

SO SÁNH HAI GIÁ TRỊ CƯỜNG ĐỘ KHÁNG NÉN TRUNG BÌNH CỦA 2 LOẠI CẤP PHỐI BÊ TÔNG

Huỳnh Kim Ân

Công ty CP tư vấn xây dựng điện 4

1. Mở đầu.

Thông thường, sự dao động cường độ trung bình của bê tông trong các tổ mẫu là do: (i) các yếu tố liên quan trong mỗi thí nghiệm (within – study variance) như thiết bị thí nghiệm, tay nghề của người thí nghiệm và một số nguyên nhân khác như trình bày bảng (1) sau và (ii) các yếu tố liên quan giữa các thí nghiệm khác nhau (between – study variance). Đây là 2 nguyên nhân hình thành sự biến động chung về cường độ của bê tông trong một tổ mẫu hoặc giữa các tổ mẫu.

Trong thực tế thi công, thường phải thí nghiệm hai hay nhiều loại cấp phối bê tông khác nhau và căn cứ giá trị trung bình mẫu để so chọn loại cấp phối phù hợp cho dự án. Trước sự biến động các giá trị cường độ bê tông trong thí nghiệm như mô tả trên; để so sánh 2 giá trị cường độ trung bình của 2 loại cấp phối khác nhau không thể dựa vào giá trị trung bình số học để đánh giá mà phải xem xét đến sự dao động cường độ trong tổ mẫu/giữa các tổ mẫu phản ảnh qua phương sai của dao động cường độ. Bài viết này giới thiệu ứng dụng phương pháp phân tích mô hình tổng hợp (meta analysis model) để đánh giá 2 giá trị cường độ trung bình của 2 nhóm mẫu nghiệm.

Hiện nay chưa có tiêu chuẩn nào quy định giới hạn trị số biến thiên (CoV)/hoặc độ lệch chuẩn (sd) của mẫu nghiệm làm tiêu chí đánh giá chất lượng công tác thí nghiệm; theo tiêu chuẩn ACI 214 R, Table 3.2 quy định: hệ số biến thiên tổ mẫu (CoV) từ < 3 đến > 6 đối với thí nghiệm hiện trường và từ < 2 đến > 5 đối với thí nghiệm trong phòng được xem là excellent đến poor. Trong thực tế dữ liệu từ nhiều dự án đã thi công cho thấy hệ số biến thiên trong một nhóm mẫu lớn hơn nhiều với giá trị trên. Do đó, càng không thể đánh giá cường độ của bê tông qua giá trị trung bình số học (của n mẫu) mà không xét đến độ dao động cường độ trong nhóm mẫu.

2. Mô tả thí nghiệm hiện trường:

Để xác định được cấp phối tốt nhất sử dụng cho đập bê tông đầm lăn, người ta làm thí nghiệm đầm nén thử tại hiện trường theo 2 loại cấp phối CP1 và CP2, có thành phần cho ở bảng (2) sau:

Các điều kiện khác như: điều kiện thi công như đầm nén, điều kiện bảo dưỡng, thời gian thi công làm thí nghiệm ... của 2 loại cấp phối trên là như nhau. Tiến hành đập thử, mỗi loại cấp phối đập 5 lớp. Sau 90 ngày tiến hành khoan lấy nỡn, mỗi lớp lấy 6 mẫu để xác định các giá trị cường độ. Kết quả cường độ kháng nén mẫu khoan 90 ngày cho bảng (3) sau:

Bảng (1): Ảnh hưởng một số yếu tố khi thí nghiệm đến cường độ bê tông [1]

Nguyên nhân	Mức sai lệch cường độ, %	
	Giảm đến	Tăng đến
Khi lấy mẫu hỗn hợp bê tông	10	10
Trộn lại hỗn hợp không đều trước khi đúc mẫu	15	0
Khuôn không đạt yêu cầu, thiếu dầu chống dính	15	5
Đầm mẫu không đầy đủ	20	0
Bảo dưỡng mẫu ở nhiệt độ khác quy định	10	10
Không bảo dưỡng liên tục	35	0
Đặt mẫu không chính tâm	20	5
Lỗi máy nén	25	10

Kết quả trên cho thấy mức giảm cường độ chiếm ưu thế

[1]: TS. Hoàng Minh Đức. “Đánh giá và nghiệm thu bê tông có tính đến biến động cường độ”; tạp chí KHCN xây dựng - số 1/2014.

