

Nghiên cứu hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên

Lê Phước Lành*, Chu Tiến Dũng, Nguyễn Thị Thu Hiền

Khoa Xây dựng dân dụng và công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng

Ngày nhận bài 15/11/2017; ngày chuyển phản biện 20/11/2017; ngày nhận phản biện 27/12/2017; ngày chấp nhận đăng 29/12/2017

Tóm tắt:

Phương pháp đánh giá cường độ bê tông bằng siêu âm là phương pháp thí nghiệm không phá hủy. Cường độ chịu nén của bê tông được xác định thông qua biểu đồ chuẩn quan hệ giữa cường độ chịu nén của bê tông và vận tốc xung siêu âm theo phương pháp truyền trực tiếp. Tùy thuộc vào vị trí của kết cấu trên công trình, khi bố trí đầu dò siêu âm thì vận tốc xung siêu âm có thể thu được kết quả theo phương pháp truyền trực tiếp hoặc truyền bán trực tiếp. Bài báo trình bày kết quả thực nghiệm xác định hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp truyền bán trực tiếp (đo góc) sang vận tốc xung siêu âm xác định bằng phương pháp truyền trực tiếp (đo xuyên) trong thí nghiệm không phá hủy.

Từ khóa: Cường độ bê tông, đo góc, đo xuyên, vận tốc xung siêu âm.

Chỉ số phân loại: 2.1

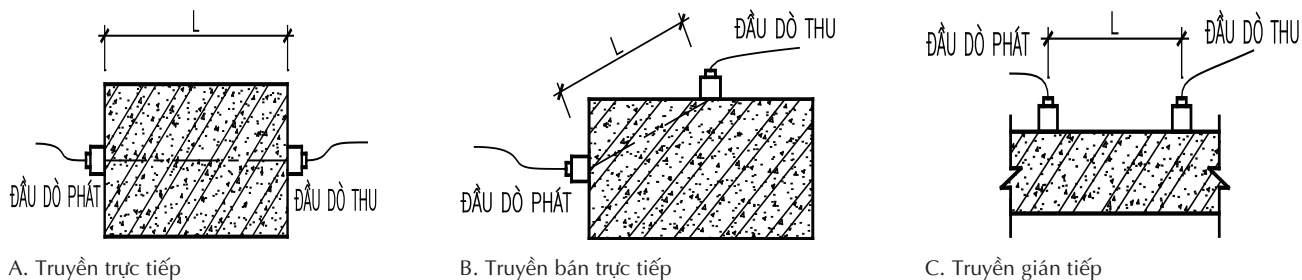
Đặt vấn đề

Công tác kiểm định chất lượng công trình đóng vai trò quan trọng, phục vụ yêu cầu quản lý kỹ thuật và an toàn trong quá trình thi công xây dựng công trình, cũng như đánh giá mức độ an toàn của các công trình đang khai thác sử dụng. Hiện nay, có 2 nhóm kỹ thuật được áp dụng khi kiểm định chất lượng công trình xây dựng là kỹ thuật phá hủy và kỹ thuật không phá hủy. Với kỹ thuật phá hủy, sau khi thí nghiệm đối tượng sẽ bị phá hủy và không thể tiếp tục sử dụng, đặt ra yêu cầu phải có kỹ thuật không phá hủy. Các phương pháp kỹ thuật không phá hủy cho phép khảo sát trên diện tích rộng, có thể lặp đi lặp lại một phép thử trên cùng một đối tượng thí nghiệm mà không làm ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của kết cấu. Phương pháp siêu âm bê tông là một trong các phương pháp thí nghiệm trong kỹ thuật không phá hủy được sử dụng rộng rãi [1].

