

# TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

## TCVN 9335:2012

**BÊ TÔNG NẶNG - PHƯƠNG PHÁP THỬ KHÔNG PHÁ HỦY - XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ NÉN SỬ DỤNG KẾT HỢP MÁY ĐO SIÊU ÂM VÀ SÚNG BẬT NẤY**

*Heavy weight concrete - Non destructive testing method - Determination of compressive strength by using combination of ultrasonic equipment and rebound hammer*

### Lời nói đầu

**TCVN 9335:2012** chuyển đổi từ TCXD 171:1989 thành Tiêu chuẩn Quốc gia theo quy định tại khoản 1 Điều 69 của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật và điểm b khoản 2 Điều 7 Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 01/8/2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.

**TCVN 9335:2012** do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng - Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## **BÊ TÔNG NẶNG - PHƯƠNG PHÁP THỬ KHÔNG PHÁ HỦY - XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ NÉN SỬ DỤNG KẾT HỢP MÁY ĐO SIÊU ÂM VÀ SÚNG BẬT NẤY**

*Heavy Weight Concrete - Non destructive testing method - Determination of compressive strength by using combination of ultrasonic equipment and rebound hammer*

### 1. Phạm vi áp dụng

**1.1.** Tiêu chuẩn này hướng dẫn xác định cường độ nén của bê tông bằng phương pháp sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng thử bê tông loại bật nẩy.

**1.2.** Tiêu chuẩn này áp dụng cho các loại cấu kiện, kết cấu bê tông của công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp trong trường hợp:

- Không xây dựng được biểu đồ chuẩn dùng để xác định cường độ nén của bê tông bằng phương pháp không phá hoại.
- Không có mẫu khoan lấy từ các loại cấu kiện, kết cấu xây dựng để xác định cường độ bê tông.

**1.3.** Không sử dụng phương pháp này để xác định cường độ nén của bê tông trong những trường hợp sau:

- Bê tông có cường độ nén nhỏ hơn 10 MPa hoặc lớn hơn 35 MPa;
- Bê tông sử dụng các loại cốt liệu có đường kính lớn hơn 70 mm;
- Bê tông bị nứt, rỗ hoặc có các khuyết tật;
- Bê tông bị phân tầng hoặc là hỗn hợp của nhiều loại bê tông khác nhau;
- Bê tông có chiều dày theo phương thí nghiệm nhỏ hơn 100 mm.

### 2. Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 9334:2012, *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén bằng súng bật nẩy.*

TCVN 9357:2012, *Bê tông nặng - Đánh giá chất lượng bê tông - Phương pháp xác định vận tốc xung siêu âm.*

### 3. Nguyên tắc chung

**3.1.** Phương pháp xác định cường độ nén của tiêu chuẩn này dựa trên mối tương quan giữa cường độ nén của bê tông ( $R$ ) với hai số đo đặc trưng của phương pháp không phá hoại là vận tốc xuyên ( $v$ ) của siêu âm và độ cứng bề mặt của bê tông qua trị số ( $n$ ) đo được trên súng thử bê tông loại bật nảy (quan hệ  $R-v, n$ ). Ngoài ra, còn sử dụng những số liệu kĩ thuật có liên quan đến thành phần bê tông.

**3.2.** Cường độ nén của bê tông được xác định bằng biểu đồ hoặc bảng tra thông qua vận tốc siêu âm và trị số bật nảy đo được trên bê tông cần thử. Giá trị này bằng cường độ nén của một loại bê tông quy ước gọi là bê tông tiêu chuẩn dùng để xây dựng Hình 1, Bảng 7. Một số thành phần đặc trưng của bê tông tiêu chuẩn được quy định như sau:

- Xi măng poóc lăng PC30
- Hàm lượng xi măng  $350 \text{ kg/m}^3$
- Cốt liệu lớn: đá dăm với đường kính lớn nhất  $D_{\max} = 40 \text{ mm}$
- Cốt liệu nhỏ: cát vàng có  $M_n$  từ 2,0 đến 3,0

**3.3.** Nếu bê tông cần thử có thành phần khác nhau với bê tông tiêu chuẩn thì cường độ nén của bê tông được hiệu chỉnh bằng các hệ số ảnh hưởng.

