

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG GIẢI PHÁP VẬT LIỆU ĐỂ TĂNG CƯỜNG ĐỘ VÀ TÍNH BỀN CỦA BÊ TÔNG ỨNG DỤNG CHO CÁC CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

Nguyễn Quang Phú, Nguyễn Thanh Huyền

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Trong nghiên cứu đã sử dụng phải pháp vật liệu là phụ gia khoáng siêu mịn Silica fume (SF) thay thế một phần xi măng Pooclang, kết hợp với phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao thiết kế thành phần bê tông tự lèn có cường độ và mức chống thấm cao. Bên cạnh đó, sử dụng sơn chống thấm để quét bề mặt bê tông ngay sau khi thi công, đảm bảo cho cấu trúc bê tông đặc chắc, cường độ nén tăng 14,8% với cấp phối bê tông đối chứng (bê tông sử dụng 100% XM Po) và tăng 21,6% đối với bê tông có sử dụng PGK siêu mịn SF; còn mức chống thấm tăng lên rất cao ($W_{10} \div W_{12}$), tăng từ 1 đến 2 cấp so với tiêu chuẩn yêu cầu. Vì vậy, để tăng cường độ và độ đặc chắc cho bê tông, trong thiết kế cần sử dụng các loại PGK để hạn chế các thành phần hóa học $Ca(OH)_2$ gây nên hiện tượng xâm thực bê tông, tăng các sản phẩm C-S-H trong cấu trúc của bê tông, từ đó sẽ tăng độ đặc chắc của bê tông, làm tăng cường độ và tính bền cho bê tông.

Từ khóa: Bê tông tự lèn, Silica fume, phụ gia siêu dẻo.

Summary: In the study, the material method used was the superfine mineral additive is Silica fume (SF) to replace part of the Portland cement, combined with a high-level water-reducing superplasticizer to design a self-compacting concrete with high strength and waterproof grade. In addition, using waterproof paint to brush the concrete surface immediately after construction ensures a solid concrete structure, compressive strength increases by 14.8% compared to the control concrete mix (concrete using 100% Portland cement) and increases by 21.6% for concrete using superfine mineral additive (SF); The waterproof grade is also increased very high ($W_{10} \div W_{12}$), increasing from 1 to 2 levels compared to the required standard. Therefore, to increase the strength and density of concrete, in the design it is necessary to use mineral additive to limit the chemical components $Ca(OH)_2$ that cause concrete erosion, increase C-S-H products in the structure of concrete, thereby increasing the density of concrete, increasing the strength and durability of concrete.

Keywords: Self-compacting concrete, Silica fume, superplasticizer.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay kết cấu bê tông (BT) và bê tông cốt thép (BTCT) đã được sử dụng phổ biến để xây dựng các công trình Dân dụng và Công nghiệp, Giao thông, Thủy lợi, Quốc phòng v.v..., bê tông cốt thép đã chứng minh được

tính ưu điểm của nó. Tuy nhiên, ngoài những đặc điểm ưu việt của loại vật liệu này như độ bền cao, biến dạng ít, tương đối ổn định trong môi trường khí hậu thời tiết, dễ tạo hình v.v... thì bê tông cốt thép còn bộc lộ nhiều nhược điểm như dễ bị xâm thực trong các môi trường nước và môi trường không khí có các tác nhân gây hại cho các sản phẩm thủy hóa của xi măng và cốt thép, cũng như các loại vật liệu khác tạo nên bê tông. Những nhược điểm này

Ngày nhận bài: 18/11/2025

Ngày thông qua phản biện: 10/12/2025

Ngày duyệt đăng: 14/01/2026

là nguyên nhân quan trọng dẫn đến tình trạng xuống cấp của các kết cấu BT và BTCT, giảm khả năng chịu tải, tăng biến dạng, có khi dẫn đến những sự cố gây sụp đổ công trình xây dựng.

Sự tồn tại lâu dài của công trình phụ thuộc vào các điều kiện môi trường tại khu vực xây dựng, vật liệu xây dựng và sự cẩn thận khi vận hành. Sau thời gian khai thác, các kết cấu BT và BTCT bị hư hỏng, xuống cấp. Việc xác định đúng nguyên nhân gây hư hỏng, lựa chọn vật liệu và giải pháp sửa chữa, gia cường cho các kết cấu BT và BTCT một cách phù hợp sẽ mang lại thành công và hiệu quả cho các công trình xây dựng.

