

LỰA CHỌN PHƯƠNG PHÁP BẢO DƯỠNG BÊ TÔNG HIỆU QUẢ TRONG ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU NÓNG ẨM

TS. Hồ Ngọc Khoa

ThS. Nguyễn Hùng Cường

Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp

Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu bằng thực nghiệm mức độ ảnh hưởng của phương pháp bảo dưỡng bê tông toàn khối, thi công trong điều kiện khí hậu nóng ẩm Việt Nam đến các quá trình vật lý (sự bay hơi nước và biến dạng dẻo) xảy ra trong bê tông trong thời gian đầu đông rắn và sự phát triển cường độ bê tông. Từ đó, đề xuất phương pháp bảo dưỡng bê tông hiệu quả nhằm đảm bảo chất lượng và cường độ bê tông trước ảnh hưởng bất lợi của điều kiện thời tiết.

Summary: This article shows the result of an experimental research about the influence of the method used to maintain concrete in the hot-and-humid climate in Vietnam, on physical processes (water evaporation and plastic deformations) that occurred in the short-time after hydration and the concrete strength development. Based on this research, an effective method is also recommended to well-maintain concrete in order to resist bad climate effects.

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, để đáp ứng sự phát triển của nền kinh tế và nhu cầu ngày càng cao về nhà ở của người dân, khối lượng và tốc độ xây dựng các công trình công nghiệp và dân dụng ngày càng tăng. Trong tổng khối lượng bê tông sử dụng cho xây dựng công trình, khối lượng bê tông toàn khối chiếm phần lớn. Nếu xét năm 1999, khối lượng bê tông toàn khối sử dụng ước đạt 14,1 triệu m³, thì hiện nay, dù không có thống kê chính xác, nhưng tổng hợp từ một số nguồn thì khối lượng bê tông toàn khối ước đạt gần 50 triệu m³/năm.

Đặc thù điều kiện khí hậu Việt Nam là nóng ẩm cùng với sự biến thiên lớn của nhiệt độ, độ ẩm không chỉ trong tháng, mà thậm chí trong ngày ảnh hưởng rất lớn đến sự hình thành cấu trúc của bê tông khi đông rắn. Vấn đề này đòi hỏi sự cần thiết nghiên cứu và áp dụng phương pháp bảo dưỡng bê tông hiệu quả.

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu bằng thực nghiệm mức độ ảnh hưởng của phương pháp bảo dưỡng bê tông toàn khối, thi công trong điều kiện khí hậu nóng ẩm Việt Nam đến các quá trình vật lý (sự bay hơi nước và biến dạng dẻo) xảy ra trong bê tông trong thời gian đầu đông rắn và sự phát triển cường độ bê tông. Từ đó, đề xuất phương pháp bảo dưỡng bê tông hiệu quả nhằm đảm bảo chất lượng và cường độ bê tông trước ảnh hưởng bất lợi của điều kiện thời tiết.

2. Bản chất và phương pháp bảo dưỡng bê tông

Về qui trình kỹ thuật, công tác bảo dưỡng bê tông được qui định tại TCVN 4453:1995. Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu [1]; TCXDVN 391-2007. Bê tông - Yêu cầu bảo dưỡng ẩm tự nhiên [2]. Tuy nhiên, trên thực tế, do hướng dẫn trong qui trình nhiều chỗ chưa cụ thể cùng với việc nhận thức không đúng tầm quan trọng của công tác bảo dưỡng bê tông và một số nguyên nhân khác về điều kiện thi công mà hầu hết các nhà thầu không thực hiện bảo dưỡng hoặc áp dụng các biện pháp bảo dưỡng không đúng cách. Điều này không chỉ làm giảm cường độ bê tông, phát sinh chi phí vì phải khắc phục, sửa chữa, mà về lâu dài sẽ làm giảm độ bền làm việc của cấu kiện BTCT và ảnh hưởng đến chất lượng công trình.