**3.4.** Để xác định được cường độ nén của bê tông cần thử, phải có những số liệu kĩ thuật liên quan đến thành phần bê tông thử: loại xi măng, hàm lượng xi măng sử dụng cho  $1 \text{ m}^3$  bê tông, loại cốt liệu lớn và đường kính lớn nhất của nó ( $D_{\max}$ ).

**3.5.** Trong trường hợp có mẫu lưu, cần sử dụng kết hợp mẫu lưu để xác định cường độ nén của bê tông. Số mẫu lưu sử dụng không ít hơn 6 mẫu.

**3.6.** Khi không có đầy đủ những số liệu kĩ thuật liên quan đến thành phần bê tông cần thử thì kết quả thu được chỉ mang tính chất định tính.

#### **4. Thiết bị và phương pháp đo**

**4.1.** Thiết bị sử dụng để xác định vận tốc siêu âm.

**4.1.1.** Để xác định vận tốc siêu âm, cần tiến hành đo hai đại lượng khoảng cách truyền xung siêu âm và thời gian truyền xung siêu âm.

**4.1.2.** Vận tốc siêu âm ( $v$ ) được xác định theo công thức:

$$v = \frac{l}{t} \times 10^3 \quad (1)$$

trong đó:

$v$  là vận tốc siêu âm, tính bằng mét trên giây (m/s);

$l$  là khoảng cách truyền xung siêu âm hay là khoảng cách giữa hai đầu thu và phát của máy, tính bằng milimét (mm);

$t$  là thời gian truyền của xung siêu âm, tính bằng micro giây ( $\mu\text{s}$ ).

**4.1.2.1.** Đo thời gian truyền xung siêu âm bằng các máy đo siêu âm. Sai số đo không vượt quá giá trị  $\Delta$  tính theo công thức:

$$\Delta = 0,01t + 0,1 \quad (2)$$

Trong đó:

$t$  là thời gian truyền của xung siêu âm, tính bằng micro giây ( $\mu\text{s}$ ).

**4.1.2.2.** Đo khoảng cách truyền xung siêu âm bằng các dụng cụ đo chiều dài. Sai số đo không vượt quá 0,5% độ dài cần đo.

**4.1.3.** Những máy đo siêu âm sử dụng để xác định vận tốc siêu âm là những thiết bị chuyên dùng được quy định trong tiêu chuẩn TCVN 9357:2012. Máy đo siêu âm phải được kiểm tra trước khi sử dụng bằng một hệ thống mẫu chuẩn. Những nguyên tắc về sử dụng, bảo dưỡng, kiểm tra và hiệu chỉnh máy phải tuân theo tiêu chuẩn TCVN 9357:2012.

**4.2.** Thiết bị sử dụng để xác định độ cứng bề mặt của bê tông.

**4.2.1.** Thiết bị sử dụng để xác định độ cứng bề mặt của bê tông là súng thử bê tông loại bật nảy thông dụng (N) với năng lượng va đập từ 0,225 kgm đến 3 kgm.

**4.2.2.** Súng phải được kiểm tra trên đe chuẩn trước khi sử dụng và phải đảm bảo được những tính năng đã ghi trong catalô của máy. Những nguyên tắc về sử dụng, bảo quản, kiểm tra và hiệu chỉnh súng phải tuân theo tiêu chuẩn TCVN 9334:2012.

**4.3.** Phương pháp đo

**4.3.1.** Bề mặt bê tông cần thử phải phẳng, nhẵn, không ướt, không có khuyết tật, nứt, rỗ. Nếu trên bề mặt bê tông có lớp vữa trát hoặc lớp trang trí thì trước khi đo phải được đập bỏ và mài phẳng vùng sẽ kiểm tra.

**4.3.2.** Vùng kiểm tra trên bề mặt bê tông phải có diện tích không nhỏ hơn 400 cm<sup>2</sup>. Trong mỗi vùng, tiến hành đo ít nhất 4 điểm siêu âm và 10 điểm bằng súng, theo thứ tự đo siêu âm trước, đo bằng súng sau. Nên tránh đo theo phương đổ bê tông.

