

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



**LUẬN VĂN THẠC SĨ
PHAN HỮU ĐỨC**

**NGHIÊN CỨU TĂNG CƯỜNG KHẢ NĂNG CHỐNG ẼN
MÒN CHO BÊ TÔNG TRONG MÔI TRƯỜNG AXIT CỦA
CÁC LOẠI KHOÁNG HẠT MỊN**

**NGÀNH: KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG VÀ
CÔNG NGHIỆP**



Tp. Hồ Chí Minh, tháng 08/2019

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



HCMUTE

**CHUYÊN ĐỀ THẠC SĨ
PHAN HỮU ĐỨC
MSHV: 1780811**

**NGHIÊN CỨU TĂNG CƯỜNG KHẢ NĂNG CHỐNG
ĂN MÒN CHO BÊ TÔNG TRONG MÔI TRƯỜNG
AXIT CỦA CÁC LOẠI KHOÁNG HẠT MỊN**

**NGÀNH: KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH
DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP**

Hướng dẫn khoa học:
PGS. TS. PHAN ĐỨC HÙNG

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 8/2019

Số: 1592/QĐ-ĐHSPKT

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 28 tháng 8 năm 2018

QUYẾT ĐỊNH

Về việc giao đề tài luận văn tốt nghiệp và người hướng dẫn năm 2018

HIỆU TRƯỞNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

Căn cứ Quyết định số 426/TTg ngày 27 tháng 10 năm 1976 của Thủ tướng Chính phủ về một số vấn đề cấp bách trong mạng lưới các trường đại học và Quyết định số 118/2000/QĐ-TTg ngày 10 tháng 10 năm 2000 của Thủ tướng Chính phủ về việc tổ chức lại Đại học Quốc gia Thành Phố Hồ Chí Minh, tách Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh trực thuộc Bộ Giáo dục và Đào tạo;

Căn cứ Quyết định số 70/2014/QĐ-TTg ngày 10 tháng 12 năm 2014 của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành Điều lệ trường Đại học;

Căn cứ Quyết định số 937/QĐ-TTg ngày 30 tháng 6 năm 2017 về việc phê duyệt đề án thí điểm đổi mới cơ chế hoạt động của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh;

Căn cứ Thông tư số 15/2014/TT-BGDĐT ngày 15/5/2014 của Bộ Giáo dục và Đào tạo về việc Ban hành Quy chế đào tạo trình độ thạc sĩ;

Căn cứ vào Biên bản bảo vệ Chuyên đề của ngành Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng & công nghiệp vào ngày 24/08/2018;

Xét nhu cầu công tác và khả năng cán bộ;

Xét đề nghị của Trưởng phòng Đào tạo,

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Giao đề tài Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ và người hướng dẫn Cao học năm 2018 cho:

Học viên : *Phan Hữu Đức* MSHV: 1780811

Ngành : *Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng & công nghiệp*

Tên đề tài : *Nghiên cứu tăng cường khả năng chống ăn mòn cho bê tông trong môi trường axit của các loại khoáng hạt mịn.*

Người hướng dẫn : *PGS.TS. Phan Đức Hùng*

Thời gian thực hiện: *Từ ngày 28/8/2018 đến ngày 28/02/2019*

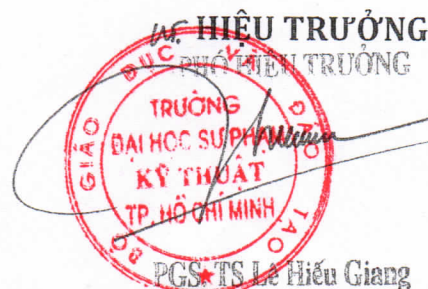
Điều 2. Giao cho Phòng Đào tạo quản lý, thực hiện theo đúng Quy chế đào tạo trình độ thạc sĩ của Bộ Giáo dục & Đào tạo ban hành.

Điều 3. Trưởng các đơn vị, phòng Đào tạo, các Khoa quản ngành cao học và các Ông (Bà) có tên tại Điều 1 chịu trách nhiệm thi hành quyết định này.

Quyết định có hiệu lực kể từ ngày ký./.

Nơi nhận :

- BGH (để biết);
- Như điều 3;
- Lưu: VT, SĐH (3b).



BIÊN BẢN CHẤM LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ NĂM 2019
NGÀNH: KỸ THUẬT XÂY DỰNG KHÓA 2017-2019

Hội đồng chấm LVTN theo QĐ số: 1315/QĐ-ĐHSPKT-SĐH, ngày 11/07/2019

Có mặt : Vắng mặt: 0

Chủ tịch Hội đồng : TS. Trần Tuấn Kiệt

Thư ký Hội đồng : TS. Lê Anh Thắng

Học viên bảo vệ LVTN : **Phan Hữu Đức**

MSHV: 1780811

Giảng viên hướng dẫn : PGS.TS. Phan Đức Hùng

Giảng viên phản biện : TS. Phạm Đức Thiện

TS. Nguyễn Đình Hùng

Tên đề tài LVTN : **Nghiên cứu tăng cường khả năng chống ăn mòn cho bê tông trong môi trường axit của các loại khoáng hạt mịn.**

I. KẾT QUẢ BẢO VỆ:

TT	Thành viên hội đồng	Kết quả bảo vệ	Ghi chú
1	TS. Trần Tuấn Kiệt	7,5	
2	TS. Lê Anh Thắng	8,0	
3	TS. Phạm Đức Thiện	7,9	
4	TS. Nguyễn Đình Hùng	8,0	
5	PGS.TS. Vũ Hồng Nghiệp	7,5	
Tổng điểm		38,9	
Điểm trung bình		7,78	

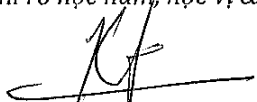
II. KẾT LUẬN:

(Thư ký hội đồng ghi rõ các ý kiến của thành viên hội đồng về việc chỉnh sửa, bổ sung những nội dung gì trong LVTN)

- Chỉ cần LV theo đơn k, q kien gop q an
2PB và TV hội đồng.

CHỦ TỊCH HỘI ĐỒNG

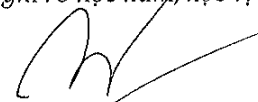
(Ký, ghi rõ học hàm, học vị & họ tên)


TS. Trần Tuấn Kiệt

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 21 tháng 7 năm 2019

THƯ KÝ HỘI ĐỒNG

(Ký, ghi rõ học hàm, học vị & họ tên)


Lê Anh Thắng



BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

PHIẾU NHẬN XÉT LUẬN VĂN THẠC SỸ
(Dành cho giảng viên phản biện)

Tên đề tài luận văn thạc sỹ: Nghiên cứu tăng cường khả năng chống ăn mòn cho bê tông trong môi trường axit của các loại khoáng hạt mịn.

Tên tác giả: PHAN HỮU ĐỨC

MSHV: 1780811

Ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp

Khóa: 2017

Định hướng: Ứng dụng

Họ và tên người phản biện: TS. Phạm Đức Thiện

Cơ quan công tác: Khoa Xây Dựng - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TpHCM

Điện thoại liên hệ: 0949596128

I. Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Về hình thức & kết cấu luận văn:

- Còn một số lỗi văn bản, lặp từ,...
- Xem thêm mục 2.5 của bảng nhận xét này.

2. Về nội dung:

2.1. Nhận xét về tính khoa học, rõ ràng, mạch lạc, khúc chiết trong luận văn

- Cần cải thiện thêm, xem mục 2.5 của bảng nhận xét này.

2.2. Nhận xét đánh giá việc sử dụng hoặc trích dẫn kết quả NC của người khác có đúng qui định hiện hành của pháp luật sở hữu trí tuệ

- Trích dẫn đúng quy định
- Trích dẫn nghiên cứu trong nước còn khá ít.

2.3. Nhận xét về mục tiêu nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu sử dụng trong LVTN

- Mục tiêu nghiên cứu rõ ràng, phương pháp nghiên cứu phù hợp.

2.4. Nhận xét Tổng quan của đề tài

- Phần tổng quan của đề tài khá tốt, tuy nhiên vẫn có thể được cải thiện, bổ sung nhận xét đánh giá để nêu bật được mục tiêu của đề tài một cách mạch lạc, rõ ràng và thuyết phục hơn.

2.5. Nhận xét đánh giá về nội dung & chất lượng của LVTN

- Chương tổng quan nêu nhiều nội dung, cần trích dẫn đầy đủ hơn để minh chứng.
- Mục 3.2.6 "...dưỡng hộ trong 28 ngày sau đúc mẫu để bê tông đạt cường độ cao nhất..." là chưa hợp lý.
- Không thấy trình bày cách xác định khối lượng trước và sau khi ngâm mẫu. Tác giả có cách nào để quy về khối lượng thể tích trước và sau khi ngâm không?
- Phần 4.1 Kiểm tra trực quan nên bổ sung nhiều hình ảnh mẫu từ chưa ngâm đến ngâm theo các mốc thời gian cho từng loại cấp phối và từng loại dung dịch và nồng độ dung dịch để có cái nhìn tổng quát hơn. Nên bổ sung thêm các giải thích và biện luận cho phần kiểm tra trực quan này.
- Hình 4.3 cột 2 và 3 nên ghi rõ 0%FA. Khoảng gia số mỗi bước 10% FA và 5% Silicafume là khá lớn, nếu tác giả thực hiện được thí nghiệm cho các hàm lượng xung quanh 10% FA và 10% Silicafume thì hàm lượng tối ưu sẽ được xác định chính xác và thuyết phục hơn.
- Ta đều biết rằng cường độ của bê tông xi măng tiếp tục tăng có thể đáng kể sau tuổi 28 ngày. Tác giả lại không có các mẫu không ngâm ở tuổi sau 28 ngày để so sánh mà chỉ so sánh cường độ mẫu ngâm với mẫu không ngâm ở 28 ngày tuổi là chưa thực sự thuyết phục.
- Các đồ thị cường độ, khối lượng mẫu nên thể hiện với trục ngang là thời gian (ngày) thì sẽ dễ theo dõi hơn.

2.6. Nhận xét đánh giá về khả năng ứng dụng, giá trị thực tiễn của đề tài

- Đề tài với các kết quả thực nghiệm đã thực hiện có thể dùng làm tài liệu tham khảo và cơ sở khoa học cho các nghiên cứu tiếp theo.

2.7. Luận văn cần chỉnh sửa, bổ sung những nội dung gì (thiết sót và tồn tại):

- Xem và chỉnh sửa theo mục 2.5 của bảng nhận xét này.

II. CÁC VẤN ĐỀ CẦN LÀM RÕ

(Các câu hỏi của giảng viên phản biện)

- 1/ Tác giả chỉ rõ sự khác biệt giữa đề tài nghiên cứu của mình so với nghiên cứu trích dẫn số [8] của tác giả A. K. Tamimi và trích dẫn số [23] của tác giả K. Torii?
- 2/ Tác giả trình bày cách xác định nồng độ acid nguyên liệu và dung dịch acid đã thí nghiệm? Giả sử chỉ dựa vào thông tin nhà cung cấp và tính toán pha dung dịch thì thí nghiệm có đáng tin cậy không?
- 3/ Tác giả trình bày rõ quy trình và điều kiện dưỡng hộ mẫu bê tông? Vì điều kiện dưỡng hộ này (khô, nhiệt ẩm hay ngâm trong nước,...) ảnh hưởng khá đáng kể đến kết quả đo khối lượng và kết quả ngâm acid về sau. Sau khi ngâm acid tác giả xử lý mẫu như thế nào trước khi đo khối lượng và nén thử cường độ?
- 4/ BẢNG 3.8 vì sao không có các cấp phối với 0% Silicafume và 10% FA, 0% Silicafume và 20% FA, để so sánh đánh giá được đầy đủ và thấy rõ ràng hơn ảnh hưởng của từng chất trong hỗn hợp bê tông?
- 5/ Do hạn chế về thời gian thí nghiệm, nồng độ dung dịch acid được tác giả lựa chọn khá lớn hơn so với điều kiện môi trường phổ biến thực tế. Tác giả có cách gì để quy đổi tốc độ ăn mòn này cho các nồng độ acid nhỏ hơn không?
- 6/ Hình 4.10, tác giả có thể giải thích rõ hơn cơ chế vì sao khi thêm silicafume và FA thì tỷ lệ mất khối lượng giảm, nhưng khi tăng FA đến 20% thì tỷ lệ mất khối lượng lại tăng đáng kể?

III. ĐÁNH GIÁ

TT	Mục đánh giá	Đánh giá	
		Đạt	Không đạt
1	Tính khoa học, rõ ràng, mạch lạc, khúc chiết trong luận văn	x	
2	Đánh giá việc sử dụng hoặc trích dẫn kết quả NC của người khác có đúng qui định hiện hành của pháp luật sở hữu trí tuệ	x	
3	Mục tiêu nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu sử dụng trong LVTN	x	
4	Tổng quan của đề tài	x	
5	Đánh giá về nội dung & chất lượng của LVTN	x	
6	Đánh giá về khả năng ứng dụng, giá trị thực tiễn của đề tài	x	

Đánh dấu chéo (x) vào ô muốn Đánh giá

III. KẾT LUẬN

(Giảng viên phản biện ghi rõ ý kiến “**Tán thành luận văn**” hay “**Không tán thành luận văn**”)

Tán thành luận văn, sau khi chỉnh sửa theo các góp ý của 2 PB và Hội đồng

TP.HCM, ngày 21 tháng 7 năm 2019

Người nhận xét

(Ký & ghi rõ họ tên)



TS. Phạm Đức Thiện



PHIẾU NHẬN XÉT LUẬN VĂN THẠC SỸ

(Dành cho giảng viên phản biện)

Tên đề tài luận văn thạc sỹ: Nghiên cứu tăng cường khả năng chống ăn mòn cho bê tông trong môi trường axit của các loại khoáng hạt mịn.

Tên tác giả: PHAN HỮU ĐỨC

MSHV: 1780811

Ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp

Khóa: 2017

Định hướng: Ứng dụng

Họ và tên người phản biện: TS.Nguyễn Đình Hùng

Cơ quan công tác: Đại học Quốc tế

Điện thoại liên hệ: 0698069559

I. Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Về hình thức & kết cấu luận văn:

Luận văn với kết cấu 5 chương gồm tổng quan, cơ sở lý thuyết nguyên vật liệu và phương pháp thí nghiệm, kết quả thí nghiệm và kết luận. Kết cấu luận văn phù hợp với yêu cầu của luận văn thạc sỹ.

2. Về nội dung:

2.1. Nhận xét về tính khoa học, rõ ràng, mạch lạc, khúc chiết trong luận văn

Tác giả đã tiếp thu kiến thức cơ bản về các loại ăn mòn axit trong bê tông và các kiến thức về vật liệu xây dựng trong xây dựng công trình. Các nguyên vật liệu được đánh giá và phân tích để sử dụng và quá trình thực hiện thí nghiệm rất bài bản, có chất lượng và độ tin cậy cao.

Kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng, bê tông bị ăn mòn bởi HCL là mạnh hơn so với H₂SO₄ sau thời gian bị ngâm 90 ngày. Khi sử dụng silica fume kết hợp với tro bay làm cho cường độ bê tông cao hơn, 10% Silica fume và 10% tro bay là cho kết quả cao nhất. Khối lượng mất mát của các mẫu bê tông có sử dụng silica fume và tro bay cũng giảm làm cho cường độ bê tông và chất lượng bê tông được tăng lên so với mẫu đối chứng.

2.2. Nhận xét đánh giá việc sử dụng hoặc trích dẫn kết quả NC của người khác có đúng qui định hiện hành của pháp luật sở hữu trí tuệ

Các trích dẫn đảm bảo yêu cầu.

2.3. Nhận xét về mục tiêu nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu sử dụng trong LVTN

Tác giả sử dụng phương pháp nghiên cứu phân tích, so sánh và đánh giá trong luận văn là phù hợp.

2.4. Nhận xét Tổng quan của đề tài

Luận văn đạt loại khá trở lên

2.5. Nhận xét đánh giá về nội dung & chất lượng của LVTN

Nội dung của luận văn đáp ứng yêu cầu của luận văn thạc sỹ.

2.6. Nhận xét đánh giá về khả năng ứng dụng, giá trị thực tiễn của đề tài

Kết quả của luận văn có tính thực tiễn, có thể áp dụng để tìm kết cấu phù hợp.

2.7. Luận văn cần chỉnh sửa, bổ sung những nội dung gì (thiết sót và tồn tại):

Đôi chỗ có các lỗi chính tả

II. CÁC VẤN ĐỀ CẦN LÀM RÕ

(Các câu hỏi của giảng viên phản biện)

1. Em hãy cho biết, liệu có thể đánh giá được hàm lượng HCl hay H₂SO₄ 5% và 10% thì tương đương trong thực tế với hàm lượng HCl hay H₂SO₄ 5 nhỏ bê tông có thể chịu được bao nhiêu lâu?
2. Em có thể nêu lý do tại sao lại chọn cấp phối bê tông thấp?

III. ĐÁNH GIÁ

TT	Mục đánh giá	Đánh giá	
		Đạt	Không đạt
1	Tính khoa học, rõ ràng, mạch lạc, khúc chiết trong luận văn	x	
2	Đánh giá việc sử dụng hoặc trích dẫn kết quả NC của người khác có đúng qui định hiện hành của pháp luật sở hữu trí tuệ	x	
3	Mục tiêu nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu sử dụng trong LVTN	x	
4	Tổng quan của đề tài	x	
5	Đánh giá về nội dung & chất lượng của LVTN	x	
6	Đánh giá về khả năng ứng dụng, giá trị thực tiễn của đề tài	x	

Đánh dấu chéo (x) vào ô muốn Đánh giá

III. KẾT LUẬN

(Giảng viên phản biện ghi rõ ý kiến “Tán thành luận văn” hay “Không tán thành luận văn”)

Tán thành luận văn

TP.HCM, ngày 21 tháng 7 năm 2019

Người nhận xét

(Ký & ghi rõ họ tên)



TS. Nguyễn Đình Hùng

LÝ LỊCH KHOA HỌC

I. LÝ LỊCH SƠ LƯỢC:

Họ và tên: **PHAN HỮU ĐỨC**

Giới tính: Nam

Ngày, tháng, năm sinh: 20/8/1988

Nơi sinh: Đồng Tháp

Quê quán: huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang

Dân tộc: Kinh

Chỗ ở riêng hoặc địa chỉ liên lạc: xã Bình Thành, huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang.

Điện thoại: 0974567870

E-mail: ducag67@gmail.com

II. QUÁ TRÌNH ĐÀO TẠO:

1. Trung học chuyên nghiệp:

Hệ đào tạo:

Thời gian đào tạo từ

đến

Nơi học (trường, thành phố):

Ngành học:

2. Đại học:

Hệ đào tạo: Vừa học vừa làm

Thời gian đào tạo: từ 2007 đến 2012

Nơi học (trường, thành phố): Đại học Tôn Đức Thắng TP. Hồ Chí Minh

Ngành học: Xây dựng công trình Dân dụng và Công nghiệp.

Tên đề án, luận án hoặc môn thi tốt nghiệp: Thiết kế Viện nghiên cứu Khoa học Nông nghiệp Miền Nam.

Ngày & nơi bảo vệ đề án, luận án hoặc thi tốt nghiệp: năm 2012 tại Đại học Tôn Đức Thắng thành phố Hồ Chí Minh

Người hướng dẫn: Th.S Võ Minh Thiện

3. Thạc sĩ:

Hệ đào tạo: Chính quy

Thời gian đào tạo: từ năm 2017 đến năm 2019

Nơi học (trường, thành phố): trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM

Ngành học: Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp.

Tên đề án, luận án hoặc môn thi tốt nghiệp: Nghiên cứu tăng cường khả năng chống ăn mòn cho bê tông trong môi trường axit của các loại khoáng hạt mịn.

Ngày & nơi bảo vệ đề án, luận án hoặc thi tốt nghiệp: ngày 21/7/2019 tại trường Đại học An Giang.

Người hướng dẫn: PGS.TS. Phan Đức Hùng.

4. Tiến sĩ:

Hệ đào tạo:

Thời gian đào tạo từ .../... đến .../ ...

Tại (trường, viện, nước):

Tên luận án:

Người hướng dẫn:

Ngày & nơi bảo vệ:

5. Trình độ ngoại ngữ (biết ngoại ngữ gì, mức độ): Anh văn cấp độ B1 khung Châu Âu.

6. Học vị, học hàm, chức vụ kỹ thuật được chính thức cấp; số bằng, ngày & nơi cấp:

III. QUÁ TRÌNH CÔNG TÁC CHUYÊN MÔN KỂ TỪ KHI TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC:

Thời gian	Nơi công tác	Công việc đảm nhiệm
2015 đến nay	Ban Quản lý Di tích Văn hoá Óc Eo tỉnh An Giang	Chuyên viên

IV. CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ:

XÁC NHẬN CỦA CƠ QUAN

(Ký tên, đóng dấu)

Ngày tháng 8 năm 2019

Người khai ký tên

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của Tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày tháng 8 năm 2019

(Ký tên và ghi rõ họ tên)

PHAN HỮU ĐỨC

LỜI CẢM ƠN

Sau thời gian học tập và rèn luyện tại trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành Phố Hồ Chí Minh, được sự hỗ trợ của quý Thầy, Cô trong trường Tôi đã hoàn thành luận văn tốt nghiệp. Tôi xin chân thành cảm ơn **Ban Giám Hiệu cùng quý Thầy, Cô** của trường đã tạo điều kiện thuận lợi cho Tôi học tập nâng cao cả tri thức và lối sống.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn đến **Ban Chủ nhiệm Khoa cùng các Thầy, Cô khoa Xây dựng** đã quan tâm, giảng dạy và truyền đạt kiến thức vô cùng quý báu trong quá trình học tập cũng như trong thời gian thực hiện luận văn tốt nghiệp của Tôi.

Và đặc biệt Tôi vô cùng biết ơn **Thầy Phan Đức Hùng** đã tận tình giúp đỡ và hỗ trợ chỉ bảo Tôi ngay từ bước đầu làm luận văn; trang bị và truyền đạt cho Tôi những kinh nghiệm, kiến thức quý báu để nghiên cứu, cũng như gợi mở những phương hướng để thực hiện, hoàn thành tốt đề tài tốt nghiệp.

Và cảm ơn các **bạn lớp XDC17B cũng như các lớp khác** đã nhiệt tình giúp đỡ chân thành góp ý kiến thức để luận văn hoàn chỉnh hơn.

Luận văn tốt nghiệp là quá trình nghiên cứu lâu dài và sự hỗ trợ của quý Thầy Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành Phố Hồ Chí Minh. Tuy rằng luận văn này được thực hiện với sự cố gắng lớn lao, nhưng cũng không ít sai sót trong quá trình nghiên cứu. Rất mong nhận được sự quan tâm góp ý kiến, cũng như chỉ bảo thật nhiều của quý Thầy, Cô để luận văn được hoàn thiện hơn.

Trân trọng!