Sự đóng rắn của bê tông là kết quả của hàng loạt các quá trình hóa học, vật lý diễn ra ngay sau khi đổ bê tông [3, 4]. Quá trình hóa học là phản ứng thủy hóa xi măng, tạo ra các hợp chất mới của đá xi măng. Đồng thời xảy ra các quá trình vật lý: sự mất nước (bay hơi nước); biến dạng mềm; quá trình dịch chuyển, thay đổi nước và áp lực hơi trong bê tông; sự hình thành ứng suất trong, vi nứt, mao mạch, lỗ rỗng trong bê tông. Các quá trình này có liên quan lẫn nhau, tác động lẫn nhau và ảnh hưởng quyết định tới quá trình hình thành cấu trúc ban đầu của bê tông cũng như cường độ và các tính chất cơ - lý của bê tông về sau.

Ngay sau khi đổ bê tông, diễn ra quá trình bay hơi nước của bê tông ra môi trường xung quanh. Sự mất nước trong thời gian đầu diễn ra nhanh biến dạng co của bê tông, khi bê tông đang trong trạng thái (pha) dẻo. Ở trạng thái này, biến dạng không dẫn đến sự hình thành nứt cấu trúc bê tông, ngược lại sự dịch chuyển của các hạt thành phần góp phần làm đặc chắc cấu trúc, độ rỗng và kích thước lỗ rỗng trong bê tông sẽ nhỏ hơn [5]. Cùng thời điểm, lượng nước thừa trong bê tông được thoát ra sẽ làm giảm nguy cơ tạo thành các lỗ, mao mạch rỗng trong bê tông. Theo kết quả nghiên cứu trình bày trong [6], sự bay hơi nước trong giới hạn đến 30-35% lượng nước dùng sẽ không ảnh hưởng xấu đến cấu trúc và chất lượng bê tông.

Tuy nhiên, nếu sự mất nước diễn ra với cường độ và khối lượng lớn sẽ thúc đẩy biến dạng dẻo nhanh đạt giá trị cực đại và tiếp tục phát triển trong quá trình đóng rắn tiếp theo của bê tông (pha rắn), tạo ra ứng suất trong dẫn đến sự tạo thành các vết nứt trong cấu trúc bê tông. Ngoài ra sự bay hơi nước quá lớn sẽ làm cho bê tông rơi vào trạng thái mất nước, ảnh hưởng đến quá trình thủy hóa xi măng. Tất cả các yếu tố đó sẽ ảnh hưởng đến cường độ, tính chống thấm và chất lượng bê tông.

Như vậy, bản chất của quá trình bảo dưỡng bê tông là kiểm soát sự bay hơi nước của bê tông một cách khoa học, cùng với việc tạo ra một môi trường nhiệt độ - độ ẩm thuận lợi cho việc hình thành cấu trúc và phát triển cường độ của bê tông.

Tùy theo điều kiện thời tiết cụ thể mà người ta áp dụng phương pháp bảo dưỡng bê tông khác nhau. Quá trình bảo dưỡng được phân chia tương đối ra 2 giai đoạn: giai đoạn bảo dưỡng ban đầu và giai đoạn bảo dưỡng cơ bản tiếp theo. Về cơ bản, có thể chia thành 2 phương pháp bảo dưỡng bê tông [7]:

- Phương pháp bảo dưỡng ẩm là phương pháp sử dụng nước hoặc thông qua vật liệu giữ nước để làm ẩm bề mặt bay hơi của bê tông.

- Phương pháp bảo dưỡng khô là phương pháp không sử dụng nước trong quá trình bảo dưỡng. Trong phương pháp này bề mặt bay hơi của bê tông được phủ bằng vật liệu cách ẩm như vải bạt, màng poliêtilen hoặc phun chất tạo màng (ví dụ Antisol E, Antisol S của Sika).

3. Ảnh hưởng của phương pháp bảo dưỡng đến cường độ bê tông

Một trong những tính chất của bê tông đạt được sau sự thay đổi hóa - lý trong quá trình hình thành cấu trúc là cường độ chịu nén. Vì vậy, nếu không đánh giá được giá trị cường độ thì không thể đánh giá sự hiệu quả của các phương pháp bảo dưỡng bê tông khác nhau. Nhằm mục đích lựa chọn phương pháp bảo dưỡng bê tông hiệu quả trong điều kiện khí hậu nóng ẩm, tác giả tiến hành thí nghiệm nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng của phương pháp bảo dưỡng đến quá trình mất nước, biến dạng dẻo và cường độ bê tông.