Bảng (2): Thành phần cấp phối thí nghiệm.

Cấp phối	Thành phần cấp phối cho 1 m ³ RCC									
	XM-HM	Puz H.Xưa	Cát xay	Đá			Nước	Phụ gia NKC (L)		Tỷ lệ (%)
				50-15	15-12.5	12.5-5		Cplast	GP6	
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(lít)	(Lít)	(%)
CP.1	80	120	822	477	613	273	145	2.0		1.0
CP.2	80	120	822	477	613	273	145		1.8	0.9

Bảng (3): Kết quả cường độ kháng nén tuổi 90 ngày.

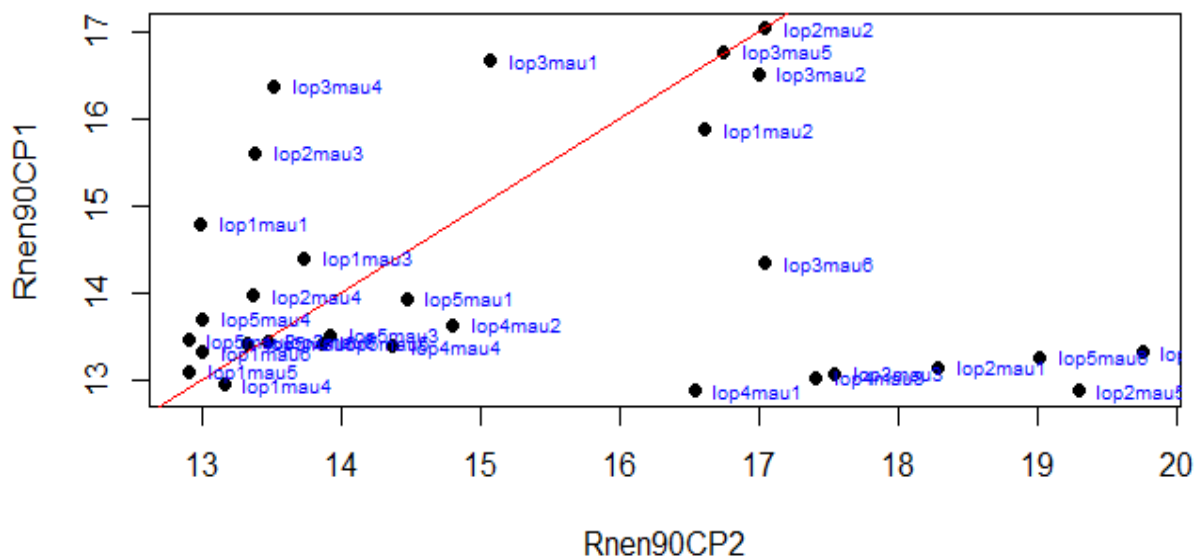
Hoặc biểu diễn bằng biểu đồ như hình 1.

Lớp TN	Cường độ kháng nén trung bình R ₉₀ . CP1 (MPa)			Cường độ kháng nén trung bình R ₉₀ . CP2 (MPa)		
	Số mẫu	R _{tb.n.90} (MPa)	Độ lệch chuẩn (SD)	Số mẫu	R _{tb.nén.90} (MPa)	Độ lệch chuẩn (SD)
5	N=6	13.57	0.203	N=6	13.58	0.607
	1	13.93		1	14.47	
	2	13.46		2	12.9	
	3	13.51		3	13.92	
	4	13.71		4	13	
	5	13.43		5	13.86	
	6	13.42		6	13.33	
4	N=6	13.25	0.267	N=6	16.98	2.183
	1	12.88		1	16.54	
	2	13.64		2	14.8	
	3	13.04		3	17.41	
	4	13.39		4	14.37	
	5	13.32		5	19.76	