Tp. Hồ Chí Minh, ngày tháng năm 2019

Học viên thực hiện

Phan Hữu Đức

Lớp XDC17B

TÓM TẮT

Đề tài nghiên cứu sự thay đổi về cường độ chịu nén và khối lượng của mẫu bê tông theo thời gian ngâm mẫu trong môi trường axit ăn mòn mạnh với nồng độ cao như dung dịch H_2SO_4 và HCl với nồng độ 5% và 10%. Nhằm đánh giá khả năng chống ăn mòn và độ bền của bê tông sử dụng các loại khoáng hạt mịn. Đề tài sử dụng hai cấp phối chỉ dùng phụ gia silicafume với tỷ lệ lần lượt là 5% và 10%; hai cấp phối dùng 5% silicafume kết hợp với tro bay lần lượt là 10% và 20%; thêm hai cấp phối tăng hàm lượng silicafume lên 10% kết hợp 10% và 20% tro bay; đề tài còn sử dụng một cấp phối bê tông với cốt liệu thông thường không dùng phụ gia để làm cấp phối kiểm chứng. Các mẫu bê tông dùng để thí nghiệm hình trụ có kích thước 10x20cm sau khi được tĩnh định 48 giờ sẽ được tháo khuôn và được dưỡng hộ trong 28 ngày sau đúc mẫu. Các mẫu được vệ sinh chảy nhẹ trên bề mặt để loại bỏ các tạp chất, đo kích thước và cân lấy số liệu về khối lượng ban đầu để đánh giá các chỉ tiêu về khả năng chống ăn mòn theo thời gian. Các hóa chất ngâm mẫu có dạng dung dịch đứng yên (không tác động đến dung dịch trong thời gian thí nghiệm). Các mốc thời gian thí nghiệm lần lượt là 0 ngày (không tiếp xúc với môi trường axit), 30 ngày, 60 ngày và 90 ngày ngâm mẫu với hoá chất. Các mẫu được lấy ra khỏi dung dịch hóa chất, lau sạch mẫu bằng khăn mềm và ngay sau đó tiến hành cân mẫu để xác định tình trạng mất trọng lượng do ăn mòn. Sau đó tiến hành nén mẫu để xác định cường độ chịu nén theo thời gian ngâm trong các loại axit với nồng độ khác nhau.

Qua thời gian thí nghiệm cho thấy, mức độ thay đổi tùy thuộc vào cấp phối bê tông, tính công tác và nồng độ của dung dịch axit. Cường độ nén của bê tông có khuynh hướng tăng khi tăng hàm lượng phụ gia silicafume lên 10% đồng thời khi kết hợp với 10% tro bay thì bê tông đạt cường độ cao nhất nhưng lại giảm khi tăng hàm lượng tro bay lên 20%. Kết quả thí nghiệm sau các mốc thời gian ngâm hoá chất cũng cho thấy các mẫu bê tông có cấp phối 10% silicafume kết hợp 10% tro bay có khối lượng giảm ít hơn so với các mẫu còn lại, đồng thời cường độ vẫn được duy trì cao hơn so với các cấp phối khác.

Từ khoá: Bê tông, silicafume, tro bay, ăn mòn.

ABSTRACT

The study analyzes the change in compressive strength and mass of concrete samples along with the period of soaking time in highly acidic environments with high concentrations such as H_2SO_4 and HCl solutions with concentrations of 5% and 10%. The study aims to assess the resistance to corrosion and durability of concrete using fine-grained minerals. The research contains two grades using only silicafume additives at the rate of 5% and 10% respectively; two grades of 5% silicafume combined with flying ash 10% and 20% respectively; besides adding two grades increases silicafume content to 10% combined 10% and 20% of fly ash; The topic also uses concrete with normal gradation without additives in order to be the verification level. The cylindrical concrete samples are tested with dimensions of 10x20cm after being fixed for 48 hours will be removed and cured for 28 days after casting to allow the concrete. Samples are lightly washed on the surface to remove impurities, measured the size and weighed the initial mass data to assess corrosion resistance criteria over time. The immersion chemicals are in a standing solution (do not affect the solution during the experiment). Experimental milestones are 0 days (no acid exposure), 30 days, 60 days and 90 days of immersion with chemicals respectively. Samples are removed from the chemical solution, cleaned with a soft cloth and immediately weighed the sample to determine the loss of weight due to corrosion. Then compressing the sample to determine the compressive strength according to the time of immersion in different types of acids.

Over time, it shows that the level of change depends on the concrete mixing level, workability and concentration of the acid solution. The compressive strength of concrete tends to increase when increasing the concentration of silicafume by 10% and when combined with 10% flying ash, the concrete reaches the highest intensity but it decreases when increasing the flying ash content to 20 % Experimental results after chemical immersion timings also show that concrete samples with 10% silica fume

mixtures combined with 10% flying ash remain a lower reduction in mass comparing to the remaining samples and still strength, it also maintains higher level than others.

Keywords: Concrete, silicafume, flying ash, corrosion.

MỤC LỤC

LÝ LỊCH KHOA HỌC	i
LỜI CAM ĐOAN	ii
LỜI CẢM ƠN	iii
TÓM TẮT	iv
ABSTRACT	v
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN	1
1.1 Tình hình nghiên cứu	1
1.1.1 Khái niệm bê tông sử dụng phụ gia khoáng hạt mịn	5
1.1.2 Tình hình nghiên cứu ngoài nước	6
1.1.3 Tình hình nghiên cứu trong nước.....	8
1.2 Nhận xét các đề tài	9
1.3 Nội dung của đề tài nghiên cứu	9
1.4 Mục tiêu của đề tài	10
1.5 Nhiệm vụ của đề tài	10
1.6 Phương pháp nghiên cứu	10
1.7 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	10
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT	12
2.1 Các loại phụ gia khoáng hạt mịn	12
2.1.1 Tro bay nhiệt điện	12
2.1.2 Muội Silic (Silicafume).....	14
2.1.3 Xi hạt lò cao nghiền mịn	16
2.1.4 Các puzolan tự nhiên nghiền mịn.....	16

2.2 Khái niệm về ăn mòn bê tông	18
2.2.1 Ăn mòn loại I (ăn mòn hòa tan)	19
2.2.2 Ăn mòn loại II.....	19
2.2.3 Ăn mòn loại III.....	21
2.2.4 Bê tông bị ăn mòn bởi axit hữu cơ CH_3COOH	22
2.2.5 Bê tông bị ăn mòn bởi dung dịch axit H_2SO_4	22
2.2.6 Bê tông bị ăn mòn bởi dung dịch axit HCl	22
2.2.7 Tốc độ ăn mòn.....	23
2.2.8 Các loại tốc độ ăn mòn.....	24
2.3 Sự làm việc của các thành phần khoáng hạt mịn trong bê tông nền	24
CHƯƠNG 3: NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP	28
THÍ NGHIỆM	28
3.1 Nguyên vật liệu	28
3.1.1 Xi măng.....	28
3.1.2 Cốt liệu lớn.....	29
3.1.3 Cốt liệu nhỏ	31
3.1.4 Nước.....	32
3.1.5 Tro bay	32
3.1.6 Silicafume	34
3.1.7 Thí nghiệm và ngâm trong dung dịch axit (H_2SO_4 và HCl).....	35
3.2 Phương pháp thí nghiệm	35
3.2.1 Quy trình và phương pháp thí nghiệm	35
3.2.2 Phương pháp tạo mẫu thí nghiệm	36

3.2.3 Thành phần cấp phối	36
3.2.4 Phương pháp xác định thành phần cấp phối	37
3.2.5 Đúc mẫu	37
3.2.6 Dưỡng hộ và thí nghiệm.....	39
3.2.7 Phương pháp xác định cường độ chịu nén của bê tông.....	40
CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM	42
4.1 Kiểm tra trực quan	42
4.1.1 Dung dịch axit H ₂ SO ₄	42
4.1.3 Dung dịch axit HCL.....	43
4.2 Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và silicafume đến khả năng chịu nén của bê tông	44
4.3 Ảnh hưởng của thành phần khoáng hạt mịn đến cường độ chịu nén theo thời gian ngâm	46
4.3.1 Ảnh hưởng của Silicafume đến cường độ nén theo thời gian ngâm	48
4.3.2 Ảnh hưởng của 5% Silicafume kết hợp với Tro bay.....	50
4.3.3 Ảnh hưởng của 10% Silicafume kết hợp với Tro bay.....	53
4.4 Ảnh hưởng của thành phần khoáng hạt mịn đến sự thay đổi khối lượng theo thời gian ngâm	57
4.4.1 Ảnh hưởng của phụ gia Silicafume đến sự thay đổi khối lượng sau thời gian ngâm hoá chất	58
4.4.2 Ảnh hưởng của 5% silicafume kết hợp với Tro bay đến sự thay đổi khối lượng sau thời gian ngâm hoá chất	61
4.3.3 Ảnh hưởng của 10% Silicafume kết hợp với Tro bay đến sự thay đổi khối lượng sau thời gian ngâm hoá chất.....	64
CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI.....	68

5.1 Kết luận	68
5.2 Hướng phát triển và đóng góp của đề tài	69
TÀI LIỆU THAM KHẢO	70
PHỤ LỤC SỐ LIỆU THÍ NGHIỆM	73
PHỤ LỤC HÌNH NÉN MẪU THÍ NGHIỆM	78

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1: Bồn chứa axit H ₂ SO ₄ của nhà máy công nghiệp (<i>Nguồn Internet</i>)	2
Hình 1.2: Nước thải từ các khu dân cư (<i>Nguồn Internet</i>)	2
Hình 1.3: Cống Cầu Tàu - Bến Tre, sau 12 năm sử dụng ^[14]	3
Hình 1.4: Cống An Hạ - Bình Chánh, sau 3 năm sử dụng ^[14]	4
Hình 1.5: So sánh kích thước của các hạt mịn ^[21]	6
Hình 2.1: Ảnh chụp sau ống phóng của một kính hiển vi điện tử quét (SEM) phát hiện cấu trúc mặt cắt ngang của các hạt tro bay ở độ phóng đại 750 lần.	12
Hình 2.2: Tro bay nhiệt điện	13
Hình 2.3: Hạt silica fume	15
Hình 2.4: Xi thép nhà máy Tổng công ty thép Việt Nam (<i>Nguồn Internet</i>)	16
Hình 2.5: Đất Diatomit (<i>Nguồn Internet</i>)	17
Hình 2.6: Tro núi lửa nghiền mịn (<i>Nguồn Internet</i>)	17
Hình 2.7: Đá vôi (<i>Nguồn Internet</i>)	17
Hình 2.8: Cơ chế ăn mòn Sunfat (<i>Nguồn Internet</i>)	21
Hình 2.9: Sơ đồ hệ thống hạt xi măng – hạt siêu mịn ^[3]	26
Hình 3.1: Xi măng sử dụng trong thí nghiệm	28
Hình 3.2: Cốt liệu lớn	29
Hình 3.3: Đường biểu diễn thành phần hạt của cốt liệu lớn.	30
Hình 3.4: Cốt liệu nhỏ	31
Hình 3.5: Đường biểu diễn thành phần hạt của cát	31
Hình 3.6: Tro bay Phả Lại dùng đúc mẫu thí nghiệm	33
Hình 3.7: Phụ gia khoáng hạt mịn Silica fume	34

Hình 3.8: Khuôn đúc mẫu	36
Hình 3.9: Quy trình chế tạo hỗn hợp bê tông.....	38
Hình 3.10: Mẫu bê tông sau khi được dưỡng hộ.....	39
Hình 3.11: Pha dung dịch axit ngâm mẫu	39
Hình 3.12: Mẫu được đưa vào thùng ngâm dung dịch axit	40
Hình 4.1: Mẫu ngâm trong dung dịch H ₂ SO ₄	43
Hình 4.2: Các mẫu ngâm trong dung dịch HCL 10% sau 90 ngày.....	44
Hình 4.3: Cường độ chịu nén của bê tông trước khi ngâm mẫu theo từng cấp phối	45
Hình 4.4: Nén mẫu bê tông	46
Hình 4.5: Cường độ chịu nén của mẫu dùng phụ gia Silica fume sau thời gian ngâm hóa chất	50
Hình 4.6: Cường độ chịu nén của mẫu dùng 5% phụ gia Silica fume kết hợp Tro bay sau thời gian ngâm hóa chất.....	53
Hình 4.7: Cường độ chịu nén của mẫu dùng 10% phụ gia Silica fume kết hợp Tro bay sau thời gian ngâm hóa chất.....	56
Hình 4.8: Sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng phụ gia Silica fume sau thời gian ngâm hóa chất	60
Hình 4.9: Sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng 5% phụ gia Silica fume kết hợp Tro bay sau thời gian ngâm hóa chất	63
Hình 4.10: Sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng 10% phụ gia Silica fume kết hợp Tro bay sau thời gian ngâm hóa chất	66

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1: Chỉ tiêu chất lượng tro bay dùng cho bê tông và vữa xây	13
Bảng 3.1: Thành phần tính chất cơ lý của xi măng Insee PCB 40.....	28
Bảng 3.2: Các tính chất cơ lý của đá.....	30
Bảng 3.3: Thành phần vật lý của tro bay	32
Bảng 3.4: Thành phần hóa học của tro bay	32
Bảng 3.5: Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu theo phiếu xuất xưởng của nhà máy.....	33
Bảng 3.6: Các tính chất vật lý của Silicafume.	34
Bảng 3.7: Tính chất kỹ thuật của Silicafume	35
Bảng 3.8: Thành phần cấp phối bê tông thực nghiệm	37
Bảng 4.1: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén khi chưa ngâm axit.....	44
Bảng 4.2: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (MPa) của bê tông.....	46
Bảng 4.3: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (MPa) của mẫu bê tông dùng phụ gia silica fume	48
Bảng 4.4: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (MPa) của mẫu dùng 5% phụ gia silica fume kết hợp Tro bay	50
Bảng 4.5: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (MPa) của mẫu dùng 10% phụ gia silica fume kết hợp tro bay.....	53
Bảng 4.6: Kết quả thí nghiệm thay đổi khối lượng mẫu (%).....	57
Bảng 4.7: Kết quả thí nghiệm sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng phụ gia silica fume sau thời gian ngâm hoá chất.....	58
Bảng 4.8: Kết quả sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng 5% phụ gia silica fume kết hợp Tro bay sau thời gian ngâm hoá chất	61

Bảng 4.9: Kết quả sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng 10% phụ gia silica fume kết hợp tro bay sau thời gian ngâm hoá chất64

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1 Tình hình nghiên cứu

Nước ta đang trong quá trình phát triển ngày càng cao, sự gia tăng về dân số, các khu công nghiệp mọc lên càng nhiều. Các công trình được xây dựng ngày càng nhiều và cũng phải đáp ứng được các tiêu chuẩn, chất lượng, thời gian sử dụng lâu dài, tính kinh tế, mức độ ảnh hưởng đến môi trường. Trong ngành kỹ thuật xây dựng, bê tông chiếm vai trò quan trọng và khối lượng lớn trong các công trình xây dựng. Tuy nhiên, loại vật liệu bê tông truyền thống có nhiều điểm hạn chế gây ra những ảnh hưởng không nhỏ đến chất lượng công trình. Dễ nhận thấy nhất là bê tông thông thường dễ bị ăn mòn phá hủy làm phá vỡ các liên kết và khả năng chịu nén kém làm ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của cấu kiện và hư hỏng cấu kiện. Do đó bê tông dễ bị phá hủy và chất lượng, tuổi thọ công trình bị giảm xuống.

Trong đó có môi trường nước thải trong sinh hoạt hằng ngày, nước thải từ khu dân cư, khu công nghiệp, môi trường nước chua phèn... Bê tông phải tiếp xúc và làm việc trực tiếp trong các môi trường khắc nghiệt có rất nhiều hóa tạp chất, đặc biệt là axit gây ra sự ăn mòn dẫn đến giảm chất lượng cho công trình sử dụng. Vì vậy, các vấn đề nâng cao chất lượng, tăng tuổi thọ cho công trình được đặt ra cho ngành công nghiệp xây dựng hiện nay.

Xuất phát từ tầm quan trọng và những hạn chế của bê tông truyền thống, các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước đã không ngừng nghiên cứu thành phần, tính chất và tìm ra những giải pháp tối ưu nhất để cải thiện chất lượng bê tông. Ngoài việc chú trọng công tác bảo dưỡng đúng quy trình kỹ thuật và sử dụng phụ gia để tăng cường độ, rút ngắn thời gian thi công bê tông thì việc cải thiện chất lượng cốt liệu, sử dụng cốt liệu mịn trong bê tông là một trong những phương pháp được nghiên cứu và ứng dụng trong bê tông thời gian gần đây. Thành phần chủ yếu của bê tông là cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ, chất kết dính vô cơ và các thành phần hạt mịn. Ưu điểm của loại bê tông

sử dụng các loại hạt mịn này không chỉ ở việc các hạt nhỏ lèn chặt vào lỗ rỗng làm tăng cường độ chịu nén mà còn giảm khả năng bị phá hủy của cấu kiện.



Hình 1.1: Bồn chứa axit H_2SO_4 của nhà máy công nghiệp (Nguồn Internet)

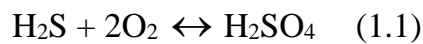


Hình 1.2: Nước thải từ các khu dân cư (Nguồn Internet)

Trước đây nghiên cứu ở các nước trên thế giới cho rằng, xi măng portland bị phá hoại trong môi trường nước thải có lẽ giống như sự phá hoại xi măng portland trong môi trường nước biển, mà ngành hàng hải thế giới đã bị thiệt hại khá lớn do bến cảng, cầu tàu, âu đà, trụ đèn hải đăng, đập chắn sóng được xây dựng bằng xi măng portland đã bị phá hoại, theo cách lập luận này đã sử dụng xi măng puzolan để đúc ống dẫn nước thải thành phố, khu công nghiệp. Hậu quả là xi măng puzolan cũng như xi măng portland đều bị nước thải gặm mòn như nhau. Như vậy, nguyên nhân phá hoại portland trong nước biển khác với sự phá hoại xi măng trong môi trường nước thải.^[1]

Trong nước thải có nhiều abumin do xác súc vật chết, thối rữa, thức ăn thừa và nhiều hợp chất hữu cơ, vô cơ có chứa lưu huỳnh, một loại vi sinh yếm khí phân huỷ chung, chỉ sau một đêm biến thành hydro sulfua (H_2S), sau vài giờ nó có thể bốc lên không khí. [2]

H_2S là khí có khả năng ôxy hoá rất mạnh trong đường ống chứa nước thải được chế tạo bằng xi măng portland, trong khoảng trống của đường ống không chứa nước thải, khí H_2S bốc lên ngưng tụ vào bê tông, bê tông là môi trường bị khí H_2S ôxy hoá biến thành axit H_2SO_4 . Axit làm mòn bê tông, rơi xuống thành bùn. [2]



Theo số liệu của thế giới, với nồng độ H_2SO_4 từ 80-300 phần triệu, sau 7 năm, bê tông xi măng portland bị phá huỷ 5cm.

Khi lớp xâm thực tiến đến lớp cốt thép phía trong bê tông, lớp cốt thép nhanh chóng bị phá huỷ, và ống cống bị sập, đổ, vỡ.

Môi trường “chua”: Công trình thuộc vùng đất chua phèn, $pH < 6,5$ cũng gây ăn mòn bê tông cốt thép rất mạnh.



Hình 1.3: Cống Cầu Tàu - Bến Tre, sau 12 năm sử dụng [2]

Đất chua phèn có một quá trình hình thành đặc biệt. Trong đất có chứa nhiều hợp chất sunphua chủ yếu là pirit. Đất axit sunfuric nếu để khô có đặc tính rất chua, trong

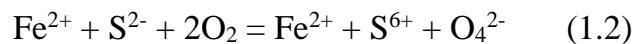
đất có những đốm màu vàng đỏ là các muối sunphat sắt nhôm. Nhân dân Nam Bộ thường gọi là đất phèn.^[2]



Hình 1.4: Cống An Hạ - Bình Chánh, sau 3 năm sử dụng ^[2]

Cơ chế quá trình biến đổi đất phèn:

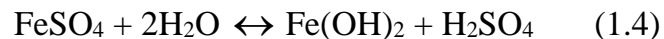
Trong quá trình nước luân chuyển, FeS₂ kết hợp với Oxy tạo nên hợp chất sunphat



Áp dụng phương trình tổng quát trên đất phèn



Tương tự như thế, trong đất phèn có các muối sunphat FeSO₄, Fe₂(SO₄)₃, Al₂(SO₄)₃, Na₂SO₄, K₂SO₄, MgSO₄, KFe₃(SO₄)₂(OH)₆. Các hợp chất trên ngoài H₂SO₄, đa số còn lại khi thủy phân cũng cho H₂SO₄ nên đất và nước trở nên rất chua.



Do đặc điểm của quá trình hình thành đất phèn, trong đất có hàm lượng sunphat cao. Ngoài ra do ảnh hưởng của sự xâm nhập của nước biển qua các cửa sông lớn, trong thành phần của nước có một lượng muối nhất định. Căn cứ vào thành phần hóa học của đất phèn ở một số địa điểm khảo sát trong khu vực đồng bằng sông Cửu Long, chúng tôi tiến hành thống kê những chỉ tiêu có tác động đến tuổi thọ của bê tông cốt thép.^[3]

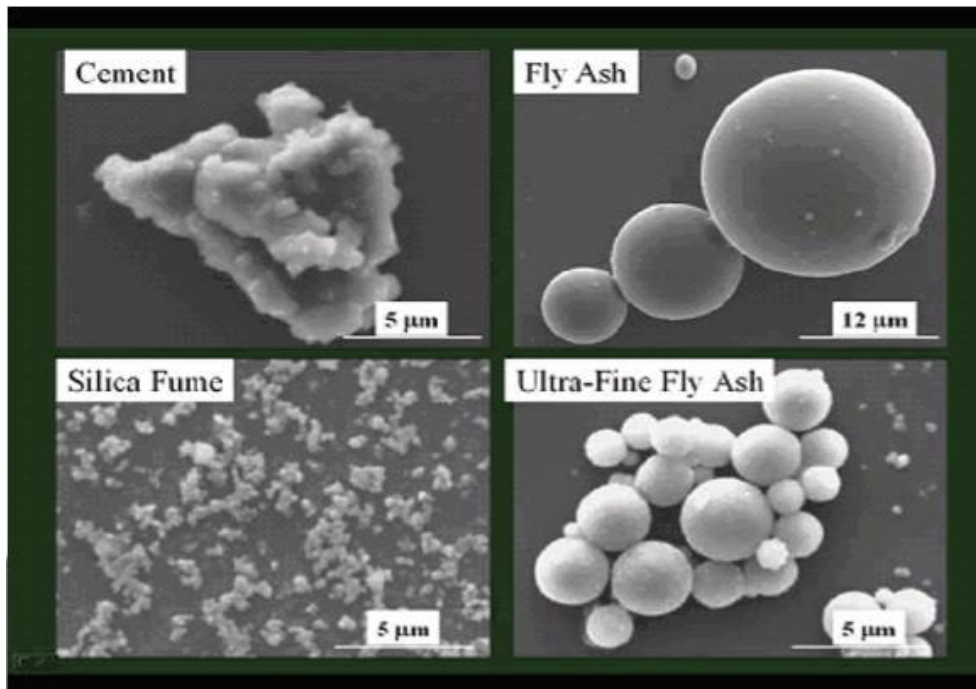
Phương pháp cách ly bê tông xi măng portland với môi trường khí H_2S ngưng tụ trong một môi trường mà khí H_2S không có khả năng ôxy hoá thành H_2SO_4 . Ở Mỹ, người ta đã sử dụng sơn một lớp nhựa đường vào phía trong đường ống dày 1,5mm. Thành phố Quytao đã quét một lớp paraffin, hay một lớp nhựa hữu cơ vào phía trong đường ống. Hay giải pháp phổ biến hiện nay là sử dụng hệ chất kết dính hữu cơ như alkyd, epoxy, silicon hay polyurethane... để sơn phủ bề mặt bê tông ngăn chặn và ức chế lại sự ăn mòn. Tuy nhiên các giải pháp này đã kéo dài thời gian sử dụng đường ống, tuy giá thành rất cao, nhưng cũng là giải pháp tình thế mà thôi.

