

Bê tông nặng – Phương pháp không phá hoại sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng bịt nảy để xác định cường độ nén

Heavy concrete – Non-destructive testing by using combination of ultrasonic equipment and hammer gun for determination of compressive strength

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 bịt nảy.

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 Quy định chung

- 1.1. 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 bịt nảy (quan hệ R-v, n). Ngoài ra, còn sử dụng những số liệu kỹ thuật có liên quan đến thành phần bê tông.
- 1.2. Cường độ nén của bê tông được xác định bằng biểu đồ hoặc bảng ra thông qua vận tốc siêu âm và trị số bịt 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 biểu đồ 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 kg/m³
 - Cốt liệu lớn: Đá dăm với $D_{max} = 40\text{mm}$
 - Cốt liệu nhỏ: Cát vàng có M_n từ 2,0 đến 3,0
- 1.3. Nếu bê tông cần thử có thành phần khác với bê tông tiêu chuẩn thì cường độ nén của bê tông được hiệu chỉnh bằng các hệ số ảnh hưởng.
- 1.4. Để xác định được cường độ nén của bê tông cần thử, phải có những số liệu kỹ thuật liên quan đến thành phần bê tông thử loại xi măng, hàm lượng xi măng sử dụng cho 1m³ bê tông, loại cốt liệu lớn và đường kính lớn nhất của nó (D_{max}).
- 1.5. 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.
- 1.6. Khi không có đầy đủ những số liệu kỹ thuật liên quan đến thành phần bê tông cần thử thì kết quả thu được chỉ mang tính chất định tính.
- 1.7. Không sử dụng phương pháp này để xác định cường độ nén của bê tông trong những trường hợp sau:

- Bê tông có mác nhỏ hơn 100 và lớn 350;
- Bê tông sử dụng các loại cốt liệu có đường kính lớn hơn 70mm;
- 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 100mm.

2 Thiết bị và phương pháp đo

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

2.1.1. 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

2.1.2. Vận tốc siêu âm (v) được xác định theo công thức:

$$v = \frac{l}{t} \cdot 10^3 \text{ (m/s)} \quad (1)$$

Trong đó:

l – Khoảng cách truyền xung siêu âm hay là khoảng cách giữa hai đầu thu và phát của máy (mm);

t – Thời gian truyền của xung siêu âm (μs)

2.1.2.1. Đo thời gian truyền xung siêu âm bằng các máy đo siêu âm. Sai số đo không vượt quá giá trị Δ tính theo công thức:

$$\Delta = 0,01t + 0,1(\mu\text{s}) \quad (2)$$

Trong đó: t – Thời gian truyền của xung siêu âm.

2.1.2.2. Đo thời gian truyền xung siêu âm bằng các dụng cụ đo chiều dài. Sai số đo không vượt quá 0,5% độ dài cần đo.

2.1.3. 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 TCXD 84: 14. 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 TCXD 84 : 14.

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

2.2.1. 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 ÷ 3KGm.

2.2.2. Súng phải được kiểm tra trên đo 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 TCXD 03: 1985.

2.3. Phương pháp đo

2.3.1. 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.

2.3.2. Vùng kiểm tra trên bề mặt bê tông phải có diện tích không nhỏ hơn 400cm². 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.

3 Xác định cường độ bê tông của cấu kiện và kết cấu xây dựng

- 3.1. Xác định cường độ bê tông của cấu kiện và kết cấu xây dựng được tiến hành theo 5 bước sau đây:
- 3.1.1. Xem xét bề mặt của cấu kiện, kết cấu để phát hiện các khuyết tật (nứt, rỗ, trơ cốt thép) của bê tông.
- 3.1.2. 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 (kg/m^3), loại cốt liệu lớn và đường kính lớn nhất của cốt liệu (D_{max}).
- 3.1.3. 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 tiêu chuẩn TCXD 03: 1985
- 3.1.4. Chuẩn bị và tiến hành đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy theo chỉ dẫn ở chương 2.
- 3.1.5. Tính toán cường độ bê tông từ các số liệu đo.
- 3.2. 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.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (4)$$