Nguyên lý của phương pháp siêu âm là dựa trên sự lan truyền sóng cơ học có tần số thấp (thông thường dưới 300 kHz) truyền đi trong môi trường vật chất có tính chất đàn hồi [2]. Thí nghiệm tiến hành đo vận tốc xung siêu âm truyền đi trong bê tông được xác định thông qua thời gian truyền sóng T và chiều dài truyền sóng L (khoảng cách giữa tâm hai đầu dò) [3]. Thực tế, vận tốc xung siêu âm trong bê tông có thể được xác định bằng một trong ba phương pháp đo sau đây, tùy thuộc vào cách bố trí các đầu dò của máy siêu âm: Truyền trực tiếp (đo xuyên); truyền bán trực tiếp (đo góc); truyền gián tiếp (đo mặt).

- Truyền trực tiếp (đo xuyên): Hai đầu dò của máy siêu âm được bố trí trên hai mặt đối diện của đối tượng thí nghiệm và đồng trục với nhau (hình 1 A).

- Truyền bán trực tiếp (đo góc): Hai đầu dò của máy siêu âm được bố trí trên hai mặt vuông góc với nhau của



Hình 1: Các phương pháp đo vận tốc xung siêu âm.

*Tác giả liên hệ: Email: lanhlp@nuce.edu.vn

The conversion factor of ultrasonic pulse velocity from angle testing to direct testing

Phuoc Lanh Le*, Tien Dung Chu,
Thi Thu Hien Nguyen

Civil and Industrial of Construction Engineering, National University of
Civil Engineering

Received 15 November 2017; accepted 29 December 2017

Abstract:

The assessment of the concrete strength using the ultrasonic pulse velocity is a nondestructive testing method. The strength of concrete shall be determined from the relationship diagram between the concrete strength and the ultrasonic pulse velocity using the direct transmission method. Depending on the location of the structure and the ultrasonic head, ultrasonic pulse velocity could be obtained by the direct or semi-direct transmission methods. This paper aims to present the empirical conversion factor for the relationship of ultrasonic pulse velocity in concrete between semi-direct transmission method (angle testing) and direct transmission method (direct testing) in a nondestructive laboratory.

Keywords: Angle testing, concrete strength, direct testing, ultrasonic pulse velocity.

Classification number: 2.1

đối tượng thí nghiệm, như trường hợp cấu kiện dầm bê tông cốt thép (BTCT) ở vị trí góc tiếp giáp với tường (hình 1 B).

- Truyền gián tiếp (do mặt): Hai đầu dò của máy siêu âm đặt trên cùng một bề mặt của kết cấu. Trường hợp này áp dụng khi bê tông chỉ lộ một bề mặt như cấu kiện sàn, cột BTCT tiếp giáp với tường (hình 1C).

Khi kiểm định chất lượng công trình BTCT, phương pháp siêu âm bê tông cho phép đánh giá cường độ chịu nén của bê tông hiện trường. Theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9335:2012 [4], cường độ chịu nén của bê tông được xác định thông qua biểu đồ chuẩn thể hiện mối quan hệ giữa cường độ bê tông với vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo xuyên và trị số súng bật nảy.

Trong thực tế, không phải lúc nào cũng thu được vận tốc

xung siêu âm bằng phương pháp đo xuyên. Đa số các trường hợp, phải đặt đầu dò của máy siêu âm theo phương pháp đo mặt và phương pháp đo góc. Tuy nhiên, Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9357:2012 [5] chưa đề cập đến hệ số chuyển đổi của vận tốc xung siêu âm từ phép đo góc, đo mặt sang phép đo xuyên, cũng chưa có nghiên cứu trong nước đề cập đến vấn đề này. Năm 2016, tài liệu [6] đã trình bày kết quả nghiên cứu hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo mặt về phương pháp đo xuyên là $K = 1,469$ cho bê tông từ mức M200 đến mức M300. Tuy nhiên, hiện nay các công trình nhà cao tầng thường sử dụng bê tông cường độ (mức) cao nên việc khảo sát nghiên cứu thực nghiệm hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên trong trường hợp phổ biến còn lại để phục vụ cho công tác kiểm định chất lượng các công trình nhà cao tầng là rất cần thiết.