**4.3.3.** Công tác chuẩn bị và tiến hành đo siêu âm phải tuân theo tiêu chuẩn TCVN 9357:2012.

Vận tốc siêu âm của một vùng ( $\bar{v}_i$ ) là giá trị trung bình của vận tốc siêu âm tại các điểm đo trong vùng đó ( $v_i$ ). Thời gian truyền của xung siêu âm tại một điểm đo trong vùng so với giá trị trung bình không được vượt quá  $\pm 5\%$ . Những điểm đo không thỏa mãn điều kiện này phải loại bỏ trước khi tính vận tốc siêu âm trung bình của vùng thử.

**4.3.4.** Công tác chuẩn bị và tiến hành đo bằng súng thử bê tông loại bật nảy phải tuân theo tiêu chuẩn TCVN 9334:2012. Khi thí nghiệm, trục súng phải nằm theo phương ngang (góc  $\alpha = 0^\circ$ ) và vuông góc với bề mặt của cấu kiện. Nếu phương của súng tạo với phương ngang một góc  $\alpha$  thì trị số bật nảy đo được trên súng phải hiệu chỉnh theo công thức.

$$n = n_1 + \Delta n \quad (3)$$

trong đó:

$n$  là trị số bật nảy của điểm kiểm tra;

$n_1$  là trị số bật nảy đo được trên súng;

$\Delta n$  là hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc vào góc  $\alpha$  và lấy theo catalô của súng (kí hiệu của góc  $\alpha$  lấy theo biểu đồ dán trên súng) hoặc lấy theo Bảng 1.

**Bảng 1 - Hệ số hiệu chỉnh trị số bật nảy**

Trị số bật nảy đo được trên súng $n_1$	$\Delta n$			
	$\alpha = + 90^\circ$	$\alpha = + 45^\circ$	$\alpha = - 45^\circ$	$\alpha = - 90^\circ$
10	-	-	+ 2,5	+ 3,5
20	- 5,5	- 3,5	+ 2,5	+ 3,5
30	- 5,5	- 3,0	+ 2,0	+ 3,5
40	- 4,0	- 2,5	+ 2,0	+ 2,5

Trị số bật nảy của một vùng kiểm tra ( $\bar{n}_i$ ) là giá trị trung bình của các điểm đo trong vùng ( $n_i$ ) sau khi đã loại bỏ những điểm có giá trị chênh lệch quá 4 vạch so với giá trị trung bình của tất cả các điểm đo trong vùng thí nghiệm.

4.3.5. Kết quả đo bằng máy siêu âm và súng được ghi theo Bảng 2.

**Bảng 2 - Số liệu đo được bằng máy siêu âm và súng bật nảy.**

Kí hiệu cấu kiện kiểm tra	Thứ tự vùng kiểm tra	Đo bằng máy đo siêu âm				Đo bằng súng		$R_c$ MPa
		$l_i$ mm	$t_i$ $\mu$ s	$v_i$ m/s	$\bar{v}_i$ m/s	$n_i$ vạch	$\bar{n}_i$ vạch	

### 5. Xác định cường độ bê tông của cấu kiện và kết cấu xây dựng

5.1. Xác định cường độ bê tông của cấu kiện và kết cấu xây dựng được tiến hành theo 5 bước sau đây:

5.1.1. Xem xét bề mặt của cấu kiện, kết cấu để phát hiện các khuyết tật (nứt, rỗ, trơ cốt thép) của bê tông.

5.1.2. Xác định những số liệu kĩ thuật có liên quan đến thành phần bê tông dùng để chế tạo cấu kiện, kết cấu xây dựng: Loại xi măng, hàm lượng xi măng ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), loại cốt liệu lớn và đường kính lớn nhất của cốt liệu ( $D_{\max}$ ).

5.1.3. Lập phương án thí nghiệm, chọn số lượng cấu kiện, kết cấu cần kiểm tra và số vùng kiểm tra trên cấu kiện và kết cấu đó theo TCVN 9334:2012.

