

Một số kết quả thực nghiệm nghiên cứu cường độ bê tông san hô theo thời gian

Some experimental results of research on the time variation law of coral concrete strength

> THS TRẦN VĂN CƯỜNG, TS NGUYỄN XUÂN BÀNG*,
THS ĐINH QUANG TRUNG, TS LÊ HẢI DƯƠNG, KS VŨ ĐÌNH THANH
Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn; *Email: nxb@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu phát triển cường độ của bê tông san hô cấp độ bền B15, B20, B22,5 (sử dụng cốt liệu cát, đá san hô và nước mặn) theo thời gian. Kết quả cho thấy, về cơ bản, mối quan hệ giữa cường độ bê tông san hô nước biển với thời gian là hàm dạng logarit (trong phạm vi 360 ngày thí nghiệm). Tùy thuộc vào cấp độ bền thì sự phụ thuộc của cường độ bê tông theo thời gian với những hàm biểu diễn khác nhau nhưng đều có dạng hàm logarit. Điều này cho thấy bê tông san hô nước biển cấp độ bền thông thường, được chế tạo theo nguyên lý tương tự bê tông thông thường (dùng cốt liệu truyền thống và nước ngọt) thì sẽ có cấu trúc và sự phát triển cường độ tương tự như bê tông thông thường (chế tạo từ cốt liệu truyền thống và nước ngọt).

Từ khóa: Bê tông san hô; cát san hô; đá san hô; nước biển; cường độ bê tông; quy luật theo thời gian.

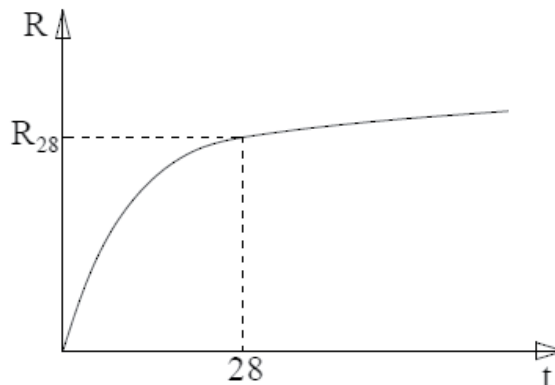
ABSTRACT

The article presents research results on the time variation law of coral concrete strength at durability levels B15, B20, and B22.5 (using aggregates of sand, coral stone, and seawater). The results show that the relationship between seawater coral concrete's strength and time is a logarithmic function (within 360 days of testing). Depending on the level of durability, the dependence of concrete strength over time with different representation functions is logarithmic. This shows that seawater coral concrete of normal durability level, prepared according to the same principle as conventional concrete (using traditional aggregates and water), will have the same structure and strength development as conventional concrete.

Keywords: coral concrete, coral concrete, coral sand, coral stone, seawater, concrete strength, the time variation law.

1. MỞ ĐẦU

Tuổi của bê tông là thời gian t (ngày) tính từ ngày chế tạo đến ngày thí nghiệm mẫu bê tông. Với bê tông thông thường, kết quả thí nghiệm cho biết quan hệ giữa cường độ chịu nén (R) và tuổi (t ngày) của bê tông dưỡng hộ trong điều kiện bình thường theo tiêu chuẩn quy định được thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Đồ thị tăng cường độ theo thời gian

Ngay sau khi chế tạo bê tông, quá trình thủy hóa xi măng diễn ra và hồ xi măng dần dần ninh kết, bê tông trải qua quá trình đóng rắn, chuyển dần từ trạng thái hồ dẻo sang trạng thái rắn, từ hỗn hợp bê tông thành đá bê tông. Trong suốt quá trình này cường độ bê tông đã được chứng minh là tăng dần theo thời gian do lượng xi măng thủy hóa ngày càng nhiều tạo nên lớp kết dính dần dần đóng rắn và gắn kết hỗn hợp cốt liệu tạo thành bê tông dạng rắn. Trong đó, thời gian đầu cường độ tăng nhanh, sau đó tốc độ tăng chậm dần do phản ứng thủy hóa xi măng sẽ chậm dần. Các sản phẩm của phản ứng thủy hóa bao bọc, ngăn cản phần lõi của hạt xi măng tiếp xúc với nước, làm cho phần này ngày càng khó thủy hóa hơn. Do vậy, dù sản phẩm thủy hóa không ngừng tăng lên, nhưng tốc độ tăng sẽ chậm dần theo thời gian.