	6	13.27		6	19.02	
3	N=6	15.61	1.539	N=6	16.15	1.545
	1	16.66		1	15.07	
	2	16.5		2	17	
	3	13.07		3	17.55	
	4	16.36		4	13.52	
	5	16.76		5	16.75	
	6	14.34		6	17.05	
2	N=6	14.34	1.632	N=6	15.81	2.727
	1	13.15		1	18.29	
	2	17.03		2	17.05	
	3	15.6		3	13.38	
	4	13.97		4	13.37	
	5	12.88		5	19.3	
	6	13.44		6	13.47	
1	N=6	14.07	1.15	N=6	13.73	1.44
	1	14.79		1	12.99	
	2	15.87		2	16.61	
	3	14.39		3	13.73	
	4	12.95		4	13.16	
	5	13.1		5	12.91	
	6	13.32		6	13	
	CP.1 =	14.16		CP.2 =	15.25	

(Nguồn dữ liệu: từ tác giả bài viết)

BIỂU ĐỒ MÔ TẢ DỮ LIỆU



Hình 1: Mô tả dữ liệu R_{nen.90.CP1&2} bằng biểu đồ.

Giải thích biểu đồ mô tả dữ liệu:

+ Mỗi điểm mô tả 2 giá trị: Chiều lên trục hoành là giá trị $R_{nén,90,CP2}$; chiều trục tung là $R_{nén,90,CP1}$;

+ Đường chéo màu đỏ gọi là đường tham chiếu; điểm nào nằm ngay trên đường tham chiếu thì 2 giá trị $R_{nén,90,CP1}$ và $R_{nén,90,CP2}$ bằng nhau;

+ Điểm nằm phía trên đường tham chiếu thì $R_{nén,90,CP1} > R_{nén,90,CP2}$; và ngược lại.

Nhìn biểu đồ cho thấy sự phân bố các giá trị trung bình của 2 loại cấp phối rõ ràng hơn so với bảng tổng hợp; ở đây cho thấy 3 vùng: vùng phía trên/phía dưới đường chéo và các điểm nằm trên đường chéo.

Theo kết quả tổng hợp dữ liệu thí nghiệm trên thì: Giá trị trung bình của 30 mẫu, cấp phối CP.1: $R_{tb,90,cp1} = 14.16$ MPa và $R_{tb,90,cp2} = 15.25$ MPa. Nếu chỉ căn cứ vào giá trị cường độ kháng nén yêu cầu của thiết kế là: $R_{tk,90} = 15$ MPa thì sẽ **kết luận CP.2 tốt hơn CP.1**.

Như phần mở đầu bài viết phân tích, giá trị trung bình này được xem: bao gồm giá trị thật và sai số (sai khác trong cùng tổ mẫu/sai khác giữa các tổ mẫu).

Để tìm câu trả lời: Có thật sự CP.2 lớn hơn CP.1 không? hay có sự khác biệt ngẫu nhiên giữa 2 số trung bình?. Bài viết xin giới thiệu phương pháp phân tích tổng hợp (meta analysis) của 2 nhóm mẫu thí nghiệm để trả lời cho câu hỏi trên..

3. Giải thích mô hình phân tích tổng hợp: [2].

- Lý thuyết: Mô hình ảnh hưởng cố định (fixed effects model) và mô hình ảnh hưởng ngẫu nhiên (Random effects model):

Đây là một dạng thiết kế thí nghiệm có tính tổng hợp, tổng hợp ở đây có nghĩa là mỗi loại cấp phối được đắp thử thành nhiều lớp và mỗi lớp đắp đó được lấy nhiều mẫu nghiệm để đánh giá. Giá trị trung bình số học của mỗi lớp phụ thuộc vào số lượng mẫu, nhiều khi không phản ánh đúng với giá trị thật.

Thực tế, chúng ta có thể đắp thử 100 lớp (hoặc hơn nữa), mỗi lớp lấy nhiều mẫu, như vậy sẽ có 100 số trung bình số học khác nhau. Để tính giá trị trung bình của khối đắp có 2 cách: Phân tích mô hình ảnh hưởng cố định (fixed effects model) và mô hình ảnh hưởng ngẫu nhiên (Random effects model).

Với mô hình ảnh hưởng cố định, người ta xem sự khác biệt của 100 con số trung bình ($x_1 \dots x_{100}$) là do yếu tố ngẫu nhiên liên quan trong mỗi thí nghiệm (Within - study variance) gây ra. Như vậy mỗi x_i có 2 thành phần:

$$X_i = M + e_i$$

Trong đó, M là trung bình của mẫu và e_i là khác biệt giữa x_i và M. (e_i có thể âm, dương).