Thí nghiệm tiến hành trong các mùa thời tiết khác nhau với các thông số khí hậu cơ bản như sau:

- Thời tiết khô hanh mùa đông: $T_{tb} = 18 \div 30^{\circ}\text{C}$, $W_{tb} = 40 \div 65\%$;
- Thời tiết nắng nóng mùa hè: $T_{tb} = 28 \div 40^{\circ}\text{C}$, $W_{tb} = 40 \div 65\%$.
- Thời tiết nóng ẩm mùa hè: $T_{tb} = 28 \div 35^{\circ}\text{C}$, $W_{tb} = 65 \div 85\%$;

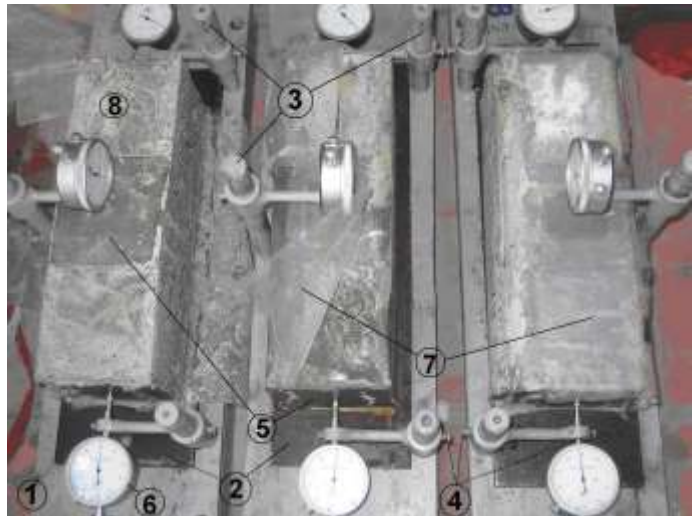
Cường độ chịu nén của bê tông ở các tuổi 1, 3, 7, 14, 28 ngày được xác định bằng phương pháp nén mẫu kích thước $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ đúc từ cùng mẻ vữa bê tông với tỷ lệ $N/X = 0,6$; độ sụt $S = 6 - 8 \text{ cm}$, xi măng PCB 40, bảo dưỡng theo các phương pháp khác nhau. Các nhóm mẫu đối chứng được bảo dưỡng và đóng rắn trong điều kiện tiêu chuẩn với $T = 20^{\circ}\text{C} \pm 3$, $W = 95\% \pm 5$. Đồng thời với thí nghiệm bảo dưỡng - nén mẫu, tiến hành các thí nghiệm xác định sự mất nước và biến dạng dẻo trên các mẫu được bảo dưỡng giống như các mẫu được nén xác định cường độ. Xác định sự mất nước trên các mẫu kích thước $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$; biến dạng dẻo trên các mẫu kích thước $10 \times 10 \times 30 \text{ cm}^3$ (hình 1).

Đối với mỗi một điều kiện thời tiết, các mẫu bê tông được bảo dưỡng theo các phương pháp như sau:

- Không bảo dưỡng (bay hơi nước tự do);
- Phương pháp bảo dưỡng khô (hạn chế tối đa sự bay hơi nước) - phủ bề mặt bay hơi bằng tấm nilon ngay sau khi đổ bê tông, thời gian phủ là 3 ngày;

- Phương pháp bảo dưỡng kết hợp - sau 2 giờ (trong điều kiện thời tiết khô hanh và nắng nóng), sau 4 giờ (trong điều kiện nóng ẩm mùa hè) kể từ lúc đổ bê tông xong không áp dụng bất kỳ phương pháp bảo dưỡng nào. Sau đó bề mặt bay hơi được phủ bằng tấm nilon. Thời gian phủ 3 ngày.

Kết quả thí nghiệm ở bảng 1 cho thấy, sự phát triển cường độ bê tông phụ thuộc rất lớn vào điều kiện đóng rắn, được đặc trưng bởi các thông số nhiệt độ - độ ẩm của thời tiết và phương pháp bảo dưỡng.



