

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



**LUẬN VĂN THẠC SĨ
TRẦN QUỐC PHONG**

**NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG CHỐNG MÀI MÒN
CỦA BÊ TÔNG GEOPOLYMER
SỬ DỤNG SỢI MỀM**

**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**

**CHUYÊN ĐỀ THẠC SĨ
TRẦN QUỐC PHONG
MSHV: 1780828**

**NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG
CHỐNG MÀI MÒN CỦA BÊ TÔNG
GEOPOLYMER SỬ DỤNG SỢI MỀM**

**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: 1606/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 : **Trần Quốc Phong** MSHV: 1780828

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

Tên đề tài : **Nghiên cứu khả năng chống mài mòn của bê tông**

Geopolymer sử dụng sợi mềm

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

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

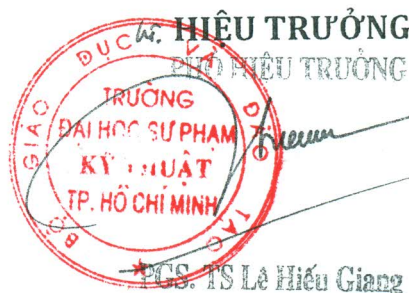
Điều 2. Giao cho Phòng Đào tạo quản lý, thực hiện theo đúng Quy chế đào tạo trình độ thạc sĩ của Bộ Giáo dục & Đào tạo ban hành.

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-SDH, ngày 11/07/2019

Có mặt : Vắng mặt: 0.....

Chủ tịch Hội đồng : TS. Trần Tuấn Kiệt

Thư ký Hội đồng : TS. Phạm Đức Thiện

Học viên bảo vệ LVTN : **Trần Quốc Phong** MSHV: 1780828

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

Giảng viên phản biện : TS. Lê Anh Thắng
PGS.TS. Vũ Hồng Nghiệp

Tên đề tài LVTN : **Nghiên cứu khả năng chống mài mòn của bê tông Geopolymer sử dụng sợi mềm**

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. Phạm Đức Thiện	7,6	
3	TS. Lê Anh Thắng	8,5	
4	PGS.TS. Vũ Hồng Nghiệp	7,5	
5	TS. Nguyễn Đình Hùng	7,8	
Tổng điểm		38,9	
Điểm trung bình		7,78	

II. KẾT LUẬN:

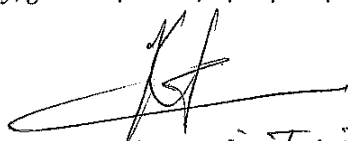
(Thư ký hội đồng ghi rõ các ý kiến của thành viên hội đồng về việc chỉnh sửa, bổ sung những nội dung gì trong LVTN)

- Hoàn thiện LV theo yêu cầu của LPB và các TV
hội đồng.

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

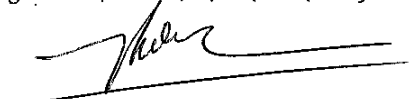
CHỦ TỊCH HỘI ĐỒNG

(Ký, ghi rõ học hàm, học vị & họ tên)


TS. Trần Tuấn Kiệt

THƯ KÝ HỘI ĐỒNG

(Ký, ghi rõ học hàm, học vị & họ tên)


TS. Phạm Đức Thiện



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 khả năng chống mài mòn của bê tông Geopolymer sử dụng sợi mềm

Tên tác giả: TRẦN QUỐC PHONG

MSHV: 1780828

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.Lê Anh Thắng

Cơ quan công tác: Khoa Xây dựng

Điện thoại liên hệ:

I. Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Về hình thức & kết cấu luận văn:

- Kết cấu luận văn gồm 5 chương: (1) Tổng Quan (2) Cơ Sở Lý Thuyết (3) Nguyên Vật Liệu và cấp phối thí nghiệm (4) Kết quả thí nghiệm (5) Kết luận và hướng phát triển của đề tài
- Luận văn có nhiều phần giống luận văn của Nguyễn Thanh Cường

2. Về nội dung:

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

Luận văn trình bày rõ ràng

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

Luận văn chưa trình bày các kết quả nghiên cứu liên quan đến bài toán chống mài mòn của bê tông Geopolymer sử dụng sợi mềm

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

Phương pháp nghiên cứu được ghi giống với phương pháp nghiên cứu của tác giả Nguyễn Thanh Cường

2.4. Nhận xét Tổng quan của đề tài

- Nội dung của đề tài khá giống với nội dung của tác giả Nguyễn Thanh Cường

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

- Nội dung thí nghiệm của luận văn chưa nhiều, giải thích chưa thuyết phục

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

- Thông thường lực bám dính của xi măng và đá, hoặc giữa xi măng và sợi sẽ làm tăng độ mài mòn. Ở đây luận văn cho rằng sợi có thể tăng sự chống mài mòn là chưa thực tiễn lắm.

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

- Luận văn cần phải viết lại cho khác với luận văn của Trần Quốc Phong

II. CÁC VẤN ĐỀ CẦN LÀM RÕ

(Các câu hỏi của giảng viên phản biện)

- 1) Giải thích tại sao tỷ số l/d ảnh hưởng đến độ mài mòn?
- 2) Ý nghĩa của cụm từ "Cường độ mài mòn" là gì? (trang 56)
- 3) Theo tác giả thì đã có nghiên cứu nào thực hiện phương pháp thí nghiệm tương tự hay không?

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 phân biệt 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.Lê Anh Thắng

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

PHIẾU NHẬN XÉT LUẬN VĂN THẠC SỸ - HƯỚNG ỨNG DỤNG
(dành cho giảng viên phản biện)

Người nhận xét: PGS.TS. Vũ Hồng Nghiệp

Mã học viên: 1780828

Họ tên: Trần Quốc Phong

Tên lớp: XDC17B1

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

Tên đề tài: Nghiên cứu khả năng chống mài mòn của bê tông Geopolymer sử dụng sợi mềm

I. Ý KIẾN NHẬN XÉT

1. Về hình thức và kết cấu luận văn

- Bố cục 5 chương tương đối hợp lý. Tuy nhiên chương 2 gần giống với học viên khác. Chương 3 và Chương 4 nên đổi tên cho hợp lý. Có thể kết hợp 2 chương 3 và 4 thành Chương 3. Chương trình thí nghiệm
- Ngoài ra các chương nên bố cục viết theo mở đầu hay giới thiệu, nội dung chính và kết luận cho logic.

2. Về nội dung

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

- Lỗi chính tả trang 69 cần chỉnh sửa.
- Nhiều hình sử dụng tiếng Anh (ví dụ như Hình 2.2, 2.3). Luận văn nên thống nhất 1 ngôn ngữ do đó cần dịch sang tiếng Việt
- Hình vẽ hoặc hình ảnh minh họa phải giải thích hoặc sử dụng viện dẫn cho một ý, nội dung nào đó. Ví dụ sau một ý thì tham khảo hoặc xem hình ảnh minh họa. Ví dụ trang 32 mục 3.1.4. Cốt liệu nhỏ nhưng đoạn văn lại nói về đá và tham khảo hình vẽ cát.

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:

- Nhiều nội dung không ghi tài liệu trích dẫn, ví dụ như các hình ảnh minh họa.

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

- Mục tiêu nghiên cứu khá rõ ràng, phương pháp nghiên cứu thực nghiệm là phù hợp.

2.4. Nhận xét Tổng quan của đề tài:

- Trình bày tương đối khoa học chặt chẽ.

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

- Chương 3 cần giải thích về thành phần cấp phối lựa chọn làm thí nghiệm? Cơ sở nào? Dựa vào nghiên cứu nào?...
- Chương 4. Kết quả và thảo luận rất thiếu hình ảnh, bảng biểu minh họa quá trình thí nghiệm để chứng minh độ tin cậy của thí nghiệm. Ngoài ra việc phân tích cơ chế phá hoại và dạng phá hoại các mẫu thí nghiệm và các biểu đồ nén là rất quan trọng làm cơ sở khoa học để giải thích các hiện tượng vật lý xảy ra và là cơ sở biện chứng kết quả nghiên cứu.
- Kết quả nghiên cứu mang tính trình bày đơn thuần mà thiếu phần lập luận khoa học để giải thích kết quả nghiên cứu.
- Các phát biểu "*Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi tăng HLS sẽ ảnh hưởng rất lớn đối với cường độ nén (cường độ mài mòn) bê tông GPC*" (trang 54 và 56) là làm tăng mức độ ảnh hưởng trong khi thực tế có thay đổi nhưng nằm trong khoảng 13% → nên có phát biểu phù hợp. Hay "*Hình 4.9, từ đó phân tích chọn ra cấp phối tối ưu nhất, hiệu quả nhất khi sử dụng*" (trang 65) nên thay đổi từ tối ưu thành hợp lý trong phạm vi nghiên cứu thì phù hợp hơn. Hay trang 67 dùng từ "*tối ưu nhất*" cũng không phù hợp.

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

- Đề tài có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các nghiên cứu sau làm cơ sở cho ứng dụng thực tế sau này. Tuy nhiên nếu tốt hơn học viên nên nghiên cứu cho loại bê tông có cường độ cao hơn.

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

- Học viên chỉnh sửa lỗi chính tả và một số nội dung như đã trình bày trong 2.5

II. CÁC VẤN ĐỀ CẦN LÀM RÕ (CÂU HỎI)

1. Học viên giải thích căn cứ chọn thiết kế thành phần cấp phối tạo bê tông có cường độ 13MPa? Bê tông cường độ này dùng để làm gì trong ứng dụng thực tế?
2. Học viên giải thích tác dụng của thành phần sợi PP trong cấp phối đến cường độ chịu nén của mẫu cũng như độ mài mòn của mẫu?

III. ĐÁNH GIÁ

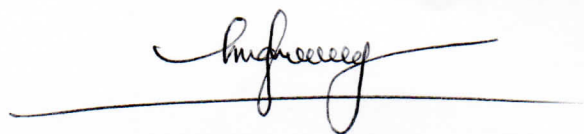
1. Tính khoa học, rõ ràng, mạch lạc, khúc chiết trong luận văn: Đạt
2. Đánh giá việc sử dụng hoặc trích dẫn kết quả NC của người khác có đúng qui định hiện hành của pháp luật sở hữu trí tuệ: Đạt
3. Mục tiêu nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu sử dụng trong LVTN: Đạt
4. Tổng quan của đề tài: Đạt
5. Đánh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

IV. KẾT LUẬN

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

Tán thành luận văn nhưng học viên cần chỉnh sửa hoặc làm sáng tỏ các nội dung góp ý ở trên.

Người nhận xét



PGS.TS. Vũ Hồng Nghiệp

LÝ LỊCH KHOA HỌC

(Dùng cho nghiên cứu sinh & học viên cao học)



I. LÝ LỊCH SƠ LƯỢC:

Họ & tên: Trần Quốc Phong
Giới tính: Nam
Ngày, tháng, năm sinh: 19-02-1983
Nơi sinh: Tỉnh An Giang
Quê quán: Thị trấn Núi Sập, H. Thoại Sơn, T. An Giang
Dân tộc: Kinh
Chức vụ, đơn vị công tác trước khi học tập, nghiên cứu: Chuyên viên Ban QLDA ĐT XD Khu vực huyện Thoại Sơn.
Chỗ ở riêng hoặc địa chỉ liên lạc: Thị trấn Núi Sập, H. Thoại Sơn, T. An Giang.
Điện thoại cơ quan: 02963.879.693 Điện thoại riêng: 0939.546.123
Fax: E-mail: phong.bqldotsag@gmail.com

II. QUÁ TRÌNH ĐÀO TẠO:

1. Đại học:

Hệ đào tạo: Không chính quy Thời gian đào tạo từ Năm 2001 đến năm 2006
Nơi học (trường, thành phố): Đại học Bách Khoa TP.HCM.
Ngành học: Xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp
Tên đề án, luận án hoặc môn thi tốt nghiệp: Chung cư Nguyễn Kiệm.
Ngày & nơi bảo vệ đề án, luận án hoặc thi tốt nghiệp: Đại học Bách Khoa TP.HCM.
Người hướng dẫn: TS. Đặng Kỳ Minh

2. Thạc sĩ:

Hệ đào tạo: Không chính quy Thời gian đào tạo từ 28/08/2018 đến 28/02/2019
Nơi học (trường, thành phố): Đại học Sư phạm kỹ thuật TP.HCM
Ngành học: Kỹ thuật xây dựng.
Tên luận văn: Nghiên cứu khả năng chống mài mòn của bê tông Geopolymer sử dụng sợi mềm.
Ngày & nơi bảo vệ luận văn: Ngày 21/7/2019 tại trường Đại học An Giang.
Người hướng dẫn: PGS.TS Phan Đức Hùng

5. Trình độ ngoại ngữ (biết ngoại ngữ gì, mức độ): Anh Văn B1

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

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

Thời gian	Nơi công tác	Công việc đảm nhiệm
Năm 2007 - đến nay	Ban QLDA Đầu tư Xây dựng Khu vực huyện Thoại Sơn	Chuyên viên

IV. CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ:

XÁC NHẬN CỦA CƠ QUAN hoặc ĐỊA PHƯƠNG

(Ký tên, đóng dấu)



Ngày 23 tháng 8 năm 2019

Người khai ký tên

Trần Quốc Phong

LỜI CAM ĐOAN

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

Các kết quả nghiên cứu trong luận văn tốt nghiệp thạc sĩ của tôi là trung thực, là kết quả lao động của chính tôi, chưa được người khác công bố trong bất cứ một công trình nghiên cứu nào.

Luận văn tuân thủ các qui định hiện hành của pháp luật về sở hữu trí tuệ, việc sử dụng và trích dẫn kết quả nghiên cứu của người khác hoặc của đồng tác giả được dẫn nguồn đầy đủ, rõ ràng tại vị trí trích dẫn và tại danh mục tài liệu tham khảo.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 23 tháng 8 năm 2019

Học viên thực hiện



Trần Quốc Phong

LỜI CẢM TẠ

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 được 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 **PGS.TS Phan Đức Hùng** đã tận tình chỉ bảo và hỗ trợ cho Tôi ngay từ bước đầu chọn đề tài, định hướng làm luận văn, từng bước 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.

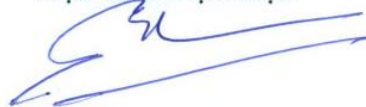
Và cảm ơn **các bạn lớp XDC17B cũng như các lớp khác** đã nhiệt tình giúp đỡ chân thành góp ý kiến thức để luận văn hoàn chỉnh hơn.

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 tận tình của quý Thầy, Cô để luận văn được hoàn thiện hơn.

Trân trọng!

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 23 tháng 8 năm 2019

Học viên thực hiện



Trần Quốc Phong

TÓM TẮT

Đề tài Nghiên cứu khả năng chống mài mòn của bê tông Geopolymer sử dụng sợi mềm. Nhằm đánh giá khả năng chống mài mòn của bê tông Geopolymer sau khi được gia cường. Trong đề tài này, sợi mềm được sử dụng là loại sợi Polypropylene với các 04 loại chiều dài khác nhau ($L=10, 20, 35, 50\text{mm}$) trên cùng một đường kính sợi $d=0,03\text{mm}$, đồng thời sử dụng 04 loại cấp phối tương ứng với các tỷ lệ tăng dần từ 0,5%; 1%; 1,5% đến 2%. Ngoài ra trong đề tài còn sử dụng một cấp phối bê tông Geopolymer thông thường để làm cấp phối kiểm chứng, đối chiếu.

Các vật liệu được lựa chọn thí nghiệm được sàng lọc cẩn thận, đạt tiêu chuẩn trước khi được dùng làm thí nghiệm.

Mẫu dùng để thí nghiệm được sử dụng có 02 loại phù hợp với TCVN 3105:1993 đối với mẫu thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông có dạng hình trụ kích thước $10 \times 20\text{cm}$ và thí nghiệm độ mài mòn có kính lập phương $7,07\text{cm}$. Các mẫu cấp phối sau khi thực hiện, sẽ được bảo dưỡng tĩnh định 48 giờ sau đó tháo dỡ khuôn và dưỡng hộ nhiệt 10 giờ ở mức nhiệt độ 80°C , sau khi thời 14 ngày kể từ kết thúc giai đoạn dưỡng hộ nhiệt sẽ được vệ sinh và tiến hành thí nghiệm.

Qua thực hiện thí nghiệm cho thấy, khi gia cường sợi Polypropylene cho bê tông Geopolymer thì khả năng chống mài mòn của bê tông tăng lên. Tuy nhiên, xét về yếu tố cường độ chịu nén thì cần hạn chế sử dụng sợi Polypropylene có tỷ lệ chiều dài chia cho đường kính lớn, kèm theo tăng tỷ lệ % sợi trong bê tông Geopolymer sẽ làm giảm cường độ chịu nén. Sau khi tổng hợp kết quả thí nghiệm cho thấy sử dụng sợi Polypropylene (tỷ lệ: l/d là 670) có hàm lượng sợi 1% phù hợp cho các kết cấu công trình yêu cầu tăng cường độ chịu nén, đồng thời dẫn đảm bảo về khả năng chống mài mòn và sợi PP (tỷ lệ: l/d là 1170) có hàm lượng sợi 1% phù hợp cho các kết cấu công trình chỉ xét đến yếu tố đảm bảo về cường độ chịu nén nhưng khả năng chống mài mòn là phù hợp nhất.

Từ khoá: Bê tông Geopolymer, sợi Polypropylene, mài mòn.

ABSTRACT

Research topic Abrasion resistance of concrete Geopolymer uses soft fibers. To assess Geopolymer's abrasion resistance after reinforcement. In this topic, the soft yarn used is Polypropylene yarn with 04 different lengths ($L = 10, 20, 35, 50\text{mm}$) on the same fiber diameter $d = 0.03\text{mm}$, and uses 04 types of grading level corresponding to increasing rates from 0.5%; 1%; 1.5% to 2%. In addition, the project also uses a normal Geopolymer concrete mix to verify and compare.

The selected materials are carefully screened and qualified before being used for testing.

Samples used for testing are used with 02 types in accordance with TCVN 3105: 1993 for samples of compressive strength of concrete with cylindrical shape of size $10 \times 20\text{cm}$ and abrasion test with cubic glass 7.07cm . Samples of grading after implementation, will be static maintenance 48 hours, then dismantle mold and thermostats for 10 hours at the temperature of 80°C , after 14 days from the end of the heating period, cleaning and conducting experiments.

Through the experiment, it showed that when reinforcing Polypropylene fiber for Geopolymer concrete, the abrasion resistance of concrete increased. However, in terms of compressive strength factor, it is necessary to limit the use of Polypropylene yarns with a ratio of length divided to large diameter, along with increasing the percentage of fiber in concrete Geopolymer will reduce compressive strength. After synthesizing the experimental results, it is shown that the use of Polypropylene yarn (ratio: l / d is 670) has 1% fiber content suitable for construction structures, which requires increasing compressive strength, and also ensuring protection of abrasion and PP fiber resistance (ratio: l / d is 1170) with 1% fiber content suitable for construction structures considering only the assurance factor of compressive strength but resistance Abrasion is the best fit.