Từ những vấn đề trên, một yếu tố đáng quan tâm trong nâng cao chất lượng bê tông hạt mịn (Tro bay, Silicafume, Các puzolan tự nhiên nghiền mịn, Xi hạt lò cao nghiền mịn...) chính là việc tận dụng nguồn nguyên liệu tại địa phương và nguồn phế phẩm công nghiệp. Việc đó không chỉ giảm thiểu ô nhiễm môi trường mà còn giảm đáng kể giá thành của bê tông trong các công trình xây dựng. Các nghiên cứu cho thấy nguồn tro bay, một loại phế thải thu được từ quá trình sản xuất công nghiệp khi được bổ sung vào bê tông không chỉ khống chế nhiệt độ ban đầu, giảm ứng suất nhiệt trong khối bê tông, tăng độ bền, kéo dài tuổi thọ công trình, giá thành có thể rẻ hơn đến 30%, và giảm 10% nước trộn bê tông. Tuy nhiên, việc sử dụng tro bay chưa phát huy được tính đặc chắc của bê tông nền, để tạo nền bê tông đặc chắc với các hạt silicafume rất mịn và có hoạt tính cao tham gia phản ứng pozolan với hydroxyt canxi hình thành khi xi măng thủy hóa; do vậy làm tăng sản phẩm thủy hóa và giảm lượng hydroxyt canxi. Vậy khi sử dụng hàm lượng silicafume hợp lý sẽ làm tăng cường độ và giảm khả năng thấm của bê tông để ngăn chặn sự ăn mòn trong các môi trường tiếp xúc gây ra, làm bê tông trở nên bền lâu hơn.

1.1.1 Khái niệm bê tông sử dụng phụ gia khoáng hạt mịn

Một loại bê tông chất lượng cao (HPC), sử dụng các loại phụ gia khoáng hạt mịn: Tro bay, Silicafume, Metacaolan, các puzolan tự nhiên nghiền mịn, xi hạt lò cao nghiền mịn... để nâng cao cường độ chịu nén, tăng độ bền, hạn chế ăn mòn cho bê

tông khi chịu tác động của môi trường xung quanh phải chịu tác động phá hoại của các môi trường xâm thực.



Hình 1.5: So sánh kích thước của các hạt mịn (*Nguồn Internet*)

1.1.2 Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Việc nghiên cứu về độ bền của bê tông và bê tông cốt thép trong các môi trường ăn mòn cho các công trình đặc dụng đã được các nhà khoa học trên thế giới quan tâm và được nghiên cứu từ đầu thế kỷ 20. Các công trình, đề tài nghiên cứu đã xác định tính chất nghiêm trọng của sự phá hỏng công trình bê tông cốt thép là do ăn mòn hóa học gây ra. Các nhà khoa học đã đi đến kết luận thống nhất về nguyên nhân ăn mòn là do các sản phẩm hủy hóa của xi măng bị tan vào môi trường hoặc tác dụng với các muối, axit có trong môi trường tạo ra những hợp chất có tính tan mạnh hoặc nở thể tích gây nên sự phá hủy kết cấu nội bộ các công trình.

Bằng xi măng portland không thể chế tạo bê tông có khả năng bền vững trong môi trường ăn mòn. Các công trình nghiên cứu cũng đánh giá được hiệu quả của các biện pháp chống ăn mòn: dùng phụ gia vô cơ hoạt tính, dùng xi măng đặc biệt... Việc

nghiên cứu tăng cường khả năng chống ăn mòn cho bê tông trong các môi trường này vẫn kéo dài cho đến nay.

- H. Min và Z. Song đã nghiên cứu về cơ chế ăn mòn axit sunfuric đối với bê tông trong môi trường ngâm, từ đó đánh giá được tốc độ ăn mòn của bê tông với tỷ lệ nước-xi măng ngâm trong các nồng độ pH khác nhau.^[4]

- K. Kawai cùng các cộng sự đã nghiên cứu về thiệt hại bê tông gây ra bởi sự tấn công axit sulfuric, đánh giá được sự ăn mòn của bê tông dùng xi lò cao và tro bay trong môi trường axit sunfuric.^[5]

- E. O. Nnadi và các cộng sự đã nghiên cứu sự đánh giá sự suy giảm trọng lượng và khả năng ăn mòn điện của bê tông dùng xi măng portland thông thường kết hợp tro bay trong môi trường axit sunfuric.^[6]

- J. Monteny cùng nhóm cộng sự đã nghiên cứu sự ăn mòn trong môi trường axit sunfuric 0,5% của bê tông kết hợp các loại polymer, phụ gia silicafume.^[7]

- A. K. Tamimi đã nghiên cứu bê tông chất lượng cao sử dụng 10% silicafume và các tỷ lệ phần trăm tro bay khác nhau, tìm ra tỷ lệ tối ưu cho bê tông hoạt động hiệu quả trong môi trường axit sunfuric 1% và axit clohydric 1%.^[8]

- H.W. Dorner và R.E. Beddoe đã nghiên cứu tiên lượng sự ăn mòn của bê tông trong môi trường axit có độ pH từ 4.0 đến 6.5, cho thấy tốc độ ăn mòn khác nhau ở các pha và giai đoạn khác nhau.^[9]

- W. H. Kuenning đã nghiên cứu đánh giá khả năng chống tấn công sunphat và tấn công hoá học của các loại vữa xi măng.^[10]

- S. Turkel và cộng sự đã nghiên cứu sự ảnh hưởng của các loại axit khác nhau đến tính cơ lý của vữa xi măng puzolan, từ đó cho thấy rằng vữa xi măng hoặc bê tông hiệu suất cao thường bao gồm các vật liệu xi măng puzolan, tro bay cho bê tông bền trong môi trường xâm thực.^[11]

- A. M. Al-Swaidani cùng cộng sự nghiên cứu đánh giá khả năng chống ăn mòn, thấm thấu của bê tông kết hợp phụ gia khoáng bazan nghiền mịn trong các môi trường axit với nồng độ khác nhau.^[12]

- E. Hewayde PhD và cộng sự nghiên cứu khả năng chống ăn mòn của bê tông sử dụng các loại khoáng hạt mịn trong dung dịch axit sunfuric, từ đó đánh giá được khả năng chống ăn mòn và khả năng chịu lực của bê tông tùy vào khoáng hạt mịn được sử dụng.^[13]

- P. J. Tikalsky và R. L. Carrasquillo đã nghiên cứu khả năng kháng lại sự ăn mòn sulphat của bê tông sử dụng tro bay với nhiều tỷ lệ khác nhau, từ kết quả thí nghiệm đã đánh giá được các chỉ tiêu về độ ăn mòn của bê tông khi tiếp xúc trực tiếp với hoá chất gây ăn mòn sulphat.^[14]

- K. Torii và M. Kawamura đã nghiên cứu bê tông sử dụng tro bay và silicafume với nhiều tỷ lệ khác nhau thay thế xi măng, ngâm trong môi trường axit sunfuric 2% và muối sunphat 10% qua đó đánh giá được khả năng ngăn chặn sự ăn mòn của bê tông sử dụng phụ gia khoáng hạt mịn cao hơn bê tông truyền thống.^[15]

1.1.3 Tình hình nghiên cứu trong nước

Ở nước ta các công trình, khu công nghiệp được xây dựng ngày một nhiều hơn. Tuy nhiên, tùy thuộc vào từng loại công trình, vị trí mà chúng ta sử dụng vật liệu để xây dựng công trình cho phù hợp, để giảm chi phí và thời gian sử dụng được lâu dài hơn. Hiện nay ở nước ta có rất nhiều đề tài nghiên cứu chống ăn mòn bê tông và bê tông cốt thép các công trình xây dựng ở biển, chất hóa học trong nước thải của các nhà máy, khu dân cư... chưa quan tâm nhiều đến chống ăn mòn cho các công trình xây dựng ở các nhà máy công nghiệp, xí nghiệp sản xuất nhất là công trình làm việc trực tiếp trong môi trường hóa chất có axit, do đó vấn đề này cần được quan tâm nghiên cứu nhiều hơn trong thời gian tới.

- Khương Văn Huân đã Nghiên cứu sự biến đổi cường độ và tính chống thấm của bê tông trong môi trường chua phèn Đòng bằng sông Cửu Long.^[2]

- Trịnh Hồng Tùng đã nghiên cứu chống ăn mòn cho vữa và bê tông trong các công trình tiếp xúc với nước thải của các nhà máy phân khoáng. Qua nghiên cứu đã xác định được hàm lượng tro bay (thay thế 25% xi măng) và phụ gia siêu dẻo (1% so với khối lượng của chất kết dính) là hợp lý, cho hiệu quả chống ăn mòn cao nhất cho bê tông trong nhà máy phân khoáng.^[16]

- Ngô Văn Toàn đã nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng cát mịn và phụ gia khoáng hỗn hợp từ xỉ lò cao hoạt hóa và tro trấu. Kết quả đưa ra là có thể sử dụng cát mịn và phụ gia khoáng từ xỉ lò cao để chế tạo bê tông có cường độ nén B60.^[17]

- Nguyễn Văn Chánh và Nguyễn Thị Thanh Hương đã nghiên cứu cơ chế phá hủy cấu trúc bê tông trong môi trường xâm thực muối sunphat. Kết quả nghiên cứu cho thấy quá trình ăn mòn làm cho bê tông bị giãn nở chậm và sau đó tăng dần đến khi mẫu bị phá hoại. Các sản phẩm ăn mòn tạo thành gây ứng suất làm nứt bê tông, dẫn đến phá hủy công trình.^[18]

- Nguyễn Thanh Lộc và Phan Thị Hồng Đào đã giới thiệu nguồn gốc, cơ chế ăn mòn, ứng xử của bê tông cốt thép khi chịu tác động ăn mòn trong điều kiện môi trường ven biển.^[19]

1.2 Nhận xét các đề tài

Các bài báo, đề tài nghiên cứu đã trình bày rất chi tiết về các loại bê tông thường và bê tông kết hợp các loại phụ gia khoáng hạt mịn trong các môi trường ăn mòn khác nhau. Tuy nhiên chưa có đề tài nào nghiên cứu về tăng cường khả năng chống ăn mòn cho bê tông kết hợp phụ gia khoáng hạt mịn tro bay và silicafume tiếp xúc trực tiếp trong môi trường axit mạnh.

1.3 Nội dung của đề tài nghiên cứu

Đề tài *“Nghiên cứu tăng cường khả năng chống ăn mòn cho bê tông trong môi trường axit của các loại khoáng hạt mịn”* là nghiên cứu về độ bền và khả năng kháng lại sự ăn mòn của bê tông có sử dụng các loại khoáng hạt mịn bị ảnh hưởng bởi môi

trường axit mạnh. Từ các kết quả thí nghiệm có thể rút ra kết quả và đánh giá về tính ứng dụng vào các công trình thực tế của sản phẩm này.

1.4 Mục tiêu của đề tài

Nghiên cứu mức độ ăn mòn theo thời gian của các dung dịch axit đối với bê tông sử dụng các loại khoáng hạt mịn tro bay, silicafume.

Nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần hạt mịn tro bay, silicafume đến các tính chất cường độ của bê tông.

Xác định sự ảnh hưởng đến sự ăn mòn khi thay đổi tỉ lệ các thành phần khoáng hạt mịn trong cấp phối so với các loại bê tông thông thường.

1.5 Nhiệm vụ của đề tài

Xác định các đặc trưng cơ lý bê tông sử dụng các loại khoáng hạt mịn theo thành phần và tỷ lệ khác nhau.

Xác định và so sánh sự thay đổi cường độ và khối lượng của bê tông khi ngâm trong môi trường axit qua từng cấp phối và thời gian ngâm mẫu.

Đề xuất hướng phát triển bê tông hạt mịn tận dụng nguồn nguyên liệu phế thải (tro bay) tại địa phương kết hợp silicafume để ứng dụng trong các công trình tiếp xúc trực tiếp với axit trong thời gian dài.

1.6 Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết về tăng cường khả năng chống ăn mòn của bê tông hạt mịn kết hợp với thực nghiệm. Sau đó tiến hành thí nghiệm thực tế cho từng cấp phối và nồng độ axit khác nhau, từ đó so sánh và đánh giá kết quả thu được.

1.7 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Bổ sung và hoàn chỉnh thêm kiến thức về bê tông chất lượng cao đồng thời góp phần góp phần làm phong phú thêm các sản phẩm để ứng dụng vào các công trình tiếp xúc trực tiếp trong môi trường axit mạnh.

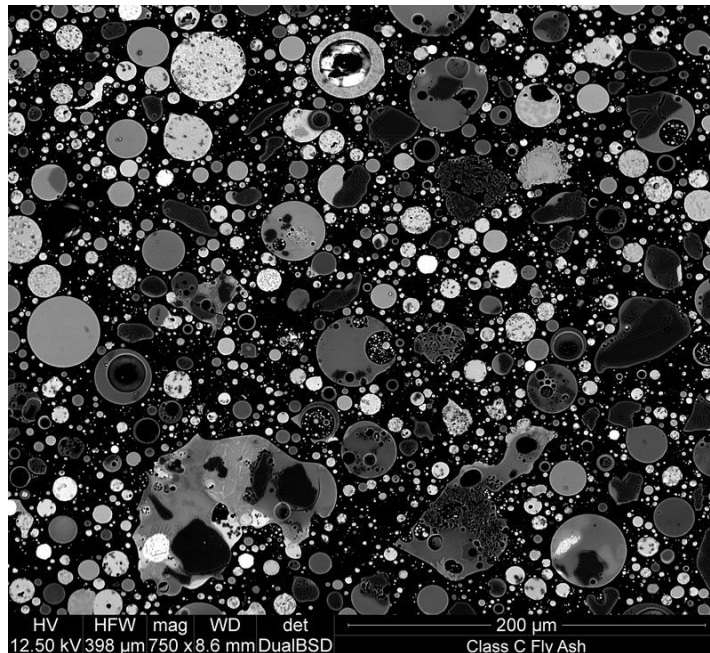
Kết quả nghiên cứu là các sản phẩm xây dựng góp phần làm giảm thiểu lượng phế thải công nghiệp, tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên và bảo vệ môi trường.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Các loại phụ gia khoáng hạt mịn

2.1.1 Tro bay nhiệt điện

Tro bay nhiệt điện là một loại khoáng hoạt tính puzolan dùng làm phụ gia cho chế tạo bê tông cường độ cao. Tồn tại dưới dạng bụi khí thải hạt mịn thu được từ quá trình đốt cháy nhiên liệu than đá trong các nhà máy nhiệt điện chạy than, là phế thải thoát ra từ buồng đốt qua ống khói nhà máy. Tro bay được tận thu từ ống khói qua hệ thống nồi hơi tinh luyện loại bỏ bớt các thành phần than (cacbon) chưa cháy hết.



Hình 2.1: Ảnh chụp sau ống phóng của một kính hiển vi điện tử quét (SEM) phát hiện cấu trúc mặt cắt ngang của các hạt tro bay ở độ phóng đại 750 lần.
(Nguồn Internet)

Thành phần chính của Tro bay là các ôxit silic (SiO_2), ôxit nhôm (Al_2O_3), ôxit sắt (Fe_2O_3), canxi ôxit (CaO), magie ôxit (MgO). Tro bay càng mịn càng phản ứng tốt. Đường kính của phần lớn các hạt nằm trong khoảng $1\mu\text{m}$ đến $20\mu\text{m}$ và hàm lượng than chưa cháy hết trong tro bay phải $<6\%$, nếu lượng chất cháy chưa hết trong tro bay $>6\%$ phải có biện pháp tinh lọc để loại than chưa cháy hết khỏi tro bay. Hàm lượng các chất ôxit nhôm, ôxit silic và ôxit sắt trong tro bay phải $>70\%$.



Hình 2.2: Tro bay nhiệt điện (Nguồn Internet)

Thành phần cũng như tỉ lệ thành phần hóa học của tro bay được quy định tại tiêu chuẩn “TCVN 10302:2014 ^[21], phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng”.

Bảng 2.1: Chỉ tiêu chất lượng tro bay dùng cho bê tông và vữa xây

Chỉ tiêu	Loại tro bay	Lĩnh vực sử dụng - Mức			
		a	b	c	d
1. Tổng hàm lượng ôxit $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, % khối lượng, không nhỏ hơn	F	70			
	C	45			
2. Hàm lượng lưu huỳnh, hợp chất lưu huỳnh tính quy đổi ra SO_3 , % khối lượng, không lớn hơn	F	3	5	3	3
	C	5	5	6	3
3. Hàm lượng canxi ôxit tự do CaO_{td} , % khối lượng, không lớn hơn	F	-	-	-	-
	C	2	4	4	2
4. Hàm lượng mất khi nung MKN, % khối lượng, không lớn hơn	F	12	15	8*	5*
	C	5	9	7	5

Chỉ tiêu	Loại tro bay	Lĩnh vực sử dụng - Mức			
		a	b	c	d
5. Hàm lượng kiềm có hại (kiềm hòa tan), % khối lượng, không lớn hơn	F C	1,5			
6. Độ ẩm, % khối lượng, không lớn hơn	F C	3			
7. Lượng sót sàng 45µm, % khối lượng, không lớn hơn	F C	25	34	40	18
8. Lượng nước yêu cầu so với mẫu đối chứng, %, không lớn hơn	F C	105	105	100	105
9. Hàm lượng ion Cl ⁻ , % khối lượng, không lớn hơn	F C	0,1	-	-	0,1
10. Hoạt độ phóng xạ tự nhiên Aeff, (Bq/kg) của tro bay dùng:					
- Đối với công trình nhà ở và công cộng, không lớn hơn		370			
- Đối với công trình công nghiệp, đường đô thị và khu dân cư, không lớn hơn		740			
* Khi đốt than Antraxit, có thể sử dụng tro bay với hàm lượng mất khi nung tương ứng: - lĩnh vực c tới 12 %; lĩnh vực d tới 10 %, theo thỏa thuận hoặc theo kết quả thử nghiệm được chấp nhận.					

2.1.2 Muối Silic (Silicafume)

Silicafume là loại bột có độ mịn rất cao với kích thước hạt trung bình 0,1 - 0,2 micron và diện tích bề mặt riêng lên tới 15.000 - 20.000 m²/kg. Các hạt silicafume

được cấu tạo các khối cầu silicon dioxide (SiO_2). Màu sắc của Silicafume bao gồm các màu trắng, xám, xám đen khi tăng nồng độ C, Fe_2O_3 hoặc do nhiệt độ lò. Silicafume thô là một loại silicafume thu trực tiếp. Mật độ dung tích có từ $150\text{-}300\text{kg/m}^3$ ở dạng tự nhiên (không dày đặc). Để vận chuyển và ứng dụng dễ dàng, mật độ dung tích có thể được tăng lên đến $350\text{-}700\text{kg/m}^3$ thông qua quá trình nén.

Mục đích chính của việc đưa các hạt mịn này vào bê tông là để tạo nên xi măng đặc chắc với các hạt silicafume rất mịn và có hoạt tính. Các hạt silicafume tham gia phản ứng pozzolan với hydroxyt canxi hình thành khi xi măng thủy hóa; do vậy làm tăng tổng các sản phẩm thủy hóa và giảm lượng hydroxyt canxi. Khi sử dụng đúng, silicafume sẽ làm tăng cường độ và giảm khả năng thấm của bê tông làm bê tông trở nên bền lâu hơn. Sản phẩm đặc trưng cho tính chất của microsilica này là silicafume. Việc đưa một lượng các hạt silicafume siêu mịn vào hỗn hợp bê tông bên cạnh tinh cốt kết hơn của vật liệu này còn tạo ra hiệu ứng bôi trơn trong bê tông do các hạt silica fume có dạng hình cầu. Nhu cầu nước để duy trì tính công tác tăng sẽ được điều chỉnh bình thường khi bổ xung các phụ gia siêu dẻo, giảm nước hay dẻo hóa. Do vậy hỗn hợp bê tông sẽ vẫn có tính dính so với hỗn hợp bê tông thường.



Hình 2.3: Hạt silicafume (*Nguồn Internet*)

2.1.3 Xi hạt lò cao nghiền mịn

Xi hạt lò cao nghiền mịn (GBFS – Granulated Blast Furnace Slag) là sản phẩm phụ của quá trình sản xuất gang thép theo công nghệ lò cao khép kín. Nhờ được làm lạnh cực nhanh bằng nước áp lực cao, sau đó xi hạt được sấy khô và nghiền mịn đến độ mịn của xi măng. Nó có chứa chủ yếu các silicat và aluminat silicat của canxi và các bazơ khác có tính chất tự kết dính như xi măng.



Hình 2.4: Xi thép nhà máy Tổng công ty thép Việt Nam (Nguồn Internet)

2.1.4 Các puzolan tự nhiên nghiền mịn

Puzolan là vật liệu Silic hoặc Silic và Alumin, có ít hoặc không có tính dính kết, nhưng ở dạng hạt mịn và mặt của nước, ẩm sẽ có tác dụng hóa học với Canxi Hydroxit ở nhiệt độ thường để tạo thành hợp chất có tính chất dính kết. Puzolan thiên nhiên nguyên khai hay qua nung phù hợp với các yêu cầu áp dụng như một vài loại đất Diatomit, đá mảnh Opan và Diệp thạch, tro núi lửa hoặc đá bột, trong đó có loại qua nung và không qua nung, các loại vật liệu khác yêu cầu được nung để cho các tính chất thỏa mãn như một vài loại đất và Diệp thạch.



Hình 2.5: Đất Diatomit (*Nguồn Internet*)



Hình 2.6: Tro núi lửa nghiền mịn (*Nguồn Internet*)



Hình 2.7: Đá vôi (*Nguồn Internet*)

2.2 Khái niệm về ăn mòn bê tông

Khi nằm trong môi trường xâm thực, nếu không có biện pháp bảo vệ hữu hiệu, bê tông sẽ bị ăn mòn. Thành phần bị ăn mòn chủ yếu là cốt liệu trong bê tông, nó làm cho bê tông bị phá hủy dẫn đến công trình có thể bị hư hỏng, sập đổ. Bê tông bị ăn mòn hóa học ở cả ba môi trường: rắn, lỏng và khí.

Ăn mòn trong môi trường rắn khi vật liệu tiếp xúc với một số loại hóa chất như phân khoáng, thuốc trừ sâu... Ăn mòn loại này cũng diễn ra khi các hóa chất bị ẩm.

Ăn mòn trong môi trường lỏng xảy ra khi bê tông tiếp xúc với nước biển, nước phèn chua, nước khoáng, nước ngầm hoặc nước thải của các nhà máy xí nghiệp, ăn mòn rửa trôi, vi sinh có trong nước... Các loại nước này thường chứa các nhân tố có tính chất gây ăn mòn. Ăn mòn trong môi trường lỏng là loại ăn mòn rất phổ biến tại các công trình xây dựng, đặc biệt là các công trình xây dựng ở môi trường biển, các công trình làm việc trong nước, dưới đất có nước ngầm, hay các nhà máy xí nghiệp sản xuất có sử dụng hóa chất. Đây là đối tượng nghiên cứu được rất nhiều người quan tâm.

Ăn mòn trong môi trường khí xảy ra khi vật liệu tiếp xúc với các loại khí có chứa tác nhân gây ăn mòn (khí CO₂, Cl, SO₂, các Ion S, F, ...) thường gặp ở khu vực xung quanh các nhà máy có sử dụng và chế biến hóa chất hoặc công trình có tiếp xúc với không khí biển và trong môi trường khí hậu ven biển. Khí hậu tại Việt Nam có các đặc trưng là nhiệt đới ẩm ướt, gió mùa, nhiều nắng và mưa. Thời tiết có thể hanh khô và kèm theo những đợt mưa phùn có độ ẩm cao. Trời nắng nóng làm nước bốc hơi nhanh nhưng lại có những đợt mưa rào làm thấm ướt đột ngột. Các tác động trên cũng góp phần gây nên quá trình khô - ẩm và làm khuếch đại tốc độ thẩm thấu của các chất xâm thực, gây ăn mòn trên bề mặt vật liệu.

Sự ăn mòn của bê tông thông thường hay vữa xi măng nói chung trong môi trường lỏng thường là dạng ăn mòn cacbonat, chloride, sulfate và sự hydrat hóa của xi măng.

Ăn mòn trong môi trường lỏng là dạng rất phổ biến đối với các công trình xây dựng, đây cũng là dạng nghiên cứu của đề tài này. Ăn mòn bê tông có ba dạng cơ bản:

2.2.1 Ăn mòn loại I (ăn mòn hòa tan)

Diễn ra do sự hòa tan các sản phẩm thủy hóa của xi măng (chủ yếu là hydroxit canxi - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và aluminat canxi ngậm nước - C_3AH_6) bị hòa tan. Đặc biệt, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tan mạnh nhất, do đó loại ăn mòn này còn được gọi là quá trình khử kiềm.

