

VAI TRÒ CỦA SỢI POLYPROPYLENE TRONG VIỆC LÀM GIẢM BIẾN DẠNG MỀM CỦA BÊ TÔNG TRONG ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU NÓNG ẤM VIỆT NAM

TS. NGUYỄN TIẾN BÌNH

TS. TRẦN BÁ VIỆT

Viện KHCN Xây dựng

1. Đặt vấn đề

Bê tông bị nứt do co mềm là hiện tượng phổ biến, đặc biệt là đối với các kết cấu có diện tích mặt thoáng lớn. Các vết nứt này thường xảy ra trên bề mặt bê tông với độ sâu 1÷3cm. Nguyên nhân chủ yếu gây nứt bê tông do co mềm được kết luận như sau [1, 3, 4]:

- Do nước thoát ra khỏi mạch rỗng tạo ra áp suất mao dẫn âm làm thay đổi thể tích của đá xi măng;
- Bê tông chưa đủ cường độ để kháng lại ứng suất kéo sinh ra do co mềm không được thực hiện trong bê tông.

Theo kết quả nghiên cứu của Viện KHCN XD [1], trong môi trường khí hậu nóng ẩm Việt Nam, bê tông chưa rắn chắc không chỉ bị co mềm mà còn bị *nở mềm*. Và vì vậy, thuật ngữ *biến dạng mềm* đã được sử dụng trong công tác bê tông ở Việt Nam, bao gồm cả co và nở mềm. Hiện tượng *nở mềm* trong bê tông chưa rắn chắc có ảnh hưởng rất xấu tới chất lượng bê tông. Ở giai đoạn này, các vết nứt mở rộng hơn, phát triển sâu hơn vào trong lòng khối bê tông và làm suy giảm chất lượng của cấu kiện.

Việc sử dụng sợi polypropylene (PP) trong thành phần chế tạo bê tông có thể khắc phục được đáng kể hiện tượng này do các sợi PP mảnh và phân tán đều trong hỗn hợp làm tăng cường khả năng chịu kéo của bê tông ở trạng thái dẻo, làm giảm quá trình phát triển và mở rộng vết nứt, làm giảm chiều sâu của các vết nứt, từ đó nâng cao được chất lượng của bê tông [2, 4, 6].

Hiệu quả sử dụng sợi PP, trong hạn chế biến dạng mềm, được nhận thấy rõ nhất khi thi công các cấu kiện bê tông có bề mặt thoáng lớn, với tỷ lệ sử dụng sợi tối ưu từ 0,1-0,3% theo thể tích [2, 7, 8, 9]. Tuy nhiên, trong thực tế, hiệu quả hạn chế biến dạng mềm của sợi phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác nhau như nhiệt độ, độ ẩm môi trường, biện pháp thi công, loại và hình dáng cấu kiện, diện tích bề mặt thoáng v.v... Bài báo này sẽ xem xét tác dụng của sợi PP trong việc hạn chế biến dạng mềm trong điều kiện khí hậu miền Bắc Việt Nam, vào mùa hè ở 3 mô hình đo (trình bày trong phần 2.2 của bài báo).

2. Vật liệu và mô hình thí nghiệm

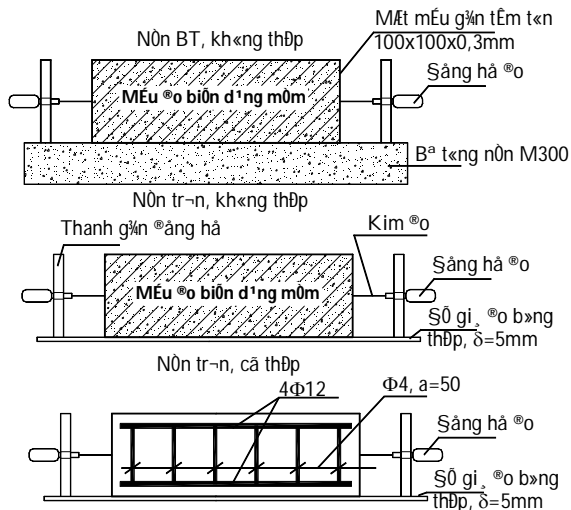
2.1. Vật liệu thí nghiệm

Trong thí nghiệm sử dụng 2 cấp phối bê tông M50 và M70. Cốt liệu chế tạo bê tông có đường kính $D_{max}=10\text{mm}$. Phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylat được điều chỉnh để độ sụt đạt 16-18cm. Lượng sợi PP sử dụng trong cấp phối bê tông là 0.1% theo thể tích.

