

NGHIÊN CỨU ĐẶC TRƯNG NHIỆT CỦA BÊ TÔNG SỬ DỤNG HÀM LƯỢNG TRO BAY LỚN

TS. Trần Văn Miên

Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia TP.HCM

ThS. Nguyễn Lê Thi

Phòng nghiệp vụ 6 – Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng 3 (QUATEST 3)

Tóm tắt: Hiện tượng nứt do ứng suất nhiệt trong bê tông khối lớn xảy ra khá phổ biến, vì vậy trong công tác thiết kế hỗn hợp bê tông cũng như thi công cho bê tông khối lớn thì các biện pháp nhằm giảm thiểu tối đa nhiệt do quá trình hydrat hóa của xi măng trong bê tông luôn được quan tâm. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu đặc trưng nhiệt thông qua việc đánh giá nhiệt độ lớn nhất T_{max} trong bê tông và chênh lệch nhiệt độ giữa bê tông với môi trường xung quanh. Bê tông nghiên cứu sử dụng những hàm lượng tro bay khác nhau thay thế xi măng. Hàm lượng tro bay sử dụng thay đổi từ 20% đến 50% nhằm thay thế xi măng PC50 trong cấp phối bê tông có cường độ nén đạt 60 MPa ở tuổi 28 ngày trong điều kiện bảo dưỡng tiêu chuẩn. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng tro bay sử dụng thay thế xi măng PC càng tăng thì khả năng giảm nhiệt độ trong tâm của khối bê tông và giảm chênh lệch nhiệt độ giữa tâm khối bê tông và nhiệt độ môi trường xung quanh càng nhiều, đồng thời thời gian phát triển nhiệt độ trong bê tông được kéo dài ra, điều này có tác dụng hạn chế ứng suất nhiệt và từ đó làm giảm nứt trong bê tông khối lớn.

Abstract: The phenomenon of cracks due to thermal stress often occurs in mass concrete. Therefore, the hydration heat of cement is concerned seriously in concrete mix design. This paper presents results of investigation on thermal characteristic of the concrete in term of maximum temperature, T_{max} , and the temperature difference between concrete and environment. The concrete under investigation had different fly ash content replacing cement. The fly ash content replacing cement PC50, which was used for concrete mix design with grade of 60MPa at 28 days, varied from 20% to 50%. The results showed that the maximum temperature of concrete and the temperature difference between concrete and the environment decreased, also the time of temperature increase was prolonged, as the fly ash content replacing PC50 cement increased. This implied that thermal stress and cracks of the mass concrete is limited as the high volume of fly ash is used in the mass concrete.

Từ khóa: tro bay, xi măng PC, bê tông khối lớn, nhiệt độ

1. Giới thiệu

Ngành công nghiệp xây dựng Việt Nam ngày nay đang từng bước tạo nên một hình ảnh một đất nước Việt Nam hiện đại với những cao ốc tầm cỡ và cơ sở hạ tầng được cải thiện tốt hơn. Với những công trình có quy mô lớn như vậy trong thiết kế đều có biện pháp thi công bê tông khối lớn như: các khối móng lớn cho các công trình, các đập thủy điện và thủy lợi, các dự án trong cầu và đường. Tuy nhiên, hiện tượng nứt do ứng suất nhiệt trong bê tông khối lớn thường xảy ra phổ biến vì vậy mà trong công tác thiết kế hỗn hợp bê tông cũng như thi công cho bê tông khối lớn các biện pháp nhằm giảm thiểu tối đa nhiệt do quá trình hydrat hóa của xi măng trong bê tông luôn được quan tâm.

Theo TCXDVN 305:2004 kết cấu bê tông hoặc bê tông cốt thép được coi là khối lớn khi có kích thước đủ để gây ứng suất kéo, phát sinh do hiệu ứng nhiệt thủy hóa của xi măng, vượt quá giới hạn kéo của bê tông làm nứt bê tông và do đó cần phải có biện pháp để phòng ngừa vết nứt. Trong điều kiện nóng ẩm Việt Nam, kết cấu có cạnh nhỏ nhất (a) và chiều cao (h) lớn hơn 2m có thể được xem là khối lớn.