Thành phần khoáng, loại và lượng phụ gia cho vào bê tông ảnh hưởng rất lớn tới tốc độ ăn mòn loại I. Các yếu tố khác như thời gian đông cứng, nhiệt độ của môi trường bảo dưỡng và nhiệt độ của môi trường tiếp xúc với bê tông cũng có ảnh hưởng đến tốc độ hòa tan của $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

2.2.2 Ăn mòn loại II

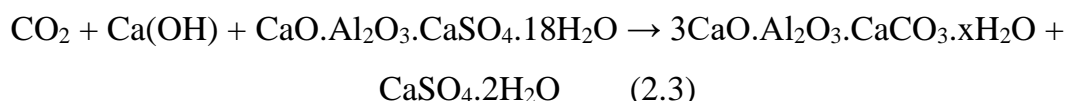
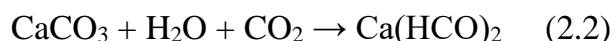
Khác với ăn mòn loại I ở chỗ nó không chỉ là sự hòa tan của các sản phẩm đá xi măng, mà chủ yếu do tương tác của các axit hoặc muối trong môi trường với các sản phẩm thủy hóa ban đầu, không có cường độ. Mức độ phá hoại mạnh của ăn mòn loại II là do sự tác động đồng thời của các quá trình hóa học đến sự phân hủy $\text{Ca}(\text{OH})_2$ làm tăng đáng kể mức độ phá hoại kết cấu bê tông.

Trong các tác nhân gây ăn mòn loại này thì axit là tác nhân phá hoại mạnh nhất, tiếp theo là các muối axit và các hợp chất có khả năng tương tác với các sản phẩm thủy hóa của xi măng có tính hoạt động hóa học mạnh.

Ăn mòn do axit cacbonit

Sự tác dụng của dioxit cacbon trong không khí với hydroxit canxi trong đá xi măng là phổ biến nhất của quá trình ăn mòn loại II. Khi trong nước có hàm lượng khí CO_2 nhỏ chúng sẽ tác dụng với $\text{Ca}(\text{OH})_2$ để tạo ra cacbonat canxi (CaCO_3) kết tinh bền vững trên bề mặt bê tông làm cho sự ăn mòn giảm đi, nó lấp đầy các lỗ rỗng và bao bọc quanh cốt thép của bê tông, bảo đảm độ ổn định cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Khi nồng độ của CO_2 tăng lên nhiều, CaCO_3 lại biến thành $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Sản phẩm mới này có độ tan lớn hơn nhiều so với $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Hơn thế nữa, phản ứng giữa axit

cacbonit và cacbonat canxi diễn ra nhanh trong khi sự khuyết tán của Ca(OH)_2 từ trong ra để bù đắp cho sự mất lớp màng phủ cacbonat canxi lại diễn ra chậm. Trong trường hợp này kết cấu bê tông bị phá hoại nhanh hơn.

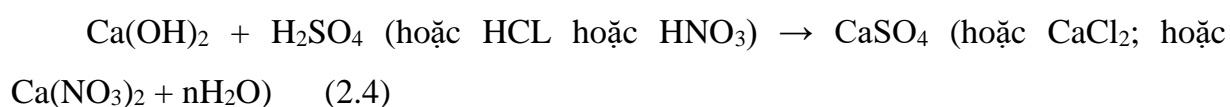


Ăn mòn của các axit khác

Trong số những axit vô cơ thường gặp (trừ axit cacbonit) tác dụng lên đá xi măng và bê tông như axit clohydric, axit sunfuric, axit nitric và các axit hữu cơ như axit axetic axit lactic... khi bị tác dụng bởi các axit này đá xi măng sẽ bị phá hủy.

Theo độ ăn mòn của các axit phân ra ba nhóm theo mức độ giảm dần như sau:

- Nhóm 1: là các axit khi phản ứng với các sản phẩm thủy hóa của xi măng hình thành các sản phẩm dạng gel như đioxit silic, hydroxit sắt, hydroxit nhôm và một lượng không đáng kể các chất trong suốt như muối canxi. Các canxi này là axit clohydric, axit sunfuric và axit nitric. Phản ứng của các axit này với các sản phẩm thủy hóa của xi măng diễn ra như sau:



- Nhóm 2: là các axit với độ tan của sản phẩm tạo thành nhỏ hơn 1g/l và có nồng độ thấp. Các sản phẩm thuộc nhóm này là H_2SiO_4 , Fe(OH)_3 , Al(OH)_3 ... Khi có mặt của các muối canxi, những axit này sẽ làm cho độ ăn mòn đá xi măng giảm đi.

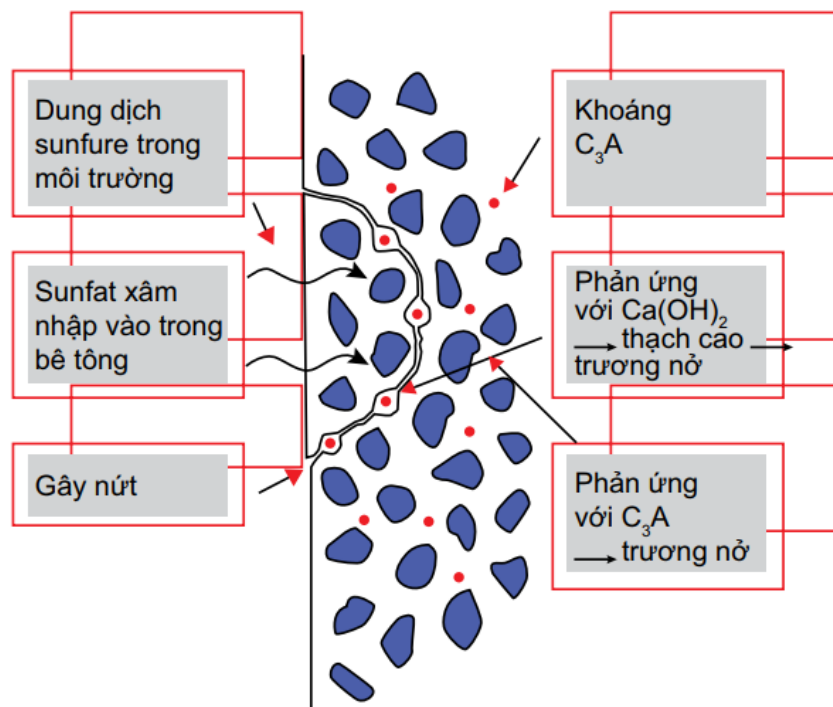
- Nhóm 3: bao gồm các axit chứa gốc muối canxi mà độ hòa tan nhỏ hơn 0,002g/l như axit oxalic, hydrofluoric và fluoxilixic. Các axit này khi tương tác với các hợp chất

của đá xi măng, sinh ra sản phẩm dạng gel, có tác dụng ngăn cản sự xâm nhập của các tác nhân ăn mòn làm chậm đáng kể tốc độ hư hỏng công trình.

Tốc độ ăn mòn thay đổi tùy thuộc vào độ hòa tan của các sản phẩm tạo thành. Độ hòa tan của các sản phẩm này càng mạnh thì tốc độ phá hủy càng nhanh. Sản phẩm thủy hóa của đá xi măng là không thay đổi, nên tốc độ ăn mòn phụ thuộc vào loại axit có trong môi trường.

2.2.3 Ăn mòn loại III

Ăn mòn sunfat là đặc trưng nhất của ăn mòn loại III, bởi chúng tạo ra muối ettringit gây nở thể tích rất lớn (4,8 lần). Hàm lượng C_3A có ảnh hưởng lớn nhất đến tính ăn mòn sunfat, lượng C_3A càng nhiều thì lượng ettringite sinh ra càng lớn, cấu trúc bê tông càng bị phá hoại nhanh chóng. Các loại muối sunfat có nồng độ > 250 mg/l mới có khả năng ăn mòn rõ rệt, vì khi nồng độ các muối càng cao thì sự tạo thành ettringit càng nhiều. Trong các loại muối sunfat thì sunfat canxi có độ ăn mòn lớn hơn các loại muối sunfat khác. Muối sunfat amoni ăn mòn cũng rất lớn.^[20]



Hình 2.8: Cơ chế ăn mòn Sunfat (Nguồn Internet)

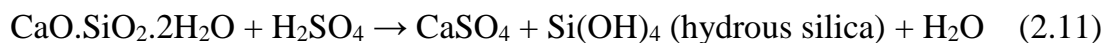
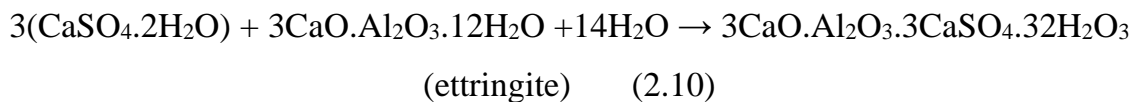
2.2.4 Bê tông bị ăn mòn bởi axit hữu cơ CH₃COOH

Axit axetic phản ứng hoá học với bê tông qua các phương trình hoá học sau:



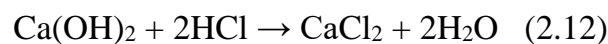
2.2.5 Bê tông bị ăn mòn bởi dung dịch axit H₂SO₄

Phản ứng hóa học của bê tông với dung dịch H₂SO₄: ở giai đoạn đầu tiên, phản ứng hóa học làm suy giảm Ca(OH)₂ dẫn đến sự hình thành thạch cao mở rộng. Thạch cao sau đó phản ứng với C₃A trong môi trường nước và tạo thành một sản phẩm mở rộng hơn gọi là ettringite. Các hợp chất rắn mở rộng này gây ra áp lực bên trong bê tông dẫn đến sự hình thành các vết nứt và sự biến đổi của bê tông thành một khối nhão hoặc không kết dính^[14]. Axit sunphuric cũng có thể gây ra sự khử keo của canxi silicat hydrat C-S-H và cuối cùng biến thành Si(OH)₄ (silica hydrous). Các phương trình thể hiện phản ứng này^[14]:



2.2.6 Bê tông bị ăn mòn bởi dung dịch axit HCl

Phản ứng với dung dịch HCl tác dụng với các sản phẩm hydrat hóa xi măng dẫn đến sự hình thành muối, nhờ sự trợ giúp của nước, các muối hòa tan này có thể dễ dàng được vận chuyển đến các bên ngoài của vữa. Trong tình huống này, các phản ứng liên tục làm tăng độ xốp của bê tông và tăng thể tích lỗ rỗng làm tăng tốc độ phản ứng được thể hiện theo phương trình hóa học sau:



2.2.7 Tốc độ ăn mòn

Phương trình Nernst

$$E_{\text{rev}} = E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{\text{Me}^{n+}} = E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0 + \frac{0,059}{n} \ln a_{\text{Me}^{n+}} \quad (2.13)$$

R: hằng số khí = 8,314 J/mol.K

T: nhiệt độ tuyệt đối (K)

F: hằng số Faraday = 96500 C/mol

n: số điện tử trao đổi

$a_{\text{Me}^{n+}}$: hoạt độ ion kim loại trong dung dịch

$E_{\text{Me}^{n+}/\text{Me}}^0$: thế điện cực tiêu chuẩn của kim loại ứng với hoạt độ dung dịch bằng 1 hoặc áp suất khí bằng 1 atm. Theo quy ước Stockholm năm 1953, thế điện cực tiêu chuẩn tính cho các phản ứng điện cực được viết ở dạng khử theo chiều từ trái sang phải.

Định luật Faraday

$$m = \frac{A}{nF} I\tau = \frac{A}{nF} iS\tau \quad (2.14)$$

A: Nguyên tử (phân tử) lượng của kim loại

F: hằng số Faraday

I = iS cường độ dòng điện (A)

i: mật độ dòng điện (A/m²)

S: diện tích (m²)

τ : Thời gian điện phân (giây)

n: số điện tử trao đổi.

2.2.8 Các loại tốc độ ăn mòn

Độ giảm khối lượng của mẫu / đơn vị diện tích / đơn vị thời gian:

$$K = \frac{\Delta m}{S\tau} [\text{g} / \text{m}^2\text{h}] \quad (2.15)$$

Độ sâu ăn mòn/đơn vị thời gian hay bề dày lớp sản phẩm ăn mòn/đơn vị thời gian

$$K = \frac{\Delta m}{S\tau} = \frac{A}{nF} \cdot \frac{I\tau}{S\tau} = \frac{A}{nF} i_{\text{cor}} \quad (2.16)$$

$$v_{\text{cor}} = \frac{K}{d} = \frac{\Delta m}{dS\tau} = \frac{A}{nFd} i_{\text{cor}} \quad (2.17)$$

2.3 Sự làm việc của các thành phần khoáng hạt mịn trong bê tông nền

Sau khi được nhào trộn, các cấu tử của hỗn hợp bê tông được sắp xếp lại chặt chẽ hơn. Giai đoạn này gọi là hình thành cấu trúc. Các sản phẩm mới được hình thành do quá trình hydrat hóa dần dần tăng lên, đến một lúc nào đó, chúng tách ra khỏi dung dịch quá bão hoà. Số lượng sản phẩm mới tách ra tăng lên đến một mức nào đó thì cấu trúc keo tụ chuyển hoá cấu trúc tinh thể, làm cho cường độ của bê tông tăng lên. Sự hình thành cấu trúc tinh thể sẽ sinh ra hai hiện tượng ngược nhau: tăng cường độ và hình thành nội ứng suất trong mạng lưới tinh thể. Đó là nguyên nhân sinh ra vết nứt và giảm cường độ của bê tông.

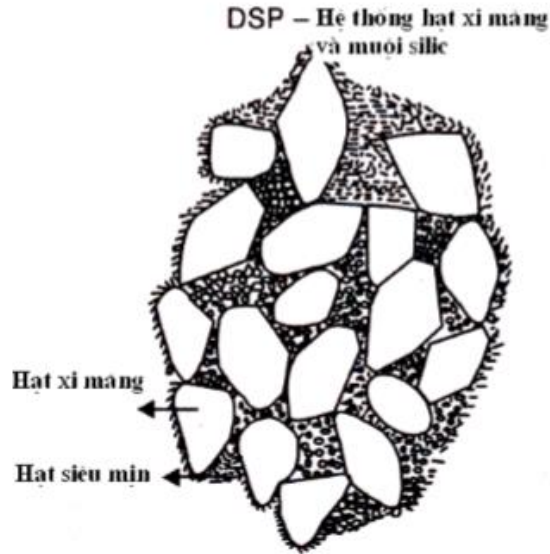
Khoảng thời gian hình thành cấu trúc, cũng như cường độ dẻo (cường độ đầu tiên) của bê tông phụ thuộc vào thành phần của bê tông, dạng chất kết dính và phụ gia hoá học. Hỗn hợp bê tông cứng và kém dẻo với tỷ lệ phụ gia khác nhau không lớn có giai đoạn hình thành cấu trúc ngắn.

Cấu trúc hỗn hợp cốt liệu tạo nên khung chịu lực cho bê tông, cấu trúc này phụ thuộc vào cường độ bản thân hạt cốt liệu, tính chất cấu trúc như đặc tính bề mặt hạt, diện tích tiếp xúc giữa các hạt cốt liệu với đá, xi măng và cường độ liên kết giữa các hạt với nhau.

Trong cấu trúc thành phần cấp phối của bê tông cần có lượng nước nhào trộn để làm nhiệm vụ cung cấp lượng nước cần thiết để xi măng thủy hóa hoàn toàn nên đá xi măng và làm cho hỗn hợp bê tông có độ linh động cần thiết để đạt độ dẻo. Lượng nước thừa sẽ bay hơi tạo ra các lỗ rỗng trong cấu trúc và làm cho vùng chuyển tiếp có cấu trúc không đặc chắc. Vùng tiếp xúc của hồ xi măng, cốt liệu được gọi là vùng chuyển tiếp. Vùng này có cấu trúc kết tinh, lỗ rỗng nhiều hơn và có cường độ nhỏ hơn so với các vùng bê tông khác. Đối với bê tông thông thường, vùng chuyển tiếp thường có chiều dày trong khoảng 50-100 μm , chứa các lỗ rỗng tương đối lớn và các tinh thể lớn của sản phẩm thủy hóa nên có cường độ thấp hơn so với đá xi măng ở khu vực cách xa cốt liệu. Do đó, khi bê tông chịu tải trọng, ứng suất sinh ra sẽ làm xuất hiện những vết nứt trước tiên ở vùng chuyển tiếp.

Khi trong vùng chuyển tiếp còn hiện diện các lỗ rỗng và các vết nứt li ti, thì cường độ của cốt liệu không còn tác dụng trong việc tạo nên cường độ chịu lực của bê tông, vì lúc đó hiệu ứng truyền ứng suất giữa xi măng và cốt liệu gần như không còn hiệu quả. Do đó, việc sử dụng các loại phụ gia làm giảm lượng nước và phụ gia khoáng hạt mịn sẽ cải thiện cấu trúc vùng chuyển tiếp, làm tăng cường độ của bê tông.

Khi sử dụng thành phần hạt mịn, tính chất bề mặt cốt liệu có thể làm tăng cường khả năng liên kết giữa cốt liệu và các thành phần khác trong hỗn hợp bê tông. Hỗn hợp hạt mịn do kích thước hạt làm tăng diện tích bề mặt dẫn đến tăng cường độ lớp tiếp xúc do tăng khả năng liên kết giữa cốt liệu và đá xi măng. Các hạt này sẽ lấp đầy lỗ rỗng mà hạt xi măng không lọt vào được. Đồng thời với kích thước nhỏ hơn hạt xi măng nhiều, nó bao bọc quanh xi măng tạo thành lớp ngăn cách không cho các hạt xi măng vón tụ lại với nhau.



Hình 2.9: Sơ đồ hệ thống hạt xi măng – hạt siêu mịn [20]

Tro bay là những phần tử hình cầu có cấu trúc thủy tinh, rỗng, xốp. Hình dạng hạt và đặt trung bề mặt của tro bay có thể dùng làm thành phần khoáng hoạt tính để lấp đầy các lỗ rỗng trong cấu trúc của bê tông xi măng. Tro bay là những phần tử hình cầu rỗng và rất nhẹ, có thể nổi trên mặt nước. Đôi khi bên trong cấu trúc rỗng đó lại chứa những phần tử tro bay hình cầu khác. Bề mặt của những hạt tro bay hình cầu, rỗng (loại tro bay có hàm lượng CaO thấp) thì trơn nhẵn và rõ hơn loại tro bay giàu CaO bề mặt được bao bọc bởi loại vật liệu giàu canxi. Tro bay tồn tại cả các khoáng tinh thể lẫn các khoáng thủy tinh. Nói chung tro bay có từ 15 đến 45% thành phần tinh thể. Khả năng hoạt tính hóa của tro bay phụ thuộc vào nhiều yếu tố, quan trọng nhất có thể kể đến như độ mịn, dạng tồn tại vô định hình, thành phần khoáng và hóa học.

Silicafume là loại bột có độ mịn rất cao với kích thước hạt trung bình 0,1-0,2 micron và diện tích bề mặt riêng lên tới 15.000 - 20.000 m²/kg. Các hạt silicafume có dạng hình cầu. Để so sánh có thể nêu diện tích bề mặt riêng của xi măng là 350-500m²/kg, như vậy silicafume có kích thước khoảng 100 lần nhỏ hơn hạt xi măng. Thành phần hoá của silicafume chủ yếu là silica -SiO₂ (hơn 90%), còn lại là các oxit kim loại và cacbon. Mục đích chính của việc đưa các hạt mịn này vào bê tông là để tạo nền xi măng đặc chắc với các hạt silicafume rất mịn và có hoạt tính. Các hạt silicafume

tham gia phản ứng pozolan với hydroxyt canxi hình thành khi xi măng thủy hoá; do vậy làm tăng tổng các sản phẩm thủy hoá và giảm lượng hydroxyt canxi. Khi sử dụng đúng, silicafume sẽ làm tăng cường độ và giảm khả năng thấm của bê tông làm bê tông trở nên bền lâu hơn. Sản phẩm đặc trưng cho tính chất của silicafume này là silicafume. Việc đưa một lượng các hạt silicafume siêu mịn vào hỗn hợp bê tông bên cạnh tính cố kết hơn của vật liệu này còn tạo ra hiệu ứng bôi trơn trong bê tông do các hạt silicafume có dạng hình cầu. Nhu cầu nước để duy trì tính công tác tăng sẽ được điều chỉnh bình thường khi bổ sung các phụ gia siêu dẻo, giảm nước hay dẻo hoá. Do vậy hỗn hợp bê tông sẽ vẫn có tính dính so với hỗn hợp bê tông thường.

CHƯƠNG 3: NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

3.1 Nguyên vật liệu

Bê tông chất lượng cao sử dụng các vật liệu chính là: xi măng portland PCB 40, các phụ gia khoáng hạt mịn (Tro bay loại F, Silicafume), nước, cốt liệu (cốt liệu nhỏ, cốt liệu thô).

Hóa chất để tạo môi trường ăn mòn cho bê tông là axit: HCl, H₂SO₄.

3.1.1 Xi măng



Hình 3.1: Xi măng sử dụng trong thí nghiệm

Sử dụng xi măng Insee PCB 40 đây là loại xi măng được sử dụng phổ biến trên thị trường, có các chỉ tiêu kỹ thuật khối lượng riêng 3,13 g/cm³ và các tính chất trình bày trong bảng.

Bảng 3.1: Thành phần tính chất cơ lý của xi măng Insee PCB 40

STT	Các chỉ tiêu	Giá trị
1	Giới hạn bèn nén không nhỏ hơn	

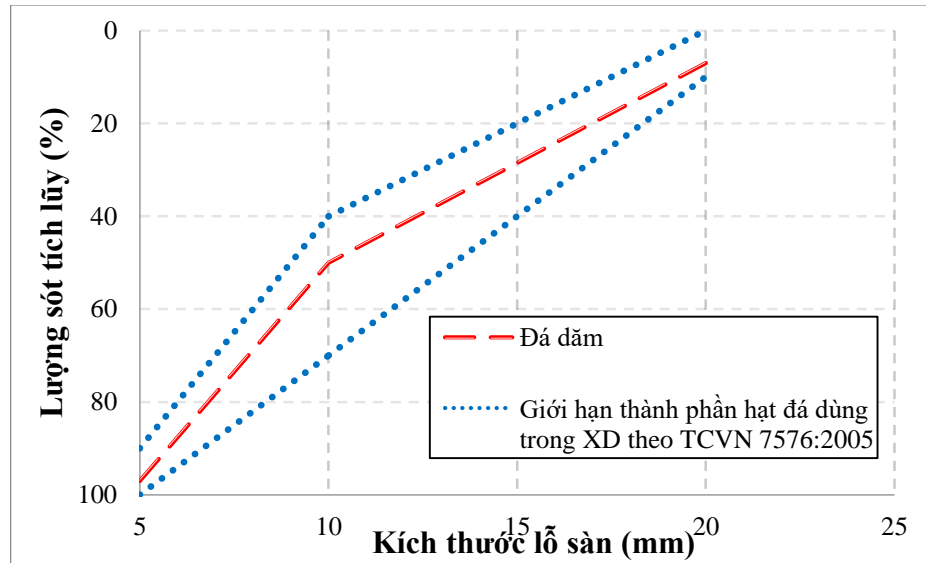
STT	Các chỉ tiêu	Giá trị
	3 ngày không nhỏ hơn 28 ngày không nhỏ hơn	22 (N/mm ²) 42 (N/mm ²)
2	Độ mịn Lượng sót trên sàng 0,08mm Tỉ diện tích bề mặt	9 % 2750 cm ² /g
3	Thời gian ninh kết : Bắt đầu không sớm hơn (phút) Kết thúc không chậm hơn (phút)	130 240

3.1.2 Cốt liệu lớn



Hình 3.2: Cốt liệu lớn

Cốt liệu lớn được sử dụng trong thực nghiệm là đá có $D_{max} = 20\text{mm}$.