Trong đó:

k – Số vùng kiểm tra trên cấu kiện, kết cấu;

R_i – Cường độ nén của vùng kiểm tra thứ i ;

R_i - Được xác định theo công thức:

$$R_i = C_0 \cdot R_0 \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (5)$$

R_0 – Cường độ nén của vùng kiểm tra thứ i được xác định bằng biểu đồ 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 – 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:

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

Trong đó:

C_1 – 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 – Hệ số ảnh hưởng của hàm lượng xi măng sử dụng cho 1m^3 bê tông, lấy theo bảng 4;

C_3 – Hệ số ảnh hưởng của loại cốt liệu lớn sử dụng để chế tạo cấu kiện, kết cấu, lấy theo bảng 5.

C_4 – 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
P300	1,00
P400	1,04

Chú thích:

Những đơn vị có đầy đủ điều kiện và thiết bị thí nghiệm nên 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 (kg/m ³)	C_2
250	0,88
300	0,94
350	1,0
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	
	$v \leq 4400$ (m/s)	$v > 4400$ (m/s)
Đá dăm	1,00	1,00
Sỏi	1,41	1,38

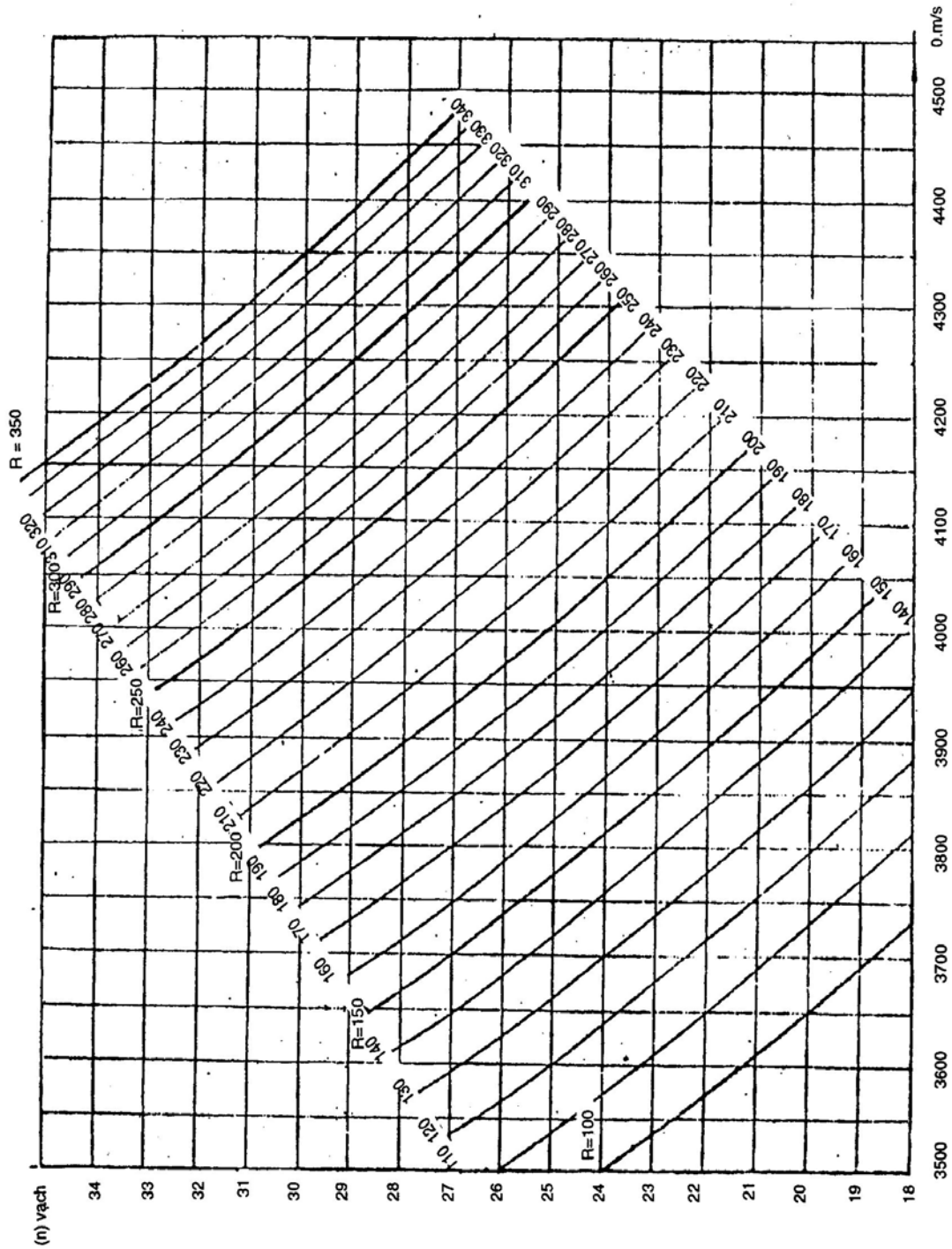
Chú thích:

Những đơn vị có đầy đủ điều kiện và thiết bị thí nghiệm nên sử dụng loại cốt liệu lớn khác có thể tự xác định được hệ số C_4 bằng thực nghiệm.

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

BIỂU ĐỒ XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG TIÊU CHUẨN (daN/cm²)



Biểu đồ 1

- 3.3. 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.
- 3.4. 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:
- 3.4.1. Xác định hệ số ảnh hưởng chung theo công thức (6).
- 3.4.2. Tiến hành đo bằng siêu âm và súng trên mẫu cần lưu để xác định cường độ nén trung bình (\overline{R}_0) của các mẫu lưu theo biểu đồ 1 hoặc bảng 7.
- 3.4.3. Thí nghiệm nén phá hoại các mẫu lưu trên máy nén để xác định cường độ nén trung bình (\overline{R}_n) của các mẫu lưu.
- 3.4.4. Tính hệ số ảnh hưởng thực nghiệm C_t theo công thức:

$$C_t = \frac{\overline{R}_n}{\overline{R}_c} \quad (7)$$

- 3.4.5. So sánh C_t và C_0 để chọn hệ số ảnh hưởng chung:

- Nếu:

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

Hệ số ảnh hưởng chung lấy bằng C_0 , C_t hoặc giá trị trung bình của C_0 và C_t :

- Nếu:

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

Hệ số ảnh hưởng chung lấy bằng giá trị trung bình của C_0 và C_t :

- Nếu:

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

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 .

- 3.5. 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_t tính theo công thức 6.
- 3.6. 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 TCXD 03: 1985.

Phụ lục

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

Thí 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 P300. Hàm lượng xi măng 260kg/m^3 , cốt liệu lớn là đá dăm với $D_{\text{max}} = 40\text{mm}$. Kết quả đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy trên cấu kiện ghi ở bảng 8.

Bảng 8 – 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} (m/s)	Trị số bật nảy trung bình \bar{n} (vạch)	Cường độ nén của vùng kiểm tra R_0 (daN/cm ²)
1	2	3	4
1	3600	23,0	108
2	3566	23,1	104
3	3650	22,5	113
4	3620	23,5	114
5	3580	23,2	108
6	3598	23,0	107
7	3660	24,0	124
8	3610	23,8	117
9	3680	23,0	120
10	3546	22,7	100
11	3590	22,9	106
12	3625	23,4	115

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 biểu đồ 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):

$$C_0 = 1,00.0,89.1,00.1,00 = 0,89$$

- Cường độ nén của cấu kiện;

$$R = \frac{0,89(108 + 104 + 113 + 114 + 108 + 107 + 124 + 117 + 120 + 100 + 106 + 115)}{12} = 99 \text{ daN/cm}^2$$

Thí 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 P300, hàm lượng xi măng 320kg/m³.
- Loại cốt liệu lớn là đá dăm với $D_{\max} = 40\text{mm}$.

Kết quả đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy trên cấu kiện ghi ở bảng 9.

Kết quả đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy trên mẫu và kết quả nén phá hoại mẫu ghi ở bảng 10.