Hiện nay, việc xác định nguyên nhân gây hư hỏng kết cấu BTCT và giải pháp sửa chữa, nâng cấp vẫn còn nhiều ý kiến khác nhau. Trong đề tài này, sẽ đi vào việc xác định nguyên nhân của các dạng hư hỏng, phân tích các giải pháp vật liệu và công nghệ khả thi dựa trên cơ sở khoa học và thực tiễn, lựa chọn giải pháp và vật liệu phù hợp theo tiêu chí đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và điều kiện kinh tế - xã hội của từng loại công trình xây dựng khác nhau. Chính vì vậy, hướng nghiên cứu của đề tài về “*Nghiên cứu giải pháp vật liệu để tăng cường độ và tính bền cho bê tông ứng dụng cho các công trình Thủy lợi*” là thật sự cần thiết và có tính thực tiễn cao cho một số hạng mục kết cấu BT và BTCT các công trình Thủy lợi nói riêng và cho tất cả các công trình xây dựng khác nói chung.

Trong đề tài sẽ sử dụng *giải pháp vật liệu* để tăng cường độ và tính bền cho bê tông ngay từ khi thiết kế. Trong nghiên cứu, sẽ kết hợp phụ gia khoáng siêu mịn là Silica fume và phụ gia siêu dẻo giảm nước bậc cao để sản xuất bê tông, sau đó sử dụng thêm một loại vật liệu độc lập khác để tăng độ đặc chắc của bê tông, làm tăng cường độ và tính bền cho bê tông thiết kế, ứng dụng cho các công trình Thủy lợi,

tấm lát kê đê sông và đê biển, các công trình ven biển và hải đảo.

2. MỘT SỐ HƯ HỎNG CỦA BÊ TÔNG CÁC CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

2.1. Nguyên nhân gây hư hỏng bê tông các công trình Thủy lợi

Trong đá xi măng có một số thành phần hòa tan mà chủ yếu là Ca(OH)_2 do thành phần khoáng vật C_3S của XM Pooc lăng thủy phân thủy hóa ra bị hòa tan vào nước, nước cuốn trôi thành phần này rất nhanh làm cho kết cấu bê tông bị rỗng, làm cho cường độ bê tông giảm thấp, tính bền của bê tông (tính chống thấm, chống xâm thực, chống mài mòn) giảm mạnh.

Một số thành phần khoáng vật trong đá xi măng tác dụng với một số hóa chất trong môi trường nước và đất (nơi công trình bê tông làm việc) $\rightarrow$ sinh ra các hợp chất hòa tan, hoặc các thành phần gây nở thể tích làm cho bê tông bị rạn nứt, hoặc sinh ra các chất vô định hình (VDH) không có cường độ, không có khả năng kết dính, dẫn đến phá vỡ cấu trúc của bê tông.

2.2. Các dạng xâm thực gây hư hỏng BT các công trình Thủy lợi

2.2.1. Xâm thực hòa tan

Ca(OH)_2 do thành phần khoáng vật C_3S của XM Pooc lăng thủy phân thủy hóa ra bị hòa tan vào nước (nồng độ bão hòa là 1,3 gam CaO trong 1 lít nước, ở nhiệt độ 15°C).

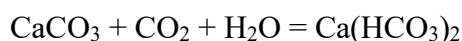
Nếu công trình bê tông làm việc trong môi trường nước chuyển động thường xuyên như các công trình Thủy lợi, các công trình ven biển và hải đảo, các cống lấy nước vùng triều.... thì xâm thực hòa tan xảy ra rất mạnh, làm cho kết cấu bê tông bị rỗng, làm giảm cường độ và độ bền của bê tông rất nhanh chóng.



Hình 1: Hiện tượng thẩm thấu vôi (Ca(OH)_2) (R_{bt} giảm từ 10-40% so với những vị trí bê tông đặc chắc)

2.2.2. Xâm thực Cacbonic (CO_2)

Xảy ra khi nước có chứa CO_2 (ở dạng axit yếu). Lượng CO_2 tăng hơn mức bình thường (tăng từ 15-20 mg/lít) sẽ làm vỡ màng cacbonat để tạo thành bicacbonat axit canxi dễ tan theo phản ứng:

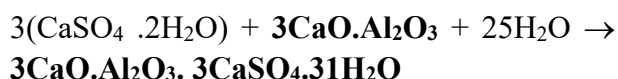


Khi bề mặt bê tông đã được cacbonat hóa sẽ bị hòa tan bởi môi trường nước xung quanh công trình, nước cuốn trôi các thành phần hòa tan sẽ làm cho cường độ bê tông giảm rất mạnh.

2.2.3. Xâm thực Sunfat

Trong môi trường nước hàm lượng ion $\text{SO}_4^{2-} > 250-300$ mg/l, xâm thực bê tông xảy ra đáng kể: $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$ làm tăng thể tích gấp 2,34 lần so với thể tích của Ca(OH)_2 làm nứt nẻ công trình bê tông.

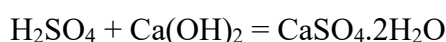
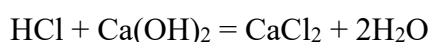
Ngoài ra, muối Sunfat tác dụng với sản phẩm C_3A của XM Pooclang:



Sự hình thành trong các lỗ rỗng đá xi măng loại sản phẩm ít tan Etringite với thể tích lớn hơn 3-4 lần sẽ gây áp lực tách lớp bê tông bảo vệ làm cốt thép bị ăn mòn. Ăn mòn Sunfat luôn luôn xảy ra đối với công trình ven biển, công trình tiếp xúc với nước thải công nghiệp và nước ngầm.