2.2. Mô hình thí nghiệm

Nghiên cứu về biến dạng mềm của bê tông có và không sợi được thực hiện trên 3 mô hình đo (hình 1):

- Mô hình 1: Mẫu bê tông đặt trên nền trơn nhẵn, trong mỗi mẫu có 4 thanh thép gai $\phi 12$ đặt theo chiều dọc khuôn, khoảng cách từ mép bê tông tới mép ngoài của thanh thép dày 1cm. Các thanh thép này được định vị bằng các thanh thép đai $\phi 4$, bố trí dọc theo chiều dài với khoảng cách đều nhau 5cm/đai thép. Mô hình này nhằm xác định ảnh hưởng của cốt thép, đai thép tới biến dạng mềm của bê tông đối với mẫu có và không sợi;
- Mô hình 2: Mẫu bê tông đặt trên nền trơn nhẵn, không có cốt thép để tự do biến dạng mà không bị bất kỳ cản trở nào. Kết quả của phép đo sẽ cho số liệu đối chiếu giữa bê tông có và không sợi khi được biến dạng tự do với các mô hình đo biến dạng khác;
- Mô hình 3: Mẫu thí nghiệm không có thép được đổ lên trên mặt nền bê tông M30 đủ 28 ngày tuổi đã được đổ và bảo dưỡng theo TCVN 5592:1991. Kết quả đo biến dạng mềm trên mô hình này sẽ cho biết ảnh hưởng của bề mặt tiếp xúc giữa bê tông cũ tới biến dạng mềm của bê tông có và không sợi, khi chúng được thi công lên trên.



a. Sơ đồ các mô hình đo



b. Mẫu không thép trên nền bê tông



c. Mẫu có hoặc không thép trên nền trơn

Hình 1. Mô hình đo biến dạng mềm

2.3 Thao tác và thiết bị thí nghiệm

Các thí nghiệm được thực hiện với 2 mô đun hồ $M_h = 20$ và 30m^{-1} (mô đun hồ M_h là tỷ số giữa bề mặt thoáng của bê tông có tiếp xúc với thiên nhiên và thể tích khối bê tông [1]). Để thiết lập 2 modun hồ này, các mẫu bê tông được lót bằng một lớp nylon để chống mất nước khỏi bê tông trong giai đoạn thực hiện các thao tác chuẩn bị. Khi tiến hành đo, tùy theo giá trị M_h dự kiến, gỡ lớp nylon ở 2 hoặc 3 mặt để cho nước được bay hơi tự do tại các vị trí mặt thoáng của bê tông. Các số liệu thí nghiệm được xác định gồm:

- **Độ mất nước:** Được xác định bằng cách cân viên mẫu kích thước $10 \times 10 \times 10\text{cm}$ trên cân điện tử có độ chính xác $0,1$ gam trong mỗi giờ kể từ khi bắt đầu ghi số đọc đồng hồ đo biến dạng mềm đầu tiên cho tới khi giá trị biến dạng giảm chậm (khoảng 5-7 giờ kể từ khi tiến hành đo);
- **Biến dạng mềm:** Được xác định qua 2 đồng hồ đo biến dạng có độ chính xác $0,002\text{mm}$ đặt ở 2 đầu mẫu bê tông. Ở mỗi đầu mẫu này đặt các tấm tôn mỏng $0,5\text{mm}$ kích thước $9,5 \times 9,5\text{cm}$, gắn chặt vào mẫu bê tông trong quá trình tạo hình nhờ 2 râu thép $\phi 1$ buộc chặt vào đầu tấm tôn. Vị trí đầu kim đo tiếp xúc với bề mặt mẫu bê tông và được điều chỉnh vào khoảng giữa tâm điểm của tấm tôn. Các phép đo được thực hiện 15 phút/lần trong 2h đầu và 30 phút/lần ở khoảng thời gian tiếp theo và kéo dài trong 6h.

