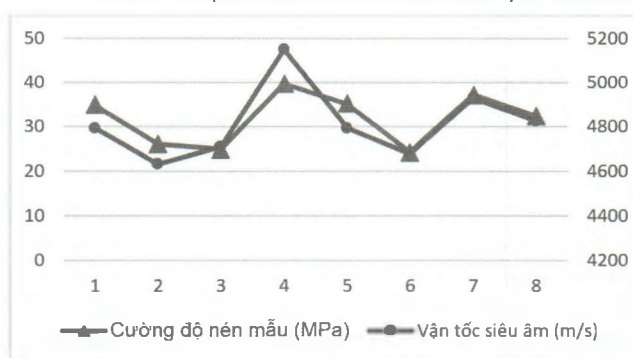
### 3.3. Xác định số mẫu khoan để đánh giá cường độ chịu nén của bê tông trên cơ sở kết hợp phương pháp khoan lấy mẫu và phương pháp không phá hủy

Tiêu chuẩn TCVN 9334:2012 đã chỉ rõ có thể dự đoán cường độ bê tông khi kết hợp kết quả đo vận tốc xung với kết quả đo trị số bật nảy. Trong quá trình khoan lấy mẫu bản mặt cầu Châu Mai đã kết hợp khoan lấy mẫu đồng thời với siêu âm và bắn súng bật nảy. Kết quả thí nghiệm xác định cường độ chịu nén hiện trường của bản mặt cầu bằng cách khoan mẫu đã được thể hiện trên *Bảng 3.1*, kết quả bằng súng bật nảy tại các vị trí khoan có giá trị trung bình  $R_{bt} = 28,8 \text{ MPa}$ , kết quả thí nghiệm siêu âm theo phương pháp trực tiếp tại khu vực dự định khoan mẫu có kết quả vận tốc siêu âm như *Bảng 3.2*.

**Bảng 3.2. Kết quả thí nghiệm siêu âm tại các vị trí khoan mẫu mặt cầu Châu Mai**

| Ký hiệu mẫu | Cường độ nén mẫu $R_{bt}$ (MPa) | Vận tốc siêu âm V(m/s) |
|-------------|---------------------------------|------------------------|
| M1-BMC      | 34,8                            | 4792                   |
| M2-BMC      | 26,0                            | 4631                   |
| M3-BMC      | 24,9                            | 4710                   |
| M4-BMC      | 39,6                            | 5149                   |
| M5-BMC      | 35,1                            | 4792                   |
| M6-BMC      | 24,3                            | 4678                   |
| M7-BMC      | 37,2                            | 4929                   |
| M8-BMC      | 32,4                            | 4825                   |

Trên cơ sở kết quả trên ta có biểu đồ thể hiện ở *Hình 3.1*.



**Hình 3.1: Biểu đồ quan hệ giữa cường độ chịu nén và siêu âm**

Biết rằng, quan hệ giữa vận tốc xung siêu âm và cường độ chịu nén của bê tông bị chi phối bởi một số yếu tố bao gồm tuổi, điều kiện dưỡng hộ, điều kiện độ ẩm, tỷ lệ cấp phối, loại cốt liệu và loại xi măng, có thể dự đoán cường độ của bê tông dựa trên quan hệ giữa cường độ và vận tốc xung V-R. Đối với các công trình cầu cũ, việc xây dựng đường chuẩn V-R cho mỗi công trình là điều không khả thi.

Biểu đồ quan hệ trên *Hình 3.1* thể hiện rằng, khi vận tốc truyền xung V trong bê tông đạt giá trị lớn nhất thì cường độ bê tông lớn nhất. Tương tự như vậy, khi vận tốc truyền xung V trong bê tông đạt giá trị nhỏ nhất thì cường độ bê tông thường đạt giá trị thấp.

Theo như Tiêu chuẩn EN 13791:2020, trong trường hợp kết cấu bê tông có thể tích nhỏ hơn  $30 \text{ m}^3$ , có thể sử dụng số mẫu khoan tối thiểu là 3 mẫu khoan, các mẫu này phải thỏa mãn quy trình như sau: xác định các vị trí có cường độ chịu nén thấp (sử dụng kết hợp thí nghiệm bắn súng bê tông và siêu âm bê tông). Từ các vị trí này tiến hành khoan tối thiểu 3 lõi khoan, trong đó tối thiểu mỗi lõi khoan cho một phần tử của kết cấu. Giá trị cường độ chịu nén trung bình của 3 hoặc nhiều hơn lõi khoan có thể được chấp nhận là cường độ  $f_{ck,is}$  để đánh giá kết cấu.