Hình 3.3: Đường biểu diễn thành phần hạt của cốt liệu lớn.

Các chỉ tiêu cơ lý của đá được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 7572:2006^[24] cốt liệu cho bê tông và vữa.

Bảng 3.2: Các tính chất cơ lý của đá

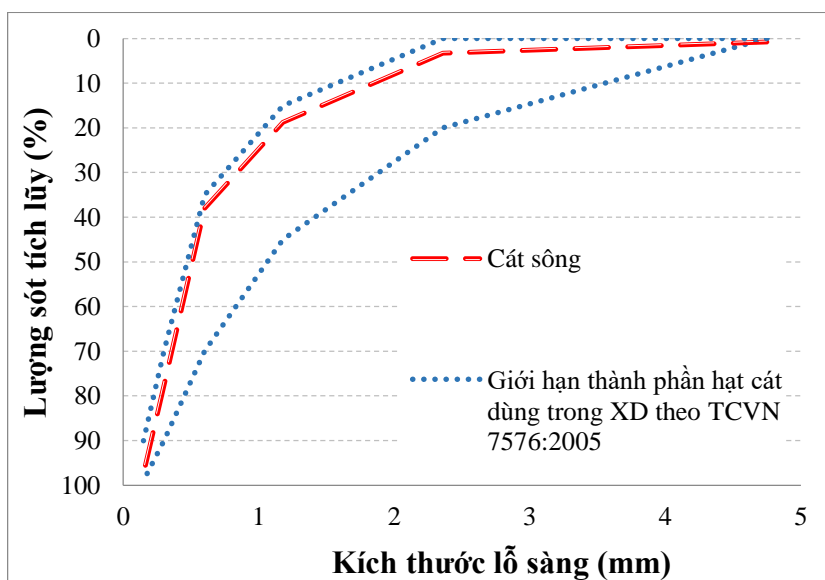
STT	Tên chỉ tiêu	Tiêu chuẩn	Đơn vị	Đá Dmax =20mm
1	Hàm lượng bụi bùn sét	TCVN 7572-8:06	%	0,72
2	Khối lượng thể tích xốp	TCVN 7572-6:06	Kg/m ³	1,4
3	Khối lượng riêng	TCVN 7572-4:06	g/cm ³	2700

3.1.3 Cốt liệu nhỏ



Hình 3.4: Cốt liệu nhỏ

Cát dùng cho nghiên cứu phải thoả mãn các yêu cầu của cát theo yêu cầu của TCVN 7576:2005 [25] “Cát xây dựng – Yêu cầu kỹ thuật”. Cát được sử dụng là cát sạch ở sông Đồng Nai, cỡ hạt thô. Các tính chất cơ lý như khối lượng riêng, khối lượng thể tích, thành phần hạt... cũng được thí nghiệm theo Tiêu chuẩn Việt Nam. Cát được làm sạch và sấy khô trước khi đưa vào sử dụng.



Hình 3.5: Đường biểu diễn thành phần hạt của cát.

3.1.4 Nước

Nước dùng để chế tạo hỗn hợp bê tông là nước thủy cục. Phải tuân thủ theo tiêu chuẩn TCVN 4506 – 2012 [26].

3.1.5 Tro bay

Bảng 3.3: Thành phần vật lý của tro bay

Thành phần vật lý thí nghiệm	Khối lượng riêng (g/cm ³)	Hàm lượng lọt sàng 0.05 mm (%)	Chỉ số hoạt tính cường độ sau 28 ngày (%)	Chỉ số hoạt tính cường độ sau 7 ngày (%)	Lượng mất sau khi nung (g)
Tiêu chuẩn áp dụng	TCVN 4030-86	ASTM C311, TVCN 6016-95	ASTM C311, TVCN 6016-95	ASTM C311, TVCN 6016-95	ASTM C311, TVCN 141-98
Tro bay Phả Lại	2,74	88	85	78,5	4,76
Tro bay Formosa	2,4	93,5	90,7	79,6	1,0

Bảng 3.4: Thành phần hóa học của tro bay

Kết quả thử nghiệm (%)											
MKN	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃
2.39	55.26	16.58	0.124	12.31	5.25	4.25	0.62	0.71	1.206	0.129	0.211

Một trong những lý do để sử dụng tro bay trong bê tông hạt mịn là nhằm tăng cường độ của bê tông trong quá trình ninh kết và tăng độ bền liên kết trong quá trình sử dụng. Trong quá trình hydrat hóa tro bay, tro bay sẽ tác dụng với Canxi hydroxit để tạo thành Canxi silicat và Canxi aluminat. Từ đó sẽ giúp giảm đi hiện tượng thấm Canxi hydroxit (Ca(OH)₂) vào trong bê tông và tăng khả năng chống thấm của bê tông. Tro bay có cấu trúc phân tử hình cầu, vì vậy sẽ cải thiện được độ bền của bê tông hạt mịn.

Tro bay sử dụng trong đề tài là tro bay Phả Lại (loại F)



Hình 3.6: Tro bay Phả Lại dùng đúc mẫu thí nghiệm

Bảng 3.5: Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu theo phiếu xuất xưởng của nhà máy

STT	Các tiêu chí thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	TCVN 4030: 2003	g/cm ³	2,20
2	Khối lượng thể tích xốp			1084
3	Chỉ số hoạt tính tuổi 7 ngày so với mẫu đối chứng	14TCVN 108:1999	%	75,50
4	Chỉ số hoạt tính tuổi 28 ngày so với mẫu đối chứng	14TCVN 108:1999	%	85,000
5	Hàm lượng mất khi nung	TCVN 8262:2009	%	4,0
6	Hàm lượng SiO ₂	TCVN 8262:2009	%	85,10
7	Hàm lượng Fe ₂ O ₃	TCVN 8262:2009	%	1,75
8	Hàm lượng Al ₂ O ₃	TCVN 8262:2009	%	9,87

STT	Các tiêu chí thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Kết quả
9	Hàm lượng CaO	TCVN 8262:2009	%	1,09

3.1.6 Silicafume



Hình 3.7: Phụ gia khoáng hạt mịn Silicafume

Đảm bảo các chỉ tiêu theo TCVN 8827:2011 [27]. Thành phần hóa học chủ yếu của silicafume là SiO_2 .

Bảng 3.6: Các tính chất vật lý của Silicafume.

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Phương pháp thử	Đơn vị	Kết quả
1	Khối lượng riêng	TCVN 4030:2003	g/cm^3	2,10
2	Khối lượng thể tích xốp	TCVN 4030: 2003	Kg/m^3	925
3	Hàm lượng mất khi nung	TCVN 8262:2009	%	4,20
4	Hàm lượng SiO_2	TCVN 8262:2009	%	93,45
5	Hàm lượng Fe_2O_3	TCVN 8262:2009	%	0,52
6	Hàm lượng Al_2O_3	TCVN 8262:2009	%	0,92
7	Hàm lượng CaO	TCVN 8262:2009	%	1,57

Bảng 3.7: Tính chất kỹ thuật của Silicafume

Hàm lượng SiO ₂	Độ ẩm (%)	Lượng mất khi nung (%)	Tỷ diện (%)
> 85	< 3	< 6	15 - 30

3.1.7 Thí nghiệm và ngâm trong dung dịch axit (H₂SO₄ và HCl)

Axit được mua từ các công ty hóa chất trên thị trường, pha loãng xuống còn 5% và 10% để thực hiện thí nghiệm khả năng chống ăn mòn của bê tông. Các mốc thời gian thí nghiệm lần lượt là 0 ngày (chưa ngâm hóa chất), 30 ngày, 60 ngày và 90 ngày ngâm mẫu với hóa chất.

Các mẫu sau khi tĩnh định 48 giờ nên được tháo khuôn và dưỡng hộ theo TCVN 3105: 1993 [28].

3.2 Phương pháp thí nghiệm

3.2.1 Quy trình và phương pháp thí nghiệm

Thí nghiệm khả năng chống ăn mòn của bê tông được thực hiện trên các mẫu tương ứng với bảy cấp phối khác nhau. Các phụ gia khoáng được sử dụng là silicafume tỷ lệ 5%, 10% thay thế một phần xi măng và kết hợp với tro bay của nhà máy nhiệt điện Phả Lại tỷ lệ 10%, 20%. Bảng 3.8 cho thấy tỷ lệ của các vật liệu được sử dụng trong thí nghiệm. Các mẫu thí nghiệm được đúc với kích thước hình trụ 100×200 (mm), sau 28 ngày đúc mẫu và đã được dưỡng hộ, tất cả các mẫu được vệ sinh sạch nhẹ trên bề mặt để loại bỏ các tạp chất, đo kích thước sau đó dùng cân lấy số liệu về khối lượng ban đầu rồi chuyển vào các thùng chứa dung dịch axit H₂SO₄ và HCl với nồng độ mỗi loại là 5%, 10% để đánh giá các chỉ tiêu về khả năng chống ăn mòn. Các hóa chất ngâm mẫu có dạng dung dịch đứng yên (không tác động đến dung dịch trong thời gian thí nghiệm).

Thời gian ngâm mẫu với các mốc thời gian là 0 ngày (không tiếp xúc môi trường axit), 30 ngày, 60 ngày và 90 ngày. Trong quá trình theo dõi thí nghiệm đến các mốc

thời gian nêu trên các mẫu được lấy ra khỏi dung dịch hóa chất, lau sạch mẫu bằng khăn mềm và sau 48 giờ sẽ tiến hành cân mẫu để xác định tình trạng mất trọng lượng do ăn mòn tiếp tục dùng máy nén thủy lực nén mẫu lấy kết quả đánh giá, so sánh.

3.2.2 Phương pháp tạo mẫu thí nghiệm

Trộn cốt liệu lớn với cốt liệu nhỏ trong máy trộn, sau đó xi măng, tro bay, silicafume được thêm vào theo tỷ lệ cấp phối từng mẫu đã được tính toán. Sau khi hỗn hợp bê tông đã được trộn đều sau đó cho nước vào tiếp tục trộn hỗn hợp trên.

Sử dụng khuôn mẫu hình trụ 100×200 (mm).



Hình 3.8: Khuôn đúc mẫu

Hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn được xác định độ linh động bằng cách thử độ sụt theo TCVN 3106-1993 [29]. Sau đó đúc mẫu xác định các tính chất cơ lý theo TCVN 3118-1993 [30] Phương pháp xác định cường độ nén bê tông, cường độ chịu nén của bê tông nặng.

3.2.3 Thành phần cấp phối

Cốt liệu lớn sử dụng là đá có $D_{max} = 20\text{mm}$. Hàm lượng tro bay lần lượt là 0%, 10% và 20% theo khối lượng xi măng. Hàm lượng silicafume lần lượt là 0%, 5% và 10% theo khối lượng xi măng. Thành phần cấp phối bê tông thực nghiệm được trình bày trong Bảng 3.8.

Bảng 3.8: Thành phần cấp phối bê tông thực nghiệm

STT	Ký hiệu mẫu	Xi măng (kg)	Tro bay		Silicafume		Cát (m ³)	Đá (m ³)	Nước (lít)
			kg	Tỷ lệ	kg	Tỷ lệ			
1	CP1	308	-	0%	-	0%	0.462	0.834	205
2	CP2	292.6	0	0%	15.4	5%	0.462	0.834	205
3	CP3	277.2	0	0%	30.8	10%	0.462	0.834	205
4	CP4	236.3	30.8	10%	15.4	5%	0.462	0.834	205
5	CP5	222.4	30.8	10%	30.8	10%	0.462	0.834	205
6	CP6	208.5	61.6	20%	15.4	5%	0.462	0.834	205
7	CP7	194.6	61.6	20%	30.8	10%	0.462	0.834	205

3.2.4 Phương pháp xác định thành phần cấp phối

Khối lượng riêng của: Tro bay là 2200 kg/m³

Silicafume là 2100 kg/m³

Xi măng là 3150 kg/m³

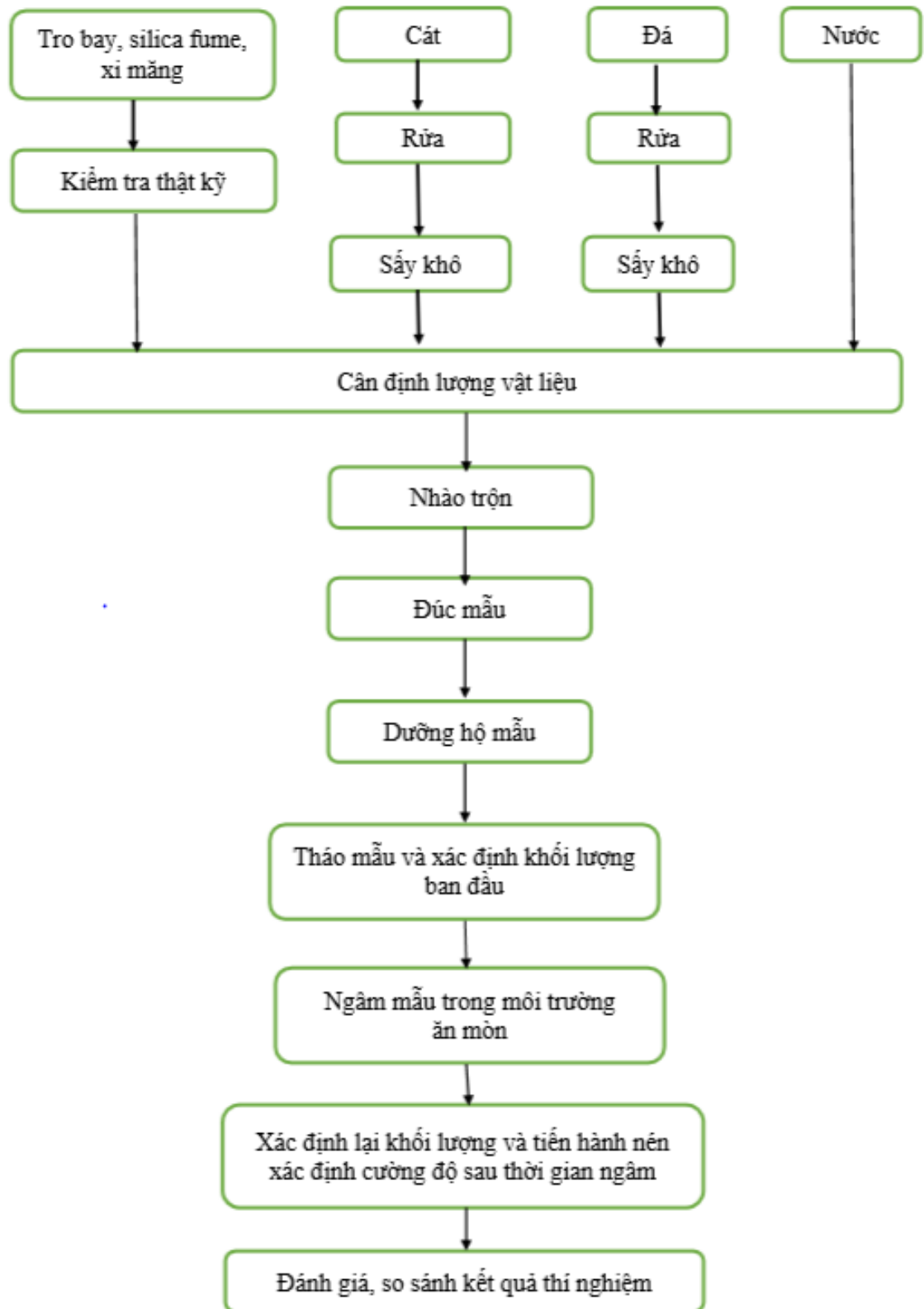
Cát là 2670 kg/m³

Đá là 2710 kg/m³

Xác định thành phần cấp phối dựa trên nguyên tắc là thể tích tuyệt đối với $V=1\text{m}^3$. Các nguyên liệu trong từng cấp phối có tỷ lệ theo khối lượng tương ứng với nhau sao cho tổng thể tích là 1m^3 .

3.2.5 Đúc mẫu

Các thành phần nguyên vật liệu của từng cấp phối sau khi được định lượng được nhào trộn khô bằng máy trộn, sau đó tiếp tục cho nước vào trộn đều trong khoảng 2 phút.



Hình 3.9: Quy trình chế tạo hỗn hợp bê tông

3.2.6 Dưỡng hộ và thí nghiệm

Các mẫu bê tông sau khi đổ được tĩnh định 48 giờ sẽ được tháo khuôn và dưỡng hộ trong 28 ngày sau đúc mẫu.



Hình 3.10: Mẫu bê tông sau khi được dưỡng hộ



Hình 3.11: Pha dung dịch axit ngâm mẫu

Nồng độ dung dịch của axit đậm đặc HCl 37%, H_2SO_4 98% được mua từ công ty chuyên dụng, được chứng nhận và đảm bảo bởi nhà cung cấp uy tín. Khi tiến hành thực nghiệm pha loãng xuống nồng độ 5%, 10% theo công thức hoá học.

Các mẫu được cân và đo kích thước lấy số liệu ban đầu trước khi ngâm axit để đánh giá khả năng chống ăn mòn của mẫu theo thời gian.



Hình 3.12: Mẫu được đưa vào thùng ngâm dung dịch axit

3.2.7 Phương pháp xác định cường độ chịu nén của bê tông

Cường độ chịu nén là một tính chất cơ bản của bê tông. Cường độ chịu nén là cơ sở để xác định Mác bê tông theo cường độ chịu nén, Mác bê tông theo cường độ chịu nén lại được dùng để thiết kế cấp phối bê tông. Như vậy cường độ chịu nén là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá cường độ và chất lượng của bê tông. Việc xác định giới hạn cường độ chịu nén của bê tông thường theo mẫu lăng trụ 100mm x 200mm theo tiêu chuẩn TCVN 3118-1993 [30].

$$R = \alpha \frac{P}{F} \quad (3.1)$$

Trong đó:

P - tải trọng phá hoại, tính bằng daN;

F - Diện tích chịu lực nén của viên mẫu, tính bằng cm²;

α - Hệ số tính đổi của mẫu trụ kích thước 100 x 200mm là 1,16

Tính trung bình cộng các kết quả nén mẫu, loại bỏ giá trị có sai lệch lớn hơn 15% so với giá trị trung bình. Kết quả cuối cùng là giá trị trung bình cộng của các giá trị hợp lệ còn lại, chính xác tới 0,1N/mm².

CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Các mẫu thí nghiệm sau khi tĩnh định 48 giờ sau khi đúc sẽ tháo khuôn và dưỡng hộ trong 28 ngày tiếp theo. Các mẫu được vệ sinh chảy nhẹ trên bề mặt để loại bỏ các tạp chất, đo kích thước và sau 48 giờ (trong điều kiện tự nhiên) sẽ tiến hành cân lấy số liệu về khối lượng ban đầu để đánh giá các chỉ tiêu về khả năng chống ăn mòn theo thời gian. Hai loại hoá chất được sử dụng bao gồm dung dịch H_2SO_4 và HCL với nồng độ 5%, 10%. Các hóa chất ngâm mẫu có dạng dung dịch đứng yên (không tác động đến dung dịch trong thời gian thí nghiệm).

Sau khi ngâm mẫu đến các mốc thời gian là 0 ngày (không tiếp xúc môi trường axit), 30 ngày, 60 ngày và 90 ngày. Các mẫu được lấy ra khỏi dung dịch hóa chất, lau sạch mẫu bằng khăn mềm và sau 48 giờ tiến hành cân mẫu để xác định tình trạng mất trọng lượng do ăn mòn. Sau đó tiến hành nén mẫu để xác định cường độ chịu nén theo thời gian ngâm trong các loại axit với nồng độ khác nhau.

4.1 Kiểm tra trực quan

Các mẫu được ngâm trong môi trường axit sau các mốc thời gian đều bị ăn mòn, có nhiều mẫu bị ăn mòn rất mạnh. Axit tấn công gây ăn mòn xi măng làm mất độ bám dính giữa xi măng và cốt liệu đây là nguyên nhân chính dẫn đến việc mất khối lượng của mẫu bê tông.

4.1.1 Dung dịch axit H_2SO_4

Quan sát trong quá trình thí nghiệm, các mẫu hình thành một lớp trắng xung quanh bề mặt của các mẫu đây là thạch cao ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) được hình thành bởi sự phân huỷ canxi hydroxit. Sau thời gian 90 ngày mẫu bị ăn mòn mạnh làm lộ ra cốt liệu đá bên trong, tương tự như kết quả nghiên cứu và mô tả của K. Kawai [5].



Hình 4.1: Mẫu ngâm trong dung dịch H_2SO_4

4.1.3 Dung dịch axit HCL

Sự ăn mòn của axit HCL mạnh hơn nhiều so với H_2SO_4 các phản ứng hoá học liên tục làm tăng độ xốp của xi măng và làm tăng thể tích lỗ rỗng làm tăng tốc độ phản ứng. Sau thời gian 90 ngày mẫu bị ăn mòn mạnh làm lộ ra cốt liệu đá bên trong, tương tự theo mô tả của E. O. Nnadi ^[6].

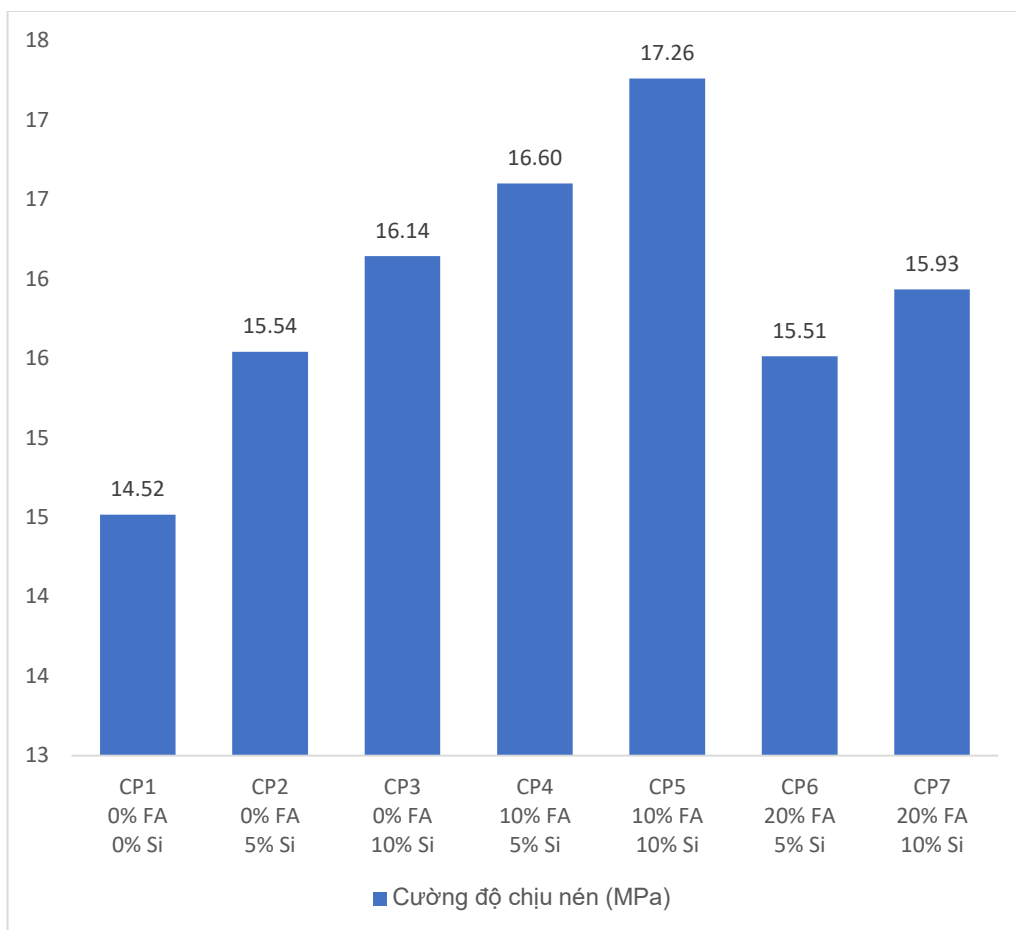


Hình 4.2: Các mẫu ngâm trong dung dịch HCL 10% sau 90 ngày

4.2 Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và silicafume đến khả năng chịu nén của bê tông

Bảng 4.1: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén khi chưa ngâm axit

STT	Cấp phối	Cường độ chịu nén (MPa)
1	CP1	14.52
2	CP2	15.54
3	CP3	16.14
4	CP4	16.60
5	CP5	17.26
6	CP6	15.51
7	CP7	15.93



Hình 4.3: Cường độ chịu nén của bê tông trước khi ngâm mẫu theo từng cấp phối

Kết quả thí nghiệm được biểu diễn trên Hình 4.3 cho thấy sự ảnh hưởng của tro bay và phụ gia khoáng silicafume đến cường độ chịu nén của bê tông thay đổi theo từng cấp cấp phối. Cường độ chịu nén của bê tông có xu hướng tăng từ +6,8% đến +18,9% so với cấp phối CP1 (đối chứng), cao nhất là cấp phối CP5 với tỷ lệ 10% tro bay và 10% silicafume. Tuy nhiên khi hàm lượng tro bay là 20% thì cường độ nén của cấp phối CP6, CP7 lại giảm xuống 6,9% và 9,8% so với cấp phối CP5.