3. Kết quả thí nghiệm

3.1. Giải thích ký hiệu

Trong thí nghiệm sử dụng 2 cấp phối bê tông mác 50 và 70 MPa, với lượng sợi PP sử dụng $0,1\%$ theo thể tích. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong hình 2 tới hình 7. Các ký hiệu trong hình vẽ được giải thích trong bảng 1.

Bảng 1. Ý nghĩa ký hiệu trong các hình biểu diễn kết quả đo biến dạng mềm

TT	Ký hiệu	ý nghĩa
1	ST 2÷3	Mẫu có sợi (CF51 hoặc CF71), có thép, mô đun hồ 20 hoặc 30m^{-1}
2	KT 2÷3	Mẫu không sợi (CF50 hoặc CF70), có thép, mô đun hồ 20 hoặc 30m^{-1}
3	SR 2÷3	Mẫu có sợi biến dạng tự do, mô đun hồ 20 hoặc 30m^{-1}
4	KR 2÷3	Mẫu không sợi biến dạng tự do, mô đun hồ 20 hoặc 30m^{-1}
5	SN 2÷3	Mẫu có sợi biến dạng trên nền bê tông, mô đun hồ 20 hoặc 30m^{-1}
6	KN 2÷3	Mẫu không sợi biến dạng trên nền bê tông, mô đun hồ 20 hoặc 30m^{-1}

3.2. Kết quả thí nghiệm

Các cấp phối bê tông thí nghiệm, sau khi đúc, được chuyển ra ngoài nắng để cho quá trình mất nước và biến dạng mềm được diễn ra trong điều kiện tự nhiên. Thông số vi khí hậu, xác định tại vị trí $1,2\text{m}$ cách mặt sân bê tông, lúc 12 giờ trưa của mỗi ngày thí nghiệm và các cấp phối bê tông được thí nghiệm trong mỗi ngày như sau:

- Ngày 16/7/2004: nhiệt độ ($t^\circ\text{C}$): 42°C , độ ẩm (W%): 48%. Thí nghiệm quá trình mất nước và biến dạng mềm của tổ mẫu CF50 và CF51 trên 3 mô hình đo, 2 mô đun hồ 20 và 30m^{-1} ;
- Ngày 17/7/2004: nhiệt độ ($t^\circ\text{C}$): 47°C , độ ẩm

(W%): 45%. Thí nghiệm quá trình mất nước và biến dạng mềm của tổ mẫu CF70 và CF71 trên 3 mô hình đo, 2 mô đun hồ 20 và 30 m⁻¹; Kết quả thí nghiệm được biểu diễn bằng đồ thị trong hình 2 và hình 3.

3.3. Nhận xét

3.3.1 Độ mất nước

Từ kết quả xác định giá trị độ mất nước của các cấp phối bê tông thí nghiệm cho thấy quá trình mất nước xảy ra ngay từ khi bê tông được đưa ra môi trường không khí. Hiện tượng mất nước xảy ra mạnh và tăng đồng biến theo tỷ lệ tăng mô đun hồ. Độ mất nước giảm đi khi mác bê tông tăng.