Keywords: Geopolymer concrete, Polypropylene fiber, abrasive.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM TẠ	ii
TÓM TẮT	iii
DANH MỤC HÌNH	viii
DANH MỤC BẢNG BIỂU	x
Chương 1: TỔNG QUAN	1
1.1. Sự cần thiết của đề tài nghiên cứu.	1
1.1.1. Chất kết dính Geopolymer.....	1
1.1.2. Một số vấn đề gây sự mài mòn đối với kết cấu bê tông.	3
1.1.3. Nhận xét về sự cần thiết của đề tài nghiên cứu.....	4
1.2. Tình hình nghiên cứu của đề tài.	5
1.2.1. Nghiên cứu trên thế giới.	5
1.2.2. Nghiên cứu trong nước.	6
1.2.3. Các tiêu chuẩn tham khảo.....	7
1.3. Nhận xét về các đề tài.	7
1.4. Mục tiêu của đề tài.....	8
1.5. Nhiệm vụ nghiên cứu.....	8
1.6. Phương pháp nghiên cứu.	8
1.7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài.....	9
Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT	10
2.1. Công nghệ Geopolymer.....	10
2.1.1. Chất kết dính Geopolymer.....	10
2.1.2. Thành phần và công thức hóa học.....	12
2.1.3. Cơ chế phản ứng trong quá trình Geopolymer hóa.....	14
2.1.4. Cơ chế hóa học của công nghệ geopolymer sử dụng tro bay.	18

2.1.5. Ảnh hưởng của cấu trúc geopolymer đến cường độ bê tông.	22
2.2. Tro bay.	23
2.3. Dung dịch hoạt hóa Alkaline.	25
2.4. Bê tông Geopolymer.	27
2.5. Dưỡng hộ nhiệt bê tông Geopolymer.	27
2.6. Sợi mềm.	28
2.6.1. Sợi Acrylic.	28
2.6.2. Sợi Aramid.	29
2.6.3. Sợi polyester.	29
2.6.4. Sợi Polyethylen.	30
2.6.5. Sợi polypropylene.	30
2.6.6. Vai trò của sợi mềm.	31
2.6.7. Tính chất của sợi mềm.	31
2.7. Tiêu chuẩn lấy mẫu cấp phối.	31
2.8. Thí nghiệm cường độ bê tông.	31
2.9. Thí nghiệm độ mài mòn bê tông.	31
Chương 3: NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ CẤP PHỐI THÍ NGHIỆM.	32
3.1. Nguyên liệu sử dụng.	32
3.1.1. Tro bay.	32
3.1.2. Dung dịch hoạt hóa.	33
3.1.3. Cốt liệu lớn.	35
3.1.4. Cốt liệu nhỏ.	36
3.1.5. Nước.	37
3.1.6. Sợi mềm – Sử dụng sợi Polypropylene (PP).	37
3.2. Cấp phối bê tông.	41
3.3. Xác định cường độ chịu nén.	43
3.3.1. Qui trình thực hiện.	43

3.3.2. Phương pháp thí nghiệm.....	44
3.3.3. Dưỡng hộ nhiệt.	45
3.3.4. Thí nghiệm cường độ chịu nén.....	46
3.4. Xác định độ mài mòn.....	48
3.4.1. Qui trình thực hiện.....	48
3.4.2. Phương pháp thí nghiệm.....	49
3.4.3. Dưỡng hộ nhiệt.	49
3.4.4. Thí nghiệm độ mài mòn.....	49
Chương 4: KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM.....	55
4.1. Tổng hợp kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (Mpa).....	55
4.2. Tổng hợp kết quả thí nghiệm độ mài mòn (g/cm ²).	57
4.3. Ảnh hưởng khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d) đối với cường độ chịu nén..	60
4.4. Ảnh hưởng khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d) đối với độ mài mòn của bê tông PP. 62	
4.5. Ảnh hưởng HLS đến Cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330).	64
4.6. Ảnh hưởng HLS đến Cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670).	66
4.7. Ảnh hưởng HLS đến Cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170).	68
4.8. Ảnh hưởng HLS đến Cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670).	70
4.9. Ảnh hưởng HLS đến cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (theo tỉ lệ: l/d).	71
Chương 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA ĐỀ TÀI.....	76
5.1. Kết luận.	76
5.2. Hướng phát triển đề tài.....	77
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	79

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Sản xuất xi măng thủy ra khí CO ₂	1
Hình 1.2. Khai thác khoáng sản để sản xuất xi măng poóc-lăng	2
Hình 1.3. Thi công móng Dự án đưa điện ra xã đảo Lại Sơn, Kiên Hải	3
Hình 1.4. Tác động của sóng biển gây mài mòn đối với kết cấu bê tông.....	4
Hình 2.1. Tinh thể Geopolymer [2]	11
Hình 2.2. Các dạng cấu trúc phân tử và ứng dụng của geopolymer [2]	13
Hình 2.3. Mô hình lý thuyết của quá trình geopolymer hóa [20]	15
Hình 2.4. Mô tả phản ứng tro bay trong môi trường kiềm [21].....	16
Hình 2.5. Ảnh SEM các trạng thái vi hạt của tro bay [21]	21
Hình 2.6. Thành phần của bê tông Geopolymer sử dụng tro bay [5]	22
Hình 2.7. Tro bay loại F (Nguồn Internet).	24
Hình 2.8. Tro bay loại C (Nguồn Internet).....	25
Hình 2.9. Natri hydroxit dạng khan.....	26
Hình 2.10. Natri hydroxit dạng vảy (Nguồn Internet).	26
Hình 2.11. Thủy tinh lỏng.....	27
Hình 2.12. Sợi Acrylic (Nguồn Internet).....	28
Hình 2.13. Sợi Aramid (Nguồn Internet).	29
Hình 2.14. Sợi polyester (Nguồn Internet).....	29
Hình 2.15. Sợi Polyethylen (Nguồn Internet).	30
Hình 2.16. Sợi polypropylene (Nguồn Internet).	30
Hình 3.1. Tro bay.	32
Hình 3.2. Dung dịch thủy tinh lỏng (Na ₂ SiO ₃).	34
Hình 3.3. Dung dịch natri hydroxit (NaOH) ở dạng vảy khan và dung dịch.	34
Hình 3.4. Cốt liệu lớn (Đá 1x2).....	35
Hình 3.5. Biểu đồ lượng sót tích lũy trên sàng (%) của cốt liệu đá 1x2.....	36
Hình 3.6. Cốt liệu nhỏ (Cát vàng).	36
Hình 3.7. Biểu đồ, lượng sót tích lũy trên sàng (%) của cốt liệu cát.....	37
Hình 3.8. Sợi Polypropylene (PP).	39

Hình 3.9. Quy trình xác định cường độ chịu nén.....	43
Hình 3.10. Mẫu hình trụ 100x200mm, thí nghiệm xác định cường độ chịu nén.44	
Hình 3.11. Hỗn hợp sau khi trộn và đúc mẫu.....	45
Hình 3.12. Mẫu bê tông sau khi đúc và tháo dỡ mẫu.....	45
Hình 3.13. Dưỡng hộ nhiệt các mẫu bê tông Geopolymer bằng lò sấy.....	45
Hình 3.14. Thiết bị kiểm tra nhiệt độ quá trình dưỡng hộ nhiệt.....	46
Hình 3.15. Thí nghiệm nén mẫu, để xác định cường độ chịu nén.....	47
Hình 3.16. Hình Quy trình xác định độ mài mòn.	48
Hình 3.17. Mẫu lập phương 70,7mm - thí nghiệm xác định độ mài mòn.	49
Hình 3.18. Máy mài mòn T-Tech (TC ISO 9001:2018).....	50
Hình 3.19. Cát tiêu chuẩn thí nghiệm.....	51
Hình 3.20. Cát trước khi thí nghiệm và sau khi thí nghiệm.....	52
Hình 3.21. Kết quả mẫu trước (1) và sau khi mài mòn (2).....	53
Hình 3.22. Thí nghiệm mài mòn và mẫu thí nghiệm trước, sau khi mài mòn. ..	54
Hình 4.1. Mẫu quan sát thí nghiệm cường độ chịu nén.....	56
Hình 4.2. Mẫu quan sát sợi trên bề mặt bê tông.....	56
Hình 4.3. Mẫu quan sát sau khi thí nghiệm cường độ chịu nén.	56
Hình 4.4. Quá trình thực hiện thí nghiệm xác định độ mài mòn.	58
Hình 4.5. Biểu đồ mối quan hệ giữa cường độ chịu nén với HLS và TLS.	60
Hình 4.6. Biểu đồ mối quan hệ giữa độ mài mòn với HLS và TLS.	62
Hình 4.7. Biểu đồ sự ảnh hưởng tỷ lệ % đối với sợi PP (l/d là 330)	64
Hình 4.8. Biểu đồ sự ảnh hưởng tỷ lệ % đối với sợi PP (l/d là 670).	66
Hình 4.9. Biểu đồ sự ảnh hưởng tỷ lệ % đối với sợi PP (l/d là 1170).	68
Hình 4.10. Biểu đồ sự ảnh hưởng tỷ lệ % của sợi PP (l/d là 1670).	70
Hình 4.11. Biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng HLS đến cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (theo tỉ lệ: l/d).	73

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1. Tỷ lệ thành phần dung dịch thủy tinh lỏng.....	27
Bảng 3.1. Tính chất hóa học của Tro bay.....	33
Bảng 3.2. Tỷ lệ thành phần dung dịch thủy tinh lỏng.....	34
Bảng 3.3. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt cốt liệu lớn.....	35
Bảng 3.4. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt cốt liệu nhỏ.....	37
Bảng 3.5. Tỷ lệ (l/d) của sợi PP.....	39
Bảng 3.6. Thông số kỹ thuật sợi PP.	40
Bảng 3.7. Cấp phối khối lượng nghiên cứu.....	42
Bảng 3.8. Các đặc tính kỹ thuật của Cát tiêu chuẩn thí nghiệm.	51
Bảng 4.1. Kết quả CĐCN của bê tông GPC và GP gia cường sợi PP.....	55
Bảng 4.2. Kết quả độ mài mòn của bê tông GPC và GP gia cường sợi PP.....	57
Bảng 4.3. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (MPa).	60
Bảng 4.4. Kết quả thí nghiệm độ mài mòn (g/cm ²).....	62
Bảng 4.5. Kết quả thí nghiệm (tỷ lệ: l/d là 330).....	64
Bảng 4.6. Kết quả thí nghiệm (tỷ lệ: l/d là 670).....	66
Bảng 4.7. Kết quả thí nghiệm (tỷ lệ: l/d là 1170).....	68
Bảng 4.8. Kết quả thí nghiệm (tỷ lệ: l/d là 1670).....	70
Bảng 4.9. Tổng hợp Kết quả thí nghiệm.	72

Chương 1: TỔNG QUAN

1.1. Sự cần thiết của đề tài nghiên cứu.

1.1.1. Chất kết dính Geopolymer.

Đối với các công trình xây dựng hiện nay thường theo xu hướng sử dụng bê tông với chất kết dính xi măng poóc-lăng, đây là chất kết dính mà Việt Nam đã sản xuất và phát triển từ năm 1904 (nhà máy xi măng Hải Phòng) với ưu điểm dễ thi công và độ tin cậy tốt. Bê tông truyền thống luôn được ưu tiên lựa chọn do có những đặc tính về khả năng chịu lực cũng như giá thành xây dựng. Tuy nhiên, sản xuất xi măng poóc-lăng được cho là gây ô nhiễm nghiêm trọng, do mức độ phát thải khí CO₂ và bụi nhiều, việc sản xuất một tấn xi măng phát ra khoảng một tấn carbon dioxide vào bầu khí quyển, điều này cũng dẫn đến vấn đề ô nhiễm môi trường ngày càng nghiêm trọng và còn tiêu thụ đáng kể các nguồn tài nguyên thiên nhiên.



Hình 1.1. Sản xuất xi măng thấy ra khí CO₂ gây ô nhiễm môi trường tại nhà máy xi măng Kiên Lương – Kiên Giang
[Nguồn Internet]



Hình 1.2. Khai thác khoáng sản để sản xuất xi măng poóc lăng

[Nguồn Internet]

Để từng bước hạn chế việc sử dụng xi măng poóc lăng trong xây dựng, đồng thời tận dụng có hiệu quả chất thải công nghiệp tro bay nhiệt điện thì một loại chất kết dính mới đang được nghiên cứu và từng bước ứng dụng vào thực tế trong xây dựng. Chất kết dính đó sử dụng tro bay nhiệt điện kết hợp với một số hợp chất hoá học thông thường, cơ chế của chất kết dính mới là quá trình polymer hoá các thành phần đioxit silíc trong tro bay để tạo ra lực dính kết, hình thành bộ khung vô cơ bền vững và có khả năng chịu lực. Chất kết dính mới này được gọi là chất kết dính Geopolymer.

Chất kết dính Geopolymer có tính dính kết cao và có khả năng dính kết với hầu hết các loại cốt liệu trong quá trình rắn chắc. Vật liệu Geopolymer được phát triển lần đầu tiên từ những năm 1970 bởi nhà khoa học người Pháp là J. Davidovits. Sau đó nó được tiếp tục nghiên cứu và ứng dụng ở các nước Châu Âu, Mỹ, Úc và một số quốc gia phát triển khác và đã đạt được những thành tựu khả quan. Tại Việt Nam việc nghiên cứu loại vật liệu này, đang được nghiên cứu và ứng dụng vào trong các kết cấu thi công xây dựng.

1.1.2. Một số vấn đề gây sự mài mòn đối với kết cấu bê tông.

Bê tông được sử dụng rộng rãi để thi công xây dựng các công trình từ các kết cấu xây dựng như nhà ở, kết cấu hạ tầng kỹ thuật, đến các công trình mang tính chất trọng điểm ảnh hưởng đến an sinh như các công trình bảo vệ bờ biển: kè, đập chắn sóng ở các vùng biển như Kiên Giang, Cà mau..., các công trình ảnh hưởng đến an ninh, quốc phòng và phát triển kinh tế xã hội như: các đập thủy điện, phục vụ trong công nghiệp như: cầu, các mố trụ để lắp dựng đường dây để dẫn điện từ đất liền ra hải đảo.



Hình 1.3. Thi công móng Dự án đưa điện ra xã đảo Lại Sơn, Kiên Hải

[Nguồn Internet]

Việc xây dựng các công trình trọng điểm thì cần sử dụng các loại bê tông có cường độ cao để đáp ứng được nhu cầu sử dụng trước các tác động cơ học từ bên ngoài như: Ảnh hưởng về thời tiết; tác động của dòng chảy; sóng biển... thì lớp vỏ bên ngoài của kết cấu bê tông bị mài mòn, ăn mòn theo thời gian dẫn đến độ bền và tuổi thọ công trình giảm nhanh chóng. Tác động của dòng chảy và sóng biển là một dạng xâm thực bê tông xảy ra khá phổ biến,

dưới tác động mài mòn của dòng nước chảy xiết hoặc sóng thì bề mặt bê tông sẽ bị bào mòn, sau đó các hạt có kích thước lớn hơn (hạt cốt liệu nhỏ, cốt liệu lớn) sẽ bị rửa trôi do không còn liên kết làm cho bê tông dần bị xâm thực, các tác nhân gây ăn mòn sẽ trực tiếp vào kết cấu bê tông. Do đó, kết cấu bê tông bị mài mòn, ăn mòn theo thời gian dẫn đến độ bền và tuổi thọ công trình giảm nhanh chóng.



Hình 1.4. Tác động của sóng biển gây mài mòn đối với kết cấu bê tông

[Nguồn Internet]

1.1.3. Nhận xét về sự cần thiết của đề tài nghiên cứu

Để giảm tác động mài mòn đối với bê tông thông thường, cũng đã có các đề tài nghiên cứu về sử dụng chất phụ gia để tăng khả năng chống mài mòn đối với bê tông, đồng thời sử dụng vật liệu thân thiện với môi trường cũng đã có các đề tài nghiên cứu về chất kết dính Geopolymer. Đề nghiên cứu thêm một loại vật liệu để góp phần giảm tác động đến môi trường và có khả năng giảm tác động mài mòn từ bên ngoài đối với kết cấu. Đề tài nghiên cứu bê tông Geopolymer có sử dụng cốt sợi mềm để chống tác nhân gây mài mòn được lựa chọn.

Các loại sợi mềm được sử dụng trong xây dựng thường có đặc tính dẻo cơ học rất tốt, có nguồn nguyên liệu để sản xuất sợi dồi dào, chi phí thấp, có thể sử dụng nhằm mục đích tăng cường độ, giảm độ co ngót, tăng khả năng chống mài mòn, va đập, giảm khả năng bị nứt.

1.2. Tình hình nghiên cứu của đề tài.

1.2.1. Nghiên cứu trên thế giới.

Vật liệu Geopolymer được chế tạo nhờ vào quá trình polymer hóa nguyên liệu aluminosilicat trong môi trường kiềm do giáo sư J. Davidovits^[1] đưa ra năm 1991. Theo J. Davidovits: "Bất kỳ một nguyên vật liệu nào trong đó có chứa dioxide silic và oxide nhôm đều có thể sử dụng để tạo ra vật liệu Geopolymer".

J. Davidovits (1994)^[2] đã nghiên cứu và chế tạo thành công một loại xi măng mới bằng cách kết hợp nguyên liệu sét và dung dịch kiềm hoạt tính cao, tạo thành chất kết dính vô cơ mới có khả năng đóng rắn nhanh và cho cường độ ban đầu rất tốt với tên gọi xi măng polymer. Công nghệ này nhanh chóng được phát triển trên toàn thế giới và đang dần dần có ưu thế hơn xi măng pooc lăng do có ưu điểm về nguyên liệu sản xuất và phương pháp sản xuất thân thiện với môi trường.

Từ những tiền đề trên, Geopolymer được xem như là một loại vật liệu xanh và được ứng dụng rộng rãi trong các ngành công nghệ và xây dựng. Bê tông Geopolymer được xem như một loại vật liệu thể hiện các đặc tính cơ lý có thể thay thế được bê tông xi măng truyền thống. Và từ đó, hàng loạt những nghiên cứu về tính chất cơ lý của bê tông Geopolymer đã được thực hiện

D.Hardjito và BV.Rangan (2005)^[3], khi nghiên cứu về Quá trình phát triển và những đặc tính của bê tông Geopolymer sử dụng tro bay đã có những nhận xét về những tính chất ảnh hưởng đến cường độ của bê tông Geopolymer như: Nồng độ Mole của dung dịch NaOH, tỉ lệ thủy tinh lỏng/dung dịch NaOH, nhiệt độ dưỡng hộ, thời gian dưỡng hộ.

MM Al.Bakri (2012) ^[4], cường độ chịu nén và đặc tính cấu trúc của geopolymer sử dụng tro bay đã được tổng hợp để tạo nên cường độ cao cho geopolymer.

D.Hardjito (2005) ^[5], đã trình bày quá trình để sản xuất bê tông Geopolymer sử dụng tro bay, cách sản xuất và thí nghiệm mẫu cùng với các số liệu thu thập được.

K.Ramujee (2014) ^[6], nghiên cứu Khả năng chịu mài mòn của vật liệu tổng hợp Geopolymer.

MV. Mohod (2015) ^[7], nghiên cứu hiệu suất của bê tông cốt thép có gia cường sợi Polypropylene.

N.Ristić (2014) ^[8], Nghiên cứu Khả năng chống mài mòn của bê tông được làm bằng sợi micro và cao su hạt tái chế.

1.2.2. Nghiên cứu trong nước.

Tổng Tôn Kiên (2013) và các cộng sự ^[9] đã nghiên cứu về đề tài bê tông Geopolymer – những thành tựu, tính chất và ứng dụng. Các tác giả đã trình bày những thành tựu nổi bật, các mốc thời gian phát triển của chất kết dính hoạt hóa kiềm, quá trình hình thành cấu trúc bê tông Geopolymer, các đặc tính và cũng như ứng dụng của bê tông Geopolymer.

Nguyễn Văn Dũng (2014) ^[10], nghiên cứu chế tạo bê tông Geopolymer từ tro bay, xác định cường độ của bê tông Geopolymer và xác định các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của bê tông Geopolymer.

Phan Đức Hùng và Lê Anh Tuấn (2016) ^[11], nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của sợi poly-propylene có tỷ lệ chiều dài trên đường kính sợi thay đổi với các giá trị 100, 200, 300, 400 và 500 và hàm lượng sử dụng là 0.5%, 1.0% và 1.5% thể tích đến bê tông Geopolymer nền sử dụng tro bay.

Phan Đức Hùng và Lê Anh Tuấn (2015) ^[12], nghiên cứu Cường độ chịu nén của bê tông sử dụng sợi polypropylene và silica fume.

Nguyễn Thị Thu Hương (2013)^[13], nghiên cứu sử dụng phụ gia để nâng cao độ bền cho bê tông các công trình bảo vệ bờ biển Việt Nam.

Nguyễn Quang Phú (2016)^[14], nghiên cứu xác định hàm lượng cốt sợi hợp lý để chế tạo bê tông có khả năng chịu nén và chịu uốn tốt, bền trong môi trường biển.

Nguyễn Văn Chánh và Trần Văn Miên^[15], nghiên cứu chế tạo bê tông cốt sợi trên nền vật liệu xây dựng địa phương.

