

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT LIỆU CHUYỂN PHA ĐẾN CÁC TÍNH CHẤT CỦA XI MĂNG

RESEARCH THE EFFECTS OF PHASE CHANGE MATERIALS ON THE PROPERTIES OF CEMENT

Trần Quốc Toán¹, Lê Thuận An², Đoàn Anh Thái³

^{1,2,3} Viện Khoa học công nghệ xây dựng

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses2-6>

TÓM TẮT: Bê tông kết cấu khối lớn nhà cao tầng cường độ nén thường lớn hơn 35 MPa. Để giữ nhiệt độ T_{max} theo quy định mà cường độ nén và các tính chất của hỗn hợp bê tông đảm bảo yêu cầu là khá khó khăn. Vật liệu chuyển pha khi cho vào hỗn hợp bê tông có tác dụng hạ tổng nhiệt khối đổ từ 5°C đến 10 °C góp phần hạ nhiệt độ T_{max} .

Hiện nay ở Việt Nam, vật liệu chuyển pha là loại vật liệu mới, chưa có nghiên cứu ảnh hưởng khi sử dụng trong xi măng và bê tông. Bài báo nghiên cứu ảnh hưởng của vật liệu chuyển pha đến các tính chất của xi măng.

Từ khóa: Bê tông khối lớn; vật liệu chuyển pha (PCM); nhiệt độ T_{max} .

ABSTRACT: Structural concrete of Mass Concrete of high-rise buildings has a compressive strength usually greater than 35 MPa. It is quite difficult to keep the required T_{max} temperature, but the compressive strength and properties of the concrete mix. The phase change materials, when added to the concrete mix, has the effect of lowering the total heat of the mass concrete from 5°C to 10°C, contributing to reduce the temperature T_{max} .

At present, in Vietnam, phase change materials are new materials, and there is no research on the effects when used in cement and concrete. The article studies the influence of phase change materials on the properties of cement.

KEYWORDS: Mass Concrete; Phase Change Materials (PCM); Temperature T_{max} .

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, cùng với sự phát triển công nghệ trong xây dựng, các công trình nhà cao tầng ngày càng trở lên phổ biến. Để xây dựng các công trình cao tầng, các kết cấu bê tông khối lớn không thể thiếu như móng, dầm chuyển và cột kích thước lớn. Với các kết cấu bê tông khối lớn nhà cao tầng cần sử dụng bê tông có cường độ khá cao, vì vậy vấn đề nhiệt trong khối đổ đối với các kết cấu này là điều vô cùng quan trọng.

Cấp phối bê tông sử dụng cho các kết cấu khối lớn cường độ cao phát nhiệt gây chênh lệch nhiệt độ và nhiệt độ khối đổ tăng lên quá cao sau khi đổ là nguyên nhân chính gây ra các khuyết tật làm giảm tuổi thọ bê tông và kết cấu công trình.

Ở Việt Nam, để giảm nhiệt độ T_{max} và chênh lệch nhiệt độ trong kết cấu bê tông khối lớn hiện nay áp dụng nhiều biện pháp như đặt ống giải nhiệt, sử dụng bê tông lạnh, sử dụng phụ gia khoáng thay thế xi măng ... Các biện pháp sử dụng tuy đạt được các

hiệu quả nhất định nhưng đều có nhược điểm trong quá trình sử dụng. Sử dụng biện pháp giải nhiệt giá thành cao và biện pháp thi công phức tạp, dùng phụ gia khoáng thay thế xi măng sẽ hiệu quả tốt khi bê tông cường độ nén < 40 MPa, đối với bê tông có cường độ nén \geq 40 MPa nếu đạt cường độ nhưng việc thỏa mãn T_{max} khó đạt được ...

Hiện nay, để giảm hạn chế phát nhiệt và tăng tiến độ thi công, các nước tiên tiến trên thế giới thường can thiệp trực tiếp vào thành phần cấp phối bê tông khối lớn khi thiết kế. Việc sử dụng phụ gia khoáng hoạt tính kết hợp với vật liệu chuyển pha có thể giải quyết những tồn tại đối với bê tông khối lớn cường độ cao.