5.1.4. Chuẩn bị và tiến hành đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy theo chỉ dẫn ở mục 4.

5.1.5. Tính toán cường độ bê tông từ các số liệu đo.

5.2. Cường độ nén của cấu kiện, kết cấu bê tông ( $R$ ) là giá trị trung bình của cường độ bê tông ở các vùng kiểm tra.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} \quad (4)$$

Trong đó:

$k$  là số vùng kiểm tra trên cấu kiện, kết cấu;

$R_i$  là cường độ nén của vùng kiểm tra thứ  $i$ ;

$R_i$  được xác định theo công thức:

$$R_i = C_0 \times R_0 \quad (5)$$

$R_0$  là cường độ nén của vùng kiểm tra thứ  $i$  được xác định bằng Hình 1 hoặc tra Bảng 7 tương ứng với vận tốc siêu âm  $\bar{v}_i$  và trị số bật nảy  $\bar{n}_i$  đo được trong vùng đó;

$C_0$  là hệ số ảnh hưởng dùng để xét đến sự khác nhau giữa thành phần của bê tông vùng thử và bê tông tiêu chuẩn.

$C_0$  được xác định theo công thức:

$$C_0 = C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4 \quad (6)$$

Trong đó:

$C_1$  là hệ số ảnh hưởng của mác xi măng sử dụng để chế tạo cấu kiện kết cấu xây dựng, lấy theo Bảng 3.

$C_2$  là hệ số ảnh hưởng của hàm lượng xi măng sử dụng cho  $1 \text{ m}^3$  bê tông, lấy theo Bảng 4;

$C_3$  là hệ số ảnh hưởng của loại cốt liệu lớn sử dụng để chế tạo cấu kiện, kết cấu, lấy theo Bảng 5.

$C_4$  là hệ số ảnh hưởng của đường kính lớn nhất của cốt liệu sử dụng để chế tạo cấu kiện, kết cấu xây dựng, lấy theo Bảng 6.

**Bảng 3 - Hệ số ảnh hưởng của loại xi măng  $C_1$**

Mác xi măng	$C_1$
PC30	1,00
PC40	1,04

CHÚ THÍCH: Những đơn vị có đầy đủ điều kiện và thiết bị thí nghiệm nếu sử dụng loại xi măng khác, có thể tự xác định được hệ số  $C_1$  bằng thực nghiệm.

**Bảng 4 - Hệ số ảnh hưởng của hàm lượng xi măng  $C_2$**

Hàm lượng xi măng $\text{kg/m}^3$	$C_2$
250	0,88
300	0,94
350	1,00
400	1,06
450	1,12

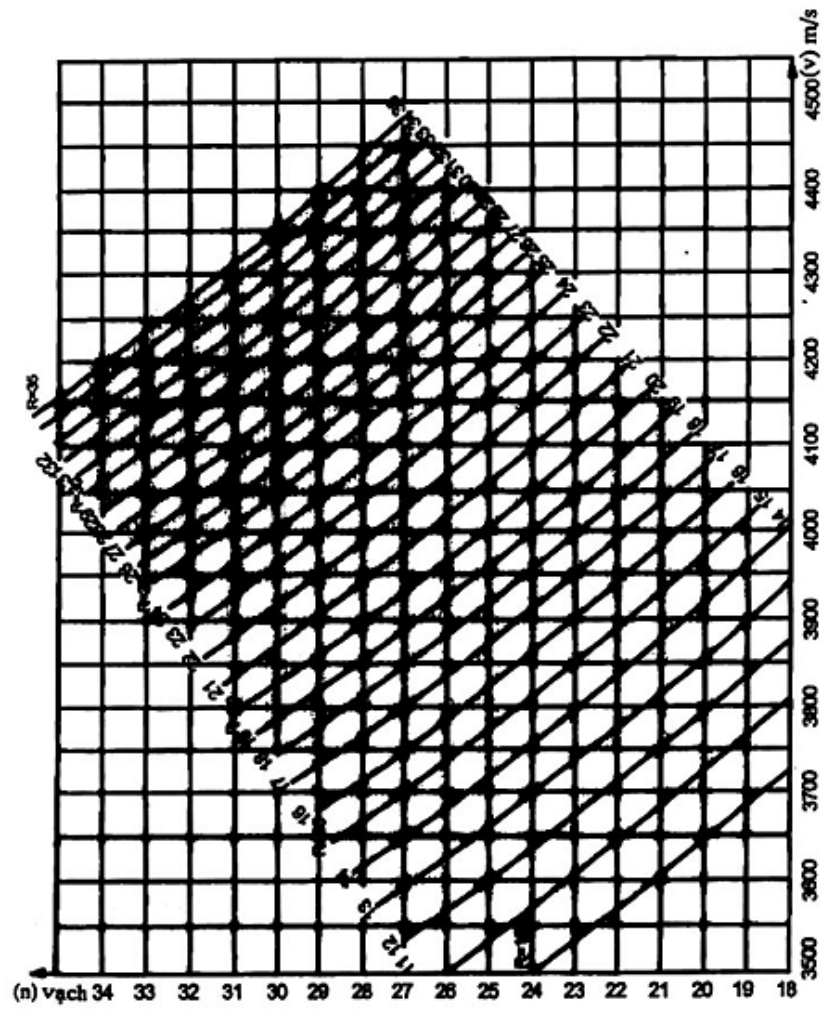
**Bảng 5 - Hệ số ảnh hưởng của loại cốt liệu lớn  $C_3$**