1.2.3. Các tiêu chuẩn tham khảo.

ASTM standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete (C618-05), Annual book of ASTM standards, concrete and aggregates, Vol.04.02 American Society for Testing Materials, 2005^[16].

TCVN 3015:1993^[17], về hỗn hợp bê tông nặng - lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.

TCVN 3118:1993^[18], về bê tông nặng – phương pháp xác định cường độ nén.

TCVN 3114:1993^[19], về Bê tông nặng – phương pháp xác định độ mài mòn.

1.3. Nhận xét về các đề tài.

Qua các bài báo, đề tài nghiên cứu trên trình bày rất chi tiết về vật liệu Geopolymer, về lịch sử ra đời, công thức tạo mẫu, lý thuyết thí nghiệm, vật liệu cốt sợi, nghiên cứu sự mài mòn của bê tông và ứng dụng cốt sợi trong bê tông. Nhưng chưa có đề tài nào nói rõ về việc ứng dụng sợi mềm trong bê tông Geopolymer để tăng cường khả năng chống mài mòn.

Đề tài *“Nghiên cứu khả năng chống mài mòn của bê tông Geopolymer sử dụng sợi mềm”* là nghiên cứu về sự thay đổi của sợi đối với bê tông Geopolymer về cường độ chịu nén và ảnh hưởng đến độ mài mòn. Từ

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

Trên cơ sở về tình hình nghiên cứu và ứng dụng chất kết dính Geopolymer từ tro bay trên thế giới, trong nước; tính chất cơ lý về sợi mềm trong xây dựng. Từ đó cho thấy việc nghiên cứu ứng dụng sợi mềm vào bê tông Geopolymer nhằm tăng cường khả năng chống mài mòn cho kết cấu là rất cần thiết. Để thực hiện được đề tài thì cần phải có mục tiêu nghiên cứu cụ thể và nhiệm vụ nghiên cứu đối với đề tài.

1.4. Mục tiêu của đề tài.

Nghiên cứu mức độ ảnh hưởng của sợi mềm đối với bê tông Geopolymer tro bay.

- Xác định ảnh hưởng của mẫu cấp phối đối với cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer.

- Xác định ảnh hưởng của mẫu cấp phối đối với độ mài mòn của bê tông Geopolymer.

1.5. Nhiệm vụ nghiên cứu.

Thành phần của bê tông Geopolymer sử dụng tro bay.

Xác định cốt sợi mềm sử dụng để nghiên cứu.

Thành phần tỉ lệ sợi mềm ứng dụng trong bê tông Geopolymer.

Nhận xét, so sánh sự thay đổi của hàm lượng sợi (HLS) và tỷ lệ sợi (TLS) đối với bê tông Geopolymer. Sự ảnh hưởng của tỉ lệ thành phần pha trộn cốt liệu đến cường độ cũng như đặc tính của bê tông Geopolymer, thí nghiệm xác định cường độ chịu nén, độ mài mòn từ đó vẽ biểu đồ ảnh hưởng, đánh giá và rút ra được kết luận.

1.6. Phương pháp nghiên cứu.

Nắm vững các yêu cầu kỹ thuật về cách pha trộn hỗn hợp bê tông Geopolymer, cách thức cân đo vật liệu, lấy mẫu, bảo dưỡng mẫu và yêu cầu kỹ thuật đối với việc thí nghiệm mẫu, các yêu cầu kỹ thuật đối với nguyên vật

liệu trộn bê tông Geopolymer. Xác định thành phần tỉ lệ cốt sợi mềm trong từng mẫu bê tông Geopolymer, các tiêu chuẩn thí nghiệm xác định chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu, nắm vững các thông số cũng như cách sử dụng đối với các dụng cụ và thiết bị thí nghiệm.

Thu thập, ghi chép số liệu thí nghiệm một cách khách quan và chuẩn xác. Tiến hành so sánh, nhận xét, biểu diễn bằng biểu đồ từ kết quả thu thập được.

1.7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài.

Bổ sung và hoàn chỉnh thêm kiến thức lý thuyết về công nghệ bê tông Geopolymer. Bên cạnh đó còn làm phong phú thêm các sản phẩm xây dựng sử dụng vật liệu kết hợp sợi mềm nhằm tăng một số tính năng khi đưa vào thực tiễn.

Kết quả nghiên cứu là một sản phẩm góp phần tạo ra một loại vật liệu có khả năng giảm tác động cơ học mài mòn từ bên ngoài khi ứng dụng vào việc thi công xây dựng các công trình thường xuyên tiếp xúc với tác nhân ma.

Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Công nghệ Geopolymer.

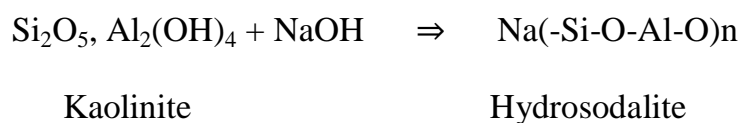
Công nghệ Geopolymer được quan tâm nghiên cứu rất nhiều tại Pháp, là công nghệ chế tạo ra sản phẩm xây dựng “xanh”, các vật liệu được sử dụng chế tạo theo những phương pháp thân thiện với môi trường. Dựa trên cơ sở lý thuyết về công nghệ Geopolymer sử dụng tro bay và quá trình phản ứng giữa vật liệu có nguồn gốc silic và nhôm với dung dịch kiềm.

Vật liệu này có thể thay thế xi măng trong bê tông, trên thế giới Geopolymer đã và đang được nghiên cứu rộng rãi và cho thấy khả năng thay thế bê tông xi măng trong một số ứng dụng tại các nước tiên tiến như các nước châu Âu, Mỹ, Nhật, Úc, Trung Quốc và một số Quốc gia phát triển khác

2.1.1. Chất kết dính Geopolymer.

J. Davidovits^[1] đưa ra những kết quả nghiên cứu mới của ông về chất kết dính aluminosilicate là “geopolymer” lần đầu tiên (được tổng hợp bằng cách kích hoạt cao lanh, đất sét nung với dung dịch natri silicat ở nhiệt độ thấp). Có nhiều nghiên cứu vào lĩnh vực geopolymer đã được bắt đầu. Các nghiên cứu thời kỳ này chủ yếu thực hiện dựa trên các nguyên liệu metakaolanh và xỉ.

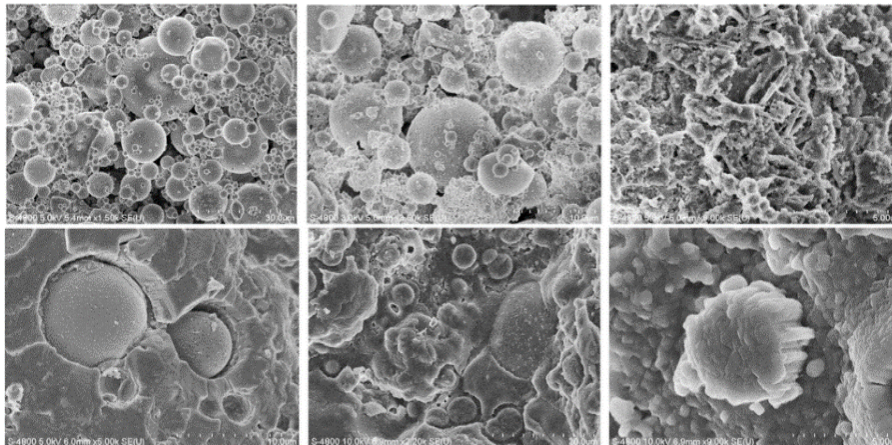
Viện Geopolymer được thành lập tại Pháp năm 1972. Xuất phát từ ý tưởng phải tìm ra vật liệu vô cơ có khả năng chống cháy và chịu được nhiệt độ cao, J. Davidovits^[1] đã phát hiện ra hệ nguyên liệu bao gồm đất sét, cao lanh có thể tương tác với dung dịch kiềm NaOH ở 100 – 150⁰C để tạo ra hợp chất mới là Hydrosodalite.



Đây chính là tiền đề cho việc nghiên cứu và phát triển của công nghệ vật liệu tổng hợp Geopolymer sau này.

Vào năm 1991, J. Davidovits^[1] đã giới thiệu với thế giới về một loại vật liệu có tên là Geopolymer được mô tả là một chất kết dính các vật liệu khác, có đặc tính tương tự như xi măng nhưng có nguyên liệu và quá trình sản xuất tận dụng từ nguồn vật liệu phế thải do các nhà máy công nghiệp thải ra và có ảnh hưởng xấu đến môi trường.

Sau đó, chất kết dính Geopolymer tiếp tục được nghiên cứu và ứng dụng tại các nước châu Âu, Mỹ, Nhật, Úc và một số Quốc gia phát triển khác. Chất kết dính Geopolymer được tạo ra từ những phản ứng của dung dịch kiềm với các chất có chứa hàm lượng lớn hợp chất Silic và Nhôm. Chất kết dính này còn được gọi với một cái tên khác là chất kết dính kiềm hóa.



Hình 2.1. Tinh thể Geopolymer [2]

Hình 2.1 các hạt tro bay được bao phủ bởi dung dịch hoạt hóa kiềm tạo thành một thể thống nhất với nhau.

Lần đầu xuất bản năm 2008, Geopolymer chemistry and application đã khái quát toàn bộ kiến thức tổng thể về công nghệ Geopolymer. Các ứng dụng của công nghệ này đã được nghiên cứu và phát triển rộng rãi trên toàn thế giới. Nghiên cứu đã tập trung vào thành phần và nồng độ của dung dịch kiềm để thúc đẩy nhanh quá trình Geopolymer hóa.

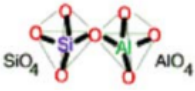
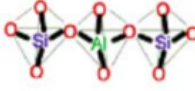
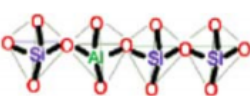
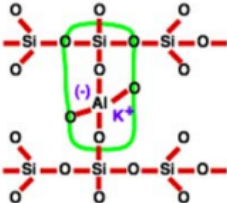
Vật liệu geopolymer vô cơ là loại vật liệu mới nhận được từ hỗn hợp bao gồm chất kết dính Polymer vô cơ và các thành phần chất độn. Sau khi nhào trộn, đầm nén, tạo hình và dưỡng hộ sản phẩm phát triển cường độ và đạt tới các tính chất kỹ thuật cần thiết. Quá trình phát triển cường độ của sản phẩm

phụ thuộc vào quá trình Polymer hóa các hợp chất vô cơ của chất kết dính Polymer vô cơ. Đã có nhiều phương pháp phân tích hiện đại được áp dụng để làm sáng tỏ các tác động của các thành phần khác nhau trong vật liệu geopolymer. Nhiều nguyên vật liệu mới được quan tâm nghiên cứu như bột silicat nhôm tổng hợp, khoáng albite, khoáng stilbite, sợi bazan, kiềm fenspat, xỉ lò cao ... Vật liệu geopolymer trở nên phong phú và đa dạng về nguồn nguyên vật liệu tạo thành, tuy nhiên việc lựa chọn nguyên liệu chủ yếu vẫn dựa vào sự tác động đến môi trường khi tạo thành vật liệu mới, công nghệ geopolymer ưu tiên nghiên cứu để giảm thiểu các chất thải công nghiệp và giúp môi trường ngày càng tốt hơn.

2.1.2. Thành phần và công thức hóa học.

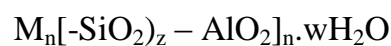
Geopolymer là một trong các hợp chất polymer vô cơ. Thành phần hóa học của vật liệu geopolymer tương tự như các vật liệu zeolite tự nhiên, nhưng vi cấu trúc là vô định hình.

J. Davidovits (1994) ^[2] cho rằng bộ xương cấu trúc của geopolymer này là “poly-sialate”. Poly là nhiều và sialate là viết tắt của silico-oxo-aluminate. Các mạng poly-sialate là một khung bao gồm các cấu trúc ba chiều rất cứng chắc của SiO_4^{4-} và AlO_4^{5-} ở dạng tứ diện liên kết theo mọi hướng bằng cách chia sẻ các nguyên tử oxy với các mức độ khác nhau để thay thế aluminat (nhôm ở dạng oxit). Các ion dương (cation) phải có mặt để trung hòa điện tích âm của các đơn vị tứ diện AlO_4^{5-} trong mạng poly-sialate. Các cation có thể là bất kỳ một trong các kim loại kiềm hoặc kiềm thổ có sẵn như Na , K , Li , Ca^{2+} , Ba^{2+} ...

Phân loại	Tỷ lệ Si / Al	Sơ đồ cấu trúc	Cấu tạo không gian	Ứng dụng
Poly-sialate (PS)	1	$M_n-(Si-O-Al-O)_n$		Gạch, gốm sứ và vật liệu phòng cháy
Poly-sialate-siloxo (PSS)	2	$M_n-(Si-O-Al-O-Si-O)_n$		Chất kết dính cho bê tông, bao bọc chất phóng xạ và độc hại
Poly-sialate-disiloxo (PSDS)	3	$M_n-(Si-O-Al-O-Si-O-Si-O)_n$		Vật liệu tổng hợp chịu nhiệt 200°C-1000°C và các khuôn đúc
Poly-silicate-multisiloxo (PSMS)	>3	Liên kết các Sialate		- Vật liệu gắn kín cho công nghiệp 200°C-600°C, - Vật liệu chịu lửa

Hình 2.2. Các dạng cấu trúc phân tử và ứng dụng của geopolymer [2]

Quá trình hình thành cấu trúc phân tử Geopolymer về căn bản là các phản ứng của các khoáng Nhôm và Silic trong điều kiện dung dịch kiềm cùng với dung dịch thủy tinh lỏng, kết quả là phản ứng tạo ra cấu trúc không gian 3 chiều chứa các nguyên tử Si-O-Al-O, có thể viết lại công thức hóa học của phân tử Geopolymer như sau:



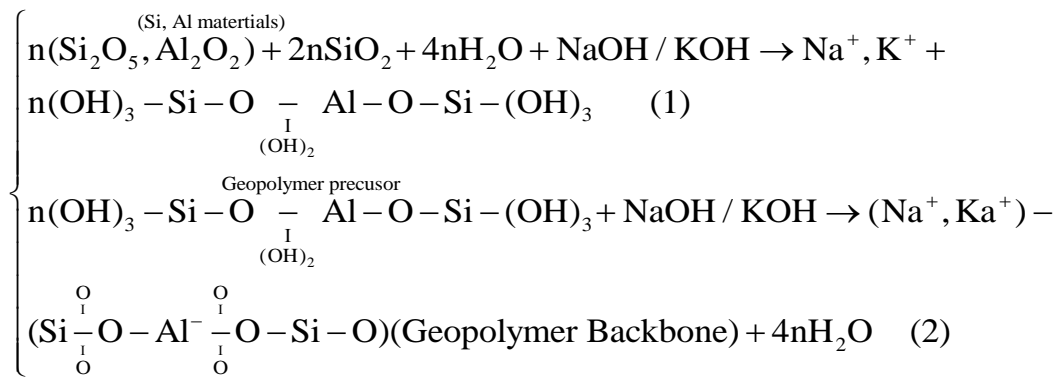
Trong đó :

M : là các ion dương kiềm như Ka, Na

n : là mức độ trùng ngưng của phản ứng

z : có giá trị 1,2,3

Các quá trình phản ứng tạo ra chất kết dính Geopolymer diễn ra khá phức tạp, có rất nhiều quá trình phản ứng xảy ra đồng thời mà rất khó có thể nhận biết được, theo một số nghiên cứu trước thì quá trình tổng hợp Geopolymer có thể được mô tả bằng những phương trình phản ứng như sau:

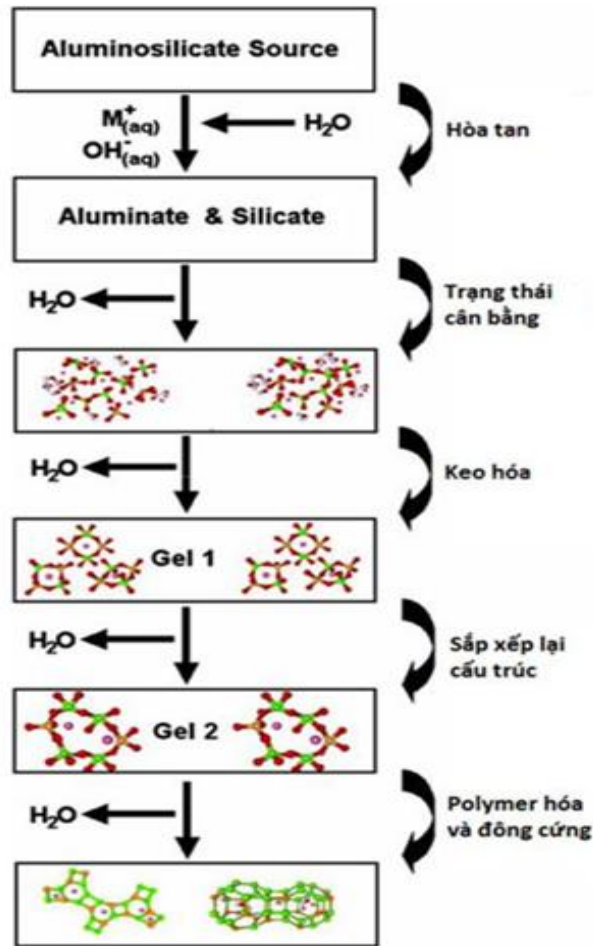


Từ 2 phương trình phản ứng tổng hợp chất kết dính Geopolymer được trình bày bên trên, có thể thấy rằng ở phương trình thứ nhất có thể tạm gọi là quá trình tan rã các nguyên tố Si và Al vào trong dung dịch kiềm, từ đó sản phẩm tạo ra sẽ tiếp tục tác dụng với dung dịch kiềm ở phương trình thứ hai để tạo ra cấu trúc sắp xếp của phân tử Geopolymer.

2.1.3. Cơ chế phản ứng trong quá trình Geopolymer hóa.

Cơ chế phản ứng trong quá trình Geopolymer hóa là quá trình tổng hợp để tạo thành vật liệu Geopolymer còn gọi là quá trình Geopolymer hóa các nguyên vật liệu Aluminosilicate ban đầu nhờ vào các dung dịch hoạt hóa kiềm. Quá trình hoạt hóa kiềm cho các vật liệu Aluminosilicate là một quá trình tương đối phức tạp, chưa được mô tả một cách rõ ràng do cấu trúc mạng không gian vô định hình.

Quá trình phản ứng tạo ra chất kết dính Geopolymer thường diễn ra khá phức tạp với rất nhiều quá trình phản ứng xảy ra đồng thời rất khó có thể nhận biết được. Các bước phản ứng không diễn ra tuần tự mà hầu như diễn ra cùng lúc và chồng lấp vào nhau. Theo một số nghiên cứu trước thì quá trình tổng hợp Geopolymer có thể được mô tả thông qua những bước như sau:

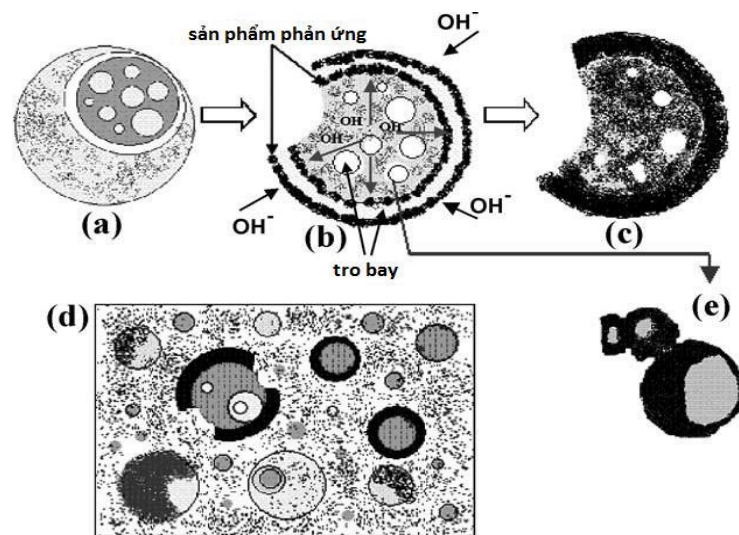


Hình 2.3. Mô hình lý thuyết của quá trình geopolymer hóa [20]

Nhìn chung các sản phẩm được tạo ra trong quá trình Geopolymer hóa tùy thuộc vào sự phá vỡ cấu trúc của tro bay trong khoảng thời gian đầu. Cuối cùng là quá trình ngưng kết, tạo nên cấu trúc chuỗi có trật tự tạo ra sản phẩm có cường độ cơ học cao.