Hình 1. Xác định biến dạng dẻo của bê tông

1. Bàn đo; 2. Tấm đáy ván khuôn; 3. Trụ đỡ đồng hồ đo;
4. Ốc định vị; 5. Tấm kim loại; 6. Đồng hồ đo biến dạng;
7. Màng nilon; 8. Mẫu bê tông

Bê tông không bảo dưỡng trong điều kiện thời tiết khác nhau ở tuổi 28 ngày chỉ đạt được cường độ tương ứng là 66%, 62% và 87% R_{28}^{tc} (R_{28}^{tc} - cường độ mẫu bê tông tương ứng, đóng rắn trong điều kiện tiêu chuẩn). Nguyên nhân là do sự mất nước quá nhanh với một lượng lớn nước trộn làm ảnh hưởng đến quá trình thủy hóa. Ngoài ra, sự mất nước nhanh trong một thời gian ngắn kéo theo sự phát triển nhanh đạt tới giá trị cực đại của biến dạng dẻo, biến dạng tiếp tục phát triển trong giai đoạn đóng rắn tiếp theo của bê tông ảnh hưởng đến cấu trúc và cường độ của bê tông.

Đối với các mẫu được phủ bề mặt bay hơi ngay sau khi đổ bằng màng nilon, cường độ ở tuổi 28 ngày tương ứng với 3 điều kiện thời tiết đạt 98,5%, 101% và 97% R_{28}^{tc} , về cơ bản đạt được cường độ thiết kế. Tuy nhiên, rõ ràng quá trình đóng rắn vẫn chưa được diễn ra trong điều kiện tốt nhất. Nguyên nhân có thể giải thích bởi lượng nước thừa không có cơ hội thoát ra khỏi bê tông khi bê tông đang ở trạng thái dẻo. Quá trình thoát hơi nước vẫn tiếp tục diễn ra khi bê tông đã đóng rắn và đã đạt một cường độ nhất định, góp phần tạo ra trong cấu trúc bê tông các lỗ rỗng và mao mạch, ảnh hưởng đến cường độ cuối cùng của bê tông.

Bảng 1. Sự mất nước, biến dạng dẻo và cường độ chịu nén của bê tông, đóng rắn trong điều kiện áp dụng các phương pháp bảo dưỡng khác nhau

Điều kiện khí hậu trong 12 giờ đầu đóng rắn	Lượng nước bay hơi, % lượng nước trộn (1); giá trị cực đại của biến dạng dẻo, mm/m (2) sau 12 giờ đầu đóng rắn và cường độ chịu nén của bê tông ở 28 ngày tuổi, % R_{28}^{tc} (3)									R_{28}^{tc} (cường độ nén của mẫu BT đóng rắn trong ĐKTC), MPa
	Không bảo dưỡng: bay hơi tự do			Phủ bề mặt bay hơi bằng nilon (hạn chế tối đa sự bay hơi)			Bảo dưỡng kết hợp: 2- 4 giờ đầu bay hơi tự do, sau phủ bề mặt bay hơi bằng nilon trong 3 ngày			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
$T_{tb} = 18 \div 30^{\circ}\text{C}$ $W_{tb} = 40 \div 65\%$ $T_{BT} = 20^{\circ}\text{C}$	37,3	2,05	66,1	12,3	0,48	98,5	25,4	1,96	103,7	31,9
$T_{tb} = 28 \div 40^{\circ}\text{C}$ $W_{tb} = 40 \div 65\%$ $T_{BT} = 31^{\circ}\text{C}$	50,5	2,48	62,4	13,9	0,37	101,0	33,8	2,39	106,4	33,4
$T_{tb} = 28 \div 35^{\circ}\text{C}$ $W_{tb} = 65 \div 85\%$ $T_{BT} = 30^{\circ}\text{C}$	29,1	1,85	87,0	6,0	0,25	97,0	17,5	1,77	104,3	35,8