Thông thường, nhiệt độ trong bê tông khối lớn thường được giới hạn để tránh hiện tượng nứt và đảm bảo sự bền vững cho bê tông. Độ chênh lệch nhiệt độ ΔT giữa các điểm hoặc các vùng trong khối bê tông nên không vượt quá 20°C và môđun chênh lệch nhiệt độ môi trường giữa các điểm trong khối bê tông $\leq 50^{\circ}\text{C/m}$. Ngược lại, khi hai yêu cầu trên không được đảm bảo do không có biện pháp hiệu quả để kiểm soát nhiệt độ trong bê tông khối lớn thì hiện tượng nứt do ứng suất nhiệt trong bê tông có thể xuất hiện. Bê tông khối lớn bị nứt do hiệu ứng nhiệt thủy hóa xi măng khi có đủ 2 yếu tố [6]: Độ chênh lệch nhiệt độ ΔT giữa phần nóng nhất của bê tông và bề mặt, Môđun chênh lệch nhiệt độ môi trường giữa hai điểm trong khối bê tông cách nhau 1m.

Giải pháp đề ra để hạn chế nứt trong bê tông khối lớn là: hạn chế nhiệt độ lớn nhất trong khối bê tông thông qua sử dụng xi măng ít tỏa nhiệt để giảm nhiệt hydrat hóa của xi măng; làm mát cốt liệu và sử dụng nước lạnh để trộn bê tông, hoặc hạn chế sự chênh lệch nhiệt trong khối bê tông thông qua phương pháp dưỡng hộ bảo ôn cho khối bê tông [1, 2, 3, 4].

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu đặc trưng nhiệt trong bê tông khi sử dụng những hàm lượng tro bay khác nhau thay thế xi măng. Hàm lượng tro bay sử dụng thay đổi từ 20% đến 50% nhằm thay thế xi măng PC50 trong cấp phối bê tông có cường độ nén đạt 60 MPa ở tuổi 28 ngày trong điều kiện bảo dưỡng tiêu chuẩn.

2. Nguyên vật liệu sử dụng cho nghiên cứu

Nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm: cốt liệu đá 1x2 có kích thước cỡ hạt lớn nhất $D_{max} = 20\text{mm}$, xi măng PC50, cát sông hạt lớn và sạch có $M_{dl} = 2,51$ và tro bay loại F. Cốt liệu lớn và nhỏ sử dụng trong nghiên cứu có thành phần cỡ hạt phù hợp với tiêu chuẩn. Kết quả phân tích thành phần hóa học của xi măng PC50 và tro bay thể hiện lần lượt ở *Bảng 1* và *Bảng 2*.

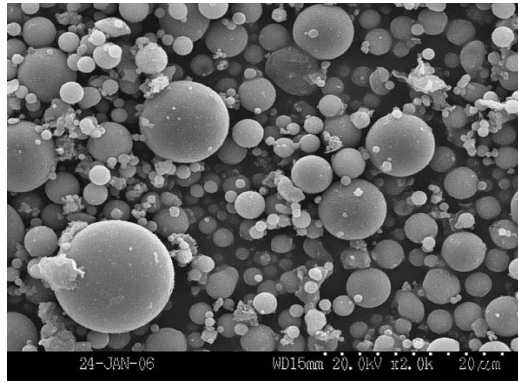
Cấp phối bê tông mác M60 (600 daN/cm^2) sử dụng trong nghiên cứu được thiết kế tham khảo theo phương pháp Bolomey- Skramtaev, và được trình bày ở *Bảng 3*.

Bảng 1. Thành phần khoáng và hóa của xi măng PC50

STT	Thành phần hóa và khoáng	Đơn vị	Kết quả
1	SiO ₂	%	21,66
2	Al ₂ O ₃	%	5,58
3	Fe ₂ O ₃	%	2,79
4	CaO	%	63,92
5	MgO	%	2,10
6	SO ₃	%	2,60
7	TiO ₂	%	0,27
8	MnO	%	0,13
9	Na ₂ O	%	0,12
10	K ₂ O	%	0,58
11	P ₂ O ₅	%	0,25
12	C ₃ S	%	58,30
13	C ₂ S	%	22,60
14	C ₃ A	%	6,40
15	C ₄ AF	%	10,10

Bảng 2. Thành phần hóa của tro bay

STT	Thành phần hóa	Đơn vị	Kết quả
1	SiO ₂	%	59,62
2	Al ₂ O ₃	%	15,76
3	Fe ₂ O ₃	%	10,00
4	CaO	%	0,70
5	MgO	%	3,33
6	SO ₃	%	0,10
7	Na ₂ O	%	0,09
8	K ₂ O	%	2,40
9	TiO ₂	%	1,17
10	MnO	%	0,06