Trên thế giới PCM đã được nghiên cứu và áp dụng cho vật liệu lưu trữ nhiệt (ví dụ: tấm thạch cao, tấm tường và bê tông ...) như một phần của kết cấu tòa nhà nhằm tiết kiệm năng lượng [3]. Nhờ tính đặc biệt PCM khi chuyển pha từ rắn sang lỏng hoặc lỏng

sang khí hấp thụ một lượng lớn nhiệt lượng nên PCM đã được sử dụng làm giảm nhiệt hydrat hóa của xi măng trong bê tông khối lớn bằng việc giảm nhiệt độ T_{max} .

PCM sử dụng trong bài báo dựa trên gốc strontium chuyển pha từ rắn sang pha lỏng ở khoảng nhiệt độ 89°C và dạng lỏng sang khí ở khoảng 175°C , hấp thụ $83,4 \text{ cal/g}$ (349 J/g) nhiệt, dựa trên phân tích kết quả của các phép thử nhiệt lượng kế quét vi sai. Kết quả thử nghiệm được phân tích trong khoảng từ 15 đến 300°C để đo sự thay đổi nhiệt lượng của một chất theo sự thay đổi nhiệt độ. Lượng nhiệt hấp thụ gần bằng một nửa lượng nhiệt thủy hóa trung bình của xi măng, 200 cal/g , mang lại hiệu quả hấp thụ nhiệt cao [2].

Bê tông khối lớn sau khi đổ, phản ứng hydrat hóa của xi măng với nước giải phóng nhiệt, tùy theo biện pháp giảm nhiệt được áp dụng, nhiệt độ bê tông trong khối đổ có thể đạt $T_{max} = 90^{\circ}\text{C}$ hoặc hơn. Ở nhiệt độ phù hợp vật liệu chuyển pha hấp thụ nhiệt

độ từ môi trường, nhiệt độ hấp thụ phụ thuộc từng loại sử dụng. Khi tăng tỷ lệ PCM sử dụng trong bê tông thì khả năng giảm nhiệt càng lớn. Ngoài tác dụng giảm nhiệt khi chuyển pha sang thể lỏng (hoặc khí), thành phần sau chuyển pha cũng sẽ tác động ảnh hưởng đến tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông.

Mục đích bài báo nghiên cứu ảnh hưởng tỷ lệ dùng của vật liệu chuyển pha đến các tính chất của vữa xi măng từ đó đưa ra tỷ lệ dùng hợp lý để đảm bảo khả năng giảm nhiệt nhưng không ảnh hưởng nhiều đến các tính chất của vữa xi măng.

2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG

Bài báo sử dụng xi măng Bút Sơn PC40 có các tính chất cơ bản: lượng nước tiêu chuẩn $29,5\%$; thời gian bắt đầu đông kết 135 phút, kết thúc đông kết 195 phút; độ mịn lọt sàng $0,09\text{mm}$ $1,1\%$; độ ổn định thể tích $1,0 \text{ mm}$.

Vật liệu chuyển pha HR-1 của Hàn Quốc, có dạng bột (Hình 1), chuyển pha từ thể rắn sang lỏng.



Hình 1. Mẫu vật liệu chuyển pha (PCM)

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Phương pháp thí nghiệm theo tiêu chuẩn

Xác định lượng nước tiêu chuẩn, thời gian đông kết và tính ổn định thể tích theo TCVN 6017:2015.

Xác định cường độ uốn và nén của mẫu vữa xi măng theo TCVN 6016:2011.

3.2. Phương pháp thí nghiệm phi tiêu chuẩn

Xác định nhiệt độ gia tăng trong vữa xi măng sau khi trộn và đông rắn trong điều kiện đoạn nhiệt [1].

Mẫu vữa xi măng sau khi trộn được đổ vào thùng xốp cách nhiệt có dung tích 5 lít. Tại tâm thùng xốp đặt sensor đo nhiệt. Toàn bộ thùng xốp được bọc và đặt trong buồng kín, buồng kín giữ thùng xốp được điều chỉnh nhiệt độ bằng nhiệt độ tại tâm của mẫu vữa (Hình 2).



Hình 2. Thiết bị thí nghiệm đoạn nhiệt

3.3. Thành phần cấp phối

Các chỉ tiêu lượng nước tiêu chuẩn, thời gian đông kết bài báo sử dụng thành phần xi măng theo quy định trong TCVN 6017:2015.