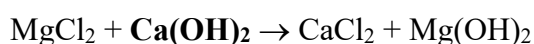
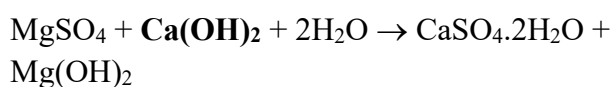
2.2.4. Xâm thực axit

Xảy ra trong dung dịch axit, có $\text{pH} < 7$. Axit tự do thường có trong nước thải công nghiệp và cũng có thể được tạo thành từ khí chứa lưu huỳnh trong các buồng đốt, trong không gian của các xí nghiệp công nghiệp, ngoài SO_2 còn có thể có các anhydrit của các axit khác, còn có Clo và các hợp chất chứa Clo. Khi chúng hòa tan vào nước bám trên bề mặt kết cấu bê tông cốt thép sẽ tạo nên các axit, ví dụ như HCl và H_2SO_4 axit tác dụng với Ca(OH)_2 trong đá xi măng tạo ra những muối tan (CaCl_2), muối tăng thể tích ($\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$). Ngoài ra axit có thể phá hủy cả silicat canxi.

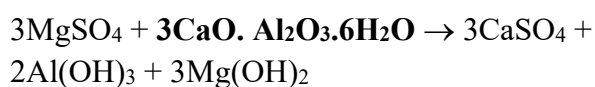


2.2.5. Xâm thực Magiê

Gây ra do các loại muối chứa magie trong nước biển, nước ngầm, nước chứa muối khoáng tác dụng với Ca(OH)_2 tạo ra các sản phẩm dễ tan [CaCl_2 ; $\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$] hoặc không có khả năng dính kết [Al(OH)_3 ; Mg(OH)_2]:



MgSO_4 tác dụng với $\text{C}_3\text{A}.6\text{H}_2\text{O}$ trong đá xi măng theo phản ứng:



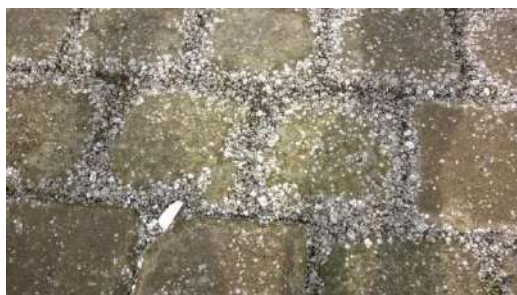
Các sản phẩm tạo thành có CaCl_2 hòa tan rất mạnh, $\text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$ nở thể tích, gây nứt nẻ bê tông; Mg(OH)_2 và Al(OH)_3 là các chất VĐH, không có cường độ, không có khả năng kết dính $\rightarrow$ làm cho cấu trúc bê tông bị phá hủy rất nhanh chóng.

2.2.6. Xâm thực ion Clo

Xâm thực cốt thép trong môi trường nước có chứa ion Cl^- cũng là nguyên nhân chính gây phá hủy các công trình BTCT khu vực ven biển.

Do sản phẩm xâm thực (gỉ sắt) nở thể tích $4 \div 6$ lần sẽ gây ứng suất làm nứt bê tông bảo vệ dọc theo các thanh cốt thép bị xâm thực, tạo điều kiện thuận lợi cho sự xâm nhập ngày càng nhanh Cl^- vào bên trong khối bê tông, dẫn đến tốc độ xâm thực cốt thép phát triển mạnh hơn và công trình xây dựng nhanh chóng bị phá hủy.

2.2.7. Xâm thực vi sinh vật



Hình 2: Hiện tượng các con hà, vi sinh vật bám vào bề mặt bê tông và ăn mòn



Hình 3: Hiện tượng sóng biển tác động vào bề mặt bê tông và ăn mòn, rửa trôi

2.3. Biện pháp hạn chế xâm thực bê tông các công trình Thủy lợi

Để bảo vệ đá xi măng khỏi bị ăn mòn một cách có hiệu quả, phải tùy từng trường hợp cụ thể mà áp dụng những biện pháp thích hợp sau đây:

Giảm các thành phần khoáng gây ăn mòn (CaO tự do, C_3A và C_3S) bằng cách lựa chọn thành phần nguyên liệu và áp dụng các biện pháp gia công nhiệt phù hợp.

Giảm thành phần gây ăn mòn lớn nhất $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ bằng cách tiến hành Cacbonat hóa trên bề mặt sản phẩm (cho tác dụng với CO_2 để tạo thành CaCO_3) hay silicat hóa (cho tác

Hiện tượng các vi sinh vật thủy sinh trong môi trường nước, các con hà bám vào bề mặt bê tông và ăn mòn bề mặt bê tông làm cho các hóa chất có hại nước dễ dàng xâm nhập vào bên trong bê tông, gây nên các hiện tượng xâm thực hóa học khác.