Bảng 2. Độ mất nước sau 1 ngày đóng rắn

Mô đun hồ	Độ mất nước, %, theo cấp phối bê tông thí nghiệm			
	CF50	CF51	CF70	CF71
M _n =20 m ⁻¹	41,02	38,19	35,40	32,44
M _n =30 m ⁻¹	47,80	43,88	42,33	38,24

Khi so sánh lượng nước mất ở cùng tỷ lệ mô đun hồ đối với mẫu có và không sợi thấy rằng sợi có tác dụng làm giảm lượng nước bay hơi khỏi hỗn hợp (bảng 2). Nguyên nhân là do sợi tạo thành hệ thống vi mạng lưới ngăn cản quá trình bốc hơi, đã làm giảm tốc độ mất nước của hỗn hợp. Kết quả biểu diễn tiến trình mất nước của các hỗn hợp bê tông thí nghiệm có trên các mô hình đo (hình 2 và 3) cho thấy, tốc độ mất nước của bê tông trong khoảng 1giờ đầu không cao. Tốc độ mất nước tăng mạnh trong khoảng từ 1-3h rồi giảm dần và gần như tắt hẳn sau khoảng thời gian 6-7h đóng rắn. Lý do là khi bê tông mới đổ xong, nhiệt lượng sinh ra do các hạt xi măng thủy hoá còn thấp, nhiệt độ môi trường ảnh hưởng tới hỗn hợp chưa cao. Sau khoảng thời gian 1h đóng rắn, nhiệt tích tụ trong lòng khối đổ tăng lên, các hạt xi măng thủy hoá nhiều hơn làm tăng nhiệt độ bê tông. Trong khi đó, độ ẩm môi trường lúc này thấp (<40%), nhiệt độ không khí tăng tới giá trị cực đại trong ngày, (thời điểm trong ngày lúc này từ 10^h30-13^h), nên lượng nước thoát ra rất mạnh. Vượt qua thời điểm đó, nhiệt độ môi trường bắt đầu giảm, độ ẩm môi trường tăng dần lên, trong khi bê tông đã có cường độ ban đầu, có khả năng tự giữ một phần nước, nên tốc độ mất nước giảm. Sau khoảng 6-7h đóng rắn, tốc độ mất nước gần như ổn định.

Với các mẫu có sợi, do khả năng giữ nước trong hỗn hợp cao hơn nên quá trình rắn chắc của bê tông có sợi nhanh hơn, tốc độ mất nước chậm hơn và tổng lượng nước mất thấp hơn. Tính theo giá trị tuyệt đối, trong ngày thí nghiệm 16/7/04, sợi đã giúp giữ lại trong bê tông khoảng 4% lượng nước trộn (mẫu CF70 và CF71) và khoảng 5% lượng nước trộn cũng được giữ lại đối với mẫu CF50 và CF51 thí nghiệm trong ngày 17/7/04 tương ứng với mô đun hồ 30m⁻¹. Khi giảm giá trị mô đun hồ, do lượng nước thoát ra khỏi hỗn hợp giảm nên lượng nước giữ lại được của sợi sau một ngày đóng rắn thấp đi.

3.3.2 Biến dạng mềm

Theo các tài liệu đã được công bố [1], mất nước trong giai đoạn đầu đóng rắn là một trong những nguyên nhân chủ yếu dẫn tới biến dạng mềm. Tốc độ biến dạng mềm, cũng như mất nước, phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có yếu tố mô đun hồ. Các số liệu thí nghiệm đã khẳng định, mô đun hồ càng lớn, tốc độ và mức độ co mềm càng cao.

Với 4 cấp phối thí nghiệm trong 2 ngày (CF50 và CF51 ngày 17/7/04, CF70 và CF71 ngày 16/7/04) theo 3 mô hình đo, mức độ biến dạng của bê tông sắp xếp theo chiều tăng dần từ mẫu có thép, mẫu trên nền bê tông và mẫu co tự do tương ứng với từng cấp mô đun hồ.

- Với mẫu biến dạng tự do, bê tông không bị kim giữ nên quá trình biến dạng mềm diễn ra dễ dàng hơn. Với 0,1% thể tích, sợi PP đã làm giảm được biến dạng mềm từ 10-15% đối với các cấp phối có modul hồ 30m⁻¹ ;