Cường độ uốn-nén bài báo sử dụng thành phần vữa quy định trong TCVN 6016:2011, tỷ lệ N/CKD = 0,5; chất kết dính 450 g, cát tiêu chuẩn 1350 g làm cơ sở nghiên cứu. Thành phần cấp phối vữa thử nghiệm trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần cấp phối nghiên cứu

| Số TT | Cấp phối | Ký hiệu | Xi măng, g | Vật liệu chuyển pha, g | Cát, g | Nước, g |
|-------|-----------------------------|---------|------------|------------------------|--------|---------|
| 1 | Cấp phối đối chứng (ĐC) | ĐC | 450 | 0 | 1350 | 225 |
| 2 | ĐC + 3% vật liệu chuyển pha | 3%PCM | 450 | 13,5 | 1350 | 225 |
| 3 | ĐC + 5% PGCF | 5%PCM | 450 | 22,5 | 1350 | 225 |
| 4 | ĐC + 7% PGCF | 7%PCM | 450 | 31,5 | 1350 | 225 |
| 5 | ĐC + 10% PGCF | 10%PCM | 450 | 45,0 | 1350 | 225 |

Thí nghiệm tăng nhiệt trong điều kiện đoạn nhiệt của vữa xi măng cát được sử dụng thành phần theo Bảng 1, cát tiêu chuẩn được thanh bằng cát vàng thông thường có mô đun độ lớn 2,5.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của PCM đến các tính chất của xi măng với các tỷ lệ khác nhau được thống kê tại Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả nghiên cứu

| Số TT | Chỉ tiêu thí nghiệm | Đơn vị | Mẫu nghiên cứu | | | | |
|-------|---|--------|----------------|-------|-------|-------|--------|
| | | | ĐC | 3%PCM | 5%PCM | 7%PCM | 10%PCM |
| 1 | Lượng nước tiêu chuẩn | % | 29,5 | 30,0 | 30,0 | 30,5 | 31,0 |
| 2 | Thời gian đông kết | | | | | | |
| | - Bắt đầu: | phút | 135 | 140 | 140 | 150 | 160 |
| | - Kết thúc: | phút | 195 | 200 | 205 | 215 | 225 |
| 3 | Cường độ uốn | | | | | | |
| | - 03 ngày | MPa | 7,6 | 7,4 | 7,4 | 7,2 | 7,0 |
| | - 07 ngày | MPa | 8,4 | 8,2 | 8,2 | 8,1 | 7,9 |
| | - 28 ngày | MPa | 9,4 | 9,2 | 9,2 | 9,0 | 8,8 |
| 4 | Cường độ nén | | | | | | |
| | - 03 ngày | MPa | 38,0 | 37,9 | 37,8 | 35,4 | 33,6 |
| | - 07 ngày | MPa | 44,3 | 41,8 | 41,3 | 39,4 | 37,5 |
| | - 28 ngày | MPa | 49,6 | 46,8 | 46,3 | 44,1 | 41,2 |
| 5 | Thí nghiệm gia tăng nhiệt độ trong điều kiện đoạn nhiệt | | | | | | |
| | - Nhiệt độ ban đầu | °C | 28,8 | 28,9 | 29,0 | 28,7 | 28,6 |
| | - Nhiệt độ cao nhất | °C | 82,5 | 79,0 | 75,2 | 72,3 | 68,3 |
| | - Nhiệt độ tăng | °C | 53,7 | 50,1 | 46,2 | 43,6 | 39,7 |
| | - Thời gian đạt T _{max} | giờ | 38 | 39 | 41 | 42 | 45 |

4.1. Lượng nước tiêu chuẩn

Kết quả nghiên cứu cho thấy, lượng nước tiêu chuẩn có xu hướng tăng khi tăng lượng dùng PCM.

PCM được sản xuất dưới dạng bột, có độ mịn cao như cốt liệu hạt mịn, khi sử dụng sẽ cần lượng nước lớn bao quanh bề mặt để tạo sự linh động vì vậy lượng nước tiêu chuẩn tăng do cần để hấp phụ lên bề mặt các hạt PCM.