2.2.8. Xâm thực cơ học

Dưới tác dụng của dòng nước chảy xiết, sóng biển và thủy triều lên xuống tác động mạnh vào bề mặt các kết cấu bê tông dẫn đến bào mòn rất mạnh bề mặt bê tông, gây nên hiện tượng rửa trôi các khoáng trong đá xi măng rất nhanh. Ngoài ra, các vật trôi nổi trên dòng nước tác động cơ học vào bề mặt công trình bê tông làm bào mòn kết cấu bê tông, gây nên hiện tượng xâm thực cơ học rất mạnh.

dụng với SiO_2 vô định hình) có trong các loại phụ gia khoáng.

Sử dụng các biện pháp cấu trúc để tăng cường độ đặc chắc cho vật liệu đá nhân tạo bằng công nghệ thi công kết hợp với lựa chọn thành phần vật liệu phù hợp.

Làm cho bề mặt vật liệu nhẵn phẳng. Ngăn cách vật liệu với môi trường ăn mòn bằng cách ốp lớp vật liệu chống ăn mòn tốt bên ngoài.

Thoát nước cho công trình, ngăn sự tiếp xúc của nước với bề mặt bê tông công trình.

Tùy thuộc vào tính chất của môi trường ăn mòn mà lựa chọn sử dụng loại xi măng cho phù hợp.

Nói chung, cần sử dụng giải pháp về sử dụng vật liệu trong thiết kế thành phần bê tông và giải pháp trong thi công công trình bê tông để hạn chế các dạng xâm thực phá hủy các kết cấu bê tông và BTCT các công trình Thủy lợi.

a). Giải pháp về vật liệu:

+ Dùng các loại XM đặc biệt (XM bền sun phat, XM bền axit.....).

+ Pha phụ gia khoáng hoạt tính (thay thế 1 phần XM).

+ Thiết kế cấp phối bê tông hợp lý (tối ưu hóa điều kiện chống thấm, điều kiện bền), pha các loại phụ gia siêu dẻo giảm nước.

b). Giải pháp về công trình:

+ Tăng độ đặc cho bê tông.

+ Xử lý môi trường nước xung quanh công trình xây dựng.

+ Gia cố mặt ngoài công trình bê tông.

3. SỬ DỤNG GIẢI PHÁP VẬT LIỆU ĐỂ TĂNG CƯỜNG ĐỘ VÀ TÍNH BỀN CHO BÊ TÔNG

3.1. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

3.1.1. Xi măng

Đề tài sử dụng xi măng PCB40 Hoàng Thạch để thiết kế bê tông tự lèn; kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu cơ lý của xi măng như trong Bảng 1 đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6260:2020.

Bảng 1: Kết quả thí nghiệm một số chỉ tiêu cơ lý của xi măng

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	3,12
2	Độ mịn (lượng sót trên sàng 0,08 mm)	%	4,5
3	Lượng nước tiêu chuẩn	%	29,8
4	Thời gian bắt đầu đông kết	phút	118
	Thời gian kết thúc đông kết	phút	314
5	Độ ổn định thể tích	mm	1,6
6	Giới hạn bền nén tuổi 3 ngày	N/mm ²	24,5
	Giới hạn bền nén tuổi 28 ngày	N/mm ²	48,5

3.1.2. Phụ gia khoáng hoạt tính

Phụ gia khoáng sử dụng là Silica fume (SF) của hãng ELKEM thay thế một phần xi măng trong thiết kế cấp phối bê tông tự lèn so sánh tính chất với bê tông sử dụng

100%XM Pooclăng. Các tính chất kỹ thuật của Silica fume được phân tích, kết quả như Bảng 2. Kết quả cho thấy Silica fume đảm bảo yêu cầu kỹ thuật theo ASTM C 1240-00.

Bảng 2: Tính chất kỹ thuật của Silica fume

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả	Yêu cầu kỹ thuật ASTM C 1240-00
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,36	-
2	Độ ẩm	%	1,66	-
3	Hàm lượng mất khi nung	%	2,86	≤ 6,0
4	Hàm lượng SiO ₂	%	90,5	SiO ₂ ≥ 85,0
5	Hàm lượng SO ₃	%	0,05	< 2,0
6	Hàm lượng CaO	%	0,68	< 1,0
7	Hàm lượng Cl ⁻	%	0,011	< 0,3

3.1.3. Cốt liệu mịn (cát)

Cốt liệu mịn là một phần rất quan trọng của hỗn hợp bê tông (HHTB), nó ảnh hưởng đến độ chảy xèo và khả năng điền đầy của hỗn hợp BTTL trong quá trình thi công. Trong đề tài sử dụng cát

tự nhiên (cát sông), cát được lấy từ công trình xây dựng và đưa về tại phòng thí nghiệm vật liệu để kiểm tra. Kết quả thí nghiệm cát dùng chế tạo bê tông có các chỉ tiêu cơ lý phù hợp TCVN 7570-2006 trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3: Tính chất cơ lý của cát