Hình 1. Hình dạng hạt tro bay (FA) [4, 5]

Bảng 3. Cấp phối bê tông sử dụng trong nghiên cứu

STT	Ký hiệu mẫu	FA/ (FA+XM) %	XM (kg)	FA (kg)	Cát (kg)	Đá (kg)	Nước (L)	PGSD (L)
1	1-M60	0	471	0	711	1166	140	2,83
2	2-M60	20	377	94	715	1174	139	2,83
3	3-M60	30	330	141	714	1163	133	2,83
4	4-M60	40	283	188	717	1172	132	2,83
5	5-M60	50	235,5	235,5	716	1168	127	2,83

FA: tro bay ; XM: xi măng PC50; PGSD: phụ gia siêu dẻo.

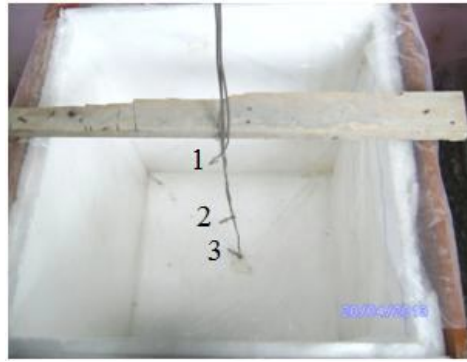
Quá trình hydrat hóa trong bê tông thực chất chính là phản ứng hydrat hóa của xi măng trong quá trình đóng rắn. Phản ứng hydrat hóa của xi măng tỏa nhiệt, khi nhiệt độ tỏa ra càng lớn thì sẽ gây ra ứng suất nhiệt làm biến dạng kết cấu, nứt nẻ trong bê tông từ đó ảnh hưởng đến chất lượng cũng như tuổi thọ của công trình.

Sự tỏa nhiệt của xi măng có ảnh hưởng đến tính chất của bê tông đã rắn chắc. Khi xi măng tỏa nhiệt lớn, nhiệt độ hỗn hợp sẽ cao, do đó quá trình hydrat hóa của các khoáng xi măng xảy ra càng nhanh hơn, vì vậy quá trình ninh kết và rắn chắc của hệ tăng lên nhanh. Tuy nhiên khi nhiệt tỏa ra càng lớn, ứng suất nhiệt của hệ càng lớn, điều này ảnh hưởng xấu đến cấu trúc của hệ. Vì vậy cần chú ý đến nhiệt độ trong quá trình hydrat hóa của xi măng để sử dụng hợp lý trong các công trình xây dựng.

Mục tiêu của thí nghiệm là đo nhiệt độ trong bê tông từ đó xác định được nhiệt độ lớn nhất tỏa ra trong suốt quá trình đóng rắn của bê tông. Đây là phương pháp đo nhiệt độ cô lập trong khối bê tông. Theo phương pháp này thì nhiệt độ được ghi trực tiếp trong mẫu bê tông thông qua bộ ghi dữ liệu và các đầu cảm biến nhiệt sensor.

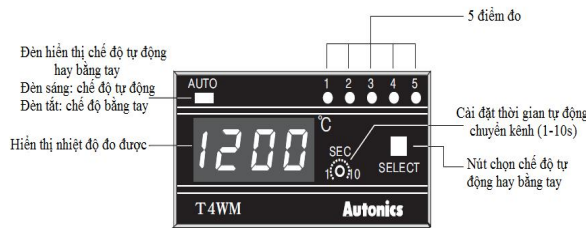
Mẫu thử nghiệm có kích thước hình khối lập phương (1500x1500x1500) mm. Khuôn để đúc mẫu có cấu tạo như Hình 2. Lắp các sensor đo nhiệt độ tại các vị trí dọc theo trung tâm của mẫu thử bao gồm: cách đáy khuôn 25mm, ở tâm và cách mặt trên 25mm.

Nhiệt độ trong khối bê tông tại điểm 1, 2, 3 và nhiệt độ môi trường được đo bằng sensor nhiệt và ghi nhận lại theo thời gian 7 ngày liên tục với chu kỳ ghi số liệu là 2 giờ, thiết bị ghi nhận số liệu thể hiện ở Hình 3.