Nếu M và e_i độc lập nhau thì phương sai của x_i gọi: $\text{var}[x_i]$

$$\text{Var}[x_i] = \text{var}[M] + \text{var}[e_i] = 0 + S_e^2 \quad (1)$$

M là hằng số, phương sai bằng 0. Mục tiêu của mô hình trên là ước tính M và S_e^2 .

Ở mô hình ảnh hưởng ngẫu nhiên, người ta xem mức độ khác biệt giữa các số trung bình là do 2 yếu tố gây ra; các yếu tố liên quan trong mỗi thí nghiệm (within study variance) và các yếu tố giữa các thí nghiệm (between - study variance). Với mô hình phân tích này khác với mô hình trên là ngoài việc xét các yếu tố trong một thí nghiệm gây ra sự khác biệt các giá trị trung bình mà còn xét thêm yếu tố giữa các thí nghiệm với nhau. Do đó, mô hình này sẽ bảo thủ (còn gọi là khắc khe) hơn mô hình trên.

Tương tự như trên: $X_i = m_i + e_i$

Trong đó m_i phản ánh giá trị trung bình của thí nghiệm đơn lẻ thứ i. Khác biệt giữa x_i và m_i là e_i .

Với mô hình này, người ta xem m_i dao động giá trị tổng trung bình (các thí nghiệm) M; do đó:

$X_i = M + \mathcal{E}_i + e_i$. Phương sai của X_i là:

$$\text{Var}[x_i] = \text{var}[M] + \text{var}[\mathcal{E}_i] + \text{var}[e_i] = 0 + \text{var}[\mathcal{E}_i] + \text{var}[e_i] = 0 + S_e^2 + S_e^2 \quad (2)$$

S_e^2 phản ánh độ dao động giữa các thí nghiệm (between – study variance) và S_e^2 phản ánh độ dao động trong mỗi thí nghiệm (within – study variance).

Tóm lại, hai mô hình phân tích trên chỉ khác nhau cách tính phương sai; ở mô hình ảnh hưởng cố định xem $S_e^2 = 0$.

Các bước thực hiện ước tính phương sai trong công thức (1) và (2).

Bảng (4).

Lớp TN	Cường độ nén trung bình CP1			Cường độ nén trung bình CP2			Độ khác biệt R_{tb} (d_i)	S_i^2	S_i	Khoảng tin cây 95%	Trọng số W_i	$W_i \cdot d_i$	Độ khác biệt trung bình của 5 lớp	Phương sai của d
	Số mẫu (N_i)	$R_{nén, tb}$	Độ lệch chuẩn (S_{d_i})	Số mẫu (N_i)	$R_{nén, tb}$	Độ lệch chuẩn (S_{d_i})								
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)=6-3	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
1	6	13.57	0.203	6	13.58	0.607	0.01	0.068	0.261	0.521 -0.501	14.646	0.14		
2	6	13.25	0.267	6	16.98	2.183	3.73	0.806	0.897	5.488 1.971	1.240	4.62		
3	6	15.61	1.539	6	16.15	1.545	0.54	0.792	0.890	2.284 -1.204	1.261	0.68		
4	6	14.34	1.632	6	15.81	2.727	1.47	1.683	1.297	4.012 -1.072	0.594	0.87		
5	6	14.07	1.15	6	13.73	1.44	-0.34	0.566	0.752	1.133 -1.813	1.766	0.60		
											$\sum=19.5$ 1	$\sum=5.72$	$d=0.293$	$S_d^2 = 0.051$

b. Tóm lược dữ liệu và tính toán thủ công mô hình fixed effects và Random effects:

Từ cột (1) đến cột (7) là tóm tắt dữ liệu cho ở bảng (3).

Cột (8): Độ khác biệt giá trị cường độ trung bình của mỗi lớp; cột (8) = cột (6) – cột (3)

Cột (9): Phương sai của d_i được tính dựa vào độ lệch chuẩn và số mẫu của mỗi lớp thí nghiệm, công thức chung như sau:

$$S_i^2 = \frac{sd_i^2(N_1-1) + sd_2^2(N_2-1)}{N_1 + N_2 - 2} \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)$$

Ví dụ lớp TN 1: $S_1^2 = \{[0.203^2(6-1) + 0.607^2(6-1)] / (6+6-2)\} \times (1/6 + 1/6) = 0.068$

Cột (10): $S_i = \sqrt{S_i^2}$ là Độ lệch chuẩn.