Áp dụng phương pháp bảo dưỡng kết hợp (sau 2 - 4 giờ kể từ lúc đổ để bê tông bay hơi nước tự do, sau đó bề mặt bay hơi được phủ bằng tấm nilon) đảm bảo cường độ sau 28 ngày của bê tông so với cường độ thiết kế. Tương ứng với 3 điều kiện thời tiết, cường độ bê tông 28 ngày tuổi đạt 103,7%, 106,4% và 104,3% R_{28}^{tc} , chứng tỏ bê tông đã đóng rắn trong điều kiện thích hợp. Kiểm soát sự mất nước bê tông trong thời kỳ đầu đóng rắn trong khoảng dưới 30 ÷ 35% lượng nước trộn ban đầu không làm ảnh hưởng đến sự phát triển cường độ, hạn chế sự phát triển tiếp theo của biến dạng gây ảnh hưởng xấu đến cấu trúc bê tông. Ngoài ra, phủ bề mặt thoáng của bê tông bằng nilon sẽ hấp thụ được năng lượng do bức xạ mặt trời, làm nhiệt độ khối bê tông cao hơn khoảng 1 - 5 $^{\circ}\text{C}$ so với bê tông không phủ nilon, nhiệt độ này được duy trì trong quãng thời gian tương đối lâu và giảm dần từ từ khi nhiệt độ môi trường thay đổi. Những yếu tố này đã tạo nên điều kiện tốt (nhiệt độ và độ ẩm cao) thuận lợi cho bê tông đóng rắn và phát triển cường độ.

Kết quả thí nghiệm cho thấy thời gian cho phép bê tông bay hơi nước tự do nằm trong khoảng thời gian kết thúc sự phát triển của biến dạng dẻo, khi lượng nước bay hơi khỏi bê tông dao động trong khoảng 10 - 20% lượng nước trộn ban đầu. Như vậy, trong trường hợp đổ bê tông trong điều kiện khắc nghiệt, nắng nóng, trực tiếp dưới bức xạ mặt trời, có gió, thì thời gian bảo dưỡng ban đầu có thể chỉ là 1 - 2 giờ, ở các điều kiện thời tiết khác là 3 - 4 giờ.

Thời gian bảo dưỡng cơ bản tiếp theo phải kéo dài đến khi bê tông đạt cường độ bảo dưỡng tới hạn R_{th}^{BD} , đảm bảo cho quá trình đóng rắn tiếp theo diễn ra bình thường trong mọi điều kiện bất lợi của thời tiết. Thời gian này được xác định bằng thực nghiệm và phụ thuộc chủ yếu vào điều kiện thời tiết và thành phần cấp phối (tỷ lệ N/X của bê tông).

4. Xác định thời gian cần thiết bảo dưỡng bê tông

Để xác định thời gian cần thiết của giai đoạn bảo dưỡng cơ bản tiếp theo, ta tiến hành thí nghiệm như sau: các tổ mẫu bê tông kích thước $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ với tỷ lệ N/X = 0,6. độ sụt S = 6 - 8 cm được đúc và bảo dưỡng bằng phương pháp kết hợp trong điều kiện thời tiết tự nhiên. Các mùa và các thông số nhiệt độ - độ ẩm cơ bản như sau: thời tiết khô hanh mùa đông: $T_{tb} = 18 \div 30^\circ\text{C}$, $W_{tb} = 40 \div 65\%$; thời tiết nắng nóng mùa hè: $T_{tb} = 28 \div 40^\circ\text{C}$, $W_{tb} = 40 \div 65\%$ và thời tiết nóng ẩm mùa hè: $T_{tb} = 28 \div 35^\circ\text{C}$, $W_{tb} = 65 \div 85\%$.

Đối với mỗi một điều kiện thời tiết, sau khi kết thúc giai đoạn bảo dưỡng ban đầu (2 giờ bay hơi nước tự do đối với thời tiết hanh khô và nắng nóng; 4 giờ đối với thời tiết nóng ẩm), thời gian bảo dưỡng cơ bản tiếp theo đối với các nhóm mẫu sẽ khác nhau: 1 ngày, 2 ngày và 3 ngày. Sau đó tấm nilon sẽ được dỡ bỏ và bê tông đóng rắn tiếp theo trong điều kiện tự nhiên. Cường độ của 3 nhóm mẫu tương ứng sẽ được xác định ở ngày thứ 1 và ngày thứ 28; ngày thứ 2 và ngày thứ 28; ngày thứ 3 và ngày thứ 28.