Hình 2. Vị trí lắp đặt các sensor nhiệt

1: Điểm ở trên; 2: Điểm ở giữa; 3: Điểm ở dưới



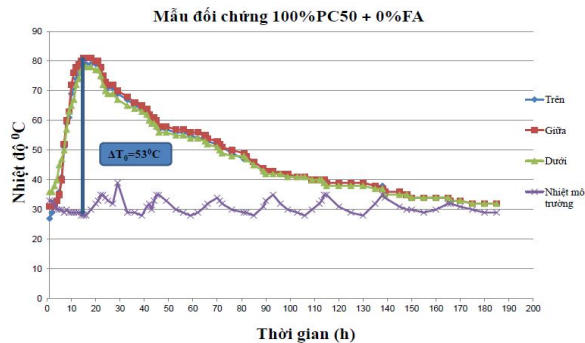
Hình 3. Hình ảnh của bộ điều khiển nhiệt độ Autonics-T4WM

3. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến nhiệt độ trong bê tông

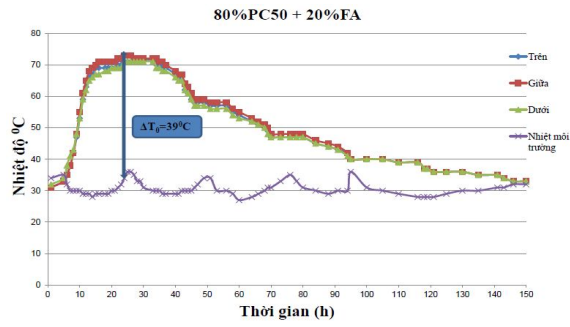
Trong các cấu kiện bê tông khối lớn, nhiệt thủy hóa của xi măng tại tâm khối đổ sẽ tăng đột biến. Trong quá trình đóng rắn, nhiệt độ này có thể lên đến 85°C đối với các khối đổ có chiều dày lớn và sử dụng xi măng thông thường. Sự chênh lệch nhiệt độ trong lòng khối bê tông với những vị trí gần mặt thoáng môi trường và với nhiệt độ môi trường, tạo ra ứng suất nội trong cấu kiện bê tông, từ đó hình thành các vết nứt trong khối bê tông. Các vết nứt do nhiệt xuất hiện do sự chênh lệch nhiệt độ lớn giữa những vị trí khác nhau trong khối đổ bê tông. Sự chênh lệch nhiệt độ này có thể phát sinh do bê tông là vật liệu có tính dẫn nhiệt tương đối thấp. Điều này thường xảy ra đối với những khối đổ lớn, nhiệt độ tăng trong suốt quá trình thủy hóa của xi măng.

Trong nghiên cứu này nhóm đã khảo sát nhiệt độ trong quá trình hydrat hóa của các mẫu bê tông với các tỉ lệ phần trăm tro bay thay thế cho lượng dùng xi măng lần lượt là: 0, 20, 30, 40, 50 %. Vị trí cần đo nhiệt độ là đặt dọc theo trung tâm của mẫu thử gồm 3 vị trí: vị trí 1 ở trên cách bề mặt trên 25mm, vị trí 2 ở giữa và vị trí số 3 ở dưới cách bề mặt dưới 25mm. Song song với đo nhiệt độ trong khối đổ ta cũng tiến hành đo nhiệt độ môi trường xung quanh khối đổ.

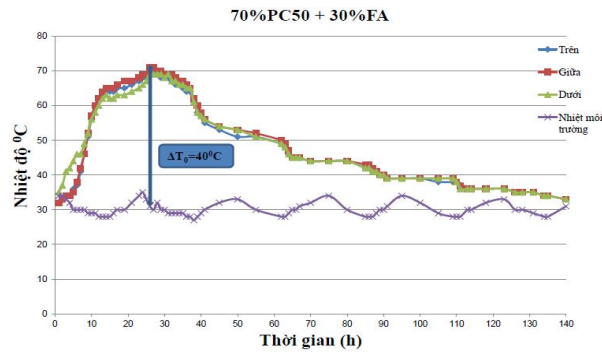
Kết quả khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến đặc trưng nhiệt trong bê tông khối lớn thể hiện ở hình 4, 5, 6, 7, 8 và 9.