Phương pháp nghiên cứu

Cơ sở lý thuyết

Nghiên cứu thực nghiệm, đo đạc các số liệu thực tế trên các mẫu thí nghiệm được thiết kế với các mức bê tông khác nhau, và được chế tạo từ bê tông thương phẩm cung cấp cho một công trình thực tế. Tiến hành đo vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc và phương pháp đo xuyên trên cùng một mẫu thí nghiệm.

Khi đó, hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên (K) của một mức bê tông được xác định theo công thức (1).

$$K = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n K_i \quad (1)$$

Trong đó, K_i là hệ số chuyển đổi được xác định theo kết quả thí nghiệm của mẫu thứ i , tính theo công thức (2).

$$K_i = \frac{V_{xi}}{V_{gi}} \quad (2)$$

Với V_{xi} là vận tốc trung bình của mẫu thứ i , đo bằng phương pháp đo xuyên; V_{gi} là vận tốc trung bình của mẫu thứ i , đo bằng phương pháp đo góc; n là số lượng mẫu thí nghiệm của cùng một mức bê tông nghiên cứu.

Hệ số biến động của hệ số chuyển đổi (K) giữa các loại mức bê tông khác nhau được xác định theo công thức (3).

$$\nu_K = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^m (K_j - K_{tb})^2}}{\frac{m-1}{K_{tb}}} \times 100\% \quad (3)$$

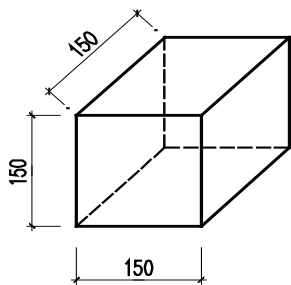
Trong đó, K_j là hệ số chuyển đổi của loại mức bê tông

thứ j ; K_{tb} là hệ số chuyển đổi trung bình của các loại mác bê tông; m là số lượng loại mác bê tông nghiên cứu.

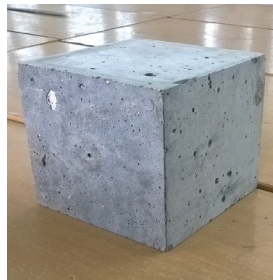
Nghiên cứu thực nghiệm hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên (K)

Cấu tạo mẫu bê tông thí nghiệm:

Thí nghiệm được thực hiện trên các mẫu bê tông hình lập phương có kích thước cạnh $a = 150$ mm (hình 2). Các mẫu bê tông nghiên cứu được chế tạo từ bê tông thương phẩm, bằng các loại bê tông được thiết kế cấp phối các mác M250, M300, M350, M400. Quy trình chế tạo và bảo dưỡng mẫu được thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3105:1993 [7]. Số lượng mẫu thí nghiệm cho mỗi loại mác bê tông nghiên cứu là 12.



A. Kích thước mẫu thí nghiệm



B. Hình ảnh mẫu thí nghiệm

Hình 2. Mẫu bê tông thí nghiệm.

Dụng cụ và thiết bị thí nghiệm:

Vận tốc xung siêu âm bê tông được đo bằng máy siêu âm nhãn hiệu TICO với tần số $f = 54$ kHz. Các bộ phận chủ yếu của thiết bị bao gồm bộ phận tạo xung điện; hai đầu dò (đầu phát và đầu thu), mỗi đầu dò có đường kính là 20 mm; bộ phận khuếch đại và bộ phận thiết bị điện đếm thời gian (hình 3A). Trước khi thí nghiệm, tiến hành hiệu chỉnh thiết bị máy siêu âm để không làm ảnh hưởng đến kết quả đo, bằng cách sử dụng thanh chuẩn đã biết trước thời gian truyền sóng trong đó là 20,4 μ s (hình 3B).