Theo B. Suresh Babu ^[22], cấp phối sử dụng 10% silicafume và 10% tro bay thay thế xi măng thì cường độ chịu nén của bê tông là cao nhất do có hàm lượng pozzolanic tự nhiên cao, giúp phản ứng với calcium hydroxide để hình thành thể gel calcium hydroxide hydrate tăng cường cơ tính cho bê tông.

4.3 Ảnh hưởng của thành phần khoáng hạt mịn đến cường độ chịu nén theo thời gian ngâm

Kết quả thí nghiệm về cường độ chịu nén (MPa) của mẫu sau khi ngâm trong môi trường axit ăn mòn được thể hiện trong Bảng 4.2.



Hình 4.4: Nén mẫu bê tông

Bảng 4.2: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (MPa) của bê tông

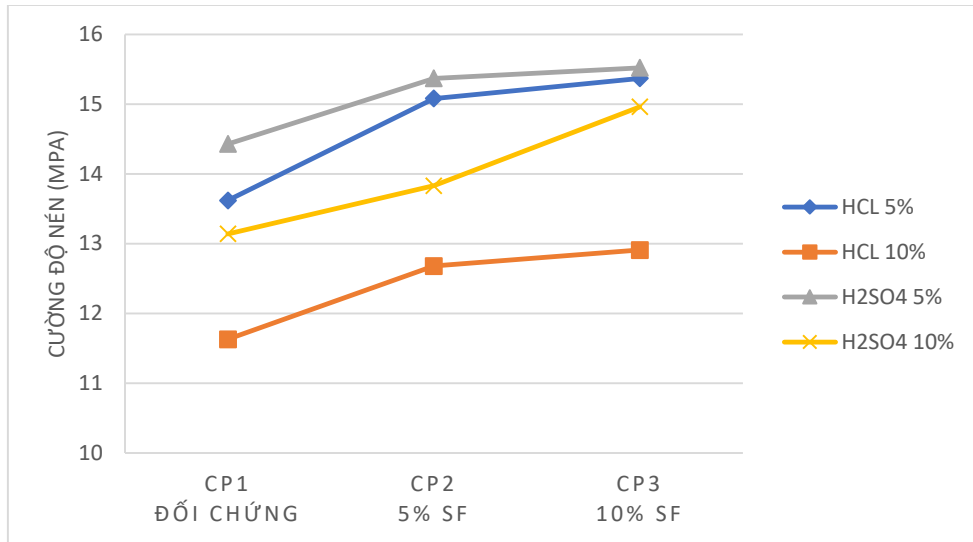
	0 ngày	30 ngày	60 ngày	90 ngày
Dung dịch HCL 5%				
CP1	14.52	13.62	12.28	11.48
CP2	15.54	15.08	13.97	12.16
CP3	16.14	15.37	14.19	12.58
CP4	16.60	15.50	14.65	13.67
CP5	17.26	16.21	15.56	14.56
CP6	15.51	14.59	13.61	11.84
CP7	15.93	15.26	14.41	12.10

	0 ngày	30 ngày	60 ngày	90 ngày
Dung dịch HCL 10%				
CP1	14.52	11.63	9.73	8.92
CP2	15.54	12.68	11.81	9.63
CP3	16.14	12.91	12.18	10.60
CP4	16.60	12.87	12.99	10.37
CP5	17.26	14.46	13.36	11.74
CP6	15.51	12.42	12.32	9.83
CP7	15.93	13.12	11.95	10.77
Dung dịch H₂SO₄ 5%				
CP1	14.52	14.43	13.81	12.84
CP2	15.54	15.37	14.90	13.33
CP3	16.14	15.52	15.31	15.12
CP4	16.60	15.86	15.60	14.92
CP5	17.26	17.02	15.74	15.66
CP6	15.51	15.30	14.95	13.63
CP7	15.93	15.52	15.33	14.37
Dung dịch H₂SO₄ 10%				
CP1	14.52	13.14	11.75	11.14
CP2	15.54	13.83	13.29	12.05
CP3	16.14	14.96	14.45	14.31
CP4	16.60	15.19	14.81	13.41
CP5	17.26	16.36	15.53	15.14
CP6	15.51	14.49	13.64	12.44
CP7	15.93	14.98	13.85	14.11

4.3.1 Ảnh hưởng của Silicafume đến cường độ nén theo thời gian ngâm

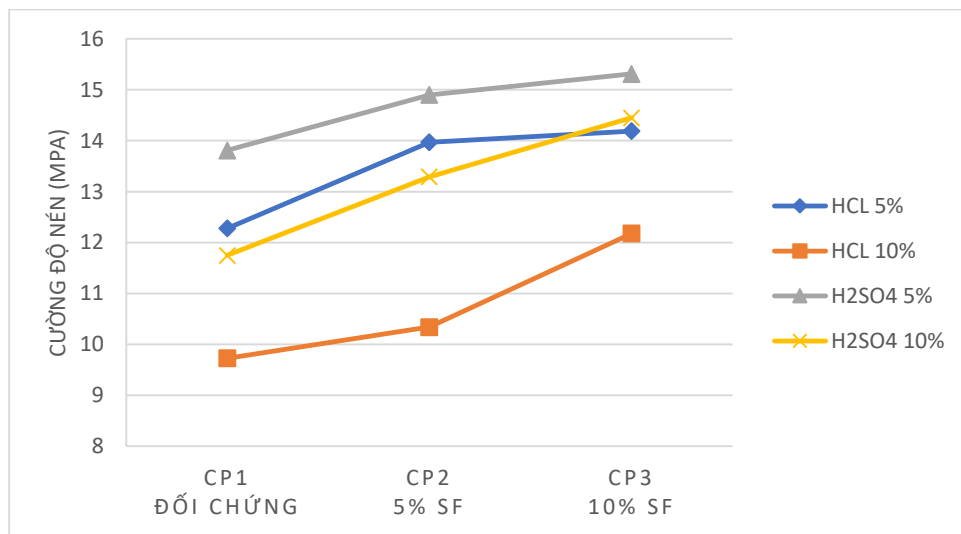
Bảng 4.3: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (MPa) của mẫu bê tông dùng phụ gia silicafume

Ký hiệu	Tỷ lệ silica fume	0 ngày	30 ngày	60 ngày	90 ngày
Dung dịch HCL 5%					
CP1	0%	14.52	13.62	12.28	11.48
CP2	5%	15.54	15.08	13.97	12.16
CP3	10%	16.14	15.37	14.19	12.58
Dung dịch HCL 10%					
CP1	0%	14.52	11.63	9.73	8.92
CP2	5%	15.54	12.68	10.34	9.63
CP3	10%	16.14	12.91	12.18	10.60
Dung dịch H₂SO₄ 5%					
CP1	0%	14.52	14.43	13.81	12.84
CP2	5%	15.54	15.37	14.90	13.33
CP3	10%	16.14	15.52	15.31	15.12
Dung dịch H₂SO₄ 10%					
CP1	0%	14.52	13.14	11.75	11.14
CP2	5%	15.54	13.83	13.29	12.79
CP3	10%	16.14	14.96	14.45	14.31



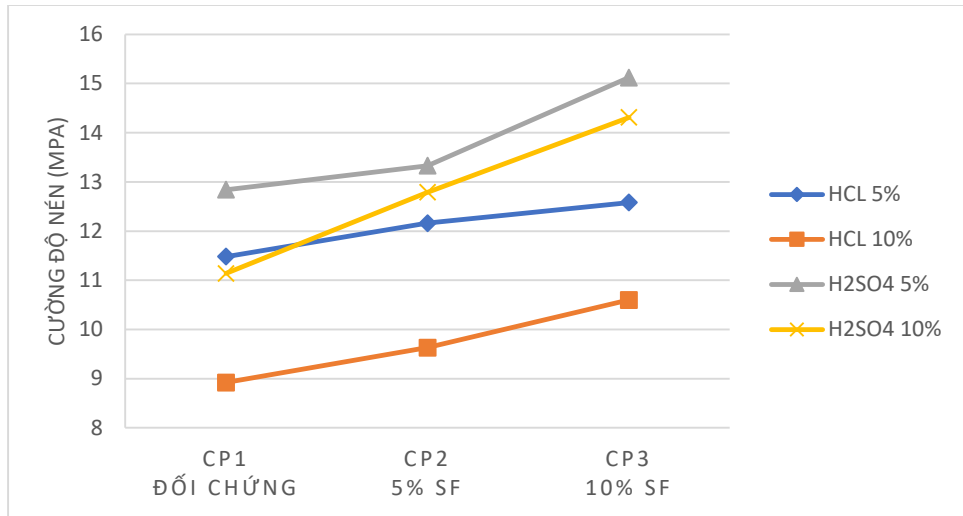
Cấp phối bê tông

(a): Cường độ chịu nén của mẫu sau 30 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(b): Cường độ chịu nén của mẫu sau 60 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(c): Cường độ chịu nén của mẫu sau 90 ngày ngâm

Hình 4.5: Cường độ chịu nén của mẫu dùng phụ gia Silicafume sau thời gian ngâm hóa chất

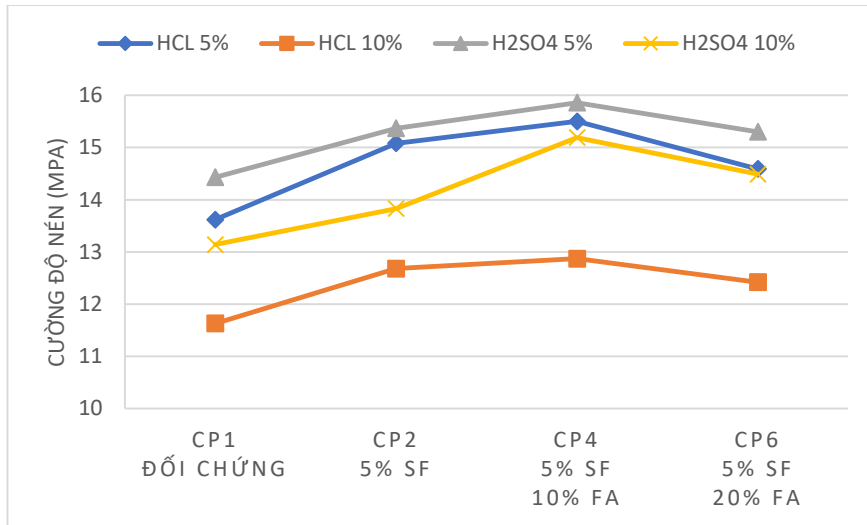
Kết quả thí nghiệm được biểu diễn trên Hình 4.5 cho thấy sau thời gian ngâm trong các dung dịch hoá chất hàm lượng của silicafume ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của bê tông có khuynh hướng tăng lên khi thay đổi từ 0% đến 10%, đạt cường độ nén cao nhất là cấp phối CP3. Sau 90 ngày ngâm mẫu cấp phối CP3 trong dung dịch H₂SO₄ 5% giảm 6,34% so với cường độ mẫu không ngâm, với nồng độ 10% thì giảm 11,37%. Trong dung dịch HCl thì cường độ giảm nhiều hơn 22,08% trong dung dịch HCl 5% và giảm đến 34,36% khi ngâm với nồng độ 10%.

4.3.2 Ảnh hưởng của 5% Silicafume kết hợp với Tro bay

Bảng 4.4: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (MPa) của mẫu dùng 5% phụ gia silicafume kết hợp Tro bay

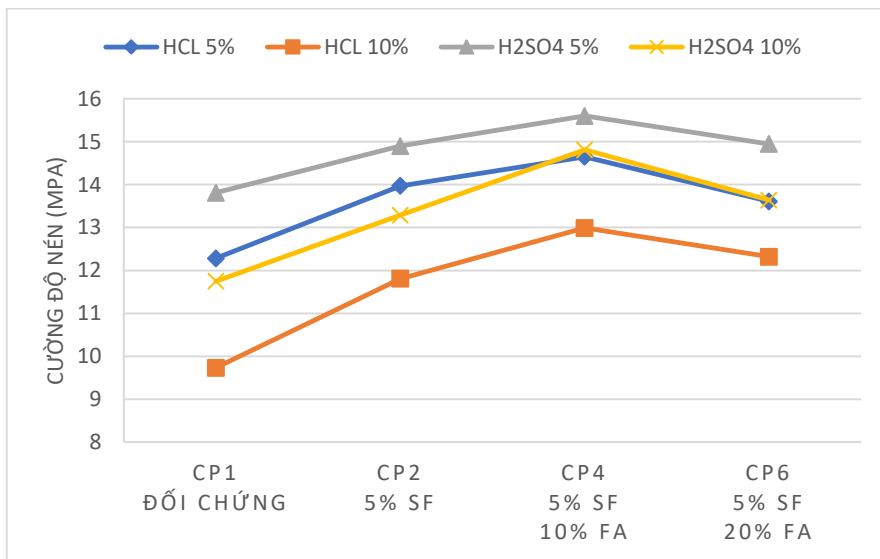
Ký hiệu	Silica fume	Tro bay	30 ngày	60 ngày	90 ngày
Dung dịch HCL 5%					
CP1	0%	0%	13.62	12.28	11.48

Ký hiệu	Silica fume	Tro bay	30 ngày	60 ngày	90 ngày
CP2	5%	0%	15.08	13.97	12.16
CP4	5%	10%	15.50	14.65	13.97
CP6	5%	20%	14.59	13.61	11.84
Dung dịch HCL 10%					
CP1	0%	0%	11.63	9.73	8.92
CP2	5%	0%	12.68	10.34	9.63
CP4	5%	10%	12.87	12.99	11.25
CP6	5%	20%	12.42	10.85	9.83
Dung dịch H₂SO₄ 5%					
CP1	0%	0%	14.43	13.81	12.84
CP2	5%	0%	15.37	14.90	13.33
CP4	5%	10%	15.86	15.60	15.22
CP6	5%	20%	15.30	14.95	13.04
Dung dịch H₂SO₄ 10%					
CP1	0%	0%	13.14	11.75	11.14
CP2	5%	0%	13.83	13.29	12.79
CP4	5%	10%	15.93	14.81	14.59
CP6	5%	20%	14.49	13.64	13.03



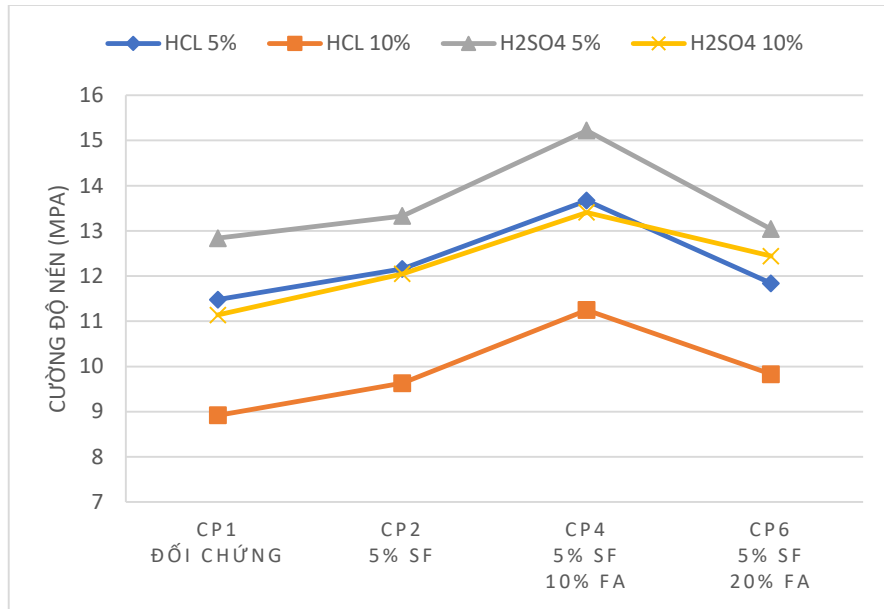
Cấp phối bê tông

(a): Cường độ chịu nén của mẫu sau 30 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(b): Cường độ chịu nén của mẫu sau 60 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(c): Cường độ chịu nén của mẫu sau 90 ngày ngâm

Hình 4.6: Cường độ chịu nén của mẫu dùng 5% phụ gia Silicafume kết hợp Tro bay sau thời gian ngâm hóa chất

Kết quả thí nghiệm được biểu diễn trên Hình 4.6 cho thấy khi sử dụng 5% phụ gia silicafume kết hợp với tro bay thì cường độ chịu nén của bê tông đạt cao nhất ở cấp phối CP4 với 10% tro bay và giảm xuống khi tăng lên 20%.

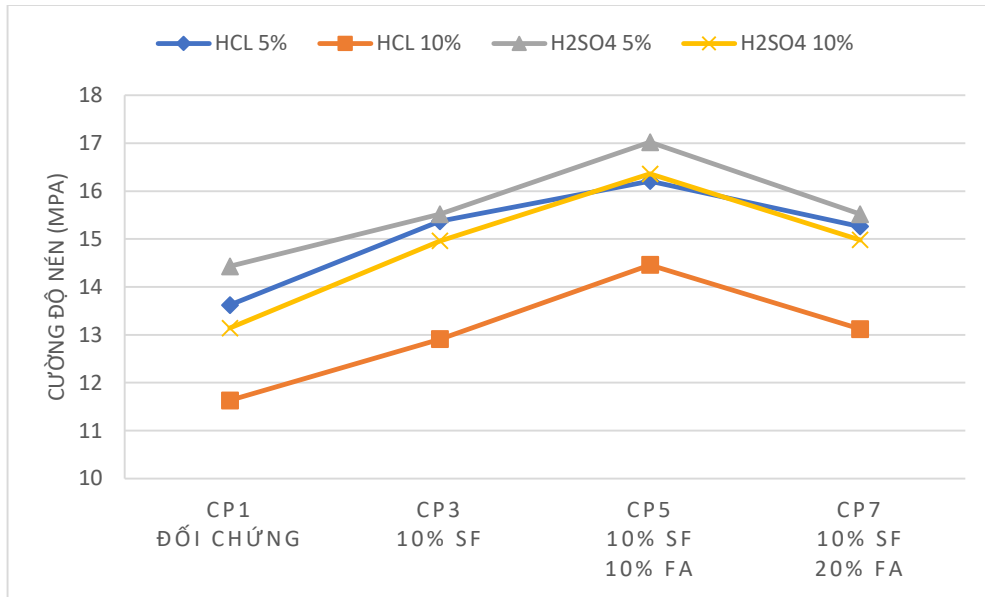
Sau 90 ngày ngâm hoá chất với cấp phối CP4 cường độ bê tông giảm 37,54% khi ngâm dung dịch HCL 10%, với nồng độ 5% thì giảm 20,84%. Đối với dung dịch H₂SO₄ 5% giảm chỉ 12,16% trong khi đó H₂SO₄ 10% là giảm cường độ đến 19,78%.

4.3.3 Ảnh hưởng của 10% Silicafume kết hợp với Tro bay

Bảng 4.5: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (MPa) của mẫu dùng 10% phụ gia silicafume kết hợp tro bay

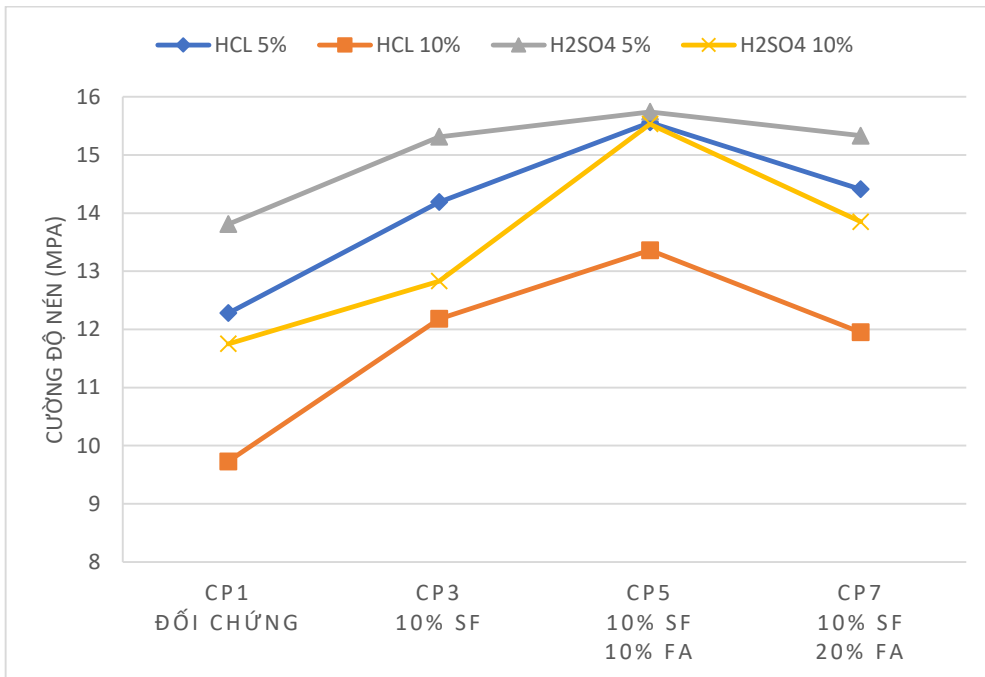
Ký hiệu	Silica fume	Tro bay	30 ngày	60 ngày	90 ngày
Dung dịch HCL 5%					

Ký hiệu	Silica fume	Tro bay	30 ngày	60 ngày	90 ngày
CP1	0%	0%	13.62	12.28	11.48
CP3	10%	0%	15.37	14.19	12.58
CP5	10%	10%	16.21	15.56	14.56
CP7	10%	20%	15.26	14.41	12.39
Dung dịch HCL 10%					
CP1	0%	0%	11.63	9.73	8.92
CP3	10%	0%	12.91	12.18	10.60
CP5	10%	10%	14.46	13.36	11.74
CP7	10%	20%	13.12	11.95	10.77
Dung dịch H₂SO₄ 5%					
CP1	0%	0%	14.43	13.81	12.84
CP3	10%	0%	15.52	15.31	15.12
CP5	10%	10%	17.02	15.74	15.66
CP7	10%	20%	15.52	15.33	14.37
Dung dịch H₂SO₄ 10%					
CP1	0%	0%	13.14	11.75	11.14
CP3	10%	0%	14.96	12.83	14.31
CP5	10%	10%	16.36	15.53	15.14
CP7	10%	20%	14.98	13.85	14.11



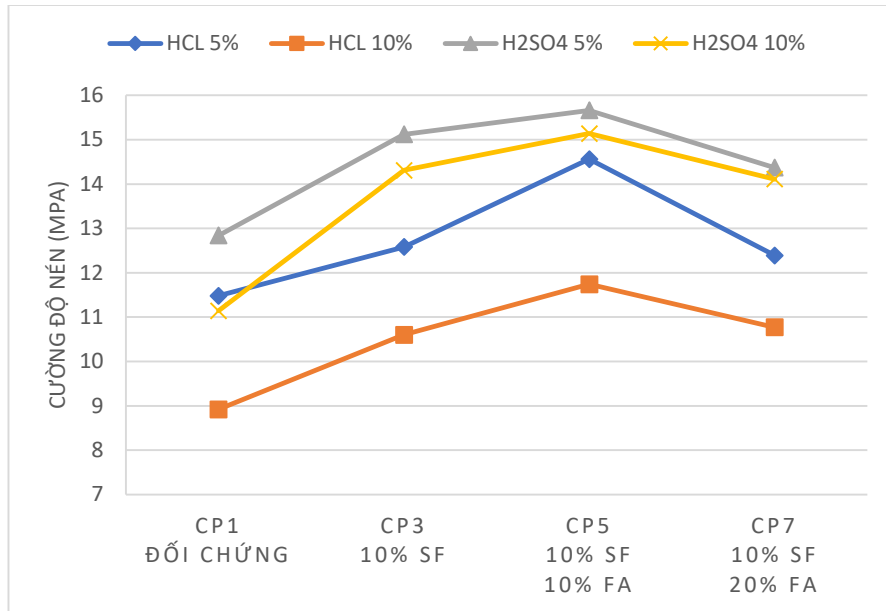
Cấp phối bê tông

(a): Cường độ chịu nén của mẫu sau 30 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(b): Cường độ chịu nén của mẫu sau 60 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(c): Cường độ chịu nén của mẫu sau 90 ngày ngâm

Hình 4.7: Cường độ chịu nén của mẫu dùng 10% phụ gia Silicafume kết hợp Tro bay sau thời gian ngâm hóa chất

Kết quả thí nghiệm biểu diễn trên hình 4.7 cho thấy bê tông có xu hướng tăng cường độ chịu nén tương tự khi sử dụng 5% silicafume sau 90 ngày ngâm hoá chất, cấp phối CP5 ít bị ảnh hưởng và đạt cường độ tốt nhất so với các cấp phối còn lại, giảm 10,11% trong dung dịch H₂SO₄ 5%, 19,24% trong nồng độ 10%. Trong dung dịch HCl 10% giảm đến 37,54% và dung dịch HCl 5% là 17,63%.