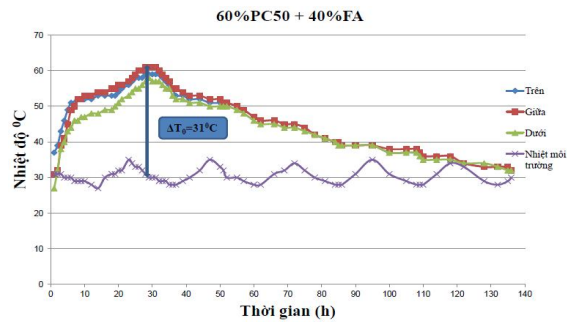
Hình 4. Đặc trưng nhiệt độ trong khối bê tông sử dụng 100% xi măng PC50 theo thời gian



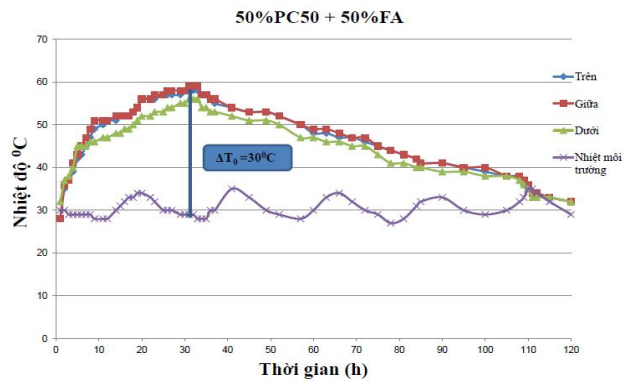
Hình 5. Đặc trưng nhiệt độ trong khối bê tông sử dụng 80% xi măng PC50 + 20%FA theo thời gian



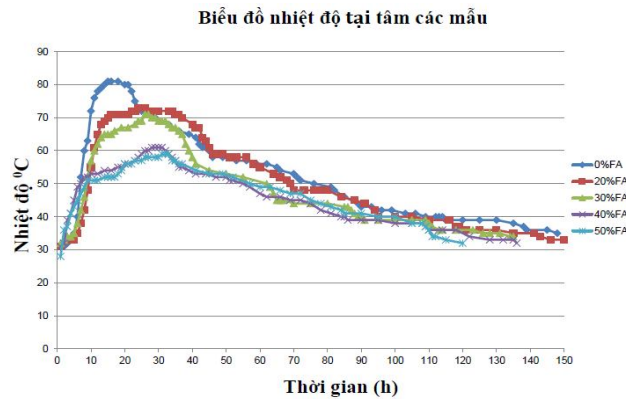
Hình 6. Đặc trưng nhiệt độ trong khối bê tông sử dụng 70% xi măng PC50 + 30%FA theo thời gian



Hình 7. Đặc trưng nhiệt độ trong khối bê tông sử dụng 60% xi măng PC50 + 40%FA theo thời gian



Hình 8. Đặc trưng nhiệt độ trong khối bê tông sử dụng 50% xi măng PC50 + 50%FA theo thời gian



Hình 9. Đặc trưng nhiệt độ tại tâm khối bê tông sử dụng các hàm lượng tro bay khác nhau theo thời gian

Mẫu đối chứng 1-M60 sử dụng 100% xi măng PC50 có nhiệt độ cao nhất cụ thể là: nhiệt độ tại vị trí ở giữa có nhiệt độ cao nhất $T_{max} = 81^{\circ}\text{C}$ sau 15 giờ. Mẫu 2-M60 sử dụng 20% tro bay thay thế lượng dùng xi măng PC50 có nhiệt độ cao nhất tại vị trí ở giữa là $T_{max} = 73^{\circ}\text{C}$ sau 24 giờ (hình 9). Mẫu 3-M60 sử dụng 30% tro bay thay thế hàm lượng xi măng PC50 đạt nhiệt độ cao nhất tại vị trí ở giữa là $T_{max} = 71^{\circ}\text{C}$ sau 26 giờ. Mẫu 4-M60 sử dụng 40% tro bay thay thế lượng dùng xi măng đạt giá trị nhiệt độ lớn nhất tại vị trí ở giữa là $T_{max} = 61^{\circ}\text{C}$ sau 29 giờ.