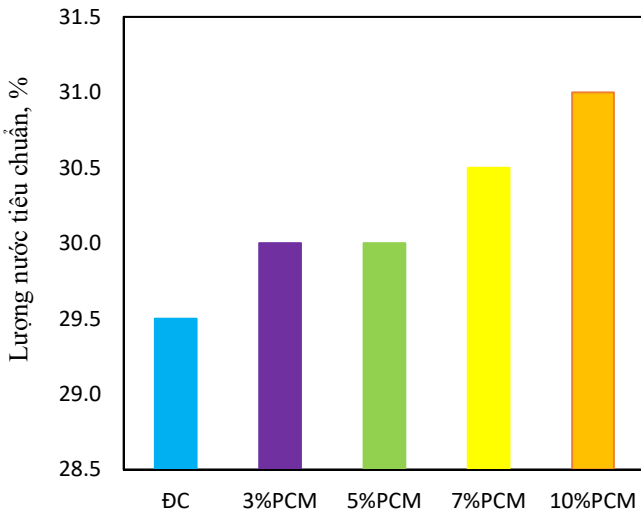
4.2. Thời gian đông kết

Thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết của hồ xi măng khi sử dụng PCM có xu hướng tăng khi tăng lượng dùng PCM. Nguyên nhân tăng do lượng nước

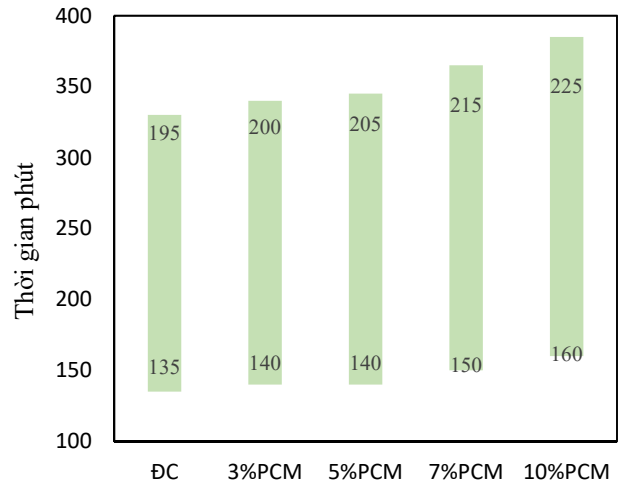
tiêu chuẩn trong vữa xi măng tăng khi tăng tỷ lệ dùng PCM.

4.3. Cường độ uốn và nén

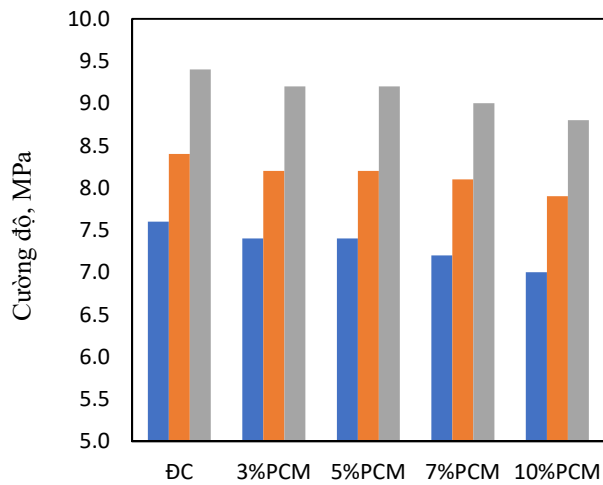
Cường độ uốn và nén của mẫu xi măng có xu hướng bị giảm khi sử dụng PCM (Hình 5). Tỷ lệ dùng PCM càng tăng thì tỷ lệ giảm cường độ càng tăng. Ở tỷ lệ dùng PCM 3%, 5%, 7% và 10% cường độ nén giảm lần lượt 5,6%, 6,7%, 11,1% và 16,9%. Như vậy tỷ lệ dùng càng cao nguy cơ giảm cường độ tăng cao hơn. Khi dùng PCM tăng thì cường độ mẫu vữa giảm do lượng xi măng tuyệt đối trong cấp phối giảm và lượng nước tăng. Khi tỷ lệ PCM thay thế xi măng từ 7% trở lên, cường độ xi măng có xu hướng giảm mạnh hơn so với mẫu đối chứng.