J. Davidovits (1994)^[2] cho rằng dung dịch kiềm có thể sử dụng để phản ứng với Silic và Nhôm trong nguồn vật liệu khoáng hoặc trong vật liệu phế thải tro bay, tro trấu để chế tạo chất kết dính. Bởi vì phản ứng hóa học xảy ra trong trường hợp này là quá trình trùng hợp cho nên ông gọi là Geopolymer. Thông số chính quyết định đến tính chất và dạng sử dụng của một loại Geopolymer là tỷ lệ Si/Al, với vật liệu xây dựng tỷ lệ Si/Al khoảng xấp xỉ là 2.

Bắt đầu bằng sự kiềm hóa một điểm nhỏ trên bề mặt của hạt tro bay, sau đó dần lan rộng tạo thành lỗ lớn, rồi tiếp tục phản ứng với những hạt nhỏ hơn ở bên trong. Phản ứng tiếp tục được duy trì và phát triển nhanh hơn theo hai chiều từ ngoài vào vào trong và ngược lại. Phản ứng tiếp tục xảy ra cho đến khi hạt tro bay được kiềm hóa hoàn toàn. Cơ chế của phản ứng ở giai đoạn này là cơ chế hòa tan, gắn kết các hạt nhỏ hơn bên trong các hạt lớn hơn, gắn kết với nhau tạo thành ma trận dày đặc. Quá trình được mô tả là không đồng nhất giữa các gel tạo thành, tùy thuộc và sự phân bố kích thước hạt và nồng độ của dung dịch tại từng vị trí.



Hình 2.4. Mô tả phản ứng tro bay trong môi trường kiềm [21]

(a) Tro bay hình cầu khi bắt đầu quá trình hòa tan khi đã có một phần nhỏ của vỏ hòa tan.

(b) Chi tiết về sự tác động hai chiều của dung dịch kiềm trên mặt tro bay hình cầu. Việc hòa tan bên ngoài vẫn tiếp tục diễn ra, trong khi dung dịch kiềm đã thâm nhập vào bên trong quả cầu tro bay và bắt đầu hòa tan từ trong ra ngoài. Do đó, sản phẩm của phản ứng (gel aluminosilicat) gây ra cả ở bên trong và bên ngoài của quả cầu tro bay. Khi các sản phẩm phản ứng tạo thành bên trong hạt tro bay nhiều có thể sẽ ngăn chặn dung dịch kiềm thâm nhập để tiếp tục phản ứng với các hạt nhỏ bên trong để chúng không phản ứng sau quá trình hòa tan.

(c) Hạt tro bay gần như hòa tan hoàn toàn, sự phát triển của lỗ rỗng và vi cấu trúc của Geopolymer tro bay được tạo ra trong giai đoạn này.

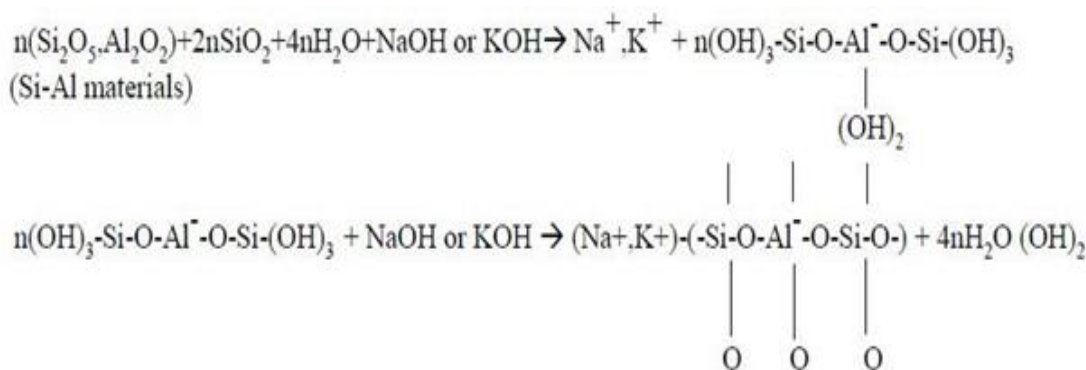
(d) Geopolymer tro bay điển hình với một loạt các hạt đã hòa tan hoàn toàn, một phần các hạt không tan nằm lại trong gel Geopolymer.

(e) Quá trình hòa tan không đồng nhất trong gel và các biến thể có thể xảy ra do thay đổi cục bộ về độ PH của dung dịch kích hoạt và kích thước hạt tro.

Vào năm 1991, J. Davidovits (1994)^[1] đã giới thiệu ra toàn thế giới về một loại vật liệu có tên là Geopolymer được mô tả là một chất kết dính các vật liệu khác có đặc tính tương tự như xi măng truyền thống nhưng có nhiều ưu điểm nổi trội hơn. Đó chính là nguyên liệu và quá trình sản xuất của vật liệu này có thể tận dụng tốt nguồn vật liệu phế thải công nghiệp và rất ít ảnh hưởng đến môi trường tự nhiên. Chất kết dính Geopolymer được tạo ra từ những phản ứng của dung dịch kiềm với các chất có chứa hàm lượng lớn hợp chất Silic và Nhôm.

Cấu trúc vô định hình của Geopolymer cơ bản được tạo thành từ lưới cấu trúc của những Alumino-Silico hay còn gọi là Poly-sialate. Sialate là viết tắt của Silic-Oxy Nhôm, các cầu nối-Si-O-Al- tạo thành các bộ khung không gian vững chắc bên trong cấu trúc. Khung Sialate bao gồm những tứ diện SiO và AlO₄ được nối xen kẽ với nhau bằng các nguyên tố Oxy. Những ion dương (Na⁺, K⁺, Li⁺, Ca²⁺, Ba²⁺, NH⁴⁺, H₃O⁺) phải hiện diện trong các hốc của khung để cân bằng điện tích của Al³⁺.

Sự hình thành Geopolymer được mô tả theo sơ đồ phản ứng sau:



Quá trình geopolymer hóa bắt đầu với sự hòa tan của Al và Si từ vật liệu Si – Al trong dung dịch kiềm tạo ra các sản phẩm phản ứng hydrat với NaOH và KOH tạo thành gel $[M_x(AlO_2)_y,(SiO_2)_z.nMOH.mH_2O]$. Sau một thời gian ngắn, gel sẽ hóa cứng thành geopolymer.

Theo D.Hardjito (2005) ^[5] quá trình phản ứng hóa học tạo thành geopolymer có thể được phân ra thành các bước chính sau:

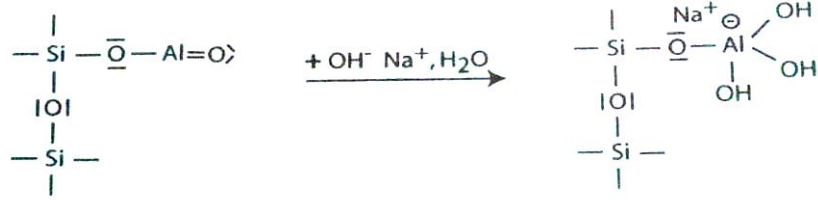
Hòa tan các phân tử Si và Al trong nguyên liệu nhờ vào các ion hydroxide trong dung dịch.

Định hướng lại các ion trong dung dịch tạo thành các monomer.

Đóng rắn các monomer thông qua các phản ứng trùng ngưng polymer để tạo thành các cấu trúc polymer vô cơ.

2.1.4. Cơ chế hóa học của công nghệ geopolymer sử dụng tro bay.

Bằng nghiên cứu của mình, J. Davidovits (1994) ^[2] đã dùng thuật ngữ geopolymer để giới thiệu loại polymer mới được tổng hợp từ các khoáng vật thuộc nhóm Aluminosiliate. Thành phần chủ yếu của Geopolymer là các nguyên tố Si^{2+} , Al^{3+} và O^{2-} có nguồn gốc từ khoáng sản tự nhiên (đất sét, cao lanh, đá fenpat...) hoặc sản phẩm từ sản xuất (tro bay, xỉ lò cao...). Vật liệu geopolymer khác với vật liệu polymer thông thường ở cấu trúc mạng không gian vô định hình. Cấu trúc hóa học vô định hình của Geopolymer cơ bản được tạo thành từ mạng lưới cấu trúc của những Alumino-Silico hay còn gọi là Poly-sialate. Sialate là viết tắt của Silic – Oxy – Nhôm. Các cầu nối -Si-O-Al- tạo thành các bộ khung không gian vững chắc bên trong cấu trúc. Khung Sialate bao gồm những tứ diện SiO_4 và AlO_4 được nối xen kẹp với nhau bằng các nguyên tố Oxy. Những ion dương (Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , NH_4^+ , H_3O^+) phải hiện diện trong các hốc của khung để cân bằng điện tích của Al^{3+} [19] và hình thành monomer:

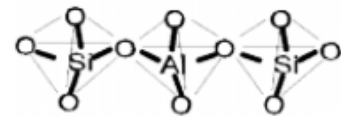


Khảo sát thực nghiệm tỉ lệ Si/Al, trạng thái poly siliate bao gồm những loại sau:

Poly(sialate) (-Si-O-Al-O-)



Poly(sialate-siloxo) (-Si-O-Al-O-Si-O-)

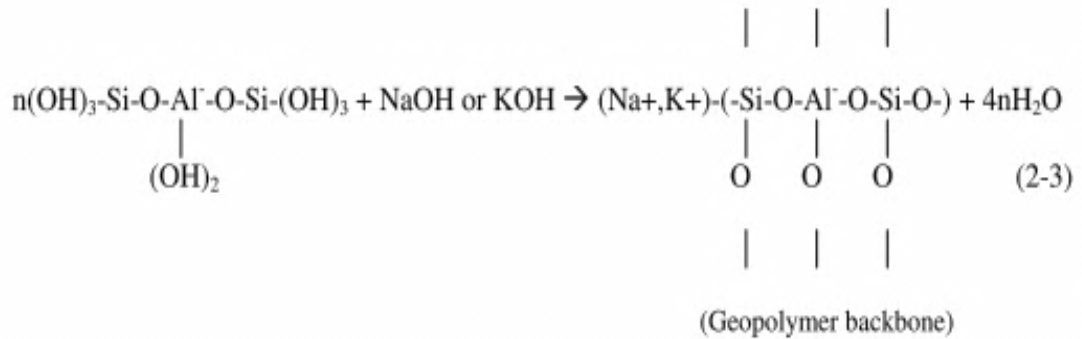
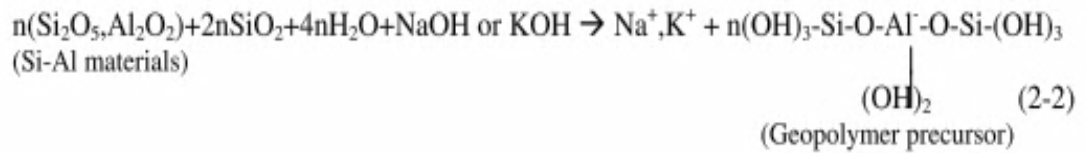


Poly(sialate-disiloxo) (-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O-)



Quá trình tổng hợp để tạo thành vật liệu Geopolymer được gọi là quá trình Geopolymer hóa các nguyên vật liệu aluminosilicate ban đầu nhờ vào các dung dịch hoạt hóa kiềm. Quá trình hoạt hóa kiềm cho các vật liệu aluminosilicate là một quá trình phức tạp và đến nay vẫn chưa được mô tả một cách rõ ràng. Các bước phản ứng không diễn ra tuần tự mà hầu như diễn ra cùng lúc và chồng lấp vào nhau. Do đó, rất khó phân biệt cũng như khảo sát các bước phản ứng một cách riêng biệt.

Phản ứng hóa học của quá trình geopolymer có thể diễn ra theo 1 trong 2 phương trình (2-2) hoặc (2-3):

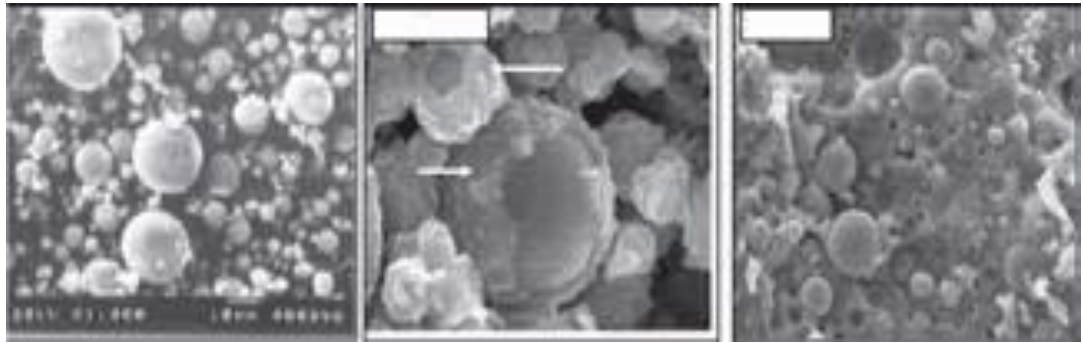


Tuy nhiên, quá trình phản ứng hóa học tạo thành geopolymer có thể được phân ra thành các bước chính sau:

- Hòa tan các phân tử Si và Al trong nguyên liệu nhờ vào các ion hydroxide trong dung dịch.
- Định hướng lại các ion trong dung dịch tạo thành các monomer.
- Đóng rắn các monomer thông qua các phản ứng trùng ngưng polymer để tạo thành các cấu trúc polymer vô cơ.

Theo định nghĩa về công nghệ của J. Davidovits (1991) ^[1], bất kỳ một nguyên vật liệu nào trong đó có chứa Silic Dioxide và Nhôm Oxide đều có thể sử dụng để tạo ra vật liệu Geopolymer. Cơ chế đóng rắn của tro bay cũng tuân theo quy luật và các phản ứng của công nghệ geopolymer được trình bày ở trên.

Trong công nghệ geopolymer sử dụng tro bay thì tốc độ phản ứng kích hoạt cũng như các vi cấu trúc và thành phần hóa học của các sản phẩm phản ứng phụ thuộc vào nhiều yếu tố như sự phân bố kích thước hạt và thành phần khoáng chất của tro bay ban đầu, dung dịch kích hoạt và thời gian hằng nhiệt...



(a)

(b)

(c)

Hình 2.5. Ảnh SEM các trạng thái vi hạt của tro bay [21]

(a) Tro bay ban đầu

(b) Tro bay được kích hoạt với NaOH

(c) Tro bay được kích hoạt với Na_2SiO_3

Thể hiện hình ảnh vi cấu trúc của tro bay được thể hiện rõ qua phương pháp SEM, thể hiện hình thái đặc trưng ban đầu của tro bay trước phản ứng, là những tinh thể hình cầu có kích thước khác nhau, cấu trúc thường rỗng và có thể chứa những hạt nhỏ hơn trong nó, là những thay đổi trong vi cấu trúc của tro bay dưới tác dụng của dung dịch kiềm và thời gian hằng nhiệt, kết quả phản ứng là một loại gel Natri-Silicat mới hình thành qua quá trình đóng rắn các hạt tro bay và dung dịch kiềm. Tuy nhiên phản ứng không xảy ra nhanh chóng, vẫn còn một số thành phần tro bay phản ứng rất chậm.

Nguyên liệu tro bay chứa các thành phần hoạt tính Si và Al được cấu tạo bởi những tinh thể tròn, siêu mịn có khả năng kết hợp hoạt hóa trong môi trường dung dịch chứa kiềm cao có khả năng đóng rắn. Tốc độ phản ứng đóng rắn cũng như các vi cấu trúc và thành phần hóa của các sản phẩm phản ứng phụ thuộc vào nhiều yếu tố, sự phân bố kích thước hạt và thành phần khoáng chất của tro bay ban đầu, dung dịch kích hoạt và thời gian hằng nhiệt.

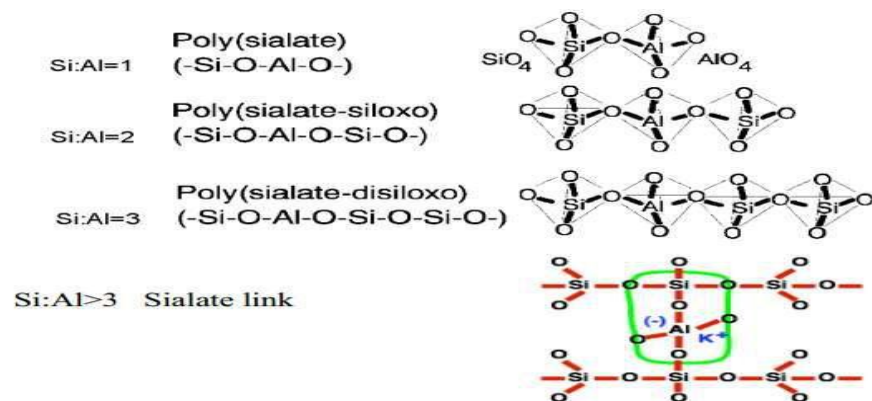
Sự tương tác trên là mô hình hạt tro bay khi bị kích hoạt kiềm. Bắt đầu bằng sự kiềm hóa một điểm nhỏ trên bề mặt hoạt tro bay, sau đó lan rộng và tạo thành lỗ lớn và tiếp tục phản ứng với những hạt nhỏ ở bên trong. Phản ứng tiếp tục duy trì và phát triển nhanh hơn theo hai chiều từ ngoài vào trong và

ngược lại. Phản ứng tiếp tục xảy ra cho đến khi hạt tro bay được kiềm hóa hoàn toàn, cơ chế phản ứng hòa tan gắn kết các hạt nhỏ bên trong các hạt lớn, gắn kết tạo thành ma trận dày đặc. Các hạt này phản ứng với dung dịch hoạt hóa dưới tác dụng của nhiệt độ tạo ra cường độ cho vật liệu geopolymer.

2.1.5. Ảnh hưởng của cấu trúc geopolymer đến cường độ bê tông.

Tính công tác hay còn gọi là tính dễ thi công là một tính chất kỹ thuật của hỗn hợp bê tông. Tính công tác của geopolymer được cho là thấp. Việc trộn hỗn hợp bột rắn nguyên liệu của geopolymer với dung dịch kiềm gốc natri là khó khăn hơn trộn xi măng với nước. Mặc dù tính công tác của geopolymer thấp, nhưng theo D.Hardjito (2005) [5] thì tính công tác mong muốn của bê tông geopolymer có thể được cải thiện bằng cách điều chỉnh lượng nước trong hỗn hợp. Tuy nhiên, nếu có quá nhiều nước trong hỗn hợp geopolymer có thể làm giảm cường độ nén. Thời gian đông cứng của hỗn hợp bê tông geopolymer tro bay phần lớn phụ thuộc vào thành phần hóa học của các nguyên liệu và nhiệt độ bảo dưỡng.

Sự phát triển về cường độ GPC phụ thuộc vào hàm lượng dung dịch alkaline, điều kiện thời gian dưỡng hộ, hàm lượng cốt liệu trong bê tông và các thành phần khác. Trong đó có 3 yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến cấu trúc làm thay đổi cường độ bê tông: tỉ lệ sodium silicate/sodium hydroxit, tỉ lệ dung dịch alkaline/tro bay và điều kiện, thời gian dưỡng hộ. Những yếu tố này làm thay đổi cấu trúc của vật liệu trong quá trình phản ứng tạo nên chuỗi polymer Si-O-Al.