Mẫu 5- M60 sử dụng tỷ lệ tro bay thay thế 50% đạt giá trị nhiệt độ cao nhất ở vị trí ở giữa khối bê tông là $T_{max} = 59^{\circ}\text{C}$ sau 31 giờ. Kết quả thể hiện ở Hình 4 đến Hình 9 cho thấy rằng nhiệt độ lớn nhất trong khối bê tông giảm xuống đáng kể từ 81°C khi sử dụng 100% xi măng PC50 xuống còn 59°C khi thay thế 50% khối lượng xi măng PC50 bằng tro bay. Các kết quả nghiên cứu trên cũng cho thấy rằng, nhiệt độ lớn nhất trong khối bê tông cũng tăng chậm lại khi hàm lượng xi măng PC50 được thay thế bằng tro bay tăng lên, cụ thể là khi sử dụng 100% xi măng PC50 thì T_{max} trong tâm của khối bê tông đạt được sau 15 giờ, trong khi đó T_{max} trong tâm của khối bê tông đạt được sau 31 giờ khi sử dụng 50% tro bay thay thế khối lượng xi măng PC50. Ngoài ra, do nhiệt độ lớn nhất trong khối bê tông giảm xuống, sự chênh lệch nhiệt độ giữa tâm khối bê tông và nhiệt độ môi trường xung quanh cũng giảm xuống khi hàm lượng tro bay sử dụng thay thế xi măng PC tăng lên. Chênh lệch nhiệt độ tại vị trí có nhiệt độ cao nhất (nhiệt độ tại tâm khối đổ) so với nhiệt độ môi trường của các mẫu thí nghiệm ở các tỷ lệ tro bay thay thế cho xi măng: 0, 20, 30, 40 và 50% lần lượt là: 53°C , 39°C , 40°C , 31°C và 30°C . Trong xu hướng hiện nay, trong bê tông khối lớn (BTKL), ngoài việc quan tâm đến độ chênh lệch nhiệt độ giữa các vị trí trong khối đổ thì một đại lượng khác chúng ta cũng cần phải quan tâm đó là độ chênh lệch nhiệt độ ΔT (là sự chênh lệch nhiệt độ lớn nhất trong bê tông so với nhiệt độ của môi trường), có được giá trị ΔT ta có thể xác định được khả năng xuất hiện vết nứt sau khi đã tính toán được chỉ số nứt. Thực tế giá trị ΔT đã giảm đáng kể khi tăng lượng dùng tro bay thay thế, vì khi giá trị ΔT càng lớn thì khả năng xuất hiện vết nứt càng cao.

Có được kết quả như trên là do giảm được lượng dùng xi măng nên nhiệt tỏa ra trong quá trình hydrat hóa của xi măng giảm, khi sử dụng tro bay thay thế một phần khối lượng xi măng, phản ứng puzzolaníc xảy ra rất chậm, nhiệt độ trong bê tông tăng từ từ trong một thời gian dài. Điều này được giải thích như sau [2, 4]:

Sự có mặt của tro bay làm cho trình hydrat hóa của C_3S chậm lại trong giai đoạn đầu do trì hoãn sự hình thành mầm $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mà nguyên nhân là sự hấp thụ hóa học các ion Ca^{2+} lên bề mặt hạt tro bay, làm giảm nồng độ Ca^{2+} trong dung dịch. Ngoài ra NaOH mà tro bay tạo ra sẽ làm tăng hàm lượng kiềm có trong vữa, lượng kiềm này được cho là nguyên nhân làm hòa tan các thành phần silicat và aluminat trong tro bay. Các thành phần này gây ảnh hưởng làm chậm đến sự hình thành $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và C-S-H.

Đối với quá trình hydrat hóa của C_2S : sự hiện diện của tro bay hầu như không có ảnh hưởng đến sự hydrat hóa của C_2S trong khoảng 14 ngày đầu, sau đó tro bay mới gây ảnh hưởng ít đến sự thủy hóa của C_2S .

Đối với quá trình hydrat hóa của C_3A và C_4AF : sự có mặt của tro bay làm chậm sự hydrat hóa của C_3A và C_4AF . Có ý kiến cho rằng sự hydrat hóa của C_3A bị chậm lại khi có mặt tro bay theo cơ chế tương tự như sử dụng thạch cao làm chậm quá trình ninh kết của xi măng.

Kết quả nghiên cứu khẳng định xu hướng rằng, hàm lượng tro bay sử dụng thay thế xi măng PC càng tăng thì tác dụng giảm nhiệt độ trong tâm của khối bê tông và giảm chênh lệch nhiệt độ giữa tâm khối bê tông và