Về lý thuyết, phản ứng thủy hóa còn tiếp tục trong một thời gian dài tính bằng năm, thậm chí là trên 10 năm [1] nếu bê tông được bảo dưỡng hoặc khai thác sử dụng trong điều kiện môi trường tốt. Nó được phản ánh thông qua kết quả của một số nghiên cứu cho thấy cường độ bê tông vẫn tăng sau một thời gian dài sử dụng.

Tuy nhiên, trên thực tế, tốc độ tăng cường độ của bản thân bê tông chậm dần theo thời gian trong khi ở chiều ngược lại, các tác nhân gây hại có trong môi trường khai thác sử dụng kết cấu bê tông (bao gồm nhiều tác nhân tác động cơ-lý-hóa khác nhau) lại

không ngừng tác động bất lợi, làm ảnh hưởng xấu đến kết cấu, phá hoại cấu trúc và làm giảm cường độ bê tông. Đại đa số các kết quả thử nghiệm công trình (chẳng hạn hoạt động kiểm tra đánh giá cường độ hiện trường của bê tông trong các công trình sửa chữa, cải tạo hoặc nâng cấp) đều ghi nhận sự suy giảm cường độ của bê tông trong công trình so với giá trị cường độ thiết kế ban đầu trong hồ sơ thiết kế. Điều đó cho thấy sự tác động tiêu cực của môi trường khai thác sử dụng dẫn đến tốc độ xuống cấp (giảm cường độ) của bê tông lớn hơn tốc độ gia tăng cường độ sinh ra bởi phản ứng thủy hóa xi măng bên trong bê tông. Do đó, độ bền bê tông nói chung, cường độ bê tông nói riêng là một hàm đa biến rất phức tạp. Nó là đại lượng phụ thuộc không chỉ theo thời gian mà còn phụ thuộc vào các tác nhân bên trong và bên ngoài bê tông, tức là các thông số về vật liệu thành phần (cấp phối bê tông) và điều kiện môi trường khai thác sử dụng của công trình bê tông. Hầu hết các thông số đều biến động, không ổn định theo thời gian. Do đó, khó có thể đưa ra một quy luật phổ quát cho tất cả các loại bê tông trong các điều kiện môi trường sử dụng khác nhau.

Xét riêng với một cấp phối bê tông san hô cụ thể, và là bê tông dùng cho công trình biển, các tác nhân bất lợi làm ảnh hưởng đến cường độ bê tông theo thời gian dù đã được giới hạn trong phạm vi hẹp hơn nhưng vẫn rất phức tạp. Tùy thuộc vào vùng kết cấu là tiếp xúc với nước biển hoàn toàn (luôn ngập trong nước), hoàn toàn không tiếp xúc với nước biển hay có tiếp xúc với nước nhưng tiếp xúc theo chu kỳ (không liên tục, ở vùng nước bắn tung tóe); sự tác động của nước và sóng biển lên bê tông cũng sẽ khác nhau, dẫn đến sự hư hỏng cấu trúc và suy giảm cường độ bê tông sẽ khác nhau.

Bên cạnh đó, có nhiều tác nhân khác tác động đến bê tông như hàm lượng các muối trong đất và nước, điều kiện thời tiết (nhiệt độ, độ ẩm, chế độ mưa, gió bão...) dẫn đến việc lượng hóa sự thay đổi cường độ bê tông trong môi trường theo thời gian là công việc rất phức tạp.

Vì vậy, với sự cần thiết sử dụng vật liệu san hô, nước biển thay thế cho vật liệu truyền thống trong chế tạo bê tông ở các đảo xa bờ, việc nghiên cứu đánh giá các phương pháp đánh giá cường độ bê tông nói chung, bê tông san hô nói riêng theo thời gian là rất quan trọng và cần thiết, có ý nghĩa lớn nhằm dự báo được cường độ bê tông cũng như khả năng chịu tải của công trình để có kế hoạch khai thác sử dụng cũng như duy tu, bảo dưỡng một cách hợp lý.

2. NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ

Với bê tông dùng xi măng Pooclang chế tạo và bảo dưỡng trong điều kiện bình thường thì cường độ tăng nhanh trong 28 ngày đầu.

Để biểu diễn sự tăng cường độ (R) theo thời gian (t) có thể dùng công thức thực nghiệm của B.G.Xkramtaep theo quy luật logarit, áp dụng với bê tông có độ tuổi trong khoảng $t = 7 \div 300$ ngày:

$$R = 0,7.R_{28} \lg t$$

Hoặc áp dụng công thức viện nghiên cứu bê tông Mỹ ACI:

$$R = R_{28} \frac{t}{a + b.t}$$

Trong đó:

a, b: hệ số phụ thuộc vào loại xi măng. $a = 4$; $b = 0,85$, với xi măng thông thường. Đối với xi măng đông cứng nhanh $a = 2,3$; $b = 0,92$. Nếu dùng xi măng puzzolan thời gian tăng cường độ có thể kéo dài đến 90 ngày.