Loại cốt liệu lớn	$C_3$	
	$v \leq 4\ 400$ m/s	$v > 4\ 400$ m/s
Đá dăm	1,00	1,00
Đá sỏi	1,41	1,38

**Bảng 6 - Hệ số ảnh hưởng của đường kính lớn nhất của cốt liệu**

Đường kính lớn nhất của cốt liệu mm	$C_4$
20	1,03
40	1,00
70	0,98

CHÚ THÍCH: Những đơn vị có đầy đủ điều kiện và thiết bị thí nghiệm nếu sử dụng loại cốt liệu lớn khác, có thể tự xác định được hệ số  $C_4$  bằng thực nghiệm



Hình 1 - Biểu đồ xác định cường độ bê tông tiêu chuẩn (MPa)

**Bảng 7 - Bảng xác định cường độ nén tiêu chuẩn**

Đơn vị tính bằng megapascal

v (m/s)	n																	
	vạch																	
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3 500							10,0	10,6	11,0									
3 550						10,2	10,7	11,2	11,7	12,2								
3 600					10,3	10,8	11,4	12,0	12,6	13,2								
3 650			10,0	10,5	11,0	11,6	12,2	12,8	13,4	14,1	14,7							
3 700		10,1	10,7	11,2	11,7	12,4	13,0	13,6	14,3	15,0	15,7	16,3						
3 750		10,8	11,3	12,1	12,6	13,2	13,0	14,6	15,2	16,0	16,7	17,4	13,8					
3 800	10,8	11,4	12,0	12,7	13,3	14,0	14,7	15,5	16,2	17,0	17,8	18,6	19,4	20,2				
3 850	11,8	12,2	12,8	13,5	14,2	15,0	15,7	16,5	17,2	18,0	18,9	19,8	20,6	21,4				
3 900	12,2	13,0	13,7	14,3	14,9	15,8	16,7	17,5	18,4	19,2	20,0	20,9	21,7	22,4	23,2			
3 950	13,0	13,7	14,5	15,2	16,0	16,9	17,7	18,6	19,5	20,4	21,2	22,0	22,8	23,7	24,7	25,4		
4 000	13,8	14,6	15,3	16,2	17,0	18,0	18,9	19,8	20,7	21,4	22,2	23,0	24,0	24,8	25,9	27,0	28,2	
4 050		15,5	16,3	17,2	18,1	19,7	20,0	20,8	21,7	22,5	23,3	24,5	25,1	26,3	27,6	28,7	29,8	
4 100			17,3	18,3	19,2	20,2	21,0	21,8	22,7	23,6	24,5	25,5	26,8	27,0	28,0	30,2	31,5	32,9
4 150				19,3	20,3	21,2	22,0	22,8	23,8	24,7	25,8	27,0	28,2	29,4	30,7	32,1	33,2	35,0
4 200					21,2	21,9	23,0	24,0	24,9	26,0	27,2	28,6	29,7	31,0	32,4	32,8		
4 250						23,1	23,9	25,0	26,2	27,6	28,7	30,0	31,2	32,7	34,1			
4 300							25,1	26,3	27,7	29,0	30,1	31,7	33,0	34,7				
4 350							26,4	27,7	29,0	30,3	31,8	33,2	35,0					