Kết quả này cũng tương tự với nghiên cứu của E. Hewayde^[13] và T. Suresh Babu^[22] cường độ chịu nén tối ưu nhất của bê tông tối ưu nhất với tỷ lệ 10% silicafume kết hợp 10% tro bay thay thế xi măng (CP5) đồng thời khi ngâm trong các môi trường ăn mòn với nồng độ khác nhau cường độ vẫn cao hơn so với các cấp phối còn lại. Sau 90 ngày ngâm thì cường độ chịu nén CP5 cao hơn từ 8,2% đến 36,1% so với cấp phối CP4 dùng 5% silicafume và 5% tro bay.

Tuy nhiên nếu để bê tông được tiếp xúc lâu dài hơn trong môi trường ăn mòn này thì tất cả các mẫu sẽ có thể mất khả năng mất cường độ hoàn toàn.

4.4 Ảnh hưởng của thành phần khoáng hạt mịn đến sự thay đổi khối lượng theo thời gian ngâm

Kết quả thí nghiệm về thay đổi khối lượng của mẫu theo phần trăm sau khi ngâm trong môi trường axit ăn mòn được thể hiện trong Bảng 4.6.

Mức độ suy giảm khối lượng của mẫu khi tiếp xúc với dung dịch HCl nhiều hơn dung dịch H₂SO₄ là do thạch cao ít tan trong nước hơn canxi clorua ^[11].

Bảng 4.6: Kết quả thí nghiệm thay đổi khối lượng mẫu (%)

	30 ngày	60 ngày	90 ngày
Dung dịch HCL 5%			
CP1	6.49	8.10	8.89
CP2	6.02	7.35	8.54
CP3	5.54	7.37	7.94
CP4	5.03	6.58	7.13
CP5	4.69	5.81	6.80
CP6	4.92	6.80	7.53
CP7	5.58	7.16	7.65
Dung dịch HCL 10%			
CP1	8.41	11.17	12.81
CP2	7.65	10.78	12.12
CP3	7.53	10.49	11.84
CP4	7.53	9.96	11.46
CP5	6.87	8.95	10.65
CP6	7.28	9.61	11.22
CP7	7.48	10.01	11.05
Dung dịch H₂SO₄ 5%			
CP1	2.13	3.12	3.57
CP2	1.88	2.90	3.12
CP3	1.76	2.51	2.99

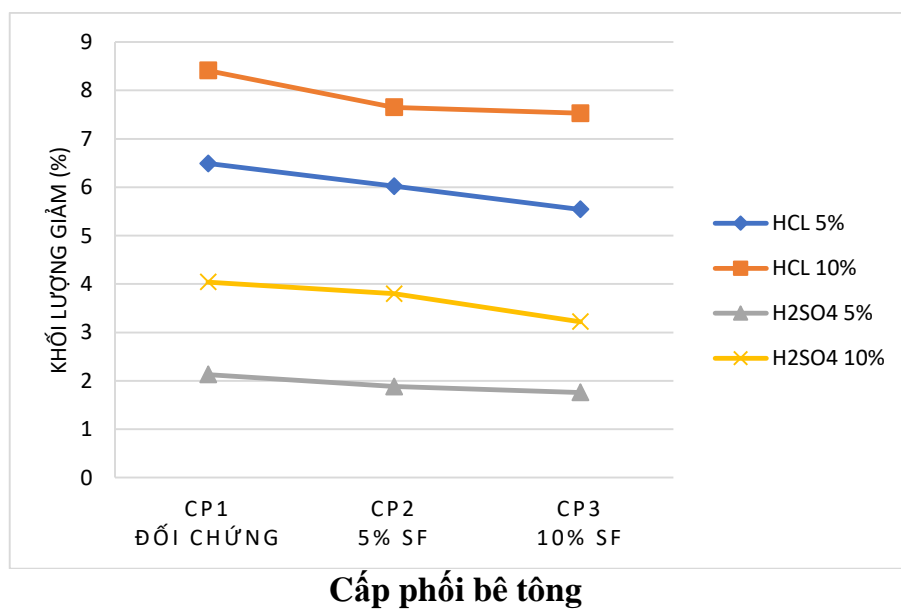
	30 ngày	60 ngày	90 ngày
CP4	1.47	2.13	2.68
CP5	1.28	2.08	2.41
CP6	1.47	2.20	2.71
CP7	1.63	2.37	3.06
Dung dịch H₂SO₄ 10%			
CP1	3.04	4.05	5.22
CP2	3.80	3.99	4.74
CP3	3.22	3.73	4.58
CP4	3.06	3.31	4.02
CP5	2.63	3.49	3.74
CP6	2.93	3.75	3.92
CP7	3.49	3.77	4.44

4.4.1 Ảnh hưởng của phụ gia Silicafume đến sự thay đổi khối lượng sau thời gian ngâm hoá chất

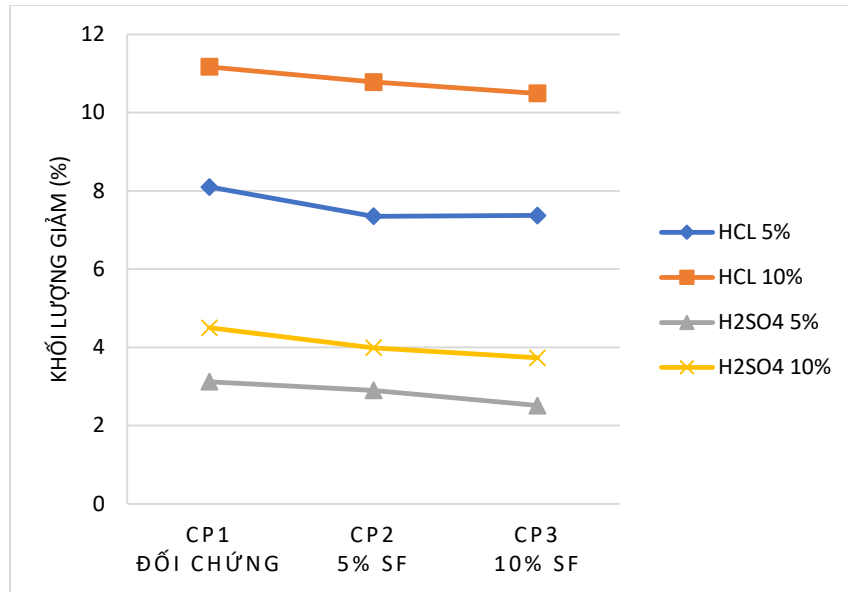
Bảng 4.7: Kết quả thí nghiệm sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng phụ gia silicafume sau thời gian ngâm hoá chất

Ký hiệu	Silica fume	30 ngày	60 ngày	90 ngày
Dung dịch HCl 5%				
CP1	0%	6.49	8.10	8.89
CP2	5%	6.02	7.35	8.54
CP3	10%	5.54	7.37	7.94
Dung dịch HCl 10%				
CP1	0%	8.41	11.17	12.81
CP2	5%	7.65	10.78	12.12
CP3	10%	7.53	10.49	11.84
Dung dịch H₂SO₄ 5%				

Ký hiệu	Silica fume	30 ngày	60 ngày	90 ngày
CP1	0%	2.13	3.12	3.57
CP2	5%	1.88	2.90	3.12
CP3	10%	1.76	2.51	2.99
Dung dịch H₂SO₄ 10%				
CP1	0%	4.04	4.50	5.22
CP2	5%	3.80	3.99	4.74
CP3	10%	3.22	3.73	4.58

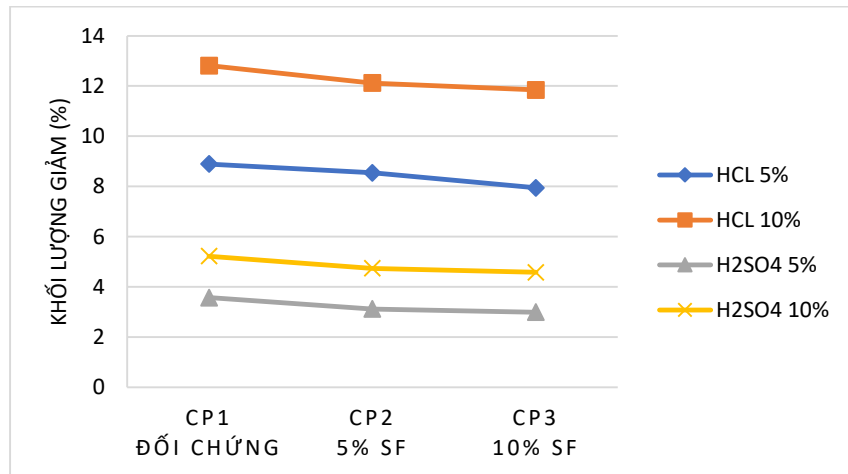


(a): Sự thay đổi khối lượng của mẫu sau 30 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(b): Sự thay đổi khối lượng của mẫu sau 60 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(c): Sự thay đổi khối lượng của mẫu sau 90 ngày ngâm

Hình 4.8: Sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng phụ gia Silicafume sau thời gian ngâm hóa chất

Kết quả thí nghiệm được biểu diễn trên Hình 4.8 các mẫu bị ăn mòn có xu hướng giảm khi tăng hàm lượng silicafume lên. Điều này tương tự với kết quả nghiên cứu của E. Hewayde ^[13] silicafume cải thiện đáng kể cường độ chịu nén và giảm độ xốp, lấp

đầy các lỗ rỗng của bê tông và cải thiện khả năng chống ăn mòn trong môi trường axit nồng độ cao.

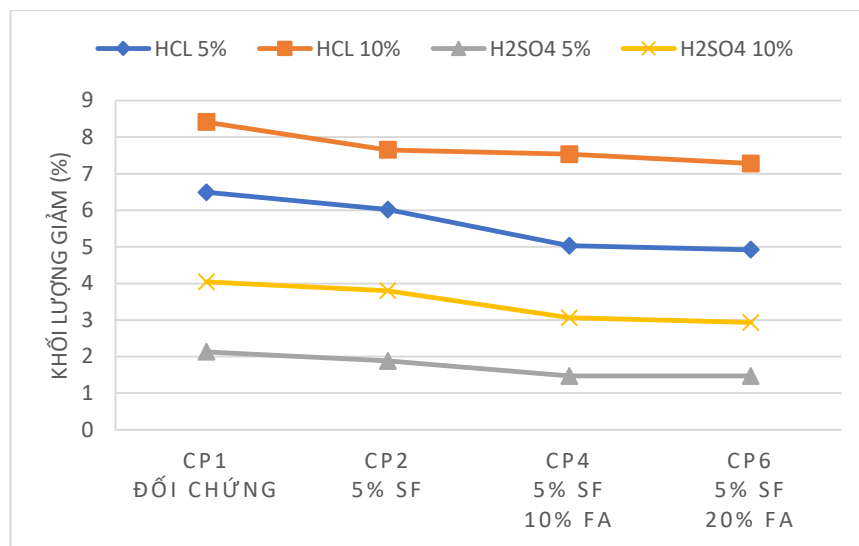
Sau 90 ngày ngâm trong dung dịch axit các mẫu đều bị ăn mòn rất mạnh, mặc dù bị ảnh hưởng ít nhất nhưng cấp phối CP3 chịu sự ăn mòn nặng nề nhất bởi dung dịch HCl 10% khi giảm đến 11,84%, với nồng độ 5% thì giảm 7,94%. Còn với dung dịch H₂SO₄ 10% là 4,58%, nồng độ 5% giảm thấp nhất là 2,99% so với mẫu không tiếp xúc với dung dịch.

4.4.2 Ảnh hưởng của 5% silicafume kết hợp với Tro bay đến sự thay đổi khối lượng sau thời gian ngâm hoá chất

Bảng 4.8: Kết quả sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng 5% phụ gia silicafume kết hợp Tro bay sau thời gian ngâm hoá chất

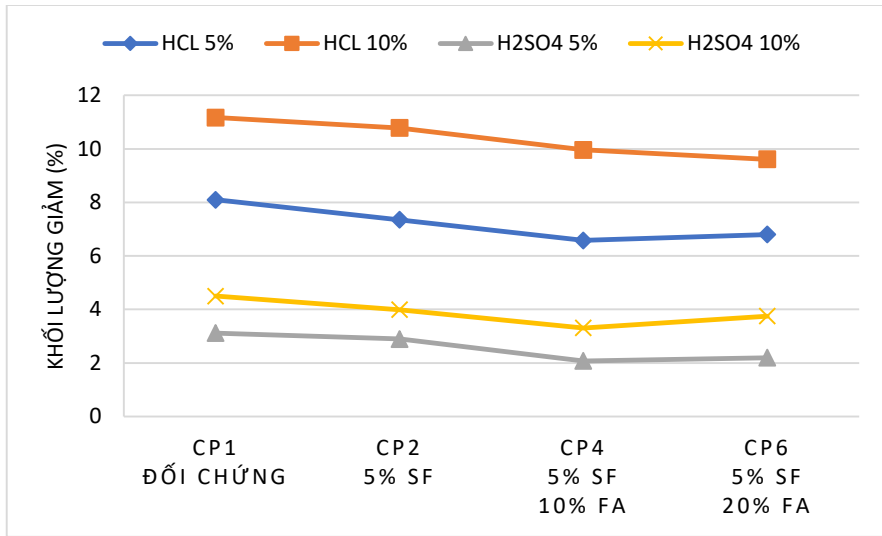
Ký hiệu	Silica fume	Tro bay	30 ngày	60 ngày	90 ngày
Dung dịch HCL 5%					
CP1	0%	0%	6.49	8.10	8.89
CP2	5%	0%	6.02	7.35	8.54
CP4	5%	10%	5.03	6.58	7.13
CP6	5%	20%	4.92	6.80	7.53
Dung dịch HCL 10%					
CP1	0%	0%	8.41	11.17	12.81
CP2	5%	0%	7.65	10.78	12.12
CP4	5%	10%	7.53	9.96	11.46
CP6	5%	20%	7.28	9.61	11.22
Dung dịch H₂SO₄ 5%					
CP1	0%	0%	2.13	3.12	3.57
CP2	5%	0%	1.88	2.90	3.12
CP4	5%	10%	1.47	2.08	2.68
CP6	5%	20%	1.47	2.20	2.71

Ký hiệu	Silica fume	Tro bay	30 ngày	60 ngày	90 ngày
Dung dịch H₂SO₄ 10%					
CP1	0%	0%	4.04	4.50	5.22
CP2	5%	0%	3.80	3.99	4.74
CP4	5%	10%	3.06	3.31	3.55
CP6	5%	20%	2.93	3.75	3.92



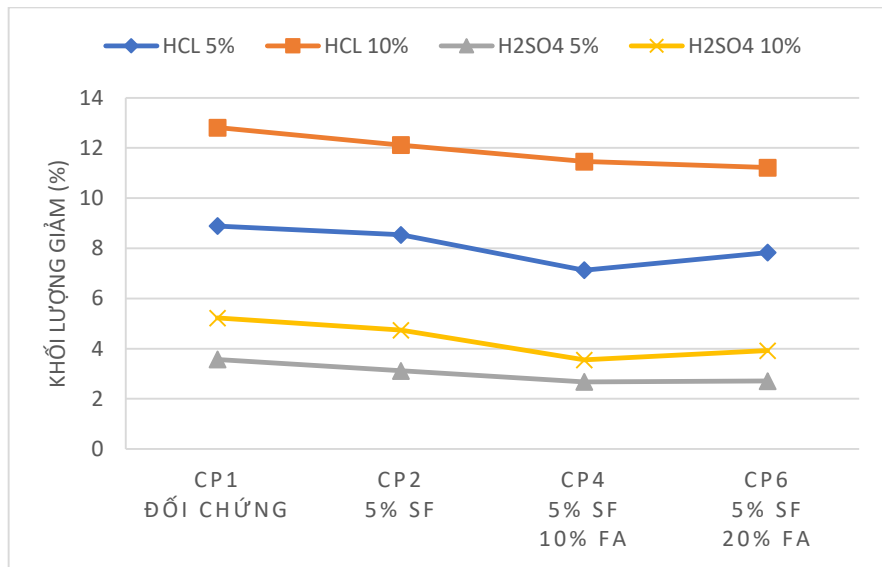
Cấp phối bê tông

(a): Sự thay đổi khối lượng của mẫu sau 30 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(b): Sự thay đổi khối lượng của mẫu sau 60 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(c): Sự thay đổi khối lượng của mẫu sau 90 ngày ngâm

Hình 4.9: Sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng 5% phụ gia silicafume kết hợp Tro bay sau thời gian ngâm hóa chất

Kết quả thí nghiệm được biểu diễn ở Hình 4.9 là các mẫu dùng 5% silicafume kết hợp với tro bay với hàm lượng khác nhau. Các mẫu có xu hướng giảm sự ăn mòn của

axit, nhưng khi tăng hàm lượng tro bay lên 20% thì mẫu bị ăn mòn nhiều hơn. Khi tăng hàm lượng tro bay lên thì cường độ bê tông giảm xuống đồng thời làm cho bê tông dễ bị phá huỷ bởi axit hơn.

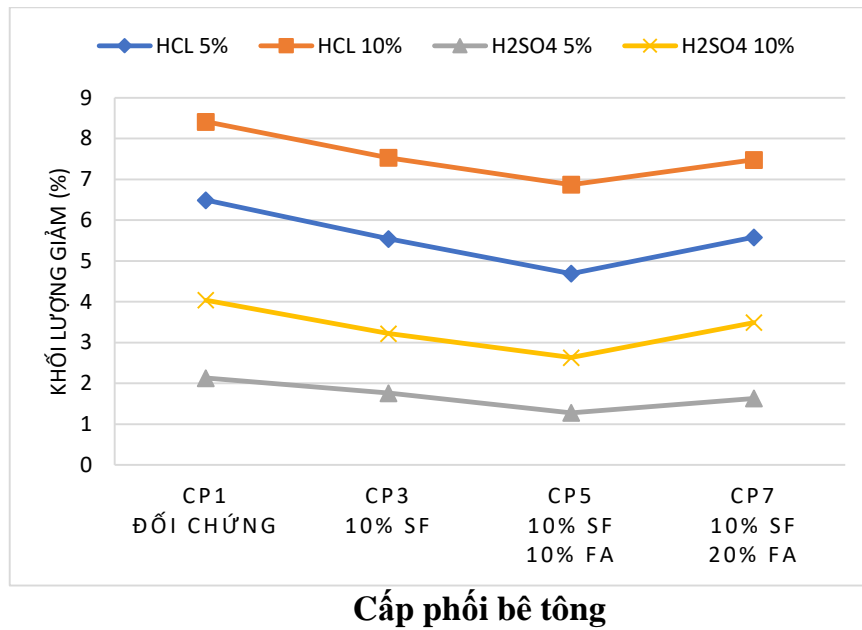
Sau thời gia 90 ngày ngâm thì cấp phối CP4 ít bị ăn mòn hơn so với các cấp phối còn lại. Trong dung dịch H₂SO₄ 5% mẫu bị giảm khối lượng 2,68%, với nồng độ 10% thì khối lượng giảm đi 3,92%. Đối với dung dịch HCl 5% khối lượng mẫu bê tông giảm đến 7,53%, chịu ảnh hưởng nặng nhất là HCl 10% khối lượng mẫu đã giảm 11,22% khi chưa ngâm axit.