Cố GS TS Vũ Đình Lợi [2] nghiên cứu bê tông nước mặn (bê tông cát san hô, cốt liệu lớn gồm khoảng 30 % đá san hô + 70% đá

tự nhiên, nước biển (hoặc nước ngọt)), phụ gia SikamenNN, Silicafume, cường độ nén đạt đến 47,2 MPa và cường độ bê tông vẫn tiếp tục phát triển tăng theo thời gian (được chứng thực bởi kết quả thí nghiệm bê tông sau 2 năm).

Trong Thế chiến II, quân đội Hoa Kỳ bắt đầu sử dụng bê tông san hô để vận chuyển và xây dựng công trình trên một số hòn đảo ở phía tây Thái Bình Dương và một số trong số đó vẫn đang hoạt động cho đến ngày nay [3]. Ehlert (1991) đã tiến hành khảo sát chất lượng bê tông san hô trên đảo san hô Bikini ở Thái Bình Dương [1]. Kết quả cho thấy cấu trúc bê tông san hô thực tế với cường độ nén 24,7 MPa trong 28 ngày có thể chịu được cường độ nén 38,6 MPa sau 11-16 năm, tăng 56%. Điều này khẳng định rằng bê tông san hô chất lượng cao thể hiện độ ổn định lâu dài về cường độ nén.

Người ta cũng đã sử dụng Phương pháp Maturity - một kỹ thuật để tính đến các tác động kết hợp của thời gian và nhiệt độ đến sự phát triển cường độ của bê tông - để dự đoán cường độ bê tông trên công trường. Phương pháp này cung cấp một cách tiếp cận tương đối đơn giản để đưa ra những ước tính đáng tin cậy về cường độ tại chỗ trong quá trình xây dựng. Nguồn gốc của phương pháp này bắt nguồn từ việc xử lý bê tông bằng hơi nước được thực hiện ở Anh vào cuối những năm 1940 và đầu những năm 1950. Nhờ nỗ lực chuyển giao công nghệ của Cục Quản lý Đường cao tốc Liên bang, phương pháp này lại được quan tâm ở Hoa Kỳ [4].

Gần đây, nhiều nghiên cứu đã ứng dụng trí tuệ nhân tạo (kỹ thuật học máy, học sâu) và các thuật toán di truyền để dự báo/dự đoán cường độ bê tông. Như tác giả Gupta và cộng sự [5] sử dụng mạng lưới thần kinh nhân tạo (ANN), hồi quy tuyến tính bội và mô hình hồi quy phi tuyến đa biến (MNLR) được thiết kế để dự đoán cường độ nén 28 ngày của bê tông Geopolyme. Tác giả Ranjbar I và cộng sự [6] đã kết hợp mạng nơ ron tích chập (CNN) và thuật toán di truyền (GA) để dự đoán cường độ nén của bê tông hiệu suất cao (HPC). Lee S và cộng sự [7] đã sử dụng thuật toán học máy siêu học để dự đoán cường độ nén của bê tông hiệu suất cao (HPC) đến 365 ngày tuổi. Tác giả Vũ Văn Tuấn [8] ứng dụng mô hình rừng ngẫu nhiên để dự báo cường độ của loại bê tông cường độ cao sử dụng phụ gia khoáng hỗn hợp từ xỉ lò cao và silicafume. Kết quả cũng cho thấy có thể sử dụng mô hình rừng ngẫu nhiên để dự đoán cường độ cho loại bê tông vừa nêu. Tuy nhiên, nghiên cứu mới chỉ kiểm chứng với một loại bê tông và độ tuổi bê tông được áp dụng trong nghiên cứu là dưới 90 ngày. Các độ tuổi dài hơn chưa thấy đề cập.

Nói chung, một kỹ thuật tiên tiến đã được áp dụng để dự báo cường độ bê tông theo thời gian. Tuy nhiên chúng thường giới hạn trong một loại bê tông cụ thể, trong một độ tuổi cụ thể thường dưới 1 năm. Và bê tông san hô nước biển là đối tượng mới, hầu như chưa được đề cập trong các nghiên cứu đó. Do vậy, việc nghiên cứu về cường độ bê tông san hô nước biển theo thời gian là rất hữu ích. Điều đó góp phần giải quyết một số bài toán liên quan đến việc khai thác sử dụng, duy tu bảo dưỡng công trình sử dụng loại bê tông này.

3. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG SAN HÔ THEO THỜI GIAN

Trên cơ sở phương pháp Bolomey-Skramtaev, tác giả đã nghiên cứu thiết kế cấp phối bê tông san hô (cốt liệu cát, đá san hô và nước biển) các cấp độ bền B15, B20, B22,5. Kết quả [9, 10], khẳng định hoàn toàn có thể sử dụng cốt liệu gồm cát và đá san hô (cỡ hạt 1x2 và 2x4) thay thế toàn bộ cốt liệu truyền thống (cát sông, đá dăm), đồng thời sử dụng nước biển thay thế nước ngọt để

chế tạo bê tông san hô nước biển đạt cấp độ bền B15, B20 và B22,5. Xi măng sử dụng cho nghiên cứu là xi măng PCB40 Hoàng Thạch; Sử dụng phụ gia BASF MasterGlenium ACE 8588 là một loại phụ gia thế hệ mới, được tổng hợp từ các polymer cao phân tử dùng chất khởi mào là peroxy, sản phẩm này phù hợp với tiêu chuẩn ASTM C494 - loại F (phụ gia siêu dẻo giảm nước và nhanh ninh kết cao cấp). Cấp phối chi tiết được thể hiện tại bảng 1.



Hình 2. San hô làm cốt liệu bê tông



Hình 3. Các mẫu thí nghiệm

Bảng 1. Cấp phối Bê tông san hô cấp độ bền B15, B20, B22,5.

Cấp phối	Tỷ lệ N/X	Xi măng (kg)	Cát san hô	Đá san hô	Nước biển (lit)	PGSD BASF (kg)
			(kg) (m ³)	(kg) (m ³)		
B15(1x2)-3	0,75	330	830	900	248	2,80
			0,645	0,894		
B20(1x2)-3	0,6	390	780	950	234	3,90
			0,606	0,943		
B22,5(1x2)-3	0,58	440	860	900	255	4,84
			0,668	0,894		

Bảng cấp phối này áp dụng cho cát và đá san hô khô tuyệt đối, độ ẩm w= 0%. Khối lượng thể tích xốp của cát san hô lấy bằng 1287 kg/m³, đá san hô lấy bằng 1009 kg/m³ [9, 10]. Tùy thuộc vào độ ẩm thực tế của cốt liệu tại hiện trường, lượng nước trộn có thể phải điều chỉnh, nhưng thể tích cốt liệu thì không thay đổi.



Hình 4. Máy nén bê tông bán tự động



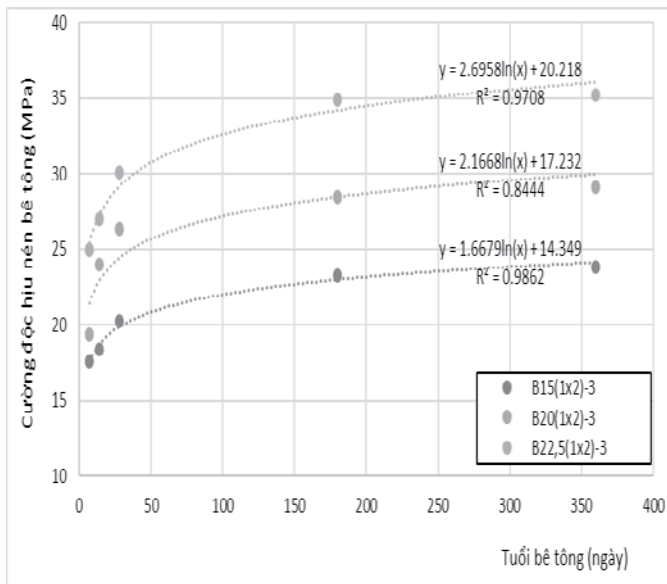
Hình 5. Nén thí nghiệm kiểm tra cường độ bê tông

Bảng 2. Sự phát triển cường độ bê tông theo thời gian

Cấp phối	Độ sụt	R7	R14	R28	R180	R360
	(cm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
B15(1x2)-3	6	17,61	18,37	20,30	23,26	23,89
B20(1x2)-3	6	19,36	23,99	26,35	28,49	29,13
B22,5(1x2)-3	8	24,98	27,04	30,12	34,95	35,21

Sử dụng các mẫu thí nghiệm trên, nghiên cứu cường độ của các cấp độ bền theo thời gian R7, R14, R28, R180, R360; kết quả cho trên bảng 2.