Hình 2.6. Thành phần của bê tông Geopolymer sử dụng tro bay [5]

Hỗn hợp bê tông Geopolymer tỉ lệ cốt liệu/tro bay chỉ là một yếu tố quyết định đến đặc tính về cường độ của bê tông. Nó còn ảnh hưởng bởi tỉ lệ các thành phần cấu tạo như tỉ lệ alkaline/tro bay, tỉ lệ sodium silicate/ sodium hydroxide. Hàm lượng cốt liệu lớn trong hỗn hợp làm cho bê tông ít co ngót, ít mất nước và lỗ rỗng nhỏ hơn. Bê tông Geopolymer không tồn tại sự tương quan giữa hàm lượng cốt liệu và cường độ tối ưu. Sự gia tăng hàm lượng cốt liệu trong bê tông Geopolymer thường hiệu quả với một lượng nhỏ hỗn hợp alkaline phản ứng với tro bay. Tuy nhiên, không có hiệu tượng giảm cường độ cơ học về sau.

Bê tông geopolymer là bê tông sử dụng chất kết dính kiềm hoạt hóa (chất kết dính geopolymer). Trong quá trình chế tạo, nước chỉ đóng vai trò tạo tính công tác, không tham gia tạo cấu trúc Geopolymer, không tham gia phản ứng hóa học mà có thể bị loại ra trong quá trình dưỡng hộ và sấy.

Có thể thấy rằng, có một sự liên kết tốt giữa cốt liệu và vữa Geopolymer làm biên độ bề mặt tiếp xúc (ITZ) trong vi cấu trúc Geopolymer. Một sự hòa tan riêng biệt trên bề mặt cốt liệu với gel của Geopolymer là nguyên nhân dẫn đến vùng tiếp xúc (ITZ) không tồn tại, đặc biệt khi Geopolymer phản ứng với thủy tinh lỏng. Một điểm cần lưu ý với hỗn hợp khi với một lượng nhỏ alkaline cùng với hàm lượng cốt liệu lớn làm cho hỗn hợp có tính công tác và khả năng tự chảy thấp.

2.2. Tro bay.

Giới thiệu tổng quát về tro bay: Tro bay là sản phẩm được tạo ra từ quá trình đốt than của các nhà máy nhiệt điện. Các hạt bụi tro được đưa ra qua các đường ống khói sau đó được thu hồi từ phương pháp kết sương tĩnh điện hoặc bằng phương pháp lọc xoáy. Trước đây tro bay chỉ được coi là rác thải, tuy nhiên khi con người đã nghiên cứu ứng dụng trong thực tế và thấy được lợi ích của tro bay nên được xem như nguồn thu tiềm năng. Chất lượng của tro bay phụ thuộc nhiều vào chất lượng than và công nghệ đốt than: đốt than phun; đốt than tầng sôi tuần hoàn; đốt than tầng sôi áp lực và công nghệ khí hóa than.

Tính chất vật lý: Tro bay là những tinh cầu tròn, siêu mịn, độ lọt sần từ 0,05 – 50 nanomet (1 nanomet = 1×10^{-9} m), tỉ diện 300 – 600m²/kg.

Thành phần hóa học của tro bay bao gồm SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ (thành phần chủ yếu chiếm tối thiểu 50-70%, ví dụ tro bay Phả Lại chiếm tỷ lệ lên tới 84%) và CaO, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂, Mn₂O₃, SO₃, LOI.

Phân loại Tro bay: Theo tiêu chuẩn ASTM C618^[16], tro bay được phân thành 02 loại sau:

- **Tro bay loại F**: là tro bay được sinh ra từ than anthracite hay bitum, hàm lượng canxi oxit (CaO) trong thành phần hóa ít hơn 6%, là loại tro ít canxi, có tính chất của puzzolan và không có khả năng tự đóng rắn. Mặt khác tro bay loại F có lượng carbon chưa cháy hơn 2% tính theo lượng mất khi nung. Thành phần khoáng chủ yếu có quartz, mullite và hematite.



Hình 2.7. Tro bay loại F (Nguồn Internet).

- **Tro bay loại C**: thường chứa hơn 15% canxi oxit (CaO) hay còn gọi là tro bay giàu canxi. Nó được sử dụng trong công nghiệp bê tông khoảng 20 năm trở lại đây. Tro bay loại này không chỉ có tính puzzolan mà còn có khả năng tự đóng rắn. Khi trộn nước tro bay sẽ phản ứng tương tự như trong xi măng Portland. Mức độ tự đóng rắn phụ thuộc vào canxi oxit (CaO) trong tro bay. Hàm lượng CaO cao nói chung mức độ đóng rắn của tro bay càng cao. Hàm lượng carbon chưa cháy trong tro tính theo lượng mất khi nung là ít hơn 1%. Thành phần khoáng chủ yếu là anhydride, tricanxi aluminat, đá vôi, quartz, periclase, mullite, merwinite và ferrite.



Hình 2.8. Tro bay loại C (Nguồn Internet).

Phương pháp xác định các thành phần cơ lí của tro bay tương tự như phương pháp xác định chỉ tiêu cơ lí của xi măng như phương pháp xác định khối lượng riêng, lượng nước tiêu chuẩn, thời gian đông kết.

Vì tro bay là một loại bột rất mịn vì vậy chúng rất dễ hình thành các hạt bụi li ti lơ lửng ngoài môi trường, nên yêu cầu tiến hành các hoạt động với tro bay phải nhẹ nhàng, hợp lí hạn chế việc tro bay lan ra môi trường khiến người thí nghiệm và người xung quanh hít phải sẽ gây ảnh hưởng đến sức khỏe.

2.3. Dung dịch hoạt hóa Alkaline.

Dung dịch hoạt hóa Alkaline là sự kết hợp giữa Natri hydroxit (NaOH) và Sodium Silicate (Na_2SiO_3), phản ứng Alkaline là phản ứng giữa chất kiềm với cốt liệu, trong đó tro bay cũng đóng vai trò rất quan trọng để phản ứng với dung dịch hoạt hóa.

- Dung dịch Natri hydroxit (NaOH):

Đối với việc sử dụng dung dịch NaOH dạng khan, yêu cầu độ sạch của dung dịch NaOH phải đạt mức 99%, khối lượng riêng 1356 kg/m^3 .

Dung dịch Natri hydroxit được pha chế từ Na_2O ở dạng vảy rắn, màu trắng đục, độ tinh khiết trên 90%, khối lượng riêng 2130 kg/m^3 và H_2O .



Hình 2.9. Natri hydroxit dạng khan.



Hình 2.10. Natri hydroxit dạng vảy (Nguồn Internet).

- **Dung dịch Sodium Silicate (Na_2SiO_3) - Thủy tinh lỏng:** Là dung dịch màu trắng sệt, thành phần hóa học của thủy tinh lỏng chủ yếu là hỗn hợp của M_2O (oxit của kim loại alkali, có thể là Na_2O , K_2O hay Li_2O), SiO_2 và nước. Công thức chung có thể viết là $\text{M}_2\text{O}.n\text{SiO}_2.m\text{H}_2\text{O}$; hàm lượng Na_2O và SiO_2 dao động từ 36 đến 38%. Tỷ trọng 1.42 ± 0.01 g/ml.

Bảng 2.1. Tỷ lệ thành phần dung dịch thủy tinh lỏng.

Thành phần	Tỷ lệ khối lượng (%)
Na ₂ O	13.7
SiO ₂	23.4
H ₂ O	62.9



Hình 2.11. Thủy tinh lỏng.

2.4. Bê tông Geopolymer.

Khối lượng cốt liệu của bê tông Geopolymer được sử dụng cũng giống như hỗn hợp bê tông truyền thống khoảng 60-75%. Khác với bê tông xi măng truyền thống, trong hỗn hợp bê tông Geopolymer tỷ lệ cốt liệu/tro bay chỉ là một yếu tố quyết định đến đặc tính về cường độ của bê tông. Ngoài ra còn ảnh hưởng bởi tỷ lệ các thành phần cấu tạo như tỷ lệ sodium silicate/Natri hydroxide. Hàm lượng cốt liệu trong hỗn hợp làm cho bê tông ít co ngót, ít mất nước và lỗ rỗng nhỏ hơn.

Bê tông Geopolymer là bê tông sử dụng chất kết dính kiềm hoạt hóa (chất kết dính Geopolymer). Trong quá trình chế tạo, nước chỉ đóng vai trò tạo tính công tác, không tham gia tạo cấu trúc Geopolymer, không tham gia phản ứng hóa học mà có thể bị loại ra trong quá trình dưỡng hộ và sấy. Sau khi được dưỡng hộ nhiệt sẽ cho cường độ tốt hơn.

2.5. Dưỡng hộ nhiệt bê tông Geopolymer.

Việc dưỡng hộ nhiệt sẽ thúc đẩy các phản ứng hóa học (Phản ứng trùng ngưng) xảy ra tốt hơn trong quá trình tạo chất kết dính Geopolymer. Cả nhiệt

độ dưỡng hộ và thời gian dưỡng hộ nhiệt đều ảnh hưởng đến cường độ của bê tông Geopolymer.

Thời gian dưỡng hộ nhiệt thúc đẩy quá trình polymer hóa, do đó về lý thuyết thời gian dưỡng hộ nhiệt càng lâu càng tốt. Thông thường, các mẫu bê tông có thể dưỡng hộ đến 96 giờ, tuy nhiên các kết quả nghiên cho thấy, thường thì cường độ bê tông phát triển nhanh trong vòng 24 giờ đầu và chậm lại trong khoảng thời gian sau đó. Một yếu tố khác cũng ảnh hưởng đến cường độ bê tông đó là nhiệt độ dưỡng hộ, nhiệt độ dưỡng hộ càng cao thì cường độ bê tông càng cao.

2.6. Sợi mềm.

Sợi mềm đã được ứng dụng nhiều trong trong các lĩnh vực như: Xây dựng, đồ gia dụng, các thiết bị đường ống chịu áp lực cao...

Sợi mềm sử dụng để gia cường cho bê tông như: Sợi Acrylic, aramid, polyester, polyethylen và polypropylene...

2.6.1. Sợi Acrylic.

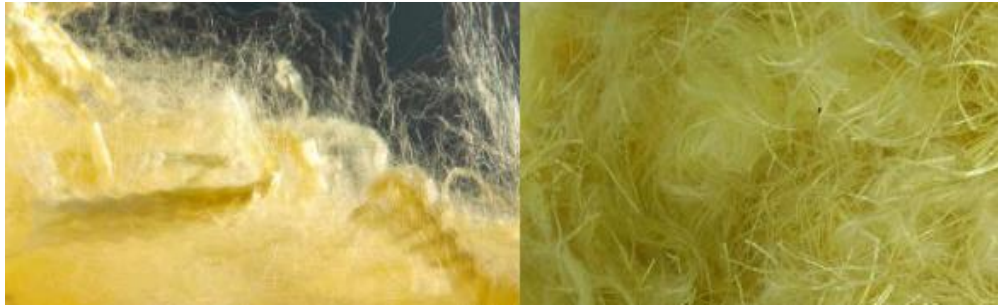


Hình 2.12. Sợi Acrylic (Nguồn Internet).

Đặc tính ứng dụng.

- Chống co nứt, rạn nứt và giãn nở vữa.
- Tăng sức va đập, giảm khả năng bong chóc bề mặt.
- Tăng kháng lực ma sát.
- Tăng khả năng bảo vệ cốt thép.

2.6.2. Sợi Aramid.



Hình 2.13. Sợi Aramid (Nguồn Internet).

Đặc tính ứng dụng.

- Độ bền cao.
- Kháng mài mòn tốt.
- Kháng dung môi hữu cơ.
- Kháng dẫn (điện, nhiệt).
- Cháy chậm, không nóng chảy (chỉ bắt đầu phân hủy ở 500°C).

2.6.3. Sợi polyester.

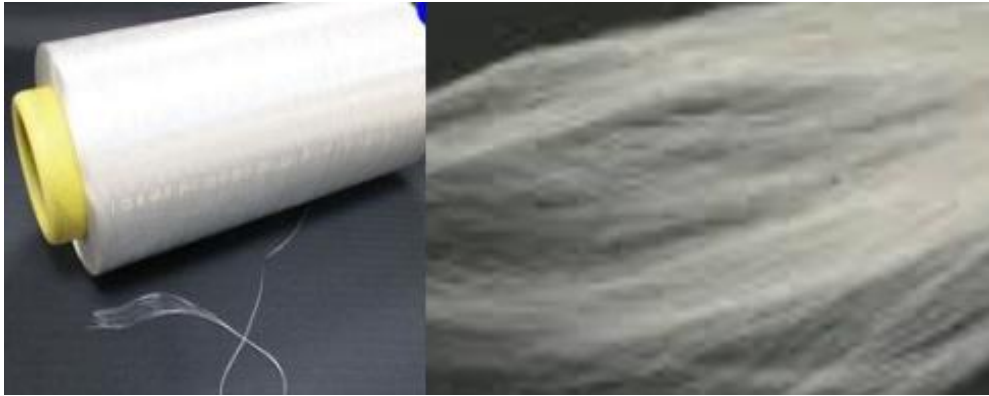


Hình 2.14. Sợi polyester (Nguồn Internet).

Đặc tính ứng dụng.

- Ngăn ngừa nứt của bê tông nhựa, có hiệu quả chống nứt phản chiếu.
- Cải thiện sự ổn định nhiệt độ cao của bê tông.
- Nâng cao sức đề kháng vỏ mặt ngoài của bê tông.
- Nâng cao sức đề kháng mặt mội của bê tông.

2.6.4. Sợi Polyethylen.



Hình 2.15. Sợi Polyethylen (Nguồn Internet).

Đặc tính ứng dụng.

- Độ bền cao, độ mềm dẻo tuyệt đối, độ dai căng rất tốt.
- Ứng dụng thường sản xuất ống HDPE, màng co, màng căng, găng tay bảo hộ, tham gia quá trình biến đổi các loại chất dẻo khác, màng công nghiệp, màng nhiều lớp.

2.6.5. Sợi polypropylene.



Hình 2.16. Sợi polypropylene (Nguồn Internet).

Đặc tính ứng dụng.

- Tính bền cơ học của sợi PP cao (bền khi xé và bền khi kéo đứt), không mềm dẻo như sợi PE, có độ giãn dài thấp, dễ được kéo thành sợi mảnh.
- Sợi có độ bóng bề mặt cao.
- Sợi PP không màu không mùi, không vị và không độc.

- Có tính chất chống cháy, chống thấm hơi nước và các khí khác.
- Hạn chế các vết nứt nhỏ cho bê tông, giúp cho bề mặt bê tông kín, phẳng và mịn (ít có những lỗ xốp).
- Tăng sức va đập, giảm khả năng bong chóc bề mặt giúp cho sản phẩm bê tông được ổn định hơn, bền vững hơn.
- Bê tông sử dụng cốt sợi PP hiệu quả trong điều kiện thời tiết thay đổi nhiều.

2.6.6. Vai trò của sợi mềm.

Nhìn chung, các loại sợi mềm giúp hạn chế các vết nứt nhỏ cho bề mặt bê tông, giúp cho bề mặt bê tông kín, phẳng và mịn (ít có những lỗ xốp), giúp cho sản phẩm bê tông được ổn định hơn, bền vững hơn theo thời gian. Đồng thời tăng một phần các đặc tính chịu lực của bê tông, giảm biến dạng do co ngót, tăng khả năng chống cắt, cải thiện vấn đề vết nứt, tăng khả năng chịu va đập trên bề mặt bê tông.

2.6.7. Tính chất của sợi mềm.

Cường độ chịu kéo cao, đường kính của sợi rất nhỏ nên tỉ lệ tỉ số chiều dài trên đường kính sợi là rất cao, như vậy, chúng rất có ích đối với sự gia cường bê tông.

2.7. Tiêu chuẩn lấy mẫu cấp phối.

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3015:1993^[17], về hỗn hợp bê tông nặng - lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.

2.8. Thí nghiệm cường độ bê tông.

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3118:1993^[18], về bê tông nặng – phương pháp xác định cường độ nén.

2.9. Thí nghiệm độ mài mòn bê tông.

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3114:1993^[19], về Bê tông nặng – phương pháp xác định độ mài mòn.

Chương 3: NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ CẤP PHỐI THÍ NGHIỆM

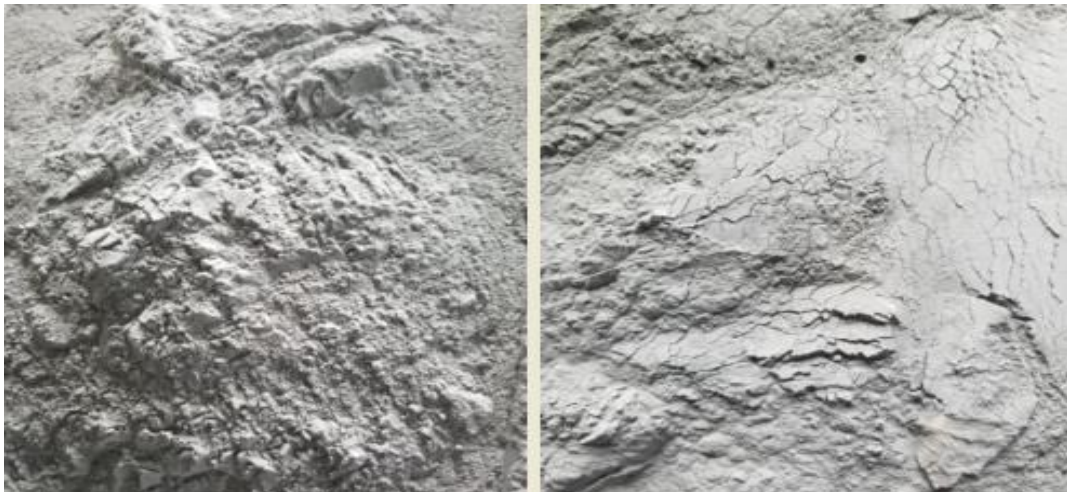
3.1. Nguyên liệu sử dụng.

Thành phần nguyên vật liệu chế tạo bê tông Geopolymer có sử dụng sợi polypropylene tương tự nguyên liệu chế tạo bê tông thông thường, khác biệt chủ yếu là việc sử dụng chất kết dính Geopolymer thay vì cement Portland.

Nguyên liệu sử dụng bao gồm: Tro bay, dung dịch hoạt hóa, đá 1x2, cát vàng và Sợi polypropylene.

3.1.1. Tro bay.

Tro bay sử dụng trong thí nghiệm là tro bay loại F, có hàm lượng CaO ít hơn 6% (theo tiêu chuẩn ASTM C618), nguồn gốc từ nhà máy nhiệt điện địa phương, khối lượng riêng 2500 kg/m^3 , độ mịn 94% lượng lọt qua sàng có cỡ sàng là 0,08mm.



Hình 3.1. Tro bay.

Bảng 3.1. Tính chất hóa học của Tro bay.

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	14TCN 108:1999	%	75,50
4	Chỉ số hoạt tính tuổi 28 ngày so với mẫu đối chứng	14TCN 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
9	Hàm lượng CaO	TCVN 8262:2009	%	1,09

3.1.2. Dung dịch hoạt hóa.

Dung dịch hoạt hóa dùng để tạo phản ứng kết dính gồm các vật liệu hỗn hợp chính là dung dịch thủy tinh lỏng (Na₂SiO₃) và natri hidroxit (NaOH).

Dung dịch Sodium Silicate (Na₂SiO₃) – Thủy tinh lỏng.

Thủy tinh lỏng là dung dịch màu trắng sệt, tổng hàm lượng Na₂O và SiO₂ dao động từ 36-38%. Tỷ trọng 1.42 ± 0.01 g/ml (Thủy tinh lỏng có thành phần như trong Bảng 3.2).

Bảng 3.2. Tỷ lệ thành phần dung dịch thủy tinh lỏng.

Thành phần	Tỷ lệ khối lượng (%)
Na ₂ O	13.7
SiO ₂	23.4
H ₂ O	62.9



Hình 3.2. Dung dịch thủy tinh lỏng (Na₂SiO₃).

Natri hydroxit (Na₂O).

Dung dịch Natri hydroxit được pha chế từ Na₂O ở dạng vảy rắn, màu trắng đục, độ tinh khiết trên 90%, khối lượng riêng 2130 kg/m³ và H₂O. Nồng độ pha chế và sử dụng trong thí nghiệm là 14M.



Hình 3.3. Dung dịch natri hydroxit (NaOH) ở dạng vảy khan và dung dịch.