Trong trường hợp sử dụng chỉ khoan 3 mẫu tại các vị trí M2-BMC, M3-BMC, M6 BMC là các vị trí có vận tốc truyền xung V trong bê tông đạt giá trị nhỏ nhất, nghĩa là các vị trí có cường độ bê tông thấp nhất thì khi đó cường độ bê tông:

$$f_{ck,is} = f_{m(is)} = (26,0 + 24,9 + 24,3) / 3 = 25,06 \text{ MPa}.$$

Từ kết quả trên cho thấy, cường độ bê tông với số mẫu khoan tối thiểu 3 mẫu là  $25,0 \text{ MPa}$  khá gần với giá trị  $23,06$

Mpa (khi có tới 8 mẫu khoan) và nhỏ hơn cách xác định cường độ trung bình theo Tiêu chuẩn TCVN 12252:2020 là 31,78 MPa. Đối với một kết cấu mặt cầu có cường độ 30 MPa theo thiết kế, đưa vào khai thác gần 40 năm thì giá trị cường độ chịu nén 25,06 MPa là phù hợp với đặc tính cơ học của bê tông cầu để xem xét tuổi thọ cũng như khả năng chịu lực của kết cấu.

Như vậy, nếu kết hợp phương pháp siêu âm xác định các vị trí có vận tốc xung siêu âm đạt gần giá trị thấp nhất, từ đó sử dụng súng bật nảy và tiến hành khoan lấy mẫu bê tông tại các vị trí đó sẽ giúp giảm thiểu số lượng lõi khoan xuống tối thiểu 3 mẫu. Đối với cầu Châu Mai, nếu như chỉ lấy kết quả 3 mẫu khoan M2-BMC, M3-BMC, M6 BMC trên bản mặt cầu, hoàn toàn có xác định gần đúng cường độ chịu nén bê tông hiện trường của kết cấu nhịp  $f'_c = 25,06$  MPa.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Việc xác định cường độ chịu nén của bê tông theo Tiêu chuẩn EN 13791:2020 nhận thấy, khi số lượng mẫu khoan càng lớn lên thì cường độ càng gần đạt đến giá trị tin cậy cho việc tính toán khả năng chịu tải của công trình. Nhưng khi chỉ được phép khoan từ 3 - 6 mẫu thì cần lựa chọn các vị trí khoan, để kết quả nén mẫu và xác định cường độ chịu nén có thể đại diện cho toàn bộ kết cấu, giúp các kỹ sư đánh giá đúng đặc tính cơ học của vật liệu với độ tin cậy và an toàn cao.

- Kết hợp phương pháp siêu âm xác định các vị trí có vận tốc xung siêu âm đạt gần giá trị thấp nhất, từ đó sử dụng súng bật nảy và tiến hành khoan lấy mẫu bê tông tại các vị trí đó, sẽ giúp giảm thiểu số lượng lõi khoan xuống tối thiểu 3 mẫu. Đối với cầu Châu Mai, nếu như chỉ lấy kết quả 3 mẫu khoan M2-BMC, M3-BMC, M6 BMC trên bản mặt cầu, hoàn toàn có xác định gần đúng cường độ chịu nén bê tông hiện trường của kết cấu với độ an toàn cao. Các bước thực hiện như vậy vừa tránh ảnh hưởng đến kết cấu, vừa đánh giá đúng được cường độ bê tông. Tiêu chuẩn EN 13791:2020 có khuyến nghị nên xem xét khoan 3 mẫu xác định cường độ chịu nén của bê tông trở lên, còn như đã phân tích lý thuyết độ tin cậy trong Bảng 3.3 của bài báo [1] thì với số lượng mẫu từ 3 mẫu trở lên có thì độ tin cậy hay suất đảm bảo P của sê-ri mẫu thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông đạt giá trị từ 92,74% đã là khá cao. Nếu không có sự nghi ngờ về kết quả thí nghiệm thì không nên khoan quá nhiều mẫu, bởi điều đó dễ dẫn đến giảm khả năng chịu lực và tuổi thọ của kết cấu

- Trong các cấu kiện công trình cầu, khi khoan mẫu trên kết cấu nhịp có thể dẫn đến suy giảm khả năng chịu lực, vì vậy nên xem xét khoan tối thiểu 3 mẫu (nên ưu tiên khoan ở bản mặt cầu, phần cánh dầm nếu là dầm T). Đối với móng trụ, đặc biệt là móng, bộ phận cánh móng thường được thi công cùng đợt đổ bê tông với thân móng, vì thế có thể xem xét khoan số lượng mẫu cao hơn nếu thể tích bê tông >10 m<sup>3</sup> đối với các kết cấu móng trụ (tập trung khu vực cánh móng, bệ móng trụ) để tăng độ tin cậy trong việc xác định cường độ bê tông.

#### Tài liệu tham khảo

[1]. Lê Văn Mạnh, Nguyễn Văn Vi (2020), *Phân tích đánh giá cường độ chịu nén hiện trường của bê tông có xét tới số lượng mẫu thí nghiệm phục vụ tính toán khả năng chịu lực của các công trình cầu cũ*, Tạp chí GTVT, số tháng 8, tr.71-76.

[2]. TCVN 12252: 2020, *Bê tông - Phương pháp xác định cường độ bê tông trên mẫu lấy từ kết cấu*.

[3]. EN 13791-2020, *Assessment of in situ compressive strength in structures and precast concrete components. European Standard*.

**Ngày nhận bài: 20/4/2022**

**Ngày chấp nhận đăng: 29/5/2022**

**Người phản biện: TS. Nguyễn Mạnh Thường  
TS. Đỗ Minh Hiếu**