A. Máy siêu âm với đầu dò 20 mm



B. Hiệu chỉnh máy siêu âm TICO

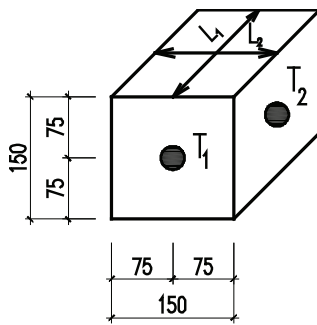
Hình 3. Máy siêu âm bê tông TICO.

Quy trình thí nghiệm:

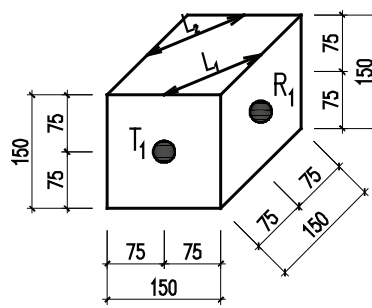
Chiều dài đường truyền sóng siêu âm: Theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9357:2012 [5], chiều dài đường truyền tối thiểu là 100 mm đối với bê tông dùng cốt liệu thô 20 mm và dài tối thiểu là 150 mm đối với bê tông dùng cốt liệu thô từ 20 mm đến 40 mm. Với bề mặt không được tạo hình bằng ván khuôn thì dùng đường truyền tối thiểu là 150 mm khi truyền trực tiếp và tối thiểu là 400 mm khi truyền gián tiếp. Mặt khác, khi thay đổi chiều dài đường truyền vận tốc xung không bị ảnh hưởng nhiều, sự thay đổi là rất nhỏ và nằm trong phạm vi độ chính xác của phép đo [5]. Do vậy, trong phạm vi nghiên cứu thí nghiệm trên ưu tiên cùng cấu trúc bê tông, để thí nghiệm được hai phép đo trên cùng 1 mẫu thí nghiệm thì lựa chọn chiều dài đường truyền sóng theo phương pháp đo xuyên là $L = 150$ mm và theo phương pháp đo góc là $L = 150 / \sqrt{2}$ mm.

Đo vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc và phương pháp đo xuyên: Mỗi loại mác bê tông chế tạo, lấy 12 mẫu bê tông hình lập phương có kích thước hình học cạnh $a = 150$ mm. Tiến hành thực hiện đo vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo xuyên và theo phương pháp đo góc trên cùng một mẫu thí nghiệm. Đặt khoảng cách giữa tâm đầu dò phát và tâm đầu dò thu theo phương pháp đo góc và đo xuyên lần lượt là $L = 150 / \sqrt{2}$ mm và $L = 150$ mm. Mỗi một phương pháp đo trên đều được đo tại hai vị trí được tiếp giáp với ván khuôn của mẫu thí nghiệm. Tại mỗi một vị trí của phương pháp đo góc thì đặt đầu dò phát (T) và đầu dò thu (R) nằm trên 2 trục vuông góc với nhau (hình 4B), phương pháp đo xuyên thì đặt đầu dò phát (T) đồng trục với đầu dò thu (R) (hình 4A).

Bề mặt bê tông tại các vị trí đo được làm phẳng, nhẵn và sử dụng mỡ công nghiệp làm chất đệm truyền âm tại các điểm đặt đầu dò, nhằm loại bỏ hết không khí giữa các đầu dò và bề mặt bê tông (hình 4C).



A. Các vị trí đo xuyên



B. Các vị trí đo góc



C. Hình ảnh thí nghiệm

Hình 4. Quy trình đo vận tốc xung siêu âm.

Tổng hợp và phân tích kết quả thí nghiệm

Thực hiện quy trình thí nghiệm siêu âm bê tông nêu trên thu được kết quả thể hiện ở các bảng 1, 2. Tổng hợp hệ số chuyển đổi được thể hiện trong bảng 3. Kết quả cường độ chịu nén thực tế của các mẫu bê tông hình lập phương trên, sau khi thực hiện xong thí nghiệm siêu âm thì được thí nghiệm nén đến trạng thái phá hủy thể hiện trong bảng 4.