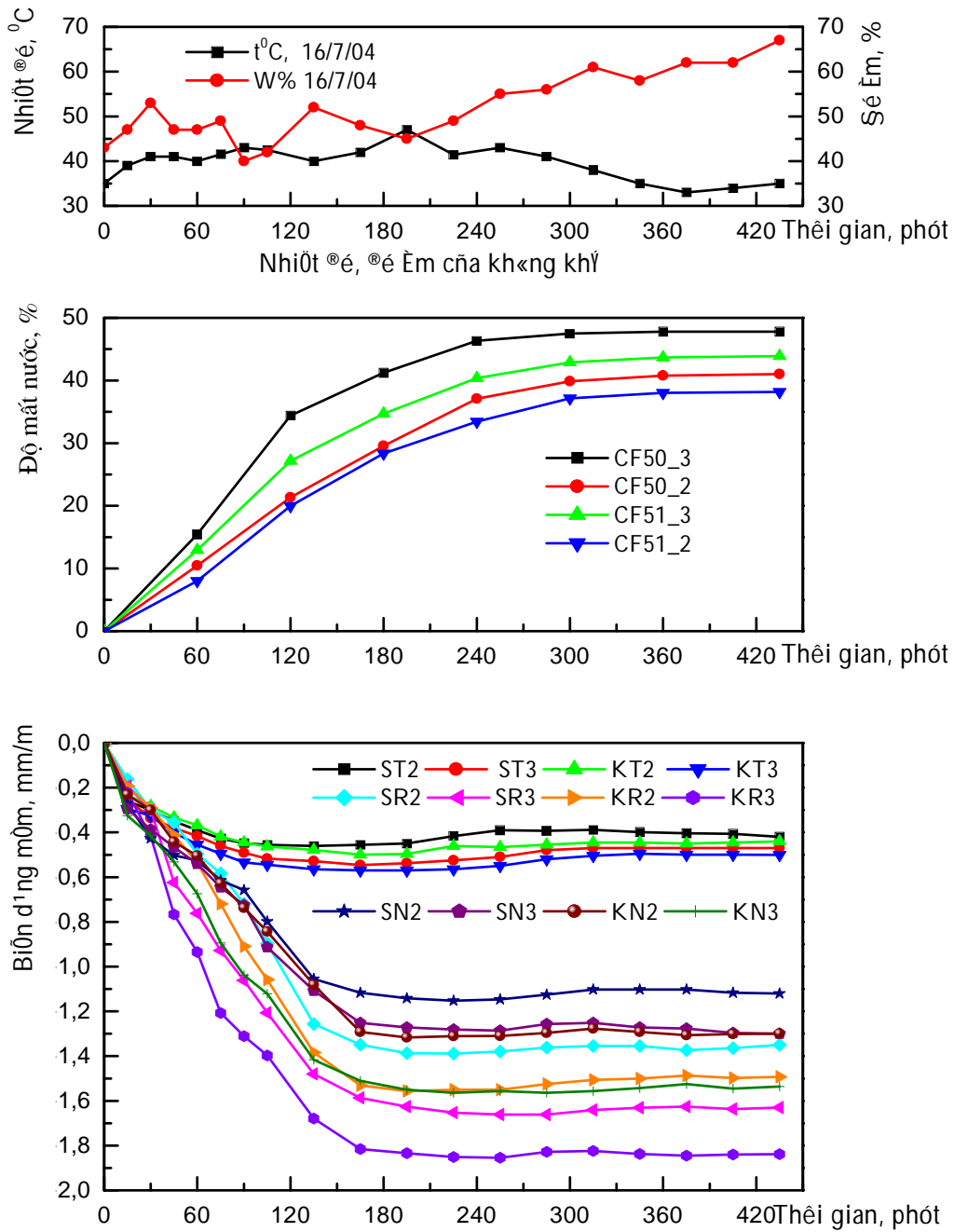
- Đối với nhóm mẫu đo biến dạng trên nền bê tông, do tác dụng cản co của diện tích bề mặt tiếp xúc giữa bê tông thí nghiệm và lớp bê tông nền, giá trị biến dạng giảm và khi có mặt sợi PP 0,1% theo thể tích, biến dạng mềm tiếp tục giảm, từ 19-25% so với bê tông không sợi;

- Đối với nhóm mẫu có thép, giá trị biến dạng đo được thấp nhất trong cả 3 mô hình đo. Cốt thép đã cản được trên 65% biến dạng mềm đối với tất cả các tổ mẫu thí nghiệm, kể cả mẫu có và không sợi. Đối với các mẫu không sợi, do tác dụng ngăn cản quá trình diễn ra biến dạng mềm của cốt thép, bề mặt bê tông đã xuất hiện các vết nứt rõ rệt chạy dọc theo các thanh cốt thép đai.