Cột (11): Có độ lệch chuẩn, tính được khoảng tin cậy 95% = $d_i \pm 1.96 * S_i$.

Cột (12): Ước tính trọng số mỗi lớp TN: w_i

Trọng số mỗi lớp TN là nghịch đảo của phương sai

$$w_i = 1/S_i^2$$

Ghi chú: Mỗi độ khác biệt d_i có một phương sai và trọng số khác nhau (cột 9 và cột 12). Phương sai càng cao thì trọng số càng thấp; phương sai cao cho biết độ dao động của mẫu lớn (tức là số mẫu nghiên cứu ít) do đó ít tin tưởng hơn.

Cột (13) bằng cột(12) x cột(8);

Cột (14): Tính số trung bình của độ khác biệt của 5 lớp TN theo trọng số w_i : Như trên đã nói, tính trung bình độ khác biệt theo trọng số chứ không phải bình quân số học, theo công thức sau:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^6 w_i d_i}{\sum_{i=1}^6 w_i}$$

d = 0.293

và cột (15) phương sai của d: $S_d^2 = 1/\sum w_i = 0.051$; có phương sai tính sai số chuẩn $S_d = \sqrt{S_d^2} = 0.226$

Đến đây có thể tính khoảng tin cậy 95% của độ khác biệt trung bình của 5 lớp TN (95%CI của d):

d \pm 1.96*S_d: Dao động từ: - 0.15 đến 0.73.

Như vậy: Độ khác biệt trung bình của 5 lớp thí nghiệm $d = 0.293$, khoảng tin cậy 95% dao động từ -0.15 đến 0.73; khác biệt này không có ý nghĩa thống kê (vì khoảng tin cậy 95% qua mốc 0); hay nói cách khác: **Với dữ liệu trên, chưa có đủ cơ sở để kết luận rằng cường độ trung bình của CP2 lớn hơn CP1.**

c. Tính toán bằng ngôn ngữ R:

Tất cả các bước tính toán trên, thật đơn giản khi sử dụng ngôn ngữ (phần mềm) "R".

Trong R có hàm `metacont` để thực hiện; trước tiên cài đặt gói (packages) meta vào R và dùng hàm `metacont` cho ra output như sau:

Output:

	MD	95%-CI	%w(fixed)	%w(random)
1	-0.01	[-0.5221; 0.5021]	75.07	27.10
2	-3.73	[-5.4897; -1.9703]	6.36	18.93
3	-0.54	[-2.2849; 1.2049]	6.47	19.04
4	-1.47	[-4.0129; 1.0729]	3.05	13.94
5	0.34	[-1.1346; 1.8146]	9.06	20.99

Number of studies combined: k=5

	MD	95%-CI	z	p-value
Fixed effect model	-0.2936	[-0.7373; 0.1502]	-1.2967	0.1947
Random effects model	-0.9453	[-2.2801; 0.3895]	-1.3881	0.1651

Quantifying heterogeneity:
 $\tau^2 = 1.6434$; $I^2 = 2.09$ [1.34; 3.25]; $I^2 = 77.1\%$ [44.4%; 90.5%]

Test of heterogeneity:

Q	d.f.	p-value
17.43	4	0.0016

Details on meta-analytical method:
- Inverse variance method
- DerSimonian-Laird estimator for τ^2

Qua output ta thấy: Với mô hình ảnh hưởng cố định (fixed effects model) cho kết quả (màu đỏ) như kết quả tính thủ công ở trên; giá trị p-value = 0.194 > p = 0.05 => sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

Với mô hình ảnh hưởng ngẫu nhiên, độ khác biệt cũng không có ý nghĩa thống kê. Như vậy, cả 2 mô hình đều cho thấy: **Không có sự khác biệt giá trị cường độ trung bình của 2 cấp phối CP1 và CP2 (chưa có cơ sở kết luận CP2 lớn hơn CP1).**