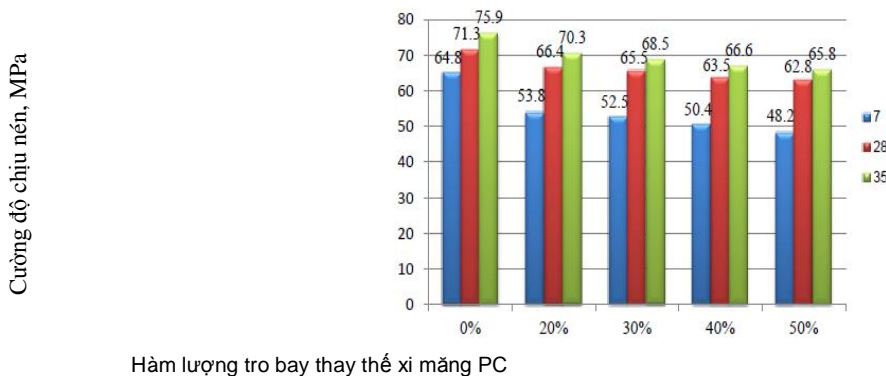
hiệt độ môi trường xung quanh càng nhiều, và thời gian phát triển nhiệt độ trong bê tông được kéo dài ra, ba xu thế này có tác dụng hạn chế ứng suất nhiệt trong khối bê tông, và từ đó làm giảm nứt trong bê tông khối lớn.

4. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến cường độ chịu nén của bê tông

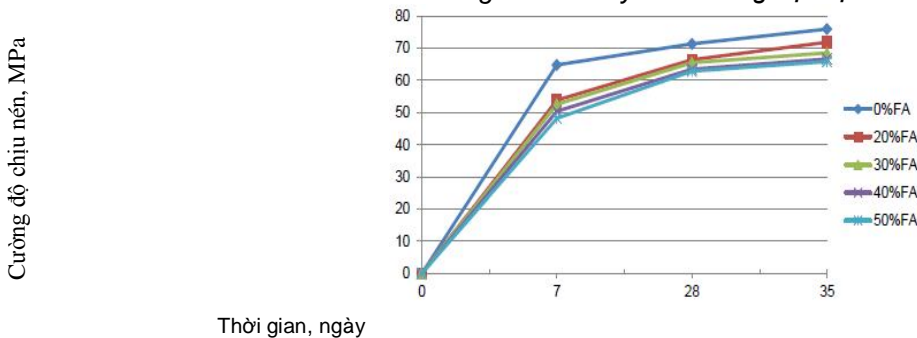
Kết quả khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến cường độ chịu nén và sự phát triển cường độ của bê tông khối lớn thể hiện ở hình 10 và 11.

Kết quả cho thấy cường độ chịu nén ở 7 ngày của mẫu đối chứng sử dụng 100% xi măng PC50 tăng đáng kể cụ thể là 64,6 MPa trong khi đó ở các mẫu sử dụng tro bay thì cường độ chịu nén ở 7 ngày tuổi phát triển rất chậm. Cụ thể là ở tỷ lệ tro bay thay thế là 20% thì cường độ chịu nén là 53,8 MPa, 52,5 MPa ở tỷ lệ tro bay thay thế là 30%, và 48,2 MPa ở tỷ lệ tro bay thay thế 50%. Nguyên nhân là vì ở giai đoạn đầu của quá trình hydrat hóa, phản ứng pozzolanic của tro bay là chậm hơn so với phản ứng hydrat hóa của xi măng. Mẫu bê tông sử dụng 100% xi măng PC có cường độ chịu nén phát triển sớm, cường độ ở 7 ngày đã tăng đáng kể, cao hơn nhiều so với các mẫu sử dụng tro bay thay thế xi măng PC. Tuy nhiên, đến tuổi 28 và 35 ngày thì hệ số dốc giữa các mẫu không chênh lệch lớn, có xu hướng xích lại gần nhau hơn. Điều này có nghĩa là, ở giai đoạn sau 7 ngày, đặc biệt là 35 ngày, cường độ chịu nén của bê tông sử dụng 100% xi măng PC và 50%PC + 50%FA có sự chênh lệch thấp, tro bay làm cho bê tông phát triển cường độ chậm ở giai đoạn đầu 7 ngày và từ từ phát triển ở giai đoạn sau.

Ở các tuổi 7, 28, 35 ngày khi tăng tỷ lệ thay thế tro bay trong chất kết dính cường, độ chịu nén giảm tương ứng so với mẫu đối chứng, nguyên nhân là do khi tro bay thay thế càng nhiều thì lượng xi măng càng ít, đồng nghĩa với lượng khoáng tạo cường độ C-S-H, C-A-H từ quá trình thủy hoá xi măng sẽ ít làm cường độ bê tông thấp ở thời gian đầu.