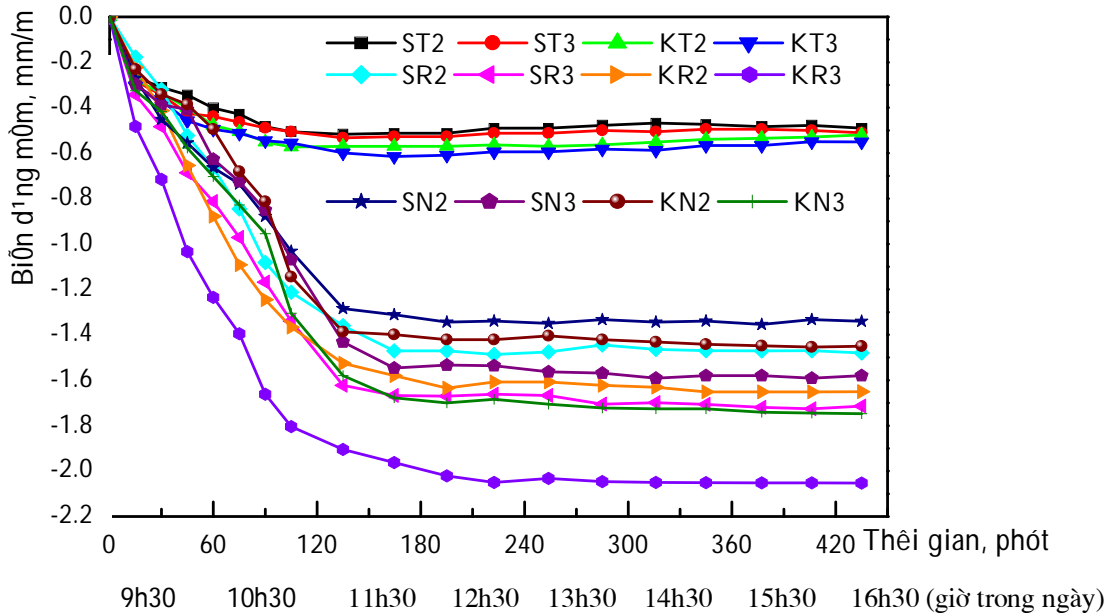
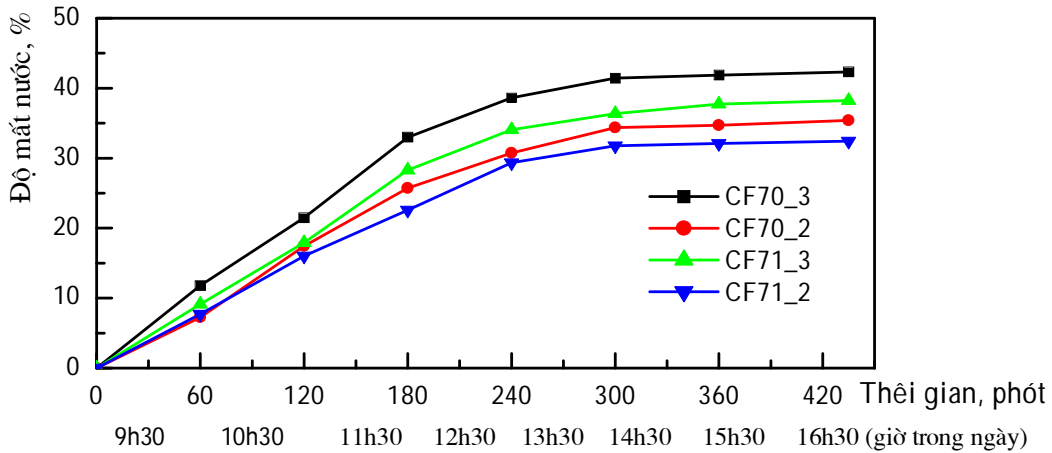
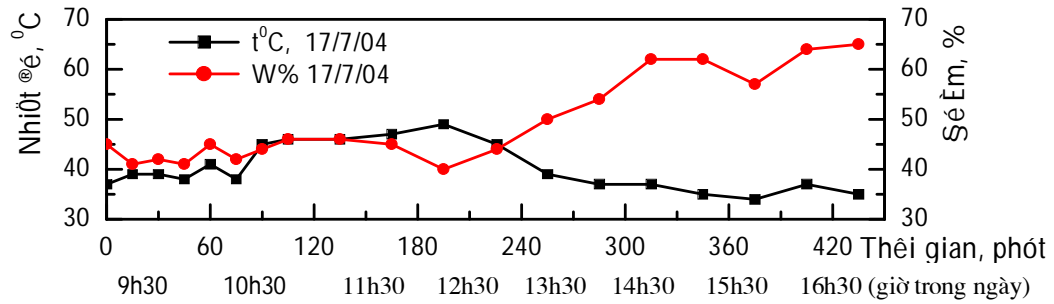
Theo các kết quả nghiên cứu của Viện KHCN Xây dựng [1], giai đoạn nở mềm trong điều kiện khí hậu nóng ẩm chính là nguyên nhân chính gây nứt bê tông. Qua hình 3.2 và 3.3 biểu diễn quá trình mất nước và biến dạng của 4 tổ mẫu CF50, CF51, CF70 và CF 71, nhận thấy các tổ mẫu có thép nhanh chóng ổn định co sau khoảng 2,5 tới 3h, kể từ khi đóng rắn, tức vào khoảng 11,5-12,5 giờ trong ngày. Vào lúc này, các đồng hồ đo biến dạng cho thấy bê tông bắt đầu nở và những vết nứt đầu tiên đã xuất hiện trên bề mặt bê tông. Như vậy, vào cuối thời điểm co, giá trị ứng suất kéo của bê tông đã đạt ở mức tới hạn tại các vị trí bị thép kiềm chế biến dạng. Nhiệt độ khối bê tông tăng do nhiệt thủy hoá xi măng và nhiệt độ môi trường tích tụ làm cho bê tông nở. ứng suất kéo tại vùng bê tông bị