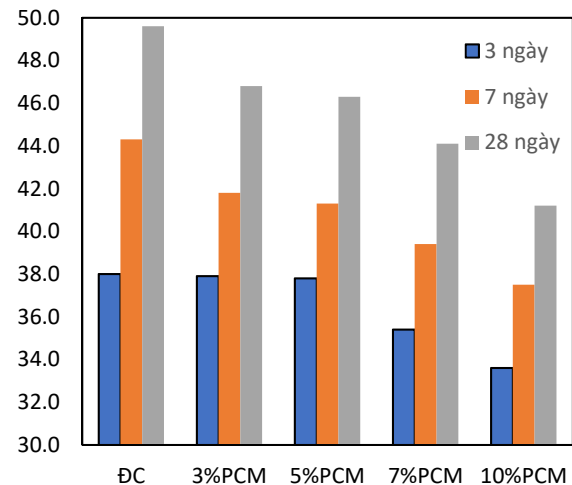
Hình 3. Đồ thị lượng nước tiêu chuẩn



Hình 4. Đồ thị thời gian đông kết



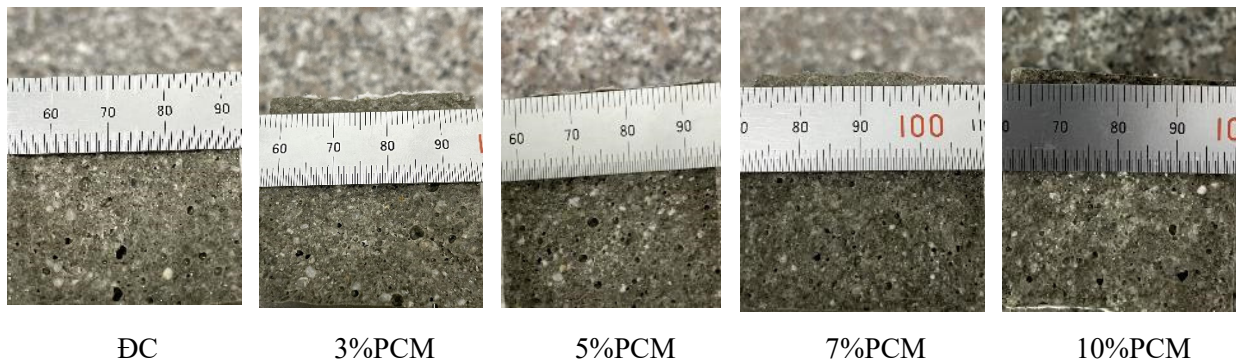
5.1 - Cường độ uốn



5.2 - Cường độ nén

Hình 5. Đồ thị cường độ uốn-nén

Kết quả quan sát hình ảnh mẫu sau khi uốn gãy (Hình 6) cho thấy chất lượng mẫu và các bọt khí không thay đổi ở các tỷ lệ PCM sử dụng so với mẫu đối chứng, điều này chứng tỏ PCM không để lại các lỗ rỗng hay khuyết tật bất thường trong mẫu.



Hình 6. Hình ảnh mẫu sau khi uốn gãy

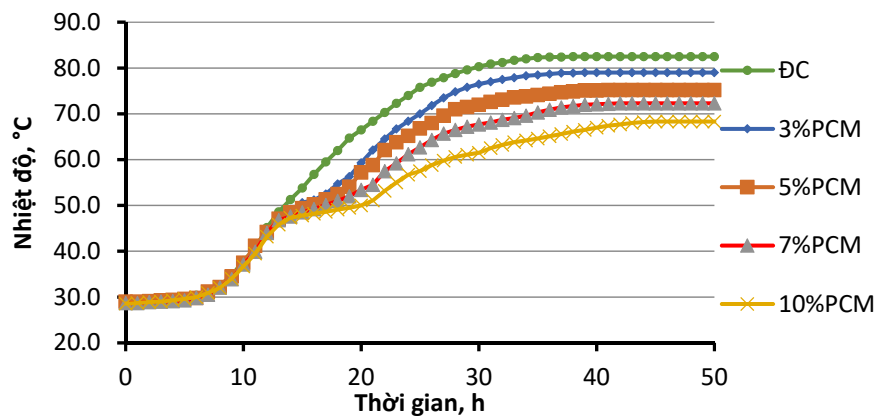
4.4. Tăng nhiệt độ trong điều kiện đoạn nhiệt

Khi tăng tỷ lệ dùng PCM 3%, 5%, 7% và 10% đã làm giảm lần lượt nhiệt độ 3,6, 7,5, 10,1 và 14,0% trong mẫu thử đoạn nhiệt.