4 400								29,1	30,5	32,0	33,3	35,2						
4 450									32,0	33,6	35,3							



**5.3.** Khi không xác định được các hệ số ảnh hưởng, hệ số ảnh hưởng chung  $C_0$  lấy bằng 1 và kết quả thí nghiệm thu được chỉ mang tính chất định tính.

**5.4.** Trong trường hợp số mẫu lưu, để nâng cao độ chính xác của phương pháp, cần kiểm tra hệ số ảnh hưởng chung  $C_0$  theo trình tự sau:

**5.4.1.** Xác định hệ số ảnh hưởng chung theo công thức (6).

**5.4.2.** Tiến hành đo bằng siêu âm và súng trên mẫu lưu để xác định cường độ nén trung bình ( $\bar{R}_0$ ) của các mẫu lưu theo Hình 1 hoặc Bảng 7.

**5.4.3.** Thí nghiệm nén phá hoại các mẫu lưu trên máy nén để xác định cường độ nén trung bình ( $\bar{R}_n$ ) của các mẫu lưu.

**5.4.4.** Tính hệ số ảnh hưởng thực nghiệm  $C_t$  theo công thức

$$C_t = \frac{\bar{R}_n}{\bar{R}_0} \quad (7)$$

**5.4.5.** So sánh  $C_t$  và  $C_0$  để chọn hệ số ảnh hưởng chung:

- Nếu:  $\frac{|C_0 - C_t|}{C_t} < 0,1$  (8)

thì hệ số ảnh hưởng chung lấy bằng  $C_0$ ,  $C_t$  hoặc giá trị trung bình của  $C_0$  và  $C_t$ .

- Nếu:  $0,1 < \frac{|C_0 - C_t|}{C_t} \leq 0,3$  (9)

thì hệ số ảnh hưởng chung lấy bằng giá trị trung bình của  $C_0$  và  $C_t$ .

- Nếu:  $\frac{|C_0 - C_t|}{C_t} > 0,3$  (10)

thì cần xem xét lại toàn bộ quá trình thí nghiệm và các hệ số ảnh hưởng. Nếu kết quả vẫn không thay đổi, cần loại bỏ hệ số  $C_0$  và lấy hệ số ảnh hưởng chung bằng  $C_t$ .

**5.5.** Trong trường hợp không xác định được các hệ số ảnh hưởng nhưng có các mẫu lưu thì có thể lấy hệ số ảnh hưởng chung bằng  $C_0$  tính theo công thức 6.

**5.6.** Xác định độ đồng nhất, cường độ yêu cầu của cấu kiện kết cấu và công tác nghiệm thu chất lượng sản phẩm thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 9357:2012.

## PHỤ LỤC A

(Tham khảo)

### Thí dụ về cách xác định cường độ nén của bê tông

#### A.1. Ví dụ 1

Xác định cường độ nén của một cấu kiện bê tông bằng phương pháp sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng bật nảy, khi biết thành phần đặc trưng của bê tông gồm: Xi măng poóc lăng PC30. Hàm lượng xi măng 260 kg/m<sup>3</sup>, cốt liệu lớn là đá dăm với  $D_{\max} = 40$  mm. Kết quả đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy trên cấu kiện ghi ở Bảng A.1.