3.1.3. Cốt liệu lớn.

Đá sử dụng là đá Biên Hòa, thỏa yêu cầu của TCVN 7570:2006 và TCVN 7572:2006 “Cốt liệu cho bê tông và vữa”. Đá được rửa sạch, phơi khô trước khi sử dụng. Kết quả thí nghiệm đá có khối lượng riêng là 2700 kg/m^3 , khối lượng thể tích là 1620 kg/m^3 , đá sử dụng phải sạch, có đường kính $D_{\max} = 20\text{mm}$.



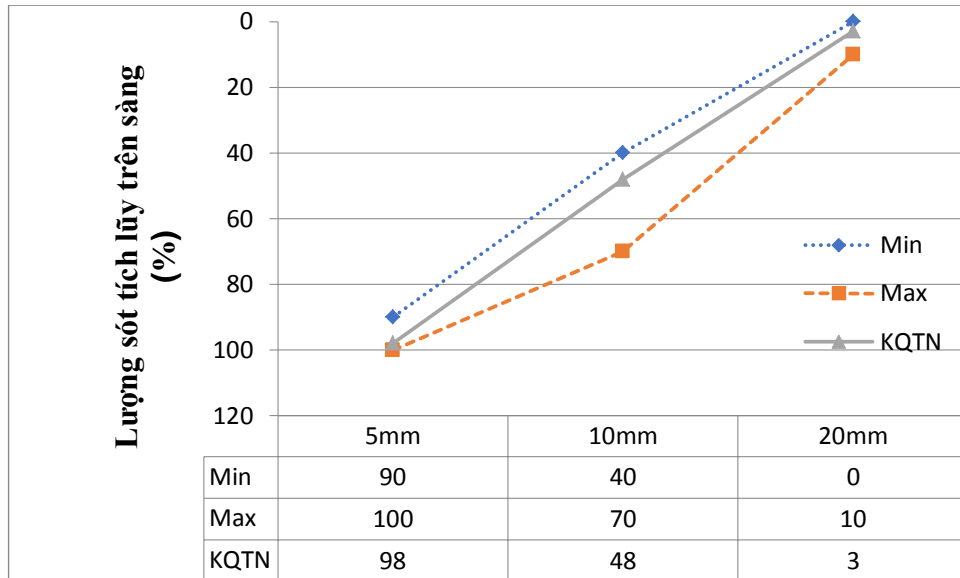
Hình 3.4. Cốt liệu lớn (Đá 1x2).

Phân tích thành phần hạt đá, thu được kết quả và được thể hiện ở hình 3.5. Qua biểu đồ xét thấy, đá sử dụng trong thí nghiệm hoàn toàn nằm trong đường giới hạn thành phần hạt theo TCVN 7570:2006.

Thí nghiệm thành phần hạt của đá (trong 100kg)

Bảng 3.3. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt cốt liệu lớn.

Kính thước lỗ sàng (mm)	Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng, ứng với kích thước hạt liệu nhỏ nhất và lớn nhất.		Kết quả thí nghiệm (%)
	Kính thước (Min)	Kính thước (Max)	
20	0	10	3
10	40	70	48
5	90	100	98



Hình 3.5. Biểu đồ lượng sót tích lũy trên sàng (%) của cốt liệu đá 1x2.

3.1.4. Cốt liệu nhỏ.

Cát dùng cho nghiên cứu phải thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 7572:2006 “Cát xây dựng – Yêu cầu kỹ thuật”. Cát sử dụng cho thí nghiệm cũng được rửa sạch, phơi khô trước khi sử dụng. Kết quả thí nghiệm cát có khối lượng riêng: 2610kg/m^3 , khối lượng thể tích: 1450kg/m^3 .



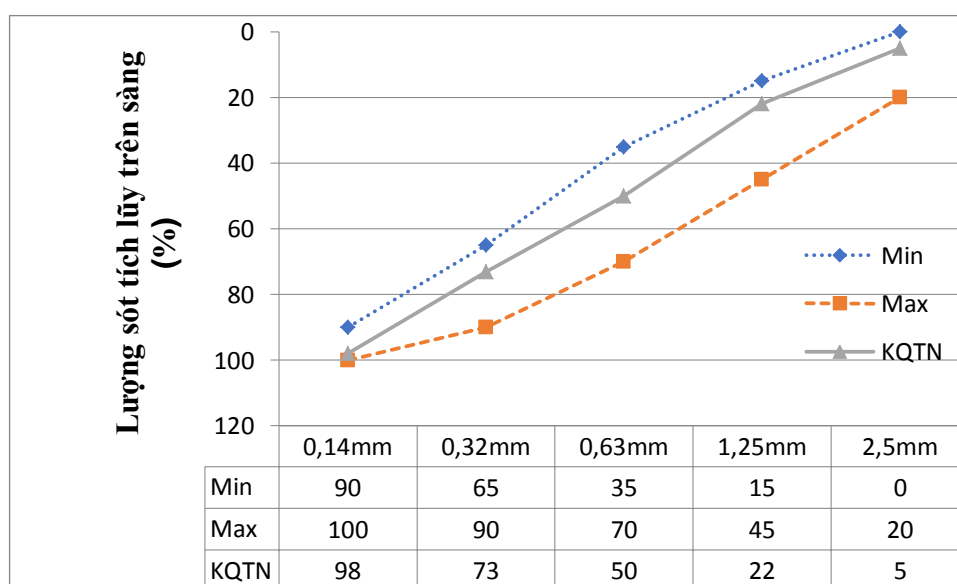
Hình 3.6. Cốt liệu nhỏ (Cát vàng).

Phân tích thành phần của cát, thu được kết quả và được thể hiện ở hình 3.7. Qua biểu đồ xét thấy, cát sử dụng trong thí nghiệm hoàn toàn nằm trong đường giới hạn thành phần hạt theo TCVN 7570:2006.

Thí nghiệm thành phần hạt của cát (trong 25kg)

Bảng 3.4. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt cốt liệu nhỏ.

Kính thước lỗ sàng (mm)	Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng, ứng với kích thước hạt liệu nhỏ nhất và lớn nhất.		Kết quả thí nghiệm (%)
	Kính thước (Min)	Kính thước (Max)	
2,5	0	20	5
1,25	15	45	22
0,63	35	70	50
0,32	65	90	73
0,14	90	100	98



Hình 3.7. Biểu đồ, lượng sót tích lũy trên sàng (%) của cốt liệu cát.

3.1.5. Nước.

Nước sử dụng theo TCXDVN 302:2004.

3.1.6. Sợi mềm – Sử dụng sợi Polypropylene (PP).

Sợi mềm được sử dụng là sợi PP được sản xuất trong dây chuyền hiện đại đạt tiêu chuẩn EN 14889-2; ASTM C1116, chuyên dụng để sản xuất các sản phẩm gia cố bê tông.

Một số đặc tính của sợi PP.

- Tính bền cơ học của sợi PP cao (bền khi xé và bền khi kéo đứt), không mềm dẻo như sợi PE, có độ giãn dài thấp, dễ được kéo thành sợi mảnh.
- Sợi có độ bóng bề mặt cao.
- Sợi PP không màu không mùi, không vị và không độc.
- Tăng sức va đập, giảm khả năng bong chóc bề mặt giúp cho sản phẩm bê tông được ổn định hơn, bền vững hơn.
- Bê tông sử dụng cốt sợi PP hiệu quả trong điều kiện thời tiết thay đổi nhiều.

Ưu điểm của việc sử dụng sợi PP.

- Sử dụng thuận tiện, không cần thay đổi tỷ lệ pha trộn, chỉ cần cho sợi vào hỗn hợp khuấy đều.
- Có hiệu quả sử dụng cao vì đường kính sợi mảnh nên tỷ lệ giữa chiều dài và đường kính sợi cao hơn so với sợi đường kính lớn, điều này sẽ làm giảm liều lượng sử dụng, giảm chi phí mà vẫn đảm bảo chất lượng bê tông.
- Sợi có tính chất hóa học ổn định, chịu axit và kiềm mạnh, cho phép sử dụng trong nhiều dự án kỹ thuật xây dựng, cầu đường, công trình ngầm, cấp thoát nước, đê điều và đập ...

Các ưu điểm của bê tông sử dụng cốt sợi PP cụ thể như sau:

Khi trộn vào vữa bê tông, sợi này cho ra sản phẩm bê tông có chất lượng vượt trội như phân tán tốt, khả năng liên kết mạnh. Nó rất thích hợp để gia cường và tăng khả năng kháng nứt cho bê tông, chống mài mòn bề mặt cho kết cấu.

- Chống nứt tường, chống thấm, chống rỉ phù hợp với các công trình dân dụng và công nghiệp...
- Tăng khả năng chống thấm cho các công trình bể bơi, bể chứa ...

- Làm tăng độ bền và tính liên kết vật liệu, làm bê tông không bị dãn cạnh, không bị vỡ các chi tiết nhỏ đặc biệt phù hợp để đúc các cấu kiện bê tông tinh xảo, bê tông nghệ thuật.

- Tăng cường bảo vệ cốt thép chính.

- Tăng khả năng chống mài mòn bề mặt bê tông, làm giảm tối đa tác động từ bên ngoài đối với các kết cấu công trình.

Trong phạm vi nghiên cứu, Sợi PP được sử dụng để tạo cấp phối với các tỷ lệ chiều dài trên đường kính (l/d) khác nhau để so sánh chọn ra cấp phối phù hợp nhất. Chọn sử dụng cùng một đường kính sợi nhưng chiều dài sợi khác nhau từ 10mm đến 50mm với tỷ lệ (l/d) tương ứng (Bảng 3.5) và thông số kỹ thuật (Bảng 3.6).

Bảng 3.5. Tỷ lệ (l/d) của sợi PP.

Loại sợi	Đường kính (mm)	Chiều dài (mm)	Tỷ lệ (l/d)	Trọng lượng riêng (kg/m ³)	Căng kéo dài (%)	Cường độ chịu kéo (Mpa)
Sợi Polypropylene	0,03	10	330	910	10-15	500
		20	670			
		35	1170			
		50	1670			



Sợi PP 10mm	Sợi PP 20mm	Sợi PP 35mm	Sợi PP 50mm
-------------	-------------	-------------	-------------

Hình 3.8. Sợi Polypropylene (PP).

Bảng 3.6. Thông số kỹ thuật sợi PP.

Loại sợi	Sợi Polypropylene (PP) cốt bê tông có dạng tơ mảnh
Công dụng	Dùng cho bê tông cốt sợi pp theo tiêu chuẩn ASTM C1116
Đường kính	0,03 mm
Chiều dài	10-50 mm
Nhiệt độ nóng chảy	160-170 °C
Độ giãn dài đứt gãy	15-20%
Độ bền dẻo	> 500 MPa
Mức độ chịu axit và kiềm	Mức cao
Tiêu chuẩn	EN 14889-2; ASTM C1116
Khối lượng riêng	0,91 g/cm ³

3.2. Cấp phối bê tông.

Giống như bê tông sử dụng chất kết dính xi măng portland, tổng khối lượng cốt liệu của bê tông Geopolymer chiếm khoảng 75-80%, tương tự bê tông thông thường, việc thiết kế hỗn hợp bê Geopolymer dựa vào các chỉ tiêu đặc trưng của nó như cường độ, tính công tác... Trong bê tông Geopolymer, các yếu tố ảnh hưởng đến đặc trưng bao gồm tỷ lệ khối lượng dung dịch hoạt hóa trên tro bay, nhiệt độ, thời gian dưỡng hộ, nồng độ mol...

Dựa trên tài liệu Tính chất cơ học của bê tông geopolymer sử dụng tro bay gia cường sợi Polypropylene. Tạp chí KHCN Xây dựng – số 1/2016. Trong phạm vi đề tài nghiên cứu sau khi lựa chọn các thành phần vật liệu cốt liệu, thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu và tiến hành đổ thử cấp phối, hiệu chỉnh cấp phối và chọn cấp phối (Bảng 3.7).

Khối lượng thể tích trung bình của bê tông Geopolymer là 2.350kg/m³.

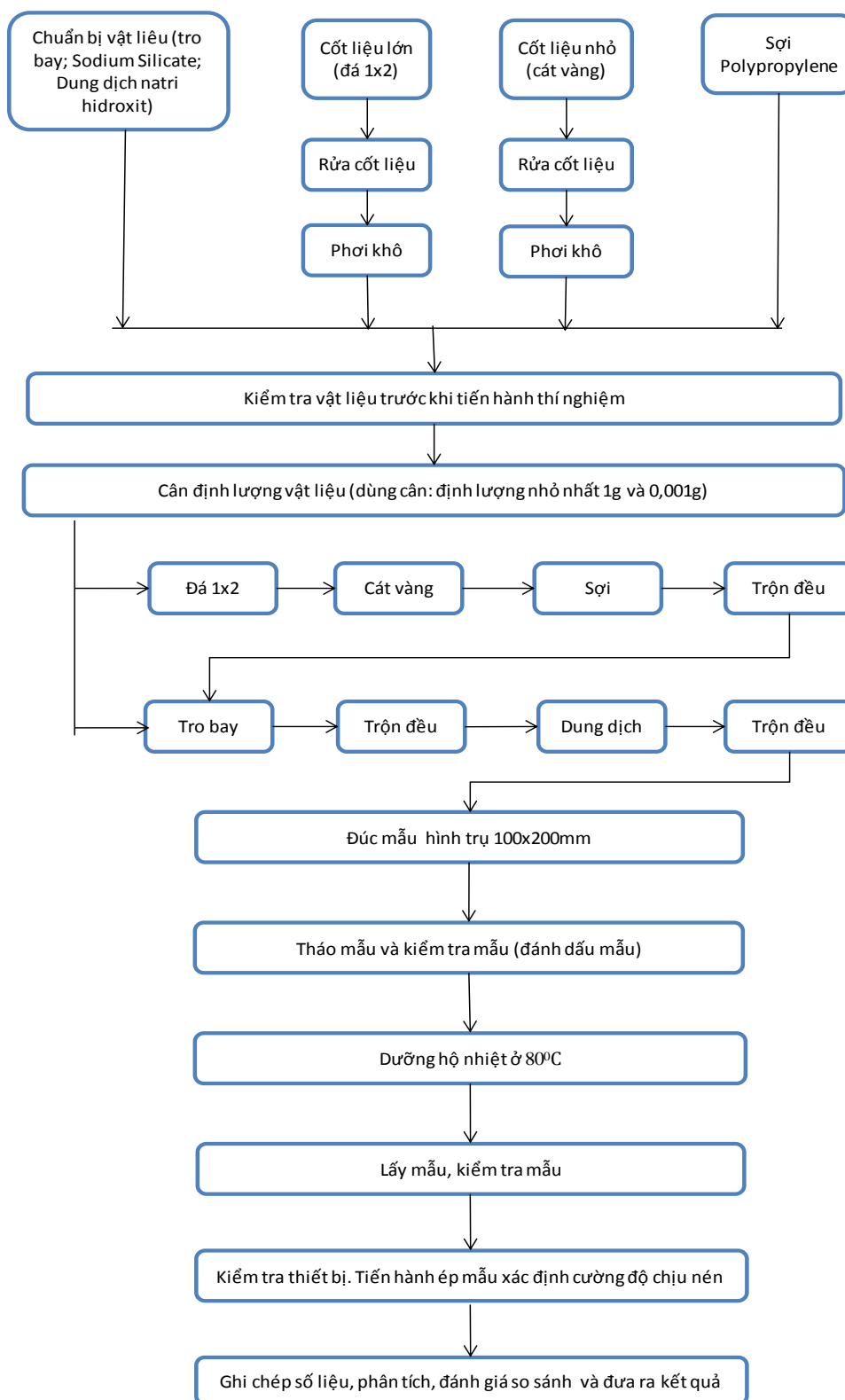
Khối lượng cốt liệu chiếm 70-80%, chọn 70%. Mẫu cấp phối bê tông Geopolymer có sử dụng sợi PP (đường kính 0,03mm) với hàm lượng sợi (HLS) có tỉ lệ 0.5; 1; 1.5; 2% và tỉ lệ TTL/NaOH là 2.

Bảng 3.7. Cấp phối khối lượng nghiên cứu.

ST T	Chiều dài sợi PP (đk 0,03)	Đá	Cát	Tro	Na ₂ SiO ₃	NaOH	Hàm lượng sợi	Tỷ lệ (l/d)
	(mm)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(%)	
1	10	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	0.5	330
2	10	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	1	330
3	10	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	1.5	330
4	10	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	2	330
5	20	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	0.5	670
6	20	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	1	670
7	20	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	1.5	670
8	20	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	2	670
9	35	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	0.5	1170
10	35	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	1	1170
11	35	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	1.5	1170
12	35	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	2	1170
13	50	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	0.5	1670
14	50	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	1	1670
15	50	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	1.5	1670
16	50	9,288	5,105	3,598	0,749	1,498	2	1670

3.3. Xác định cường độ chịu nén.

3.3.1. Quy trình thực hiện.



Hình 3.9. Quy trình xác định cường độ chịu nén.

3.3.2. Phương pháp thí nghiệm.

- Chuẩn bị vật liệu.

- Chuẩn bị khuôn đúc mẫu (theo TCVN 3105:1993^[17]) mẫu có dạng hình trụ kính thước 100x200mm, để thực hiện tạo mẫu.



Hình 3.10. Mẫu hình trụ 100x200mm, thí nghiệm xác định cường độ chịu nén.

- Tiến hành đúc mẫu: Tất cả các thành phần nguyên vật liệu sau khi định lượng sẽ được tiến hành như sau:

+ Nhào trộn khô các cốt liệu đá 1x2, cát vàng, sợi PP trong khoảng 3 phút, cho hàm lượng tro bay, nhào trộn trong 02 phút, cho hỗn hợp dung dịch hoạt hóa đã chuẩn bị trước được đổ vào hỗn hợp khô. Quá trình nhào trộn ướt diễn ra trong vòng 3 phút.

+ Trước khi đổ hỗn hợp bê tông Geopolymer vào khuôn, cần đặt khuôn mẫu tại các vị trí khô ráo, bằng phẳng và tiến hành đầm bê tông trong khuôn mẫu.



Hình 3.11. Hỗn hợp sau khi trộn và đúc mẫu.



Hình 3.12. Mẫu bê tông sau khi đúc và tháo dỡ mẫu.

3.3.3. Dưỡng hộ nhiệt.

Ở nhiệt độ thông thường, phản ứng của bê tông Geopolymer có thời gian đóng rắn diễn ra chậm nên cường độ phát triển không cao. Do đó, dưỡng hộ nhiệt là phương án để đẩy nhanh quá trình Geopolymer hóa và phát triển cường độ của bê tông. Bê tông Geopolymer sau khi đúc mẫu, được tĩnh định trong 48 giờ, sau đó tháo khuôn và dưỡng hộ nhiệt trong 10 giờ ở mức nhiệt độ 80°C , thời gian dưỡng hộ nhiệt được tính khi nhiệt độ trong lò sấy đạt 80°C . Kết thúc quá trình dưỡng hộ nhiệt, để mẫu thí nghiệm trở về nhiệt độ môi trường tự nhiên trong khoảng thời gian 24 giờ, tiến hành lấy mẫu thí nghiệm ra khỏi lò sấy.



Hình 3.13. Dưỡng hộ nhiệt các mẫu bê tông Geopolymer bằng lò sấy.



Hình 3.14. Thiết bị kiểm tra nhiệt độ quá trình dưỡng hộ nhiệt.

3.3.4. Thí nghiệm cường độ chịu nén.

Xác định cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer để đánh giá Mác bê tông và chất lượng bê tông theo TCVN 3118 – 1993. Cường độ nén từng viên mẫu bê tông (R) được tính bằng daN/cm^2 (KG/cm^2), theo công thức: ^[18]

$$R = \alpha \cdot P/F \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

Trong đó:

P – Tải trọng phá hoại, tính bằng daN.

F – Diện tích chịu lực nén của viên mẫu, tính bằng cm^2 .

α - Hệ số phụ thuộc chiều cao mẫu thử (mẫu trụ 100x200: $\alpha = 1.16$).