cốt đai kim giữ chuyển dịch tăng, vượt quá khả năng chịu kéo của bê tông, gây ra nứt. Tổng giá trị các vết nứt đạt xấp xỉ giá trị kiềm chế chuyển dịch của thép khi so với mô hình đo co tự do. Với các

mẫu có sợi, không thấy xuất hiện rõ rệt các vết nứt trên bề mặt bê tông. Như vậy khi có sợi, bê tông đồng thời giảm co và không xuất hiện vết nứt do sự phân bố ứng suất kéo đồng đều hơn cho các thành phần trong hỗn hợp bê tông.



Hình 2. Tác động của các yếu tố khí hậu tới quá trình mất nước và biến dạng mòm của BT CF50 và CF51 theo thời gian



Hình 3. Tác động của các yếu tố khí hậu tới quá trình mất nước và biến dạng mềm của BT CF70 và CF71 theo thời gian

Quan sát diễn biến của giai đoạn biến dạng mềm trong các hình biểu diễn, nhận thấy quá trình biến dạng mềm diễn ra ngay khi bê tông tiếp xúc với môi trường. Tốc độ co tăng nhanh trong khoảng 3-4h đầu đông rắn, sau đó ổn định và sau khoảng 4h, bê tông có hiện tượng nở, nhưng giá trị này không lớn. Giai đoạn này các mẫu bê tông không sợi trên mô hình đo có thép xuất hiện các vết nứt nhỏ. Như vậy, các giai đoạn biến dạng mềm của bê tông có và không sợi đã phản ánh đúng tính quy luật biến dạng mềm trong điều kiện khí hậu nóng ẩm.