**Bảng A.1 - Kết quả đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy trên cấu kiện**

Vùng kiểm tra	Vận tốc siêu âm trung bình $\bar{v}$	Trị số bật nảy trung bình $\bar{n}$	Cường độ nén của vùng kiểm tra $R_0$ MPa
---------------	--------------------------------------	-------------------------------------	---

	m/s	vạch	
1	2	3	4
1	3 600	23,0	10,8
2	3 566	23,1	10,4
3	3 650	22,5	11,3
4	3 620	23,5	11,4
5	3 580	23,2	10,8
6	3 598	23,0	10,7
7	3 660	24,0	12,4
8	3 610	23,8	11,7
9	3 680	23,0	12,0
10	3 546	22,7	10,0
11	3 590	22,9	10,6
12	3 625	23,4	11,5

Xác định cường độ nén của cấu kiện:

- Từ các số liệu đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy, tính vận tốc siêu âm trung bình của các vùng kiểm tra (kết quả ghi ở cột 2) và trị số bật nảy trung bình của các vùng kiểm tra (kết quả ghi ở cột 3).

- Sử dụng Hình 1 hoặc Bảng 7 để xác định cường độ nén  $R_0$  của các vùng kiểm tra (kết quả ghi ở cột 4).

- Sử dụng các Bảng 3, 4, 5 và 6 để xác định các hệ số ảnh hưởng  $C_1, C_2, C_3, C_4$  tương ứng với thành phần đã cho của bê tông cấu kiện.

- Tính hệ số ảnh hưởng chung theo công thức (6):

$$C_0 = 1,00 \times 0,89 \times 1,00 \times 1,00 = 0,89$$

Cường độ nén của cấu kiện:

$$R = \frac{0,89(10,8 + 10,4 + 11,3 + 11,4 + 10,8 + 10,7 + 12,4 + 11,7 + 12,0 + 10,0 + 10,6 + 11,5)}{12} = 9,9 \text{ (MPa)}$$

## A.2. Ví dụ 2

Xác định cường độ nén của một cấu kiện bê tông bằng phương pháp không phá hoại sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng bật nảy khi biết thành phần đặc trưng của bê tông và số mẫu lưu.

Thành phần đặc trưng của bê tông gồm:

- Xi măng poóc lăng PC30, hàm lượng xi măng 320 kg/m<sup>3</sup>.

- Loại cốt liệu lớn là đá dăm với  $D_{\max} = 40$  mm.

Kết quả đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy trên cấu kiện ghi ở Bảng A.2.

Kết quả đo bằng máy đo siêu âm, súng bật nảy trên mẫu và kết quả nén phá hoại mẫu ghi ở Bảng A.3.

**Bảng A.2 - Kết quả đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy trên cấu kiện**

TT Vùng kiểm tra	Vận tốc siêu âm	Trị số bật nảy trung	Cường độ nén của vùng kiểm tra $R_0$
------------------	-----------------	----------------------	--------------------------------------

	trung bình $\bar{v}$ m/s	biên $\bar{n}$ vạch	MPa
1	3 800	26,0	16,2
2	3 846	25,0	16,4
3	3 850	27,0	18,0
4	3 900	25,2	17,9
5	3 840	24,8	16,1
6	3 942	24,9	18,2
7	3 780	25,5	15,6
8	3 920	25,3	18,3
9	3 880	25,8	17,8
10	3 883	24,7	16,8
11	3 810	25,5	16,1
12	3 863	25,2	16,8

**Bảng 3 - Kết quả đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy trên mẫu lưu**

Số thứ tự tổ mẫu	Số thứ tự mẫu	Đo bằng máy đo siêu âm		Đo bằng máy bật nảy		Cường độ kiểm tra $R_0$ MPa		Cường độ nén mẫu $R_n$ MPa	
		Vận tốc siêu âm $v'$ m/s	Vận tốc siêu âm trung bình $\bar{v}$ m/s	Trị số bật nảy $n$ vạch	Trị số bật nảy trung bình $\bar{n}$ vạch	Mẫu	Tổ mẫu	Mẫu	Tổ mẫu
1	1	3 920 3 948 4 012 4 016	3 974	25,23,25, 26,23,25, 25,23,25, 27,22,25, 25,22,24,	24,2	18,5	17,6	17,5	19,0
	2	3 950 3 910 4 000 3 994	3 946	25,23,25, 26,23,25, 25,23,25, 27,22,25, 25,22,24,	23,5	17,1		20,1	
	3	3 890 3 960 3 990	3 871	23,23,24, 25,24,25, 22,23,27,	23,6	17,3		19,4	