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,68
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1,67
3	Độ hồng	%	37,7
4	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	1,10
5	Mô đun độ lớn	-	2,86
6	Tạp chất hữu cơ	-	Đạt
7	Thành phần hạt	-	Đạt

3.1.4. Cốt liệu thô (đá dăm)

Đá dăm lấy ở công trình xây dựng và được đưa về phòng để thí nghiệm, đá dăm cỡ hạt (5-

20) mm có thành phần hạt và tính chất cơ lý đạt tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 được trình bày tại Bảng 4.

Bảng 4: Tính chất cơ lý của đá dăm

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,72
2	Khối lượng thể tích xốp	g/cm ³	1,65
3	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0,15
4	Hàm lượng thoi dẹt	%	2,8
5	Độ hút nước	%	0,66
6	Thành phần hạt	-	Đạt

3.1.5. Nước trộn và bảo dưỡng bê tông

Nước sử dụng để trộn và bảo dưỡng bê tông là nước sinh hoạt phù hợp tiêu chuẩn TCVN 4506:2022.

3.1.6. Phụ gia hoá học

Để hỗn hợp bê tông có tính công tác và khả năng lèn chặt tốt thì hỗn hợp bê tông thiết kế không được phép xảy ra hiện tượng phân tầng và tách nước. Thông thường, khi chế tạo BTTL phải sử dụng phụ gia tăng tính lưu biến, tuy nhiên đề tài nghiên cứu đã sử dụng phụ gia siêu dẻo (PGSD) giảm

nước bậc cao gốc Polycarboxylate (PC) để thay thế, thông qua thí nghiệm để xác định tỷ lệ pha trộn hợp lý, đảm bảo tính công tác yêu cầu của hỗn hợp bê tông và mác bê tông thiết kế.

3.2. Thiết kế và thí nghiệm bê tông

Đề tài thiết kế thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông đối chứng mác M30 với cấp phối 100% xi măng Poóc-lăng (CP1). Sau đó, thay thế một phần SF: 10% Silica fume (SF) và 90% xi măng Poóc-lăng (CP2). Thành phần vật liệu như trong Bảng 5.

Bảng 5: Thành phần vật liệu cho 1m³ BTTL

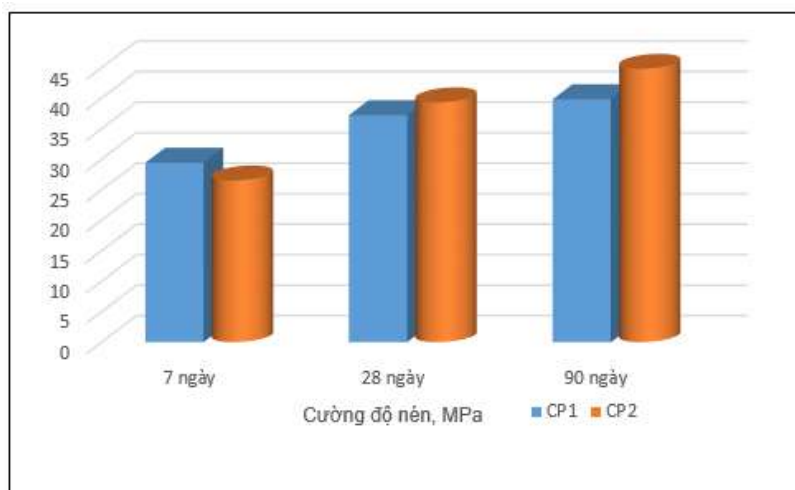
Cấp phối	Xi măng	SF	Cát	Đá	Nước	PGSD
CP1	386,0	-	805	960	177	5,8
CP2	347,4	38,6	782	955	177	5,8

Sau khi thiết kế thành phần vật liệu cho 1m³ bê tông, tiến hành phối trộn vật liệu đúng tiêu chuẩn và thí nghiệm xác định tính công tác của các hỗn hợp BTTL như độ chảy xòe, sau đó đúc mẫu theo kích thước tiêu chuẩn

(15x15x15)cm, bảo dưỡng và thí nghiệm kiểm tra cường độ nén của bê tông ở 7, 28 và 90 ngày tuổi. Kết quả một số tính chất kỹ thuật của bê tông thiết kế như trong Bảng 6 và Hình 4.