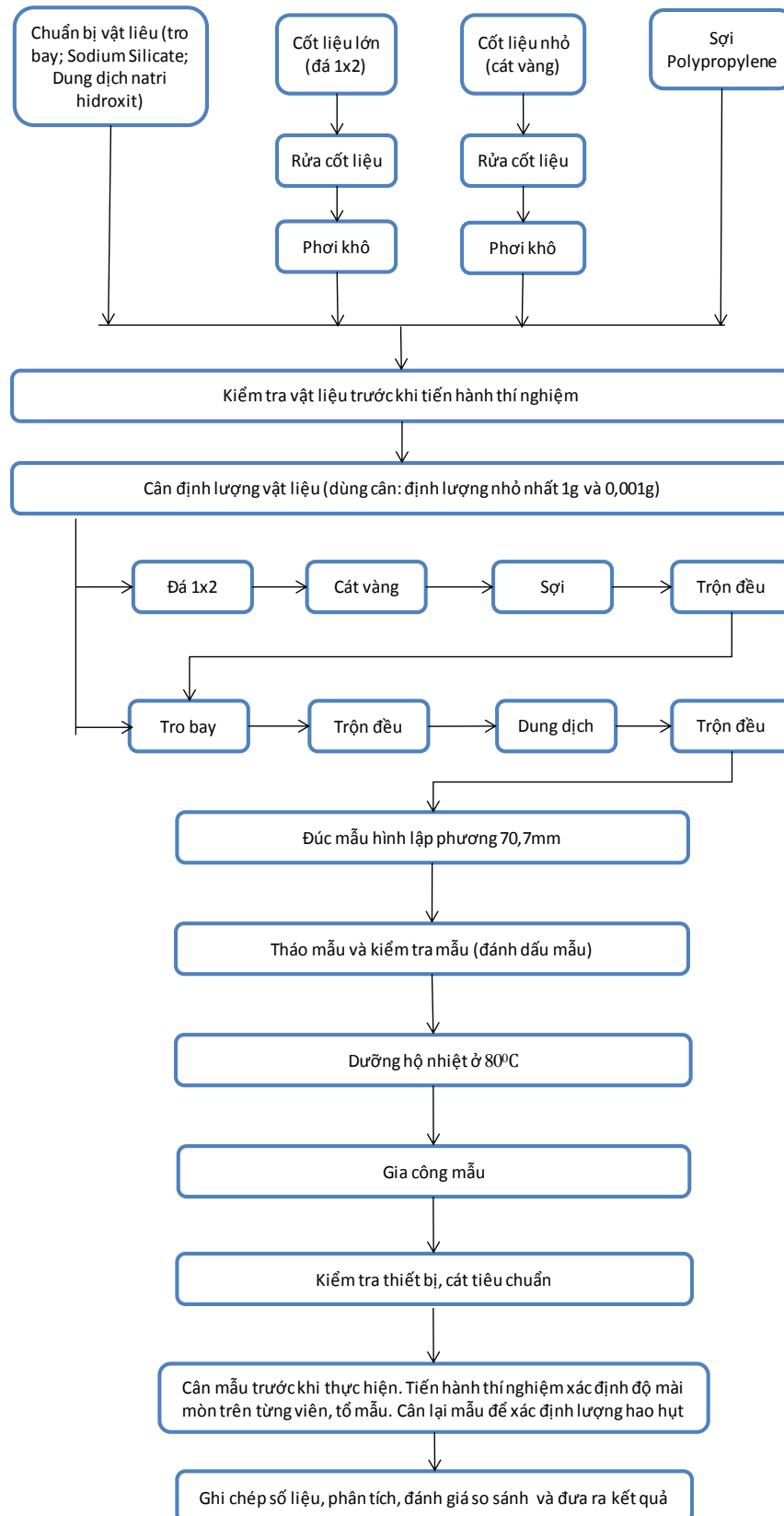
Mỗi tổ mẫu được tính trung bình cộng các kết quả mẫu thử. Loại bỏ giá trị có sai lệch lớn hơn 15% so với giá trị trung bình. Kết quả cuối cùng là giá trị trung bình cộng của các giá trị hợp lệ còn lại, độ chính xác tới $0,1\text{N/mm}^2$.



Hình 3.15. Thí nghiệm nén mẫu, để xác định cường độ chịu nén.

3.4. Xác định độ mài mòn.

3.4.1. Quy trình thực hiện.



Hình 3.16. Hình Quy trình xác định độ mài mòn.

3.4.2. Phương pháp thí nghiệm.

- Công tác chuẩn bị như thí nghiệm cường độ chịu nén.
- Chuẩn bị khuôn đúc mẫu (theo TCVN 3105:1993^[17]) mẫu có dạng hình lập phương kính thước 70,7mm, để thực hiện tạo mẫu.



Hình 3.17. Mẫu lập phương 70,7mm - thí nghiệm xác định độ mài mòn.

- Trong quá trình đúc mẫu thì cấp phối để lấy mẫu thí nghiệm cường độ chịu nén và thí nghiệm độ mài mòn phải được tiến hành lấy song song.

3.4.3. Dưỡng hộ nhiệt.

Được thực hiện song song với quá trình dưỡng hộ nhiệt cho mẫu thí nghiệm cường độ chịu nén.

3.4.4. Thí nghiệm độ mài mòn.

Kiểm tra thiết bị thí nghiệm.

Thông số kỹ thuật của máy:

- Máy mài mòn bê tông dùng để xác định cho các loại bê tông chịu mài mòn bê tông chịu mài mòn bề mặt.
- Vận tốc quay của đĩa gang 30 ± 1 vòng/phút.

- Phần mài của đĩa là một vành tròn rộng 200mm.
- Nguồn: 220-240V/50-60Hz, 1 pha, 750W.



Hình 3.18. Máy mài mòn T-Tech (TC ISO 9001:2018).

Cát tiêu chuẩn thí nghiệm.

- Cát dùng để thí nghiệm mài mòn phải đáp ứng mức chất lượng theo TCVN 6227:1996 là cát được chế tạo từ cát thiên nhiên giàu silic, gồm các hạt tròn cạnh, khai thác tại bãi cát thị xã Cam Ranh, tỉnh Khánh Hòa, phù hợp về thành phần hạt và hàm lượng ẩm của cát mẫu ISO theo Điều 5.1 của TCVN 6016:2011 (ISO 679:2009).

Bảng 3.8. Các đặc tính kỹ thuật của Cát tiêu chuẩn thí nghiệm.

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Mức chất lượng HIMAT	TCVN 6227:1996
1	Cỡ sàng:	mm		
	2,00		0	0
	1,60		7 ± 2	7 ± 5
	1,00		33 ± 2	33 ± 5
	0,50		67 ± 3	67 ± 5
	0,16		87 ± 2	87 ± 5
	0,08		99 ± 1	99 ± 1
2	Khối lượng cát chứa trong mỗi túi	g	1350 ± 2	1350 ± 5
3	Độ ẩm làm việc của cát (WLV)	%	0,10	$\leq 0,20$
4	Hàm lượng silic dioxit	%	98,0	≥ 96



Hình 3.19. Cát tiêu chuẩn thí nghiệm.

Thí nghiệm độ mài mòn.

- Các viên mẫu sẽ được gia công cho phù hợp với khuôn thí nghiệm.
- Tiến hành đo kính thước mẫu, trọng lượng mẫu cấp phối ban đầu, tiến hành thí nghiệm mẫu theo TCVN 3114:1993 về Bê tông nặng – phương pháp xác định độ mài mòn.

Tiến hành thử.

- Cân mẫu thử chính xác tới 0,1g. Trên các mặt mẫu sẽ mài, tiến hành đo các cặp cạnh song song từng đôi của mẫu lập phương hoặc hai đường kính vuông góc nhau của mẫu trụ rồi tính diện tích mặt mẫu bị mài.

- Mẫu khô tự nhiên thì mài mẫu bằng cát mài khô.

- Cho cát mài khô rồi đặt mẫu vào khuôn sao cho mẫu có thể cử động được tự do theo phương thẳng đứng. Tiếp đó đè gối tựa của đòn bẩy lên tâm viên mẫu và dùng các quả cân gia tải mẫu cho đủ áp lực 0,6 daN/cm².

- Bật cho đĩa quay. Sau 30m đường mài máy tự động dừng lại. Quét bỏ phần cát mài cũ, tiếp tục cho thêm cát mài mới và lại bật máy cho đĩa quay làm như vậy 5 lần thì đủ một chu kỳ với tổng số 150m đường mài.

- Sau một chu kỳ, nhắc mẫu ra, xoay mẫu đi 90⁰ quanh trục thẳng đứng rồi lại mài mẫu với chu kỳ 150m đường mài mới.

- Tiến hành như vậy, đủ 4 chu kỳ (600m đường mài). Sau đó nhắc mẫu ra, lau sạch rồi đem cân chính xác tới 0,1g.



Hình 3.20. Cát trước khi thí nghiệm và sau khi thí nghiệm



(1)

(2)

Hình 3.21. Kết quả mẫu trước (1) và sau khi mài mòn (2).

Tính kết quả

Độ mài mòn của từng viên mẫu (M_m) được tính bằng g/cm^2 theo công thức:^[19]

$$M_m = \frac{m_0 - m_4}{F}$$

Trong đó :

m_0 là khối lượng mẫu trước khi thử, tính bằng gram

m_4 là khối lượng mẫu sau 4 chu kỳ mài, tính bằng gram

F là diện tích mặt mẫu bị mài, tính bằng cm^2

Độ mài mòn của bê tông là trung bình số học của ba kết quả thử trên ba viên mẫu khi các kết quả lớn và nhỏ không sai lệch quá 15% so với kết quả của viên trung bình. Nếu sai lệch vượt quá 15% thì bỏ cả hai kết quả lớn và nhỏ. Độ mài mòn của bê tông sẽ là kết quả thử của viên trung bình còn lại.



Hình 3.22. Thí nghiệm mài mòn và mẫu thí nghiệm trước, sau khi mài mòn.

Chương 4: KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Các mẫu bê tông Geopolymer sau khi tĩnh định 48 giờ sẽ được tháo khuôn và dưỡng hộ nhiệt ở 80⁰C trong 10 giờ và được tĩnh định trong 24 giờ tiếp theo. Các mẫu được đo kích thước và cân lấy số liệu ban đầu. Sau thời gian 28 ngày các mẫu được tiến hành thí nghiệm để xác định cường độ chịu nén và độ mài mòn. Dữ liệu được tổng hợp như sau.

4.1. Tổng hợp kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (Mpa).

Sau khi tiến hành thí nghiệm Cường độ chịu nén trên từng viên mẫu cấp phối, tổng hợp kết quả, để đưa ra được cường độ chịu nén trung bình của 01 cấp phối thí nghiệm, được tổng hợp trong Bảng 4.1.

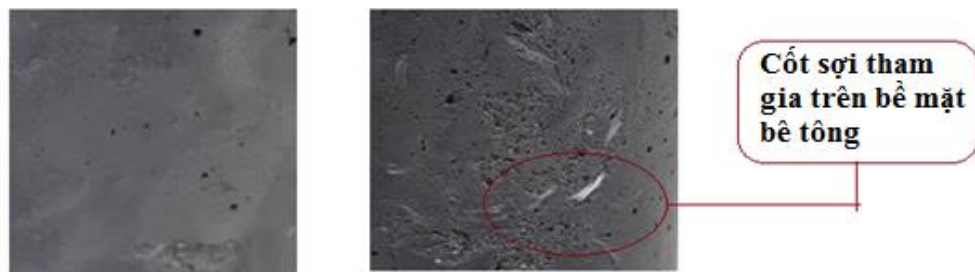
Bảng 4.1. Kết quả CDCN của bê tông GPC và GP gia cường sợi PP.

STT	Ký hiệu mẫu	Tỉ lệ (l/d)	Hàm lượng sợi (%)	Cường độ chịu nén (MPa)
1	GPC	0		12,85
2	P1-0,5%	330	0,50%	13,56
3	P1-1,0%		1,00%	13,18
4	P1-1,5%		1,50%	13,14
5	P1-2%		2,00%	13,01
6	P2-0,5%		670	0,50%
7	P2-1,0%	1,00%		14,29
8	P2-1,5%	1,50%		13,11
9	P2-2%	2,00%		12,16
10	P3-0,5%	1170		0,50%
11	P3-1,0%		1,00%	13,08
12	P3-1,5%		1,50%	12,52
13	P3-2%		2,00%	11,61
14	P4-0,5%		1670	0,50%
15	P4-1,0%	1,00%		12,41
16	P4-1,5%	1,50%		11,59
17	P4-2%	2,00%		11,23

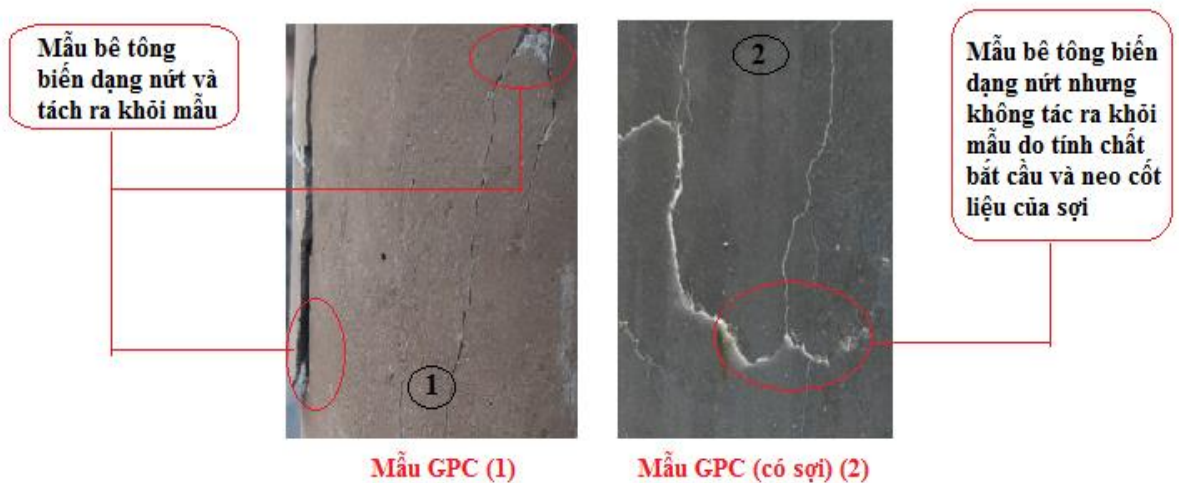


Hình 4.1. Mẫu quan sát thí nghiệm cường độ chịu nén.

Mẫu bê tông Geopolymer không có gia cường và có gia cường sợi khi tăng lực nén từ từ cho đến khi mẫu phá hoại mẫu thì hình dạng bên ngoài biến đổi tương đối giống nhau, trên bề mặt mẫu có nhiều vết nứt và vết nứt xuất hiện thường có góc từ 30° đến 45° về phía dưới mẫu.



Hình 4.2. Mẫu quan sát sợi trên bề mặt bê tông.



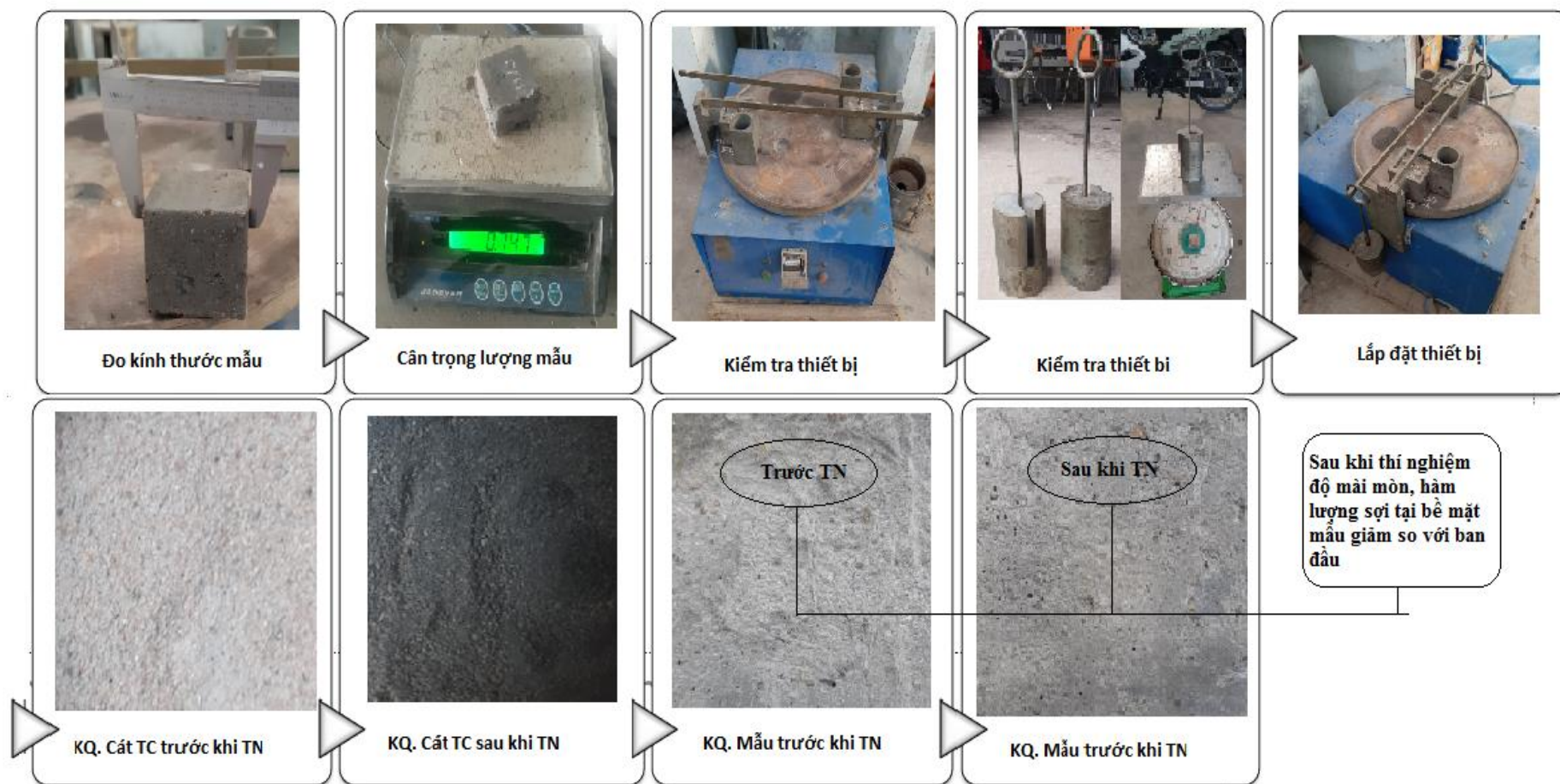
Hình 4.3. Mẫu quan sát sau khi thí nghiệm cường độ chịu nén.

4.2. Tổng hợp kết quả thí nghiệm độ mài mòn (g/cm²).

Sau khi tiến hành thí nghiệm độ mài mòn trên từng viên mẫu cấp phối, tổng hợp kết quả, để đưa ra được độ mài mòn trung bình của 01 cấp phối thí nghiệm, được tổng hợp trong Bảng 4.2.

Bảng 4.2. Kết quả độ mài mòn của bê tông GPC và GP gia cường sợi PP.

STT	Ký hiệu mẫu	Tỉ lệ (l/d)	Hàm lượng sợi (%)	Độ mài mòn (g/cm ²)
1	GPC	0		0,489
2	P1-0,5%	330	0,5%	0,481
3	P1-1,0%		1,0%	0,473
4	P1-1,5%		1,5%	0,457
5	P1-2%		2,0%	0,440
6	P2-0,5%		670	0,5%
7	P2-1,0%	1,0%		0,457
8	P2-1,5%	1,5%		0,440
9	P2-2%	2,0%		0,417
10	P3-0,5%	1170		0,5%
11	P3-1,0%		1,0%	0,424
12	P3-1,5%		1,5%	0,437
13	P3-2%		2,0%	0,444
14	P4-0,5%		1670	0,5%
15	P4-1,0%	1,0%		0,434
16	P4-1,5%	1,5%		0,446
17	P4-2%	2,0%		0,458



Hình 4.4. Quá trình thực hiện thí nghiệm xác định độ mài mòn.