Bảng 9 – Kết quả đo bằng máy đo siêu âm và súng bật nảy trên cấu kiện.

TT vùng kiểm tra	Vận tốc siêu âm trung bình \bar{v} (m/s)	Trị số bật nảy trung bình (vạch)	Cường độ nén của vùng kiểm tra R_0 (daN/cm ²)
1	3800	26,0	162
2	3846	25,0	164
3	3850	27,0	180
4	3900	25,2	179
5	3840	24,8	161
6	3942	24,9	182
7	3780	25,5	156
8	3920	25,3	183
9	3880	25,8	178
10	3883	24,7	168
11	3810	25,5	161
12	3863	25,2	168

Bảng 10 – 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 (daN/cm ²)		Cường độ nén mẫu R_n (daN/cm ²)	
		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	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	3920 3948 4012 4016	3974	25, 23, 25, 26, 23, 25, 25, 23, 25, 27, 22, 25, 25, 22, 24	24,2	185	176	175	190
	2	3950 3910 4000 3994	3946	23, 22, 24, 22, 23, 25, 27, 24, 23, 22, 22, 24, 23, 25, 24	23,5				

	3	3890 3960 3990 3994	3871	23, 23, 24, 25, 24, 25, 22, 23, 27, 23, 22, 24, 25, 23, 24	23,6	173		194	
2	1	3980 3990 3880 3830	3920	22, 24, 22, 25, 23, 26, 25, 22, 22, 23, 25, 22, 24, 21, 22	23,2	160	167	170	179
	2	3790 3820 3900 3900	3971	23, 23, 25, 24, 24, 25, 22, 23, 27, 23, 22, 24, 25, 23, 24	23,8	160		185	
	3	3980 3990 3990 3960	3980	24, 23, 22, 24, 25, 22, 25, 27, 22, 22, 23, 25, 24, 22, 24	23,5	180		182	
3	1	4100 3900 4200 4000	4000	22, 26, 23, 25, 26, 22, 24, 24, 25, 23, 22, 26, 25, 24	24,0	189	175	190	185
	2	3980 3960 3860 3920	3920	24, 23, 21, 26, 22, 25, 23, 24, 22, 25, 23, 24, 22, 25, 23	23,5	166		180	
	3	3960 3940 3980 3920	3950	22, 24, 22, 25, 23, 25, 22, 24, 22, 21, 23, 22, 22, 25, 26	23,2	170		185	

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 (C)

$$C_o = 1,00 \cdot 0,89 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,89$$

- Xác định cường độ nén (R_o) của các vùng kiểm tra trên cấu kiện sử dụng biểu đồ 1 hoặc bảng 7 (kết quả ghi ở cột 4 bảng 9).
- Xác định cường độ nén (R_o) của các mẫu lưu. Sử dụng biểu đồ 1 hoặc bảng 7 (kết quả ghi ở cột 7 và 8 bảng 10).

- Tính cường độ nén trung bình của các mẫu lưu $\overline{R_o}$

$$\overline{R_o} = \frac{176 + 167 + 175}{3} = 179 \text{ daN/cm}^2$$

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

- Tính cường độ nén trung bình $\overline{R_n}$ của các mẫu lưu trên máy nén:

$$\overline{R_n} = \frac{190 + 179 + 185}{3} = 184 \text{ daN/cm}^2$$

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

$$C_t = \frac{184}{179} = 1,02$$

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

$$\frac{|C_o - C_t|}{C_t} = \frac{|0,98 - 1,02|}{1,02} = \frac{0,04}{1,02} = 0,03 < 0,1$$

- Tính hệ số ảnh hưởng dùng để tính toán C

$$C = \frac{|C_o + C_t|}{2} = \frac{|0,98 + 1,02|}{2} = 1,00$$

- Cường độ nén trung bình của cấu kiện là:

$$R = \frac{1,00 \times (162 + 164 + 180 + 179 + 161 + 182 + 156 + 183 + 178 + 168 + 161 + 168)}{12} = 170 \text{ daN/cm}^2$$