		3 994		23,22,24, 25,23,24,					
2	1	3 980 3 990 3 880 3 830	3 920	22,24,22, 25,23,26, 25,22,22, 23,25,22, 25,23,24	23,2	16,0	16,7	17,0	17,9
	2	3 790 3 820 3 900 3 900	3 971	23,23,25, 24,24,25, 22,23,27, 23,22,24, 25,23,24	23,8	16,0		18,5	
	3	3 980 3 990 3 990 3 960	3 980	24,23,22, 24,25,22, 25,27,22, 22,23,25, 24,22,24,	23,5	18,0		18,2	
3	1	4 100 3 900 4 200 4 000	4 000	22,26,23, 25,26,22, 24,24,25, 23,22,26, 25,24	24,0	18,9	17,5	19,0	18,5
	2	3 980 3 960 3 860 3 920	3 920	24,23,21, 26,22,25, 23,24,22, 25,23,24, 22,25,23	23,5	16,6		18,0	
	3	3 960 3 940 3 980 3 920	3 950	22,24,22, 25,23,25, 22,24,22, 21,23,22, 22,25,26,	23,2	17,0		18,5	

Xác định cường độ nén của cấu kiện theo các bước sau:

- Sử dụng các Bảng 3, 4, 5, 6 để xác định các hệ số ảnh hưởng tương ứng với thành phần của bê tông cấu kiện.

- Tìm hệ số ảnh hưởng chung  $C_0$  theo công thức (6):

$$C_0 = 1,00 \times 0,96 \times 1,00 \times 1,00 = 0,96$$

- Xác định cường độ nén ( $R_0$ ) của các vùng kiểm tra trên cấu kiện sử dụng Biểu đồ 1 hoặc Bảng 7 (kết quả ghi ở cột 4 Bảng A.2).

- Xác định cường độ nén ( $R_0$ ) của các mẫu lưu. Sử dụng Hình 1 hoặc Bảng 7 (kết quả ghi ở cột 7 và 8 Bảng A.3).

- Tính cường độ nén trung bình của các mẫu lưu  $\bar{R}_0$

$$\bar{R}_0 = \frac{17,6 + 16,7 + 17,5}{3} = 17,2 \text{ (MPa)}$$

- Nén phá hoại mẫu, cường độ nén  $R_n$  của các mẫu lưu và tổ mẫu lưu ghi ở cột 9 và 10 Bảng A.3.

- Tính cường độ nén trung bình  $\bar{R}_n$  của các mẫu lưu trên máy nén:

$$\bar{R}_n = \frac{19,0 + 17,9 + 18,5}{3} = 18,4 \text{ (MPa)}$$

- Tính hệ số ảnh hưởng thực nghiệm  $C_t$  theo công thức (7):

$$C_t = \frac{18,4}{17,2} = 1,07$$

- Tính độ sai lệch giữa hệ số ảnh hưởng chung  $C_0$  và hệ số ảnh hưởng thực nghiệm  $C_t$ :

$$\frac{|C_0 - C_t|}{C_t} = \frac{|0,96 - 1,07|}{1,07} = \frac{0,11}{1,07} = 0,102 > 0,1$$

- Tính hệ số ảnh hưởng dùng để tính toán C:

$$C = \frac{|C_0 + C_t|}{2} = \frac{|0,96 + 1,07|}{2} = 1,01$$

- Cường độ nén trung bình của cấu kiện là:

$$R = \frac{1,01(16,2 + 16,4 + 18,0 + 17,9 + 16,1 + 18,2 + 15,6 + 18,3 + 17,8 + 16,8 + 16,1 + 16,8)}{12} = 17,1 \text{ (MPa)}$$

## MỤC LỤC

1. Phạm vi áp dụng
  2. Tài liệu viện dẫn
  3. Nguyên tắc chung
  4. Thiết bị và phương pháp đo
  5. Xác định cường độ bê tông của cấu kiện và kết cấu xây dựng
- Phụ lục A.** Thí dụ về cách xác định cường độ nén của bê tông