Kết quả tổng hợp ở bảng 3 cho thấy, hệ số chuyển đổi (K) của 4 loại mác bê tông được nghiên cứu đều lớn hơn 1 và có hệ số biến động của hệ số chuyển đổi (K) giữa các loại mác bê tông là $v_K = 0,28 \%$.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm trên bê tông được thiết kế các mác M250 và M300.

Siêu âm bê tông mác thiết kế M250					Siêu âm bê tông mác thiết kế M300			
Mẫu thí nghiệm	Đo xuyên	Đo góc	K_i	K_j	Đo xuyên	Đo góc	K_i	K_j
	V_{xi} [m/s]	$V_{\theta i}$ [m/s]			V_{xi} [m/s]	$V_{\theta i}$ [m/s]		
Mẫu 1	4231,7	3965,1	1,067	1,035	4431,4	4277,1	1,036	1,032
Mẫu 2	4380,4	4356,1	1,006		4386,6	4197,7	1,045	
Mẫu 3	4445,3	4096,2	1,085		4411,8	4259,8	1,036	
Mẫu 4	4341,6	4041,0	1,074		4511,8	4338,3	1,040	
Mẫu 5	4279,7	4152,1	1,031		4360,7	4234,2	1,030	
Mẫu 6	4405,4	4268,7	1,032		4471,0	4347,1	1,029	
Mẫu 7	4237,6	4234,4	1,001		4431,4	4356,1	1,017	
Mẫu 8	4329,1	4312,0	1,004		4386,0	4294,3	1,021	
Mẫu 9	4354,3	4184,3	1,041		4354,2	4234,4	1,028	
Mẫu 10	4178,8	4027,1	1,038		4437,9	4287,6	1,035	
Mẫu 11	4178,3	4168,1	1,002		4196,5	4050,5	1,036	
Mẫu 12	4274,8	4103,5	1,042		4202,5	4081,0	1,030	
Trung bình	4303,1	4159,0			4381,8	4246,5		

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm trên bê tông được thiết kế các mác M350 và M400.

Siêu âm bê tông mác thiết kế M350				Siêu âm bê tông mác thiết kế M400				
Mẫu thí nghiệm	Đo xuyên	Đo góc	K_i	K_j	Đo xuyên	Đo góc	K_i	K_j
	V_{xi} [m/s]	V_{gi} [m/s]			V_{xi} [m/s]	V_{gi} [m/s]		
Mẫu 1	4431,8	4285,9	1,034	1,031	4545,5	4486,5	1,013	1,028
Mẫu 2	4478,0	4392,0	1,020		4573,9	4438,0	1,031	
Mẫu 3	4379,8	4242,7	1,032		4680,8	4536,8	1,032	
Mẫu 4	4398,9	4329,3	1,016		4616,5	4430,2	1,042	
Mẫu 5	4405,8	4320,6	1,020		4559,5	4466,9	1,021	
Mẫu 6	4538,9	4303,4	1,055		4526,7	4365,0	1,037	
Mẫu 7	4497,9	4438,0	1,013		4560,8	4478,3	1,018	
Mẫu 8	4498,0	4285,6	1,050		4497,9	4449,6	1,011	
Mẫu 9	4497,9	4366,1	1,030		4588,3	4430,2	1,036	
Mẫu 10	4424,9	4329,9	1,022		4497,8	4365,0	1,030	
Mẫu 11	4424,9	4161,8	1,063		4497,9	4347,0	1,035	
Mẫu 12	4380,4	4286,4	1,022		4477,8	4329,2	1,034	
Trung bình	4446,4	4311,8			4551,9	4426,9		

Bảng 3. Tổng hợp kết quả hệ số chuyển đổi (K).