4.3.3 Ảnh hưởng của 10% Silicafume kết hợp với Tro bay đến sự thay đổi khối lượng sau thời gian ngâm hoá chất

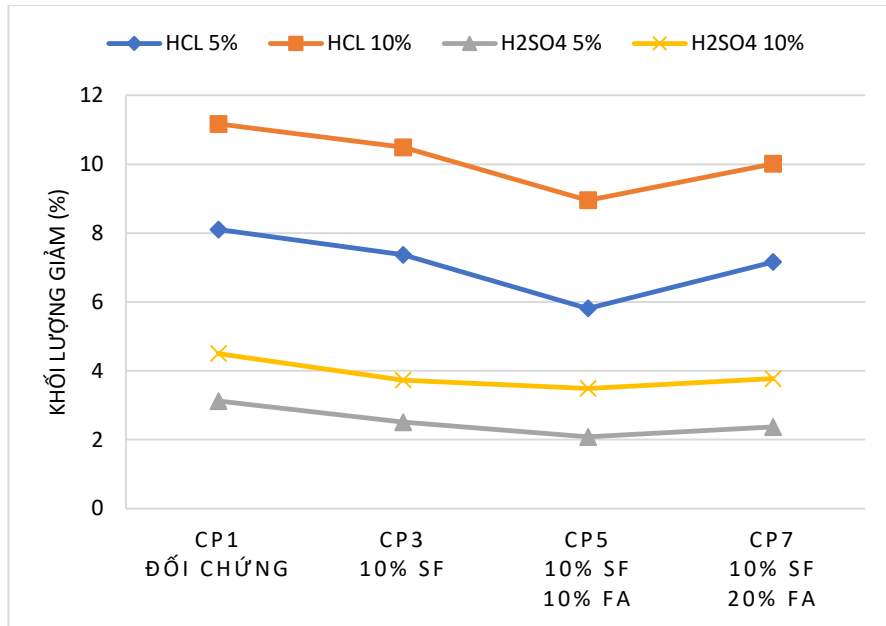
Bảng 4.9: Kết quả sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng 10% phụ gia silicafume kết hợp tro bay sau thời gian ngâm hoá chất

Ký hiệu	Silica fume	Tro bay	30 ngày	60 ngày	90 ngày
Dung dịch HCL 5%					
CP1	0%	0%	6.49	8.10	8.89
CP3	10%	0%	5.54	7.37	7.94
CP5	10%	10%	4.69	5.81	6.80
CP7	10%	20%	5.58	7.16	7.65
Dung dịch HCL 10%					
CP1	0%	0%	8.41	11.17	12.81
CP3	10%	0%	7.53	10.49	11.84
CP5	10%	10%	6.87	8.95	10.65
CP7	10%	20%	7.48	10.01	11.05
Dung dịch H₂SO₄ 5%					
CP1	0%	0%	2.13	3.12	3.57
CP3	10%	0%	1.76	2.51	2.99
CP5	10%	10%	1.28	2.08	2.41

Ký hiệu	Silica fume	Tro bay	30 ngày	60 ngày	90 ngày
CP7	10%	20%	1.63	2.37	3.06
Dung dịch H₂SO₄ 10%					
CP1	0%	0%	4.04	4.50	5.22
CP3	10%	0%	3.22	3.73	4.58
CP5	10%	10%	2.63	3.49	3.74
CP7	10%	20%	3.49	3.77	4.44

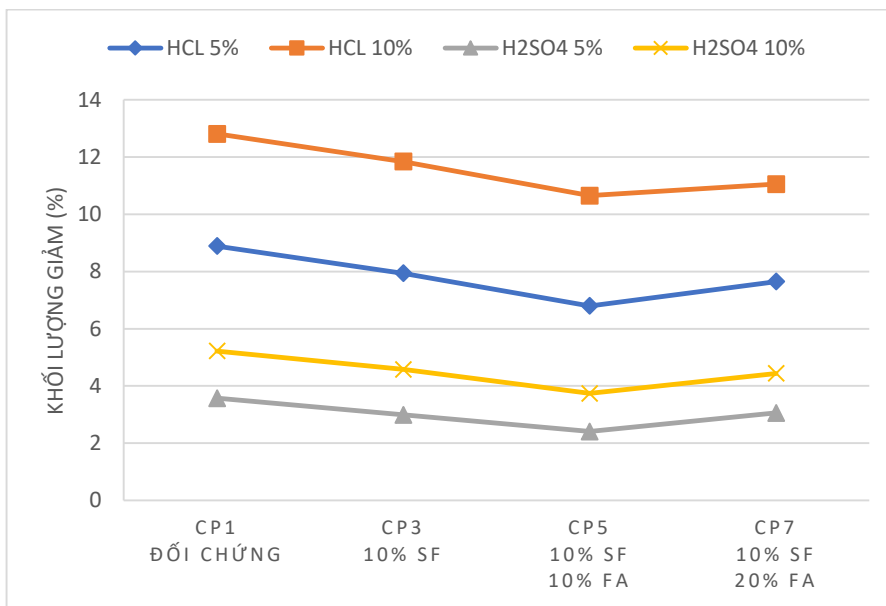


(a): Sự thay đổi khối lượng của mẫu sau 30 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(b): Sự thay đổi khối lượng của mẫu sau 60 ngày ngâm



Cấp phối bê tông

(c): Sự thay đổi khối lượng của mẫu sau 90 ngày ngâm

Hình 4.10: Sự thay đổi khối lượng của mẫu dùng 10% phụ gia silicafume kết hợp Tro bay sau thời gian ngâm hóa chất

Kết quả thí nghiệm được biểu diễn trên Hình 4.10 cho thấy sau thời gian ngâm hoá chất các mẫu đều bị ăn mòn giảm khối lượng và có xu hướng tương tự như các mẫu bê tông sử dụng cấp phối 5% silicafume.

Các dung dịch hoá chất dùng để ngâm bê tông sau thời gian 90 ngày ngâm thì cấp phối CP5 ít bị ăn mòn hơn so với các cấp phối còn lại. Trong dung dịch H_2SO_4 5% mẫu bị giảm khối lượng 2,41%, với nồng độ 10% thì khối lượng giảm đi 3,74%. Đối với dung dịch HCl 5% khối lượng mẫu bê tông giảm đến 6,8%, chịu ảnh hưởng nặng nhất là HCl 10% khối lượng mẫu đã giảm 11,05% so với lúc chưa ngâm axit.

Kết quả này cũng tương tự với các nghiên cứu của của E. Hewayde ^[13] và S. Turkel ^[11] thành phần khoáng hạt mịn cải thiện đáng kể cường độ nén, giảm độ xốp, ngăn hoá chất xâm nhập vào bê tông và cải thiện khả năng chống ăn mòn trong các môi trường axit nồng độ cao.

Khi kết hợp thêm các loại phụ gia khoáng hạt mịn vào bê tông thì tỷ lệ bị ăn mòn cũng giảm đáng kể so với bê tông truyền thống. Trong nghiên cứu này cấp phối CP5 với tỷ lệ 10% tro bay và 10% silicafume thay thế xi măng vẫn là cấp phối tối ưu về khả năng chịu cường độ nén và khả năng chống ăn mòn của bê tông trong môi trường axit, phù hợp với các nghiên cứu trước đây.

Do kích thước các hạt tro bay, silicafume rất nhỏ sẽ lấp đầy các lỗ rỗng trong bê tông, hạt silicafume có độ hoạt tính cao, hạt khoáng này phản ứng hoá học tạo ra C-S-H tốt hơn tro bay. Vì vậy khi thêm silicafume và tro bay vào hỗn hợp bê tông thì tỷ lệ mất khối lượng giảm xuống, tuy nhiên khi tăng hàm lượng tro bay lên 20% thì tỷ lệ mất khối lượng lại tăng đáng kể so với các mẫu dùng tro bay thấp hơn.

Silicafume và tro bay có khả năng cải thiện đáng kể cường độ chịu nén và giảm độ xốp của bê tông tuy nhiên nó không thể kháng lại sự tấn công của axit có nồng độ cao.

CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI

5.1 Kết luận

Đề tài sử dụng nguồn nguyên liệu phế phẩm từ các ngành công nghiệp như tro bay và phụ gia khoáng hạt mịn silicafume để thay thế một phần xi măng nhằm tạo ra loại bê tông có khả năng kháng lại sự ăn mòn cũng như đảm bảo được cường độ chịu lực khi tiếp xúc trực tiếp và lâu dài trong môi trường axit mạnh như HCl và H₂SO₄

Mục tiêu của đề tài là xác định độ ăn mòn của bê tông kết hợp với tro bay và silicafume với nhiều cấp phối khác nhau trong các môi trường ăn mòn với nồng độ khác nhau. Từ đó đưa ra cấp phối tối ưu nhất để bê tông hoạt động tốt trong môi trường axit mạnh. Từ kết quả thí nghiệm rút ra được những kết luận sau:

- Khả năng chống ăn mòn trong môi trường axit cũng thể hiện rõ rệt khi thay đổi các thành phần nguyên vật liệu trong cấp phối. Đối với cấp phối dùng phụ gia silicafume thì cường độ có xu hướng được bảo toàn và phát triển tốt khi cấp phối tạo ra có tính công tác tốt trong quá trình đúc mẫu vì có độ đặc chắc cao, hạn chế được sự xâm nhập của các ion gây ăn mòn từ môi trường.
- Cường độ chịu nén sau 90 ngày ngâm trong các dung dịch ăn mòn của bê tông cấp phối CP5 (kết hợp 10% tro bay và 10% silicafume) giảm nhiều nhất trong dung dịch HCl nồng độ 10% là 32%; HCl 5% là 15,7%; H₂SO₄ 10% là 12,3%; và ít nhất là H₂SO₄ 5% với tỷ lệ giảm 9,3% so với khối lượng ban đầu.
- Silicafume cải thiện đáng kể cường độ nén, giảm độ xốp của bê tông và cải thiện khả năng chống ăn mòn trong các môi trường axit nhưng khi kết hợp với tro bay đến 20% thì khả năng chịu nén và kháng lại sự ăn mòn cũng giảm xuống tương đương với cấp phối chỉ dùng phụ gia silicafume.

5.2 Hướng phát triển và đóng góp của đề tài

Kết quả thí nghiệm cho thấy sự phát triển về cường độ chịu nén cũng như thay đổi khối lượng của từng cấp phối trong môi trường ăn mòn axit mạnh. Từ đó có thể nghiên cứu chuyên sâu hơn về những khả năng chống chịu trước nhiều yếu tố tác động khác từ môi trường, đề tài có thể tiếp tục phát triển thêm về mảng mô phỏng ăn mòn, có thể sử dụng thêm các chất hoá học gây ăn mòn khác nhau.

Có thể gia tăng hàm lượng silicafume và các loại nguyên vật liệu khác như metakaolan, đá bazan... để tiếp tục nghiên cứu khả năng chịu cường độ nén và khả năng chống ăn mòn của bê tông trong môi trường axit.

Ăn mòn hoá học xảy ra chủ yếu do axit tác dụng với các sản phẩm hydrat hoá xi măng, trong khi cốt liệu thì khó bị ăn mòn. Có thể nghiên cứu tăng cường các loại phụ gia làm giảm quá trình hydrat hoá xi măng, chống thấm cho bê tông hạn chế xâm thực... để cải thiện việc ăn mòn bê tông được tốt hơn.

Cũng cần chú ý thêm về khả năng làm việc và liên kết với các cấu kiện khác trước, trong và sau quá trình ăn mòn của sản phẩm để có cái nhìn trực quan hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. <http://www.vusta.vn/vi/news/Thong-tin-Su-kien-Thanh-tuu-KH-CN/Su-an-mon-pha-hoai-xi-mang-Portland-trong-moi-truong-nuoc-thai-15349.html>.
2. Khương Văn Huân. Nghiên cứu sự biến đổi cường độ và tính chống thấm của bê tông trong môi trường chua phèn Đồng bằng sông Cửu Long, *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, 2010.
3. Nguyễn Khoa Điềm. Khai thác tiềm năng đất phèn bằng biện pháp thủy lợi. NXB Đại học Quốc gia T.p Hồ Chí Minh, 2002.
4. H. Min và Z. Song. Investigation on the Sulfuric Acid Corrosion Mechanism for Concrete in Soaking Environment, *Advances in Materials Science and Engineering*, Volume 2018.
5. K. Kawai, S. Yamaji, T. Shinmi. Concrete Deterioration Caused by Sulfuric Acid Attack, *International Conférence On Durability of Building Materials and Components Lyon [France]*, 2005.
6. E. O. Nnadi, J. Lizarazo-Marriaga. Acid Corrosion of Plain and Reinforced Concrete Sewage Systems, *Article in Journal of Materials in Civil Engineering*, 2013.
7. J. Monteny, N. De Belie, L. Taerwe. Resistance of different types of concrete mixtures to sulfuric acid, *Materials and Structures/Matériaux et Constructions*, Vol. 36, 2003.
8. A. K. Tamimi. High-performance Concrete Mix for an Optimum Protection in Acidic Conditions, *Materials and Structures/Matériaux et Constructions*, 1997.
9. HW Dorner, RE Beddoe. Prognosis Of Concrete Corrosion Due To Acid Attack, *Institute of Building Materials Science and Testing Technical University of Munich Germany*, 2002.
10. W. Kuenning. Resistance of Portland Cement Mortar to Chemical Attack-A Progress Report, *Paper sponsored by Committ ee on Performance of Concrete Chemical Aspects*, 1996.
11. S. Turkel, B. Felekoglu, B. Dulluc. Influence of Various Acids on the Physico-mechanical Properties of Pozzolan Cement Mortars. *Sādhanā*, Vol. 32, Part 6, pp. 683–691, Printed in India, 2007.
12. Aref M. al-Swaidani, M. Baddoura, S. Aliyan and W. Choeb, Acid resistance, Water Permeability and Chloride Penetrability of Concrete Containing Crushed Basalt

as Aggregates, *Journal of Materials Science and Engineering*, A5 (7-8) 285-304, 2015.

13. E. Hewayde, M. Nehdi, E. Allouche, G. Nakhala. Using Concrete Admixtures for Sulphuric Acid Resistance, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Construction Materials* 160, 2007.

14. P. J. Tikalsky and R. L. Carrasquillo. The effect of fly ash on the sulfate resistance of concrete, *Study conducted in cooperation with the U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration*, 1989.

15. Hollis N. Walker, D. Stephen Lane, and Paul E. Stutzman. Petrographic Methods of Examining Hardened Concrete, *A Petrographic Manual, FHWA-HRT-04-150, America*, 2004.

16. Trịnh Hồng Tùng. Nghiên cứu chống ăn mòn cho vữa và bê tông trong các công trình tiếp xúc với nước thải của các nhà máy phân khoáng, *Thư viện quốc gia*, 2003.

17. Ngô Văn Toàn. Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng cát mịn và phụ gia khoáng hỗn hợp từ xỉ lò cao hoạt hóa và tro trấu, *Tạp chí vật liệu xây dựng - môi trường*, 2014.

18. Nguyễn Văn Chánh, Nguyễn Thị Thanh Hương. Nghiên cứu cơ chế phá hủy cấu trúc bê tông trong môi trường xâm thực muối Sunfat. Hội nghị khoa học toàn quốc lần thứ 2 về sự cố và hư hỏng công trình xây dựng, 2003.

19. Nguyễn Thanh Lộc, Phan Thị Anh Đào. Nghiên cứu chống ăn mòn cốt thép trong bê tông trên mô hình mô phỏng điều kiện thủy triều ven biển, *Tạp chí phát triển Khoa học và công nghệ*, tập 14, 2011.

20. Nguyễn Mạnh Phát. Lý thuyết ăn mòn và chống ăn mòn trong bê tông – bê tông cốt thép. NXB xây dựng, 2007.

21. TCVN 10302:2014. *Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng*. NXB xây dựng Hà Nội, 2014.

22. T. Suresh Babu, J. Pavitrae. Effect of Fly Ash and Silica Fumes on Strength. *Stress Strain Behaviour of M25 Concrete Mix*. Vol. 3, Issue 2, pp: (62-69), 2016.

23. K. Torii and M. Kawamura. Effects of fly ash and silicafume on the resistance of mortar to sulfuric acid and sulfate attack, Vol. 24, No. 2, pp. 361-370, 1994.

24. TCVN 7572:2006. *Cốt liệu cho bê tông và vữa*. NXB xây dựng Hà Nội, 2006.

25. TCVN 7576:2005. *Cát xây dựng – Yêu cầu kỹ thuật*. NXB xây dựng Hà Nội, 2006.
26. TCVN 4506:2012. *Nước trộn bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật*. NXB xây dựng Hà Nội, 2006.
27. TCVN 8827:2011. *Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa – Silicafume và tro trấu nghiền mịn*. NXB xây dựng Hà Nội, 2011.
28. TCVN 3105: 2007 . *Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu bê tông*. NXB xây dựng Hà Nội, 2011.
29. TCVN 3106-1993. *Hỗn hợp bê tông nặng – Phương pháp thử độ sụt*. NXB xây dựng Hà Nội, 2011.
30. TCVN 3118-1993. *Phương pháp xác định cường độ chịu nén*. NXB xây dựng Hà Nội, 2011.

PHỤ LỤC SỐ LIỆU THÍ NGHIỆM

Bảng 1: Số liệu các mẫu ngâm trong dung dịch axit HCL 5%

	Mẫu	Khối lượng trung bình (g)	Khối lượng sau ngâm trung bình (g)	Lực nén trung bình (kN)	Cường độ chịu nén (Mpa)	Khối lượng giảm (g)	Giảm khối lượng (%)
90 ngày	CP1	4354.833	4167.833	77.736	11.48	387.000	8.89
	CP2	4330.167	4060.167	82.327	12.16	370.000	8.54
	CP3	4402.500	4122.833	85.167	12.58	349.667	7.94
	CP4	4392.000	4079.000	92.555	13.67	313.000	7.13
	CP5	4487.667	4312.500	98.563	14.56	305.167	6.80
	CP6	4342.000	4002.021	80.143	11.84	339.980	7.83
	CP7	4334.833	4023.333	83.921	12.39	331.500	7.65
60 ngày	CP1	4365.000	4231.500	83.124	12.28	353.500	8.10
	CP2	4498.600	4328.167	94.591	13.97	330.433	7.35
	CP3	4325.833	4056.833	96.075	14.19	319.000	7.37
	CP4	4520.833	4193.167	99.179	14.65	297.667	6.58
	CP5	4575.833	4229.833	105.331	15.56	266.000	5.81
	CP6	4544.167	4135.167	92.148	13.61	309.000	6.80
	CP7	4422.167	4015.500	97.586	14.41	316.667	7.16
30 ngày	CP1	4555.833	4340.333	92.240	13.62	295.500	6.49
	CP2	4555.667	4321.500	102.071	15.08	274.167	6.02
	CP3	4563.000	4230.000	104.040	15.37	253.000	5.54
	CP4	4528.167	4170.333	104.935	15.50	227.833	5.03
	CP5	4510.000	4098.500	109.757	16.21	211.500	4.69
	CP6	4517.900	4085.667	98.773	14.59	222.233	4.92
	CP7	4319.333	3948.333	103.353	15.26	241.000	5.58

Bảng 2: Số liệu các mẫu ngâm trong dung dịch axit HCL 10%

	Mẫu	Khối lượng trung bình (g)	Khối lượng sau ngâm trung bình (g)	Lực nén trung bình (kN)	Cường độ chịu nén (Mpa)	Khối lượng giảm (g)	Giảm khối lượng (%)
90 ngày	CP1	4394.333	3931.500	60.394	8.92	562.833	12.81
	CP2	4452.167	3912.500	65.210	9.63	539.667	12.12
	CP3	4380.500	3951.833	71.743	10.60	518.667	11.84
	CP4	4307.667	3914.000	76.201	11.25	493.667	11.46
	CP5	4304.833	3996.167	79.459	11.74	458.667	10.65
	CP6	4307.667	3824.167	66.577	9.83	483.500	11.22
	CP7	4297.500	3722.833	72.928	10.77	474.667	11.05
60 ngày	CP1	4495.000	4283.000	65.867	9.73	502.000	11.17
	CP2	4511.000	4224.833	69.990	10.34	486.167	10.78
	CP3	4391.833	3961.333	82.496	12.18	460.500	10.49
	CP4	4429.167	3938.167	87.943	12.99	441.000	9.96
	CP5	4478.667	3977.833	90.464	13.36	400.833	8.95
	CP6	4559.667	4021.333	83.415	12.32	438.333	9.61
	CP7	4267.833	3680.833	80.884	11.95	427.000	10.01
30 ngày	CP1	4625.667	4136.667	78.744	11.63	389.000	8.41
	CP2	4694.833	4175.833	85.872	12.68	359.000	7.65
	CP3	4412.833	3730.333	87.406	12.91	332.500	7.53
	CP4	4369.000	3690.000	87.166	12.87	329.000	7.53
	CP5	4374.000	3583.500	97.935	14.46	300.500	6.87
	CP6	4498.500	3711.000	84.104	12.42	327.500	7.28
	CP7	4538.667	3839.333	88.860	13.12	339.333	7.48

Bảng 3: Số liệu các mẫu ngâm trong dung dịch axit H₂SO₄ 5%

	Mẫu	Khối lượng trung bình (g)	Khối lượng sau ngâm trung bình (g)	Lực nén trung bình (kN)	Cường độ chịu nén (Mpa)	Khối lượng giảm (g)	Giảm khối lượng (%)
90 ngày	CP1	4274.500	4102.000	86.947	12.84	152.500	3.57
	CP2	4385.000	4158.000	90.244	13.33	137.000	3.12
	CP3	4353.167	4083.167	102.366	15.12	130.000	2.99
	CP4	4374.500	4037.333	103.025	15.22	117.167	2.68
	CP5	4266.000	3993.000	106.012	15.66	103.000	2.41
	CP6	4490.833	4169.167	88.261	13.04	121.667	2.71
	CP7	4402.500	3987.833	97.262	14.37	134.667	3.06
60 ngày	CP1	4439.833	4281.333	93.491	13.81	138.500	3.12
	CP2	4248.333	4185.333	100.888	14.90	123.000	2.90
	CP3	4406.833	4346.167	103.678	15.31	110.667	2.51
	CP4	4483.333	4433.833	105.612	15.60	95.500	2.13
	CP5	4208.333	4161.000	106.596	15.74	87.333	2.08
	CP6	4329.500	4294.333	101.211	14.95	95.167	2.20
	CP7	4237.667	4207.333	103.822	15.33	100.333	2.37
30 ngày	CP1	4439.667	4345.000	97.707	14.43	94.667	2.13
	CP2	4464.500	4380.500	104.080	15.37	84.000	1.88
	CP3	4325.500	4239.333	105.050	15.52	76.167	1.76
	CP4	4426.333	4361.333	107.368	15.86	65.000	1.47
	CP5	4534.000	4456.167	115.260	17.02	57.833	1.28
	CP6	4356.667	4292.667	103.619	15.30	64.000	1.47
	CP7	4301.667	4251.667	105.091	15.52	70.000	1.63

Bảng 4: Số liệu các mẫu ngâm trong dung dịch axit H₂SO₄ 10%

	Mẫu	Khối lượng trung bình (g)	Khối lượng sau ngâm trung bình (g)	Lực nén trung bình (kN)	Cường độ chịu nén (Mpa)	Khối lượng giảm (g)	Giảm khối lượng (%)
90 ngày	CP1	4335.833	4109.333	75.423	11.14	226.500	5.22
	CP2	4399.167	4230.500	86.601	12.79	208.667	4.74
	CP3	4356.500	4276.833	96.873	14.31	199.667	4.58
	CP4	4320.833	4167.444	101.772	15.03	153.390	3.55
	CP5	4224.167	4156.000	102.482	15.14	158.167	3.74
	CP6	4438.167	4294.333	88.252	13.03	173.833	3.92
	CP7	4233.667	4195.667	95.510	14.11	188.000	4.44
60 ngày	CP1	4386.333	4249.000	79.558	11.75	197.333	4.50
	CP2	4398.000	4272.500	81.587	12.05	175.500	3.99
	CP3	4380.167	4236.667	86.848	12.83	163.500	3.73
	CP4	4446.000	4298.833	90.795	13.41	147.167	3.31
	CP5	4393.000	4229.500	105.133	15.53	153.500	3.49
	CP6	4271.167	4101.167	84.227	12.44	160.000	3.75
	CP7	4501.500	4352.000	93.776	13.85	169.500	3.77
30 ngày	CP1	4339.833	4204.333	88.968	13.14	175.500	4.04
	CP2	4324.167	4159.833	93.653	13.83	164.333	3.80
	CP3	4496.833	4272.167	101.280	14.96	144.667	3.22
	CP4	4421.000	4155.500	102.847	15.19	135.500	3.06
	CP5	4378.000	4162.833	110.759	16.36	115.167	2.63
	CP6	4466.667	4235.667	98.136	14.49	131.000	2.93
	CP7	4337.000	4165.833	101.439	14.98	151.167	3.49

Bảng 5: Số liệu các mẫu không ngâm dung dịch axit

	Mẫu	Khối lượng trung bình (g)	Lực nén trung bình (kN)	Cường độ chịu nén (Mpa)
Không Ngâm	CP1	4437.833	98.281	14.52
	CP2	4567.333	105.218	15.54
	CP3	4225.667	109.295	16.14
	CP4	4502.167	112.391	16.60
	CP5	4406.833	116.854	17.26
	CP6	4465.500	105.031	15.51
	CP7	4359.167	107.880	15.93

PHỤ LỤC HÌNH NÉN MẪU THÍ NGHIỆM



(a): Sau 30 ngày



(b): Sau 60 ngày



(c): Sau 90 ngày

Hình 1: Mẫu CP5 ngâm trong dung dịch axit H_2SO_4



(a): Sau 30 ngày



(b): Sau 60 ngày



(c): Sau 90 ngày

Hình 2: Mẫu CP5 ngâm trong dung dịch axit HCl