Kết quả cho thấy cường độ của bê tông san hô nước biển phát triển theo tuổi của bê tông. Sau 28 ngày, cường độ bê tông tiếp tục phát triển. Tuy nhiên tốc độ phát triển cường độ giảm dần ở tuổi muộn, tương tự như bê tông truyền thống. Nếu so sánh với cường độ bê tông ở tuổi 28 ngày, cường độ ở tuổi 180 ngày của 3 cấp phối B15, B20 và B22,5 lần lượt tăng 14,6%, 8,1% và 16%. Còn cường độ ở tuổi 360 ngày của 3 cấp phối B15, B20 và B22,5 lần lượt tăng 17,7%, 10,6% và 17%. so với R₂₈. Sự phát triển cường độ bê tông san hô nước biển đá 1x2 theo thời gian được thể hiện trên bảng 2 và hình 6.



Hình 6. Sự phát triển cường độ bê tông theo thời gian

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả thí nghiệm, nhận thấy về cơ bản, mối quan hệ giữa cường độ bê tông san hô nước biển với thời gian là hàm dạng logarit (trong phạm vi 360 ngày thí nghiệm). Tùy thuộc vào cấp độ bền thì sự phụ thuộc của cường độ bê tông theo thời gian với những hàm biểu diễn khác nhau nhưng đều có dạng hàm logarit. So sánh với cường độ bê tông ở tuổi 28 ngày, cường độ ở tuổi 180 ngày của 3 cấp phối B15, B20 và B22,5 lần lượt tăng 14,6%, 8,1% và 16%; cường độ bê tông ở tuổi 360 ngày của 3 cấp phối B15, B20 và B22,5 lần lượt tăng 17,7%, 10,6% và 17%. so với R₂₈. Điều này cho thấy bê tông san hô nước biển cấp độ bền B15, B20 và B22,5 có cấu trúc và sự phát triển cường độ tương tự như bê tông thông thường (chế tạo từ cốt liệu truyền thống và nước ngọt).

LỜI CẢM ƠN

Bài báo được hoàn thành dưới sự bảo trợ bởi đề tài NCKH cấp Bộ mã số 2022.73.34 và sự giúp đỡ của Phòng thí nghiệm Vật liệu xây dựng/Viện Kỹ thuật CTĐB/Trường ĐH Kỹ thuật Lê Quý Đôn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Rick A. Ehlert (1991), *Coral Concrete at Bikini Atoll*, Concrete International, 13, 19-24.
- Vũ Đình Lợi (2019), *Dự án nhánh ĐTB 11.3 GD2*, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn.
- P.A. Howdysshell, (1974), *The use of coral as an aggregate for portland cement concrete structures*, National Technical Information Service.
- Carino, Nicholas J., and Hai S. Lew (2001). *The maturity method: from theory to application*. Structures 2001: A structural engineering odyssey. 2001. 1-19.
- Gupta, Tanuja, and Meesala Chakradhara Rao (2022). *Prediction of compressive strength of geopolymer concrete using machine learning techniques*. Structural Concrete 23.5 (2022): 3073-3090.
- Ranjbar I, Toufigh V, Boroushaki M (2022). A combination of deep learning and genetic algorithm for predicting the compressive strength of high-performance concrete. Structural Concrete. 23: 2405–2418. <https://doi.org/10.1002/suco.202100199>.
- Lee S, Nguyen N-H, Karamanli A, Lee J, Vo TP (2023). Super learner machine-learning algorithms for compressive strength prediction of high performance concrete. Structural Concrete. 24(2): 2208-2228. <https://doi.org/10.1002/suco.202200424>
- Vu Van Tuan (2023), Prediction of the slump and strength of high strength concrete using random forest model, Journal of Science and Technique, Vol. 6 No. 01 (2023), ISSN 1859-0209, <https://doi.org/10.56651/lqdtu.jst.v6.n01.672.sce>.
- Nguyễn Xuân Bằng, Nguyễn Trí Tá, Trần Văn Cường, Phạm Anh Vũ, Lê Hải Dương (2023), *Xác định tính chất cơ học của vật liệu san hô sử dụng làm cốt liệu bê tông*, Tạp chí Xây dựng, số tháng 9/2023, 87-81.
- Lê Hải Dương, Trần Văn Cường, Nguyễn Trí Tá, Đinh Quang Trung, Nguyễn Xuân Bằng (2024). *Nghiên cứu thiết kế cấp phối bê tông san hô*. Tạp chí Xây dựng, số tháng 3/2024, 72-77.