4. Kết luận

- Sợi PP có tác dụng làm giảm lượng nước bay hơi khỏi hỗn hợp bê tông. Đối với cấp phối bê tông và mô hình thí nghiệm được trình bày trong bài báo, với 0,1% lượng sợi PP theo thể tích, độ mất nước của hỗn hợp của bê tông với mô đun hồ 20m⁻¹ giảm 6,9% (CF51) và 8,3% (CF71) tương ứng với các cấp phối bê tông không sợi CF50 và CF70; giảm 8,6% (CF51) và 9,6% (CF71) so với các cấp phối không sợi ở tỷ lệ mô đun hồ 30m⁻¹;
- Ma sát giữa lớp bê tông mới và lớp bê tông cũ có tác dụng làm giảm biến dạng mềm của hỗn hợp bê tông, khi chúng được thi công lên trên. Tác dụng này tăng lên khi sử dụng sợi PP trong hỗn hợp. Theo các kết quả nghiên cứu, với CF70 và CF71, mô đun hồ 20m⁻¹, so với mô hình bê tông được biến dạng tự do, ma sát giữa lớp bê tông cũ và mới đã làm giảm biến dạng mềm của bê tông 12,12% và 18,79% tương ứng với mẫu bê tông không sợi và có sợi; với mô đun hồ 30m⁻¹ là 14,9% và 23% tương ứng với mẫu bê tông không sợi và có sợi.
- Cốt thép ngăn cản biến dạng mềm trong bê tông nhưng lại tạo ra các vùng xung yếu dọc theo các thanh cốt thép làm kết cấu dễ bị nứt. Theo kết quả đo biến dạng mềm trên mô hình mẫu bê tông có thép và không thép, cốt thép có thể giảm 68,5% với mô đun hồ 20m⁻¹. Khi bổ sung sợi PP vào trong hỗn hợp bê tông, các vết nứt sẽ được hạn chế và chiều rộng của vết nứt nhỏ, phân bố đồng đều hơn trên bề mặt bê tông. Kết quả đo biến dạng mềm ở cấp phối CF71 là 70,3% với tỷ lệ mô đun hồ 20m⁻¹. Như vậy, ở mô hình này, việc ngăn cản biến dạng mềm trong bê tông đối với mẫu có và có sợi không lớn (1,8% với cùng tỷ lệ mô đun hồ).
- Hỗn hợp bê tông trong điều kiện khí hậu nóng ẩm Việt Nam, ngoài co mềm còn có nở mềm. Nở mềm là giai đoạn dễ làm bê tông bị nứt bề mặt. Các nghiên cứu về đặc điểm biến dạng mềm của bê tông cốt sợi PP cho thấy, sợi PP có khả năng phát huy được hiệu quả cao trong điều kiện khí hậu nóng ẩm trong cả giai đoạn nở mềm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NGUYỄN TIẾN ĐÍCH và ctv, Bảo dưỡng bê tông trong điều kiện khí hậu nóng ẩm Việt Nam, *Báo cáo tổng kết đề tài 26-03-04-11, Hà nội 1985, 188 trang.*
2. ACI 544.1R-96, State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete, 66p.
3. ACI 224.1R-93, Cause, Evaluation and Repair of Cracks in Concrete Structures, 22 p;
4. ACI 224 R-01, Control of Cracking in Concrete Structures, 46 p;
5. ACI 546R-96, Concrete Repair Guide, 41p;
6. ARNON BENTUR and SIDNEY MINDESS, Fiber Reinforced Cementitious Composites, *Elsevier Applied Science, USA, 1990.*
7. COLIN D., JOHNSTON, Fiber Reinforced Cements and Concretes, *Gordon and Breach Science Publishers 2001, 364p.*
8. Hannant D.J., Fibre Cements and Fibre Concretes, John Wiley and Sons, Ltd., New York, 1978, 213 pp.
9. PERUMALSAMY N., BALAGURU and SURENDRA P. SHAH, Fiber-Reinforced Cement Composites, *McGraw-Hill, Inc. 1992, 532p.*