Kết quả thí nghiệm thể hiện trong Bảng 2 cho thấy, thời gian bảo dưỡng cơ bản tối thiểu để sau khi dừng bảo dưỡng, ở tuổi 28 ngày bê tông đạt trên $100\%R_{28}^{tc}$ phụ thuộc chủ yếu vào điều kiện thời tiết. Bản chất của vấn đề là thời gian bảo dưỡng phải đảm bảo cho bê tông đạt được cường độ bảo dưỡng tới hạn R_{th}^{BD} , cho phép bê tông phát triển cường độ bình thường không bị ảnh hưởng bất lợi của thời tiết.

Bảng 2. Sự phát triển cường độ chịu nén của bê tông phụ thuộc vào thời gian bảo dưỡng cơ bản tiếp theo, khi sử dụng phương pháp bảo dưỡng kết hợp: 2 - 4 giờ đầu không bảo dưỡng, sau đó phủ bề mặt bay hơi bằng nilon

Điều kiện khí hậu trong 12 giờ đầu đóng rắn	Thời gian bảo dưỡng ban đầu, giờ	Cường độ bê tông (% so với R_{28}^{tc} - mức thiết kế) tương ứng với thời gian bảo dưỡng cơ bản tiếp theo (ngày)						R_{28}^{tc} , MPa
		1		2		3		
		R_1	R_{1+27}	R_2	R_{2+26}	R_3	R_{3+25}	
$T_{tb} = 18 \div 30^\circ\text{C}$ $W_{tb} = 40 \div 65\%$ $T_{BT} = 20^\circ\text{C}$	2	24,5	91,5	39,4	97,8	51,2	103,4	31,9
$T_{tb} = 28 \div 40^\circ\text{C}$ $W_{tb} = 40 \div 65\%$ $T_{BT} = 31^\circ\text{C}$	4	42,6	102,5	61,5	103,7	73,1	106,4	33,4
$T_{tb} = 28 \div 35^\circ\text{C}$ $W_{tb} = 65 \div 85\%$ $T_{BT} = 30^\circ\text{C}$	2	36,4	98,4	57,7	103,6	72,8	106,2	35,8

Bê tông được bảo dưỡng 1 ngày ở điều kiện thời tiết nắng nóng có R_1 đạt $42,6\%R_{28}^{tc}$ và R_{1+27} đạt $102,5\%R_{28}^{tc}$. Nếu tăng thời gian bảo dưỡng lên 2 ngày, giá trị cường độ tương ứng: $R_2=61,5\%R_{28}^{tc}$ và $R_{2+26}=103,7\%R_{28}^{tc}$; tăng lên 3 ngày - $R_3 = 73,1\%R_{28}^{tc}$ và $R_{3+25} = 106,4\%R_{28}^{tc}$.

Ở điều kiện thời tiết khô hanh mùa đông với nhiệt độ của không khí và nhiệt độ của vữa bê tông không cao nên sự phát triển cường độ của bê tông giảm so với điều kiện thời tiết nắng nóng. Giá trị tương ứng của cường độ bê tông so với thời gian bảo dưỡng cơ bản như sau: $R_1= 24,1R_{28}^{tc}$ và $R_{1+27}= 91,5\%R_{28}^{tc}$; $R_2= 39,4\%R_{28}^{tc}$ và $R_{2+26}= 97,8\%R_{28}^{tc}$; $R_3=51,2\%R_{28}^{tc}$ và $R_{3+25} = 103,4\%R_{28}^{tc}$.