STT	Mác bê tông	K_j	K_{tb}	Hệ số biến động $v_K [\%]$
1	M250	1,035	1,032	0,28
2	M300	1,032		
3	M350	1,031		
4	M400	1,028	1,469	1,03

Bảng 4. Cường độ chịu nén thực tế của các mẫu bê tông trong thí nghiệm.

Mẫu thí nghiệm	Cường độ chịu nén của bê tông R_b [daN/cm ²]			
	Mức thiết kế M250	Mức thiết kế M300	Mức thiết kế M350	Mức thiết kế M400
Mẫu 1	257	325	372	412
Mẫu 2	275	319	375	420
Mẫu 3	280	322	350	428
Mẫu 4	270	338	360	426
Mẫu 5	263	310	365	415
Mẫu 6	278	335	385	410
Mẫu 7	258	328	378	418
Mẫu 8	268	315	380	405
Mẫu 9	273	308	376	421
Mẫu 10	254	330	368	409
Mẫu 11	252	302	369	408
Mẫu 12	260	305	352	400
Cường độ chịu nén trung bình $R_{b\text{tr}}$ [daN/cm ²]	267	320	369	414
Kết luận	Đạt mức M250	Đạt mức M300	Đạt mức M350	Đạt mức M400

Kết quả thu được ở bảng 4 cho thấy, các mẫu bê tông thí nghiệm trong nghiên cứu này có cường độ chịu nén đạt mức thiết kế.

Kết luận và kiến nghị

Những kết quả thu được từ nghiên cứu thực nghiệm cho phép khảo sát được hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm từ phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên đối với một số loại bê tông được sử dụng phổ biến trong kết cấu BTCT (M250, M300, M350 và M400). Từ đó, có thể rút ra được một số kết luận sau:

- Bê tông được chế tạo với mức càng cao thì vận tốc xung siêu âm đo theo phương pháp đo xuyên và đo góc càng lớn.

- Vận tốc xung siêu âm đo theo phương pháp đo xuyên cao hơn so với vận tốc xung siêu âm đo theo phương pháp đo góc. Như vậy, phương pháp đo xuyên có năng lượng truyền qua đầu dò đạt mức lớn nhất.

- Nghiên cứu này cho thấy, hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên của các loại bê tông được nghiên cứu có giá trị trung bình $K_{tb} = 1,032$, với hệ số biến động là $v_K = 0,28\%$.

Như vậy, với các kết quả nghiên cứu thực nghiệm trong khuôn khổ bài báo, có thể kiến nghị lấy giá trị hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên là $K = 1,032$ cho các loại bê tông có mức bê tông từ M250 đến M400. Tuy nhiên, cần có các nghiên cứu rộng thêm để củng cố thêm độ tin cậy cho trị số K đối với bê tông cùng mức nhưng được thiết kế cấp phối và thi công ở các khu vực khác nhau với các nguồn cốt liệu khác nhau ở Việt Nam. Ngoài ra, ảnh hưởng của thiết bị truyền sóng khác với thiết bị sử dụng trong thí nghiệm cũng cần được tính đến khi xác định hệ số K bằng thực nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] EN 12504-2 (2001), *Testing concrete in structures - Part 2: Non-destructive testing - Determination of rebound number*.
- [2] ASTM C597-09 (2008), *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*, American Concrete Institute.
- [3] EN 12504-4 (2005), *Testing concrete - Part 4: Determination of ultrasonic pulse velocity*.
- [4] TCVN 9335 (2012), *Bê tông nặng - Phương pháp thử không phá hủy - Xác định cường độ chịu nén sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng bật nảy*.
- [5] TCVN 9357 (2012), *Bê tông nặng - Phương pháp thử không phá hủy - Đánh giá chất lượng bê tông bằng vận tốc xung siêu âm*.
- [6] Lê Phước Lành (2016), “Xác định hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo mặt về phương pháp đo xuyên”, *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học và công nghệ Trường Đại học Xây dựng*.
- [7] TCVN 3105 (1993), *Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử bê tông*.