Bảng 6: Kết quả thí nghiệm các tính chất kỹ thuật của bê tông

Cấp phối	Độ chảy xòe (cm)	Cường độ nén, MPa		
		7 ngày	28 ngày	90 ngày
CP1	85,5	29,4	37,2	39,8
CP2	83,0	26,5	39,3	44,8

**Hình 4: Biểu đồ so sánh cường độ nén của 2 cấp phối bê tông**

Nhận xét: Hỗn hợp bê tông tự lèn (BTTL) 100% XM Pooclang và BT có sử dụng PGK siêu mịn là Silica fume (SF), kết hợp phụ gia siêu dẻo giảm nước hợp lý có độ chảy xòe thỏa mãn yêu cầu thiết kế ($D_x = 65 \div 85$ cm, theo TCVN 12209:2018).

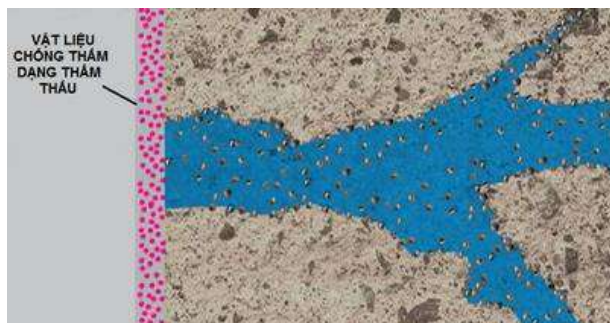
Cường độ 7 ngày tuổi của bê tông mẫu đối chứng không có phụ gia khoáng cao hơn, nhưng cường độ 28 ngày và 90 ngày thấp hơn cường độ BT có PGK siêu mịn SF. Nguyên nhân vì ở giai đoạn đầu thủy hoá của

XM Po, phản ứng puzolanic của SF chậm hơn phản ứng thủy hóa của XM Po, nhưng về sau phản ứng puzolanic phát triển mạnh, làm tăng cường độ của bê tông. Điều này cho thấy các thành phần Ca(OH)_2 do C_3S của XM Pooclang thủy phân ra được kết hợp triệt để với thành phần hoạt tính SiO_2 vô định hình có trong SF (phản ứng hoạt tính) tạo ra các thành phần khoáng rắn chắc C-S-H, làm tăng cường độ bê tông và giảm hiện tượng xâm thực của bê tông.

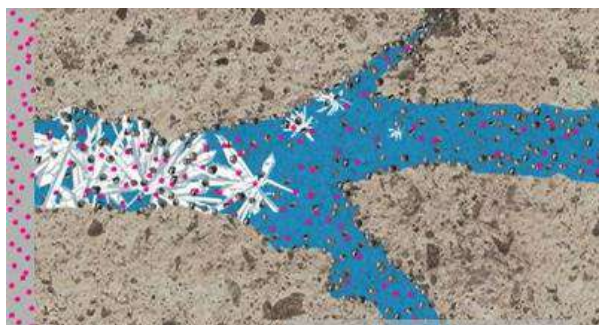
3.3. Nghiên cứu giải pháp tăng cường độ và mác chống thấm cho bê tông

Để tăng cường độ và mác chống thấm cho các mẫu bê tông, đề tài sử dụng giải pháp vật liệu: sử dụng *sơn chống thấm thấm thấu kết tinh gốc xi măng (TTKT GXM)* quét mặt ngoài của các mẫu bê tông thiết kế, bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn, tiến hành thí nghiệm xác định cường độ nén và mác chống thấm của các mẫu bê tông để so sánh với các mẫu bê tông được chế tạo thông thường, từ đó đề xuất giải pháp tăng cường độ và tính bền cho bê tông thi công các công trình Thủy lợi.

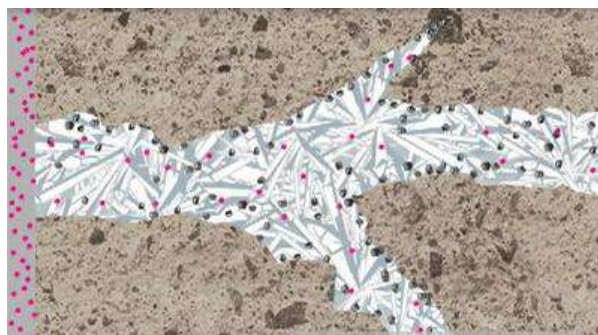
Bê tông là vật liệu bị thấm nước qua hệ thống mao quản và lỗ rỗng thông nhau, vì vậy cần phải bịt kín các lỗ rỗng và mao quản để ngăn chặn nước thấm qua bê tông.



Hình 5: Quét sơn TTKT GXM lên khu vực cần chống thấm



Hình 6: Quá trình hình thành tinh thể C-S-H kháng nước và sự điền đầy trong các lỗ rỗng mao quản của BT



Hình 7: Sự điền đầy các lỗ rỗng mao quản và tăng độ đặc chắc của BT

Các mẫu bê tông thí nghiệm mác chống thấm được chuẩn bị và thí nghiệm theo TCVN 3116:2007. Đúc 06 mẫu kích thước (D15xH15)cm cho mỗi cấp phối bê tông, mẫu được bảo dưỡng 28 ngày trong điều kiện tiêu chuẩn, sau đó tiến hành kiểm tra mác chống thấm.