Hình 10. Ảnh hưởng của tro bay đến cường độ chịu nén của bê tông



Hình 11. Ảnh hưởng của tro bay đến sự phát triển cường độ của bê tông

5. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu, có thể rút ra các kết luận như sau:

- Sự gia tăng nhiệt độ trong bê tông có thể được kiểm soát bằng cách hạn chế lượng dùng xi măng trong hỗn hợp bê tông. Khi thay thế xi măng PC bằng tro bay đã làm giảm sự gia tăng nhiệt độ tối đa và kéo dài thời gian đạt nhiệt độ tối đa trong bê tông. Kết quả cho thấy nhiệt độ cực đại trong các mẫu bê tông giảm tương ứng khi tăng tỷ lệ sử dụng tro bay thay thế và thời gian để đạt nhiệt độ cực đại cũng tăng theo với các tỷ lệ tro bay được thay thế. Mẫu đối chứng Mẫu 1-M60 sử dụng 100% xi măng có nhiệt độ cao nhất cụ thể là: nhiệt độ tại vị trí ở giữa có nhiệt độ cao nhất $T_{max} = 81^{\circ}C$ sau 15 giờ, mẫu 2-M60 sử dụng 20% tro bay thay thế lượng dùng xi

măng có nhiệt độ cao nhất tại vị trí ở giữa là $T_{\max} = 73^{\circ}\text{C}$ sau 24 giờ, mẫu 4-M60 sử dụng 40% tro bay thay thế lượng dùng xi măng đạt giá trị nhiệt độ lớn nhất tại vị trí ở giữa là $T_{\max} = 61^{\circ}\text{C}$ sau 29 giờ, mẫu 5-M60 sử dụng tỷ lệ tro bay thay thế 50% đạt giá trị nhiệt độ cao nhất ở vị trí ở giữa là $T_{\max} = 59^{\circ}\text{C}$ sau 31 giờ.

b) Khi có mặt tro bay trong bê tông dẫn đến sự phát nhiệt thủy hóa chậm và thấp hơn nhiều so với mẫu bê tông không sử dụng tro bay đồng thời làm giảm chênh lệch nhiệt độ lớn nhất giữa tâm khối bê tông và nhiệt độ môi trường xung quanh. Điều này phù hợp với công tác thi công BTKL vì sẽ hạn chế được các vết nứt do ứng suất nhiệt và có thể tính toán bố trí khối đổ lớn hơn, tạo điều kiện tăng tiến độ thi công. Nhiệt độ tại tâm của khối bê tông có tỷ lệ nghịch với hàm lượng tro bay trong khối đổ. Với tỷ lệ thay thế là 50% xi măng PC50 bằng tro bay đã giảm được 22°C tại tâm khối bê tông.

c) Sử dụng tro bay hàm lượng lớn có thể ảnh hưởng đến sự phát triển cường độ của bê tông. Có thể xem xét sử dụng hàm lượng tro bay thay thế cho xi măng từ 20 ÷ 40% để giảm nhiệt độ trong khối bê tông, giảm sự chênh lệch nhiệt độ giữa khối bê tông và môi trường xung quanh đồng thời vẫn đạt được cường độ thiết kế phù hợp với độ tuổi yêu cầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Gajda John and VanGeem Martha, *Controlling temperatures in Mass Concrete*, **Concrete International**, January 2002.
- [2]. Cengiz Duran Atis, *Heat Evolution of High -Volume Fly Ash Concrete*, **Cement and Concrete Research**, 32, pp. 751 -756, 2002.
- [3]. Escalante-Garcia, J. I., and J. H. Sharp, *The effect of temperature on the early hydration of Portland cement and blended cements*, **Advances in Cement Research**, 12 (3), pp. 121-130, 2000.
- [4]. Bamforth, P.B, *In Situ Measurement of the Effect of Partial Portland Cement Replacement Using Either Fly Ash or Ground Granulated Blast Furnace Slag on the Performance of Mass Concrete*, Proc. Inst. Civil Engrs. Part 2, pp. 777 – 800, 1980.
- [5]. Takemoto, K., Uchikawa, H, *Hydration of pozzolanic cement*, 7th International Congress on the Chemistry of Cement, Paris, I IV-2/1-2/29, 1980.
- [6]. Mehta, P.K.: *Concrete: structure, properties and materials*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1986.
- [7]. Soo Geun Kim- Iowa State University, *Effect of heat generation from cement hydration on mass concrete placement*, 2010.
- [8]. Siddique, R, *Effect of fine aggregate replacement with class F fly ash on the mechanical properties of concrete*, **Cement and Concrete Research**, 33(4), pp. 539–547, 2003.