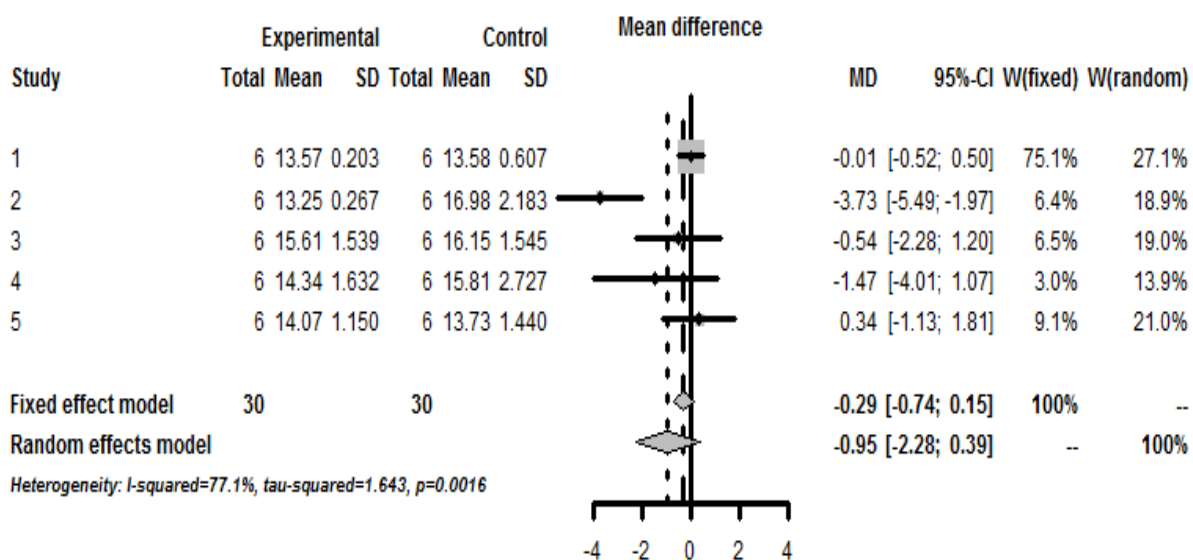
Có thể biểu diễn các kết quả tính toán trong output trên bằng biểu đồ forest (mục đích dễ nhìn) như hình (2) bằng cách sử dụng hàm `forest` trong R.

4. Nhận xét từ biểu đồ forest và kết luận:

Hình (2): Các thí nghiệm 1,3,4,5 giá trị khác biệt trung bình không có ý nghĩa thống kê; riêng thí nghiệm số 2 sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

Kết quả phân tích tổng hợp, cả 2 mô hình fixed effects và random effects đều cho thấy: sự khác biệt trung bình của 5 lớp thí nghiệm đều không có ý nghĩa thống kê (xem hình 2).

Hay nói cách khác, với dữ liệu trên chưa có đủ cơ sở để kết luận rằng giá trị trung bình cường độ kháng nén của CP2 lớn hơn CP1.



Hình 2: Biểu đồ forest

Giải thích cách đọc biểu đồ forest:

Các cột bên trái trực MD: Ghi lại dữ liệu từ cột (1) đến cột (7) bảng (4) gồm:

Cột study: 5 Lớp thí nghiệm;

Cột Total: Số mẫu trong mỗi lớp TN;

Cột mean: Giá trị cường độ trung bình lớp thí nghiệm;

Cột SD: Giá trị độ lệch chuẩn.

Các cột phía phải trực MD:

Cột MD: Khác biệt giá trị trung bình mỗi lớp TN, giống cột (8) bảng (4);

Cột 95%-CI: Khoảng tin cậy 95% của khác biệt trung bình mỗi lớp;

Hai dòng kết quả cuối cùng: Fixed effects model và Random effects model cho biết độ khác biệt trung bình của 5 lớp TN và khoảng tin cậy 95% của 2 mô hình fixed effects và random effects. Khoảng tin cậy 95% dao động qua trục số 0 cho thấy độ khác biệt không có ý nghĩa thống kê (giống như output, chỉ số $p = 0.19$ đối với mô hình fixed effects và 0.16 với mô hình random effects đều $> p = 0.05 \Rightarrow$ không có ý nghĩa thống kê).

Tài liệu tham khảo:

[1]: TS. Hoàng Minh Đức. “Đánh giá và nghiệm thu bê tông có tính đến biến động cường độ” ; tạp chí KHCN xây dựng - số 1/2014.

[2]: Nguyễn Văn Tuấn - “Phân tích dữ liệu với R”, trang 325 – 341, NXB Tổng hợp TP HCM tháng 10/2014.