Hình 8: Thí nghiệm mác chống thấm của bê tông

Kết quả thí nghiệm cường độ nén R_n^{28} (MPa) và mác chống thấm W(at) sau 28 ngày tuổi của các cấp phối bê tông thiết kế không sử dụng và có sử dụng quét sơn chống thấm TTKT GXM được thể hiện trong Bảng 7.

Bảng 7: Kết quả thí nghiệm Rn²⁸ và W

Cấp phối	Mác chống thấm, W (at)		Cường độ nén, Rn²⁸ (MPa)	
	<i>Không sơn CT</i>	<i>Có sơn CT</i>	<i>Không sơn CT</i>	<i>Có sơn CT</i>
CP1	W8	W10	37,2	42,7
CP2	W10	W12	39,3	47,8

Nhận xét: Tất cả các mẫu bê tông thiết kế đều đạt mức chống thấm yêu cầu của bê tông dùng cho các công trình thủy lợi (TCVN 8218-2009 - Bê tông thủy công - Yêu cầu kỹ thuật). Khi bê tông có sử dụng 1 lớp sơn chống thấm thẩm thấu kết tinh gốc XM thì mức chống thấm tăng lên rất cao (W10 ÷ W12), tăng từ 1 đến 2 cấp so với tiêu chuẩn yêu cầu, điều này cho thấy khi sử dụng PGK siêu mịn Silica fume, kết hợp lượng dùng PGSD bậc cao hợp lý trong thiết kế bê tông tự lèn, sẽ chế tạo được loại bê tông có độ đặc chắc rất cao, điều này phù hợp với cường độ nén của bê tông thí nghiệm được.

Về cường độ nén ở tuổi 28 ngày, thì các mẫu bê tông *có sử dụng sơn chống thấm* cao hơn rất nhiều so với mẫu bê tông *không sử dụng sơn chống thấm*, tăng 14,8% với cấp phối bê tông đối chứng (BT sử dụng 100% XM Po) và tăng 21,6% đối với BT có sử dụng PGK siêu mịn SF. Vì vậy, để tăng cường độ và độ đặc chắc cho bê tông, trong thiết kế cần sử dụng các loại PGK để hạn chế các thành phần hóa học gây nên hiện tượng xâm thực bê tông, tăng các sản phẩm C-S-H trong cấu trúc của bê tông, từ đó sẽ tăng độ đặc chắc của bê tông, làm tăng cường độ và tính bền cho bê tông.

Trong sản xuất BTTL ứng dụng thi công các công trình Thủy lợi, muốn tăng mức chống thấm cho bê tông thiết kế, cần thiết phải điều chỉnh lượng PGSD một cách hợp lý nhất, nhằm giảm lượng nước trộn bê tông, tăng độ đặc chắc của bê tông và làm tăng mức chống thấm cho bê tông. Khi mức chống thấm của bê tông tăng lên, đồng nghĩa với việc xâm nhập của nước vào trong công trình bê tông bị hạn

chế, làm giảm hiện tượng xâm thực cho bê tông, tăng tính bền và tuổi thọ cho các công trình bê tông.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bê tông và bê tông cốt thép có tính ưu việt trong thi công các công trình xây dựng, tuy nhiên chúng lại dễ bị xâm thực, hư hỏng trong các môi trường nước và môi trường không khí có các tác nhân gây hại cho bê tông. Đây là nguyên nhân dẫn đến tình trạng xuống cấp của các kết cấu BT và BTCT, giảm khả năng chịu tải, giảm tuổi thọ công trình bê tông. Vì vậy cần thiết phải đưa ra các giải pháp từ khâu thiết kế đến khâu thi công bê tông, nhằm giảm thiểu các hư hỏng bê tông cho các công trình.

Các kết cấu BT và BTCT các công trình xây dựng nói chung và các công trình Thủy lợi nói riêng đều có thể xảy ra các hư hỏng bê tông ngay trong quá trình xây dựng hoặc sau một thời gian công trình đưa vào sử dụng. Vì vậy trong quá trình thiết kế và thi công các hạng mục công trình, cần phải tuân thủ nghiêm ngặt theo các tiêu chuẩn thiết kế và thi công hiện hành.

Trong thiết kế thành phần BTTL, sử dụng PGK hoạt tính siêu mịn Silica fume để các thành phần hoạt tính phản ứng với Ca(OH)₂ tạo các khoáng rắn chắc C-S-H, làm giảm tác nhân để tạo thành Ettringite, làm tăng độ đặc chắc cấu trúc bê tông, hạn chế đáng kể khả năng xâm nhập của các tác nhân gây ăn mòn bê tông, từ đó làm tăng cường độ và tăng tính bền cho bê tông.