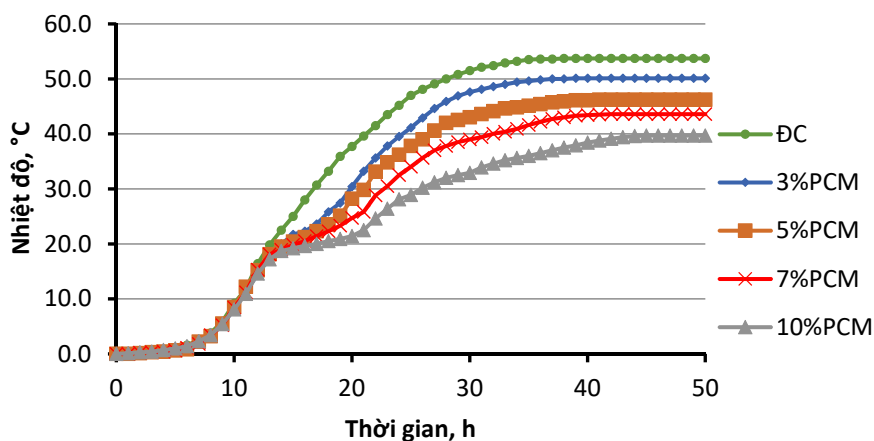
Ở giai đoạn đầu < 50 °C, tốc độ tăng nhiệt của các mẫu ít thay đổi, tại vùng nhiệt độ 50°C đường tăng đoạn nhiệt giảm độ dốc, điều này chứng tỏ

PCM chuyển pha tại nhiệt độ này và hấp thụ nhiệt độ tỏa ra.

PCM sử dụng gốc strontium có nhiệt độ chuyển pha từ rắn sang lỏng khoảng nhiệt độ 89°C, điều này chứng tỏ nhà sản xuất đã sử dụng một số thành phần khác làm giảm nhiệt độ chuyển pha xảy ra ở vùng 50°C (Hình 7).



Hình 7. Đồ thị tăng nhiệt độ trong điều kiện đoạn nhiệt



Hình 8. Đồ thị nhiệt độ gia tăng trong điều kiện đoạn nhiệt

5. KẾT LUẬN

Vật liệu chuyển pha làm tăng lượng nước tiêu chuẩn và kéo dài thời gian đông kết của vữa xi măng.

Khi tăng tỷ lệ PCM trong xi măng làm suy giảm cường độ do sự thay thế PCM trong xi măng mà PCM không có hoạt tính cường độ.

Khi tăng tỷ lệ dùng PCM khả năng giảm nhiệt độ T_{max} trong khối đổ tăng lên. Khi tỷ lệ dùng PCM lớn lượng nhiệt được hấp thụ vào lớn hơn. Để sử dụng hiệu quả PCM phát huy hiệu quả trong bê tông khối lớn cần tính toán giảm nhiệt phù hợp để bê tông không vượt quá T_{max} mà vẫn đảm bảo về kinh tế và không ảnh hưởng đến cường độ của bê tông.

Nếu không có nghiên cứu chi tiết, tỷ lệ dùng PCM không nên vượt quá 7% xi măng.

Bài báo được nghiên cứu trên nền vữa xi măng, để ứng dụng hiệu quả vào bê tông cần căn cứ vào kết quả trên bê tông đặc biệt trên mẫu thử khối lớn để đánh giá song song giữa cường độ nén và nhiệt độ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Quang Hiệp, 2005. *Nghiên cứu chế tạo bê tông đầm lăn cho đập và mặt đường trong điều kiện Việt Nam*. Luận án TSKT, Hà Nội.
- [2] Hyun-Do Yun¹, Kyung-Lim Ahn¹, Seok-Joon Jang, Bae-Su Khil, Wan-Shin Park and Sun-Woo Kim. *Thermal and Mechanical Behaviors of Concrete with Incorporation of Strontium-Based Phase Change Material (PCM)*. International Journal of Concrete Structures and Materials.
- [3] Won-Chang Choi, Bae-Soo Khil, Young-Seok Chae, Qi-Bo Liang, and Hyun-Do Yun. *Research Article "Feasibility of Using Phase Change Materials to Control the Heat of Hydration in Massive Concrete Structures"* Hindawi Publishing Corporation the Scientific World Journal Volume 2014.