Với nền nhiệt độ và độ ẩm trung bình tương đối cao trong điều kiện thời tiết nóng ẩm, thời gian bảo dưỡng cơ bản tiếp theo tối thiểu là 2 ngày và ở độ tuổi 28 ngày đạt trên 100% so với cường độ thiết kế. Giá trị tương ứng của cường độ bê tông so với thời gian bảo dưỡng cơ bản trong trường hợp này cụ thể như sau: $R_1 = 36,4\%R_{28}^{tc}$ và $R_{1+27}= 98,4\%R_{28}^{tc}$; $R_2=57,7\%R_{28}^{tc}$ và $R_{2+26}= 103,6\%R_{28}^{tc}$; $R_3= 72,8\%R_{28}^{tc}$ và $R_{3+25} = 106,2\%R_{28}^{tc}$.

Như vậy, thời gian bảo dưỡng cơ bản cần thiết dao động trong khoảng 1- 3 ngày tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của thời tiết thi công. Trong mọi điều kiện thời tiết, cường độ bảo dưỡng tới hạn của bê tông (cường độ tối thiểu cần đạt được của bê tông để có thể dừng quá trình bảo dưỡng) phải đạt trên 40% của R_{28}^{tc} .

Cũng cần phải chú ý rằng, với điều kiện thời tiết, khi $T_{tb} = 15 \div 25^{\circ}C$, $W_{tb} = 70 \div 95\%$ thì không cần áp dụng các biện pháp bảo dưỡng, bê tông có thể đóng rắn tốt trong điều kiện bay hơi nước tự nhiên.

5. Kết luận

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, bài báo đề xuất phương pháp bảo dưỡng bê tông hiệu quả bằng cách kết hợp khi thi công các cấu kiện bê tông toàn khối trong các điều kiện thời tiết khí hậu nóng ẩm Việt Nam khác nhau. Quy trình bảo dưỡng bao gồm 2 giai đoạn:

- Giai đoạn bảo dưỡng ban đầu: Tùy theo điều kiện thời tiết, giai đoạn bảo dưỡng ban đầu sẽ cho phép bê tông bay hơi nước tự do trong thời gian 1 - 4 giờ sau khi hoàn thiện bề mặt tùy thuộc điều kiện thời tiết thi công: 1 - 2 giờ đối với thời tiết nắng nóng; 2 - 4 giờ đối với thời tiết nóng ẩm và khô hanh. Bản chất của giai đoạn này là tạo điều kiện và kiểm soát để lượng nước không cần thiết bay hơi khỏi bê tông trong khi bê tông đang ở trạng thái dẻo.

- Giai đoạn bảo dưỡng cơ bản tiếp theo: Giai đoạn này được thực hiện ngay sau khi kết thúc giai đoạn 1 bằng cách phủ bề mặt bay hơi của cấu kiện bằng vật liệu cách ẩm (nilon, bạt...). Thời gian bảo dưỡng tối thiểu đến khi bê tông đạt cường độ bảo dưỡng tới hạn, đảm bảo cho quá trình đóng rắn tiếp theo diễn ra bình thường trong mọi điều kiện bất lợi của thời tiết, được xác định trên $40\%R_{28}^{tc}$: 1 ngày đối với thời tiết nắng nóng; 2 - 3 ngày đối với các điều kiện thời tiết khác. Trong điều kiện thời tiết nóng ẩm, kéo dài thời gian bảo dưỡng lên 3 ngày, bê tông phát triển cường độ nhanh hơn, có thể đẩy nhanh thời gian tháo ván khuôn, rút ngắn tiến độ thi công.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 4453:1995, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối. Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.
2. TCXDVN 391:2007, *Bê tông - Yêu cầu bảo dưỡng ẩm tự nhiên*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.

3. Nguyễn Tiến Đích (2000), *Công tác bê tông trong điều kiện nóng ẩm*. Nxb Xây dựng, Hà Nội.
4. Bazenov Iu.M., Bạch Đình Thiên, Trần Ngọc Tính (2004), *Công nghệ bê tông*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.
5. Копылов В.Д. (2000), “Формирование напряженного состояния бетона в процессе термообработки”, *Бетон и железобетон*, № 3, Москва.
6. Азимбаев Н.А. (1987), *Разработка эффективных режимов электродного прогрева бетона монолитных конструкций. Дис.к.т.н.*, Москва.
7. Миронов С.А., Малинский Е.Н. (1985), *Основы технологии бетона в условиях сухого климата*, Стройиздат, Москва.