Giải pháp tối ưu hóa điều kiện chống thấm trong sản xuất BTTL, sử dụng giải pháp vật liệu để tăng cường độ và tính bền cho bê tông

là hết sức cần thiết, nhằm giảm thiểu các hư hỏng bê tông trong quá trình thi công và khi đưa vào sử dụng. Qua đó tăng độ đặc của bê tông rắn chắc và giảm hiện tượng xâm thực cho bê tông sử dụng trong môi trường nước, rất hiệu quả với các công trình Thủy lợi.

Ngoài giải pháp về vật liệu để tăng cường độ và tính bền cho bê tông, cần nghiên cứu các giải pháp công trình và công nghệ bê tông, để sản xuất các loại bê tông tính năng cao, ứng dụng thi công hiệu quả cho tất cả các công trình xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ACI (American Concrete Institute), “ACI 237R-07: Self-Consolidating Concrete,” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA, 2007.
- [2] ASTM C1138:05, *Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete* (Underwater Method).
- [3] ASTM C494-86: *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*.
- [4] Cao Duy Tiến. “Chống ăn mòn các công trình bê tông và bê tông cốt thép vùng biển Việt Nam”. Hội thảo chống ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép vùng biển Việt Nam, Hà Nội 19, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng.
- [5] European Norms, “Testing fresh concrete - Part 8: Self-compacting concrete -Slump-flow test,” En 12350-8:2010. 2010.
- [6] Hoàng Phó Uyên (2004). “Một số kết quả nghiên cứu ứng dụng bê tông tự lèn trong xây dựng thủy lợi”. Tạp chí NN&PTNT 1/2004 (81-83).
- [7] Hoàng Phó Uyên, Nguyễn Quang Bình (2007). “Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu ứng dụng công nghệ bê tông tự lèn vào công trình Thủy lợi”, Hà Nội năm 2007.
- [8] Hoàng Phó Uyên, Nguyễn Quang Phú, Lê Văn Đồng và nnc (2012). “Hội thảo một số kết quả nghiên cứu ứng dụng bê tông tự lèn trong xây dựng Thủy lợi”, 6/2012.
- [9] Nguyễn Như Quý (2010). “Nghiên cứu chế tạo bê tông tự lèn sử dụng vật liệu sẵn có trong điều kiện Việt Nam”. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ - Trường Đại học xây dựng Hà Nội 2010.
- [10] Nguyễn Tiến Trung, Nguyễn Văn Sơn, Vũ Khắc Tam (2018), “Ảnh hưởng của tro trấu đến cường độ, tính chống thấm của bê tông thủy công”, Tạp chí Khoa học và công nghệ Thủy lợi.
- [11] Nguyễn Văn Chánh (2008), “BTTL sản xuất kiểm nghiệm và thi công”, Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM.
- [12] Nguyễn Văn Chánh, Phan Xuân Hoàng, Nguyễn Ninh Thụy (2000). “Bê Tông tự lèn”. Tạp chí phát triển khoa học công nghệ Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Vol 3, Tháng 5/6/2000 (72-79).
- [13] SCC European Project Group, “The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use,” 2005.
- [14] TCVN 11586:2016, “Xi hạt lò cao nghiên cứu mịn dùng cho bê tông và vữa”.
- [15] TCVN 11586:2016, “Xi hạt lò cao nghiên cứu mịn dùng cho bê tông và vữa”.
- [16] TCVN 12209:2018, Bê tông tự lèn – Yêu cầu kỹ thuật.
- [17] TCVN 2682:2009: Xi măng Poóc lăng - Yêu cầu kỹ thuật.
- [18] TCVN 6260:2020: Xi măng Poóc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật.
- [19] TCVN 3105:2022: Hỗn hợp bê tông và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.

- [20] TCVN 3105:2022: *Hỗn hợp bê tông và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.*
- [21] TCVN 3106:2007: *Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt.*
- [22] TCVN 3118:2022: *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén.*
- [23] TCVN 3119:2022: *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ kéo khi uốn.*
- [24] TCVN 4030:2003: *Xi măng - Phương pháp xác định độ mịn.*
- [25] TCVN 4506:2022: *Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.*
- [26] TCVN 6016:1995: *Xi măng - phương pháp thử - xác định độ bền.*
- [27] TCVN 6017:1995: *Xi măng - phương pháp thử - xác định thời gian đông kết và độ ổn định.*
- [28] TCVN 6260:2009: *Xi măng Poóc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật.*
- [29] TCVN 7570:2006: *Cốt liệu cho bê tông và vữa. Yêu cầu kỹ thuật.*
- [30] TCVN 8218:2009, *Bê tông thủy công - Yêu cầu kỹ thuật. Hydraulic concrete - Technical requirements.*
- [31] TCVN 8826:2011: *Phụ gia hóa học cho bê tông.*
- [32] TCVN 8827:2011: *Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - Silicafume và tro trấu nghiền mịn.*
- [33] TCVN 9139:2012, *Công trình Thủy lợi - Kết cấu bê tông, bê tông cốt thép vùng ven biển - Yêu cầu kỹ thuật.*