Sau khi tiến hành thí nghiệm độ mài mòn các mẫu thì nghiệm bề mặt bị mài mẫu nhẵn, hàm lượng sợi bám trên bề mặt giảm và kiểm tra lại trọng lượng mẫu so với ban đầu đều giảm, tuy nhiên trọng lượng giảm khác nhau tùy theo tỷ lệ chiều dài sợi trên đường kính và hàm lượng sợi của mẫu cấp phối.

Từ kết quả trên, tổng hợp các số liệu thí nghiệm tiến hành phân tích đánh giá sự ảnh hưởng khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d) đối với cường độ chịu nén và ảnh hưởng đối với độ mài mòn của bê tông PP từ đó phân tích, đánh giá được cấp phối nào là tối ưu đối với cường độ nén và cấp phối nào tối ưu đối với độ mài mòn.

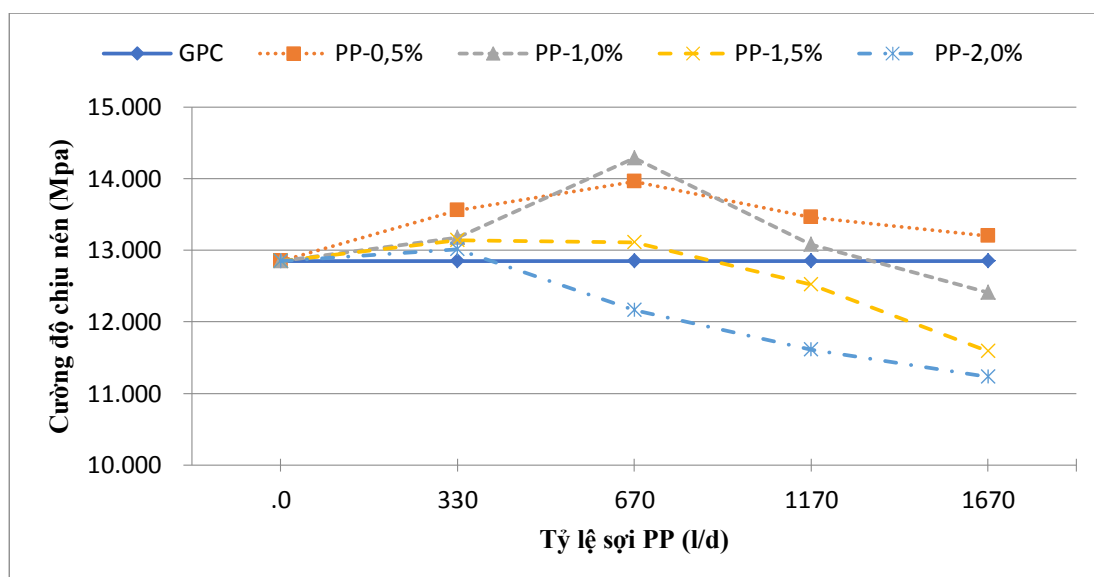
4.3. Ảnh hưởng khi gia cường sợi PP (tỷ lệ: l/d) đối với cường độ chịu nén.

Căn cứ trên kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén và thành phần sợi PP dựa trên tỷ lệ (l/d), được tổng hợp trong bảng 4.3.

Bảng 4.3. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén (MPa).

HLS	Tỷ lệ (l/d) của sợi PP				
	0	330	670	1170	1670
GPC	12,85				
PP-0,5%		13,56	13,96	13,46	13,20
PP-1,0%		13,18	14,29	13,08	12,41
PP-1,5%		13,14	13,11	12,52	11,59
PP-2,0%		13,01	12,16	11,61	11,23

- Thí nghiệm nén mẫu được thực hiện nhằm xác định khả năng làm việc của bê tông GPC có gia cường cốt sợi PP. Hình 4.5, thể hiện sự ảnh hưởng của tỷ lệ l/d của sợi PP đến cường độ chịu nén của các cấp phối bê tông GPC.



Hình 4.5. Biểu đồ mối quan hệ giữa cường độ chịu nén với HLS và TLS.

Kết quả cho thấy khi sử dụng HLS 0,5% thì cường độ chịu nén tăng so với không sử dụng sợi bình quân 5,4% (có cường độ chịu nén từ 2,7% đến

8,6%), không trường hợp nào thấp hơn. Khi sử dụng HLS 1,0% thì cường độ chịu nén tăng so với không sử dụng sợi bình quân 3,1% (có cường độ chịu nén -3,9% đến 10,9%), có 01 trường hợp thấp hơn là khi sử dụng sợi gia cường PP có tỉ lệ (l/d) 1670. Khi sử dụng HLS 1,5% thì cường độ chịu nén giảm so với không sử dụng sợi bình quân -2,3% (có cường độ chịu nén -10,1% đến 1,6%), có 02 trường hợp thấp hơn là khi sử dụng sợi gia cường PP có tỉ lệ (l/d) 1170 và 1670. Khi sử dụng HLS 2,0% thì cường độ chịu nén giảm so với không sử dụng sợi bình quân -8,0% (có cường độ chịu nén -13,2% đến 0,8%), có 03 trường hợp thấp hơn là khi sử dụng sợi gia cường PP có tỉ lệ (l/d) 670, 1170 và 1670.

Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi tăng HLS sẽ ảnh hưởng đối với cường độ nén của bê tông GPC, đặc biệt khi đồng thời tăng HLS và tỷ lệ (l/d) thì cường độ chịu nén của bê tông tăng lên, tuy nhiên sẽ giảm khi vượt giới hạn như đối với HLS (1,5% và 2,0%), tỷ lệ (l/d) 1170, 1670.

Vậy khi sử dụng cấp phối bê tông GPC có giá cường cốt sợi PP thì HLS 0,5% có tỉ lệ (l/d) 330 là khả quan. Ngoài ra cũng cần xem xét đến HLS 1,0% có tỉ lệ (l/d) 670 vì cấp phối này cũng có cường độ chịu nén tốt tăng 10,9% so bê tông GPC không có gia cường sợi.

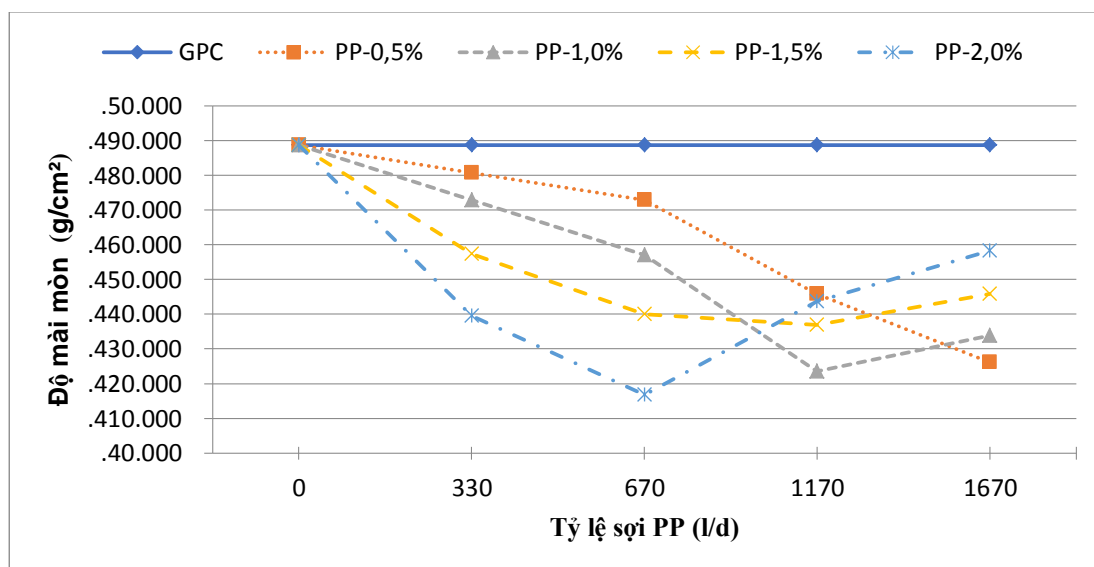
4.4. Ảnh hưởng khi gia cường sợi PP (tỷ lệ: l/d) đối với độ mài mòn của bê tông PP.

Căn cứ trên kết quả thí nghiệm độ mài mòn và thành phần sợi PP dựa trên tỷ lệ (l/d), được tổng hợp trong bảng 4.4.

Bảng 4.4. Kết quả thí nghiệm độ mài mòn (g/cm²).

HLS	Tỷ lệ (l/d) của sợi PP				
	0	330	670	1170	1670
GPC	0,489				
PP-0,5%		0,481	0,473	0,446	0,426
PP-1,0%		0,473	0,457	0,424	0,434
PP-1,5%		0,457	0,440	0,437	0,446
PP-2,0%		0,440	0,417	0,444	0,458

- Thí nghiệm nén mẫu được thực hiện nhằm xác định khả năng làm việc khi chịu tác động mài mòn của bê tông GPC có gia cường cốt sợi PP. Hình 4.6, thể hiện sự ảnh hưởng của tỷ lệ l/d của sợi PP đến độ mài mòn của các cấp phối bê tông GPC.



Hình 4.6. Biểu đồ mối quan hệ giữa độ mài mòn với HLS và TLS.

Kết quả cho thấy khi sử dụng HLS 0,5% thì độ mài mòn giảm so với không sử dụng sợi bình quân -6,6% (có độ mài mòn từ -1,6% đến -12,8%), từ biểu đồ nhận thấy độ mài mòn giảm dần khi sử dụng cấp phối HLS 0,5% cho các tỉ lệ (l/d). Khi sử dụng HLS 1,0% thì độ mài mòn giảm so với không sử dụng sợi bình quân -8,6% (có độ mài mòn từ -3,2% đến -13,3%), từ biểu đồ nhận thấy độ mài mòn giảm dần khi sử dụng cấp phối HLS 1,0% cho các tỉ lệ (l/d) 330, 670, 440 và có xu hướng tăng lại đối với tỷ lệ (l/d) 1670. Khi sử dụng HLS 1,5% thì độ mài mòn giảm so với không sử dụng sợi bình quân -8,9% (có độ mài mòn từ -6,4% đến -10,6%), từ biểu đồ nhận thấy độ mài mòn giảm dần ít biến động và có xu hướng tăng lại đối với tỷ lệ (l/d) 1670. Khi sử dụng HLS 2,0% thì độ mài mòn giảm so với không sử dụng sợi bình quân là lớn nhất -10,0% (có độ mài mòn từ -6,2% đến -14,7%). Tuy nhiên, khi giảm đến tỷ lệ (l/d) là 670 thì lại tăng nhanh từ tỷ lệ (l/d) 1170 lên 1670.

Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi tăng HLS sẽ ảnh hưởng đối với độ mài mòn bê tông GPC, khi gia cường sợi PP thì độ mài mòn điều giảm với tỷ lệ (%) khác nhau.

Do đó, cần phân tích sự ảnh hưởng HLS đến cường độ chịu nén và độ mài mòn của bê tông GPC khi gia cường sợi PP ở từng tỷ lệ (l/d) khác nhau để làm cơ sở chọn cấp phối phù hợp nhất.

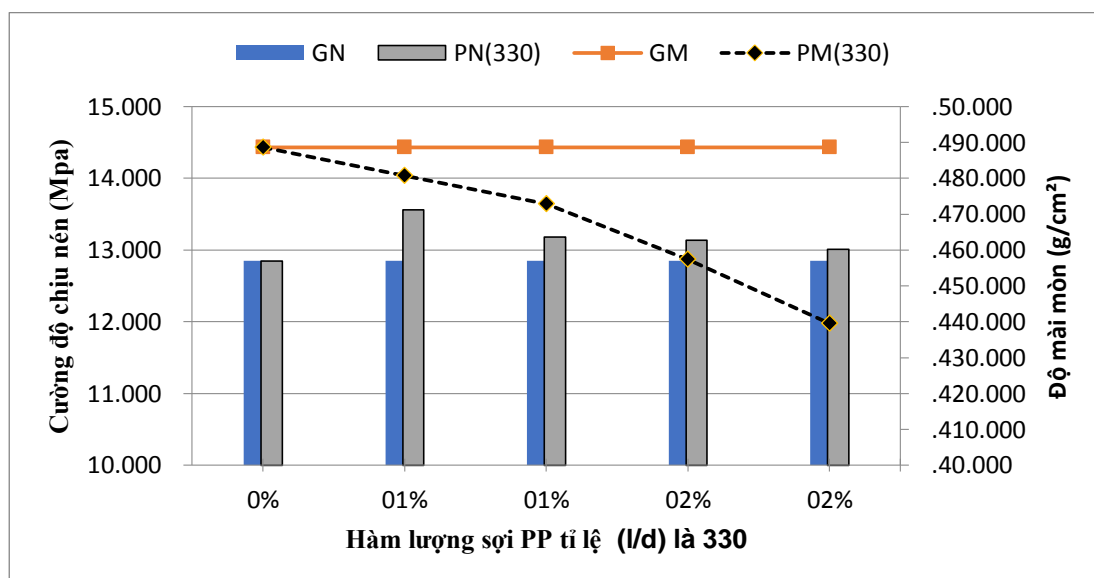
4.5. Ảnh hưởng HLS đến Cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330).

Căn cứ trên kết quả thí nghiệm trên cường độ chịu nén và độ mài mòn của thành phần sợi PP tỷ lệ (l/d) là 330, được tổng hợp trong bảng 4.5.

Bảng 4.5. Kết quả thí nghiệm (tỉ lệ: l/d là 330).

HLS (PP)	0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
GN	12,85				
GM	0,489				
PN(330)		13,56	13,18	13,14	13,01
PM(330)		0,481	0,473	0,457	0,440

- Kết hợp 02 thí nghiệm, cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330). Hình 4.7 thể hiện sự ảnh hưởng của tỷ lệ % của sợi PP đến cường độ chịu nén và độ mài mòn của cấp phối và so sánh đối với bê tông GPC.



Hình 4.7. Biểu đồ sự ảnh hưởng tỷ lệ % đối với sợi PP (l/d là 330)

- **Đối với cường độ chịu nén:** Kết quả cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330). HLS 0,5% có cường độ nén 13,56(MPa) tăng so với bê tông GPC 5,2%. Sau đó khi tiếp tục tăng HLS đạt đến 2% thì cường độ chịu nén cũng cao hơn so với bê tông GPC bình quân 13,22(MPa), tăng GPC 2,79%,

nhưng đang có xu hướng giảm dần cường độ chịu nén, cường độ chịu nén tại HLS 2,0% là 13,01(MPa) chỉ cao hơn bê tông GPC (1,2%) gần tương đồng với cường độ chịu nén của bê tông GPC. Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330) thì cường độ chịu nén tỉ lệ nghịch với HLS.

- **Đối với độ mài mòn:** Kết quả cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330) HLS 0,5% có độ mài mòn $0,481(\text{g}/\text{cm}^2)$ giảm so với bê tông GPC là -1,6%. Sau đó khi tiếp tục tăng HLS từ 1%, 1,5% đến 2% thì độ mài mòn có xu hướng giảm dần so với bê tông GPC bình quân $0,463(\text{g}/\text{cm}^2)$, giảm so với bê tông GPC -5,7%. Độ mài mòn lớn nhất tại HLS 2,0% là $0,440(\text{g}/\text{cm}^2)$. Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330) thì độ mài mòn tỉ lệ thuận với HLS.

- **Nhận xét chung:** Khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330) thì cường độ chịu nén tỉ lệ nghịch với HLS và độ mài mòn tỉ lệ thuận với HLS. Trong phạm vi nghiên cứu đối với sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330) là HLS 2% có cường độ chịu nén 13,01(Mpa) tăng so với bê tông GPC là 1,2%, đồng thời độ mài mòn giảm là cao nhất nhất $0,440(\text{g}/\text{cm}^2)$ so với bê tông GPC là -11,2%.

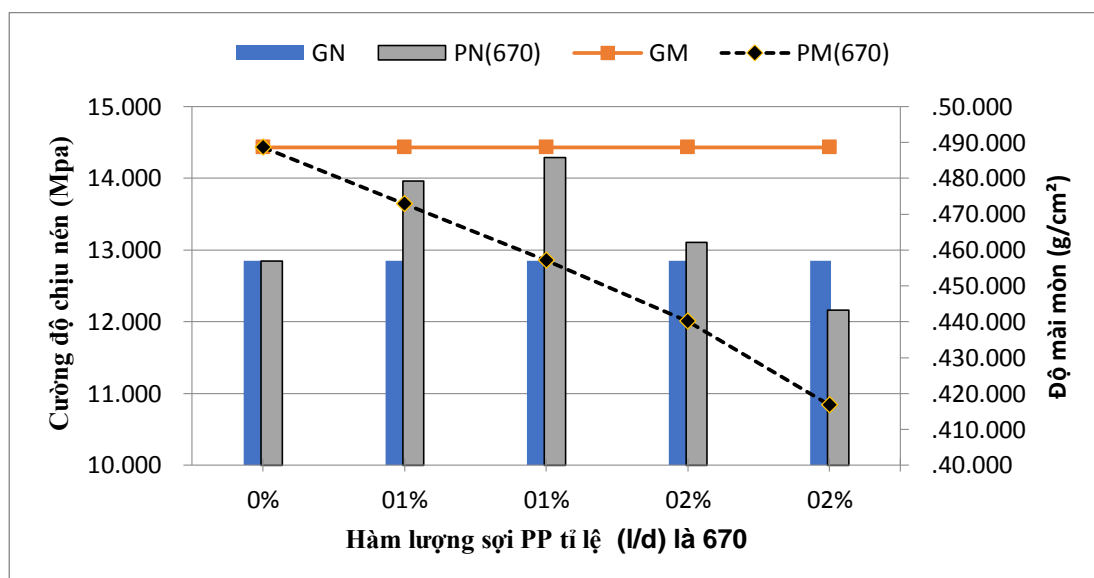
4.6. Ảnh hưởng HLS đến Cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670).

Căn cứ trên kết quả thí nghiệm trên cường độ chịu nén và độ mài mòn của thành phần sợi PP tỷ lệ (l/d) là 670, được tổng hợp trong bảng 4.6.

Bảng 4.6. Kết quả thí nghiệm (tỉ lệ: l/d là 670).

HLS (PP)	0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
GN	12,85				
GM	0,489				
PN(670)		13,96	14,29	13,11	12,16
PM(670)		0,473	0,457	0,440	0,417

- Kết hợp 02 thí nghiệm, cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670). Hình 4.8 thể hiện sự ảnh hưởng của tỷ lệ % của sợi PP đến cường độ chịu nén và độ mài mòn của cấp phối và so sánh đối với bê tông GPC.



Hình 4.8. Biểu đồ sự ảnh hưởng tỷ lệ % đối với sợi PP (l/d là 670).

- **Đối với cường độ chịu nén:** Kết quả cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670). HLS 0,5% có cường độ nén 13,96(MPa) tăng so với bê tông GPC 8,0%. Sau đó khi tăng HLS đến 1% có cường độ nén 14,29(MPa) tăng so

với bê tông GPC 10,1%, tiếp tục tăng HLS 1,5% thì cường độ chịu nén có xu hướng giảm lại nhưng vẫn còn cao hơn so với bê tông GPC là 2,0% và khi tăng HLS đến 2% thì cường độ nén chỉ đạt 12,16(Mpa) thấp hơn so với bê tông GPC là -5,7%. Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) thì cường độ chịu nén tỉ lệ thuận với HLS khi HLS từ 5% đến 1% sau đó giảm dần đến HLS 2%.

- **Đối với độ mài mòn:** Kết quả cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) thì độ mài mòn tương đồng với sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330), có độ mài mòn cao nhất tại HLS 0,5 là 0,473(g/cm²) và thấp nhất tại HLS 2% là 0,17(g/cm²). Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) thì độ mài mòn tỉ lệ thuận với HLS. Nhưng độ mài mòn sẽ thấp hơn so với sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330).

- **Nhận xét chung:** Khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) thì cường độ chịu nén tỉ lệ thuận với HLS khi HLS từ 5% đến 1% sau đó giảm dần đến HLS 2% và độ mài mòn tỉ lệ thuận với HLS. Trong phạm vi nghiên cứu đối với sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) là HLS 1% có cường độ chịu nén 14,29(Mpa) tăng so với bê tông GPC là 10,1%, đồng thời độ mài mòn giảm là 0,457(g/cm²) so với bê tông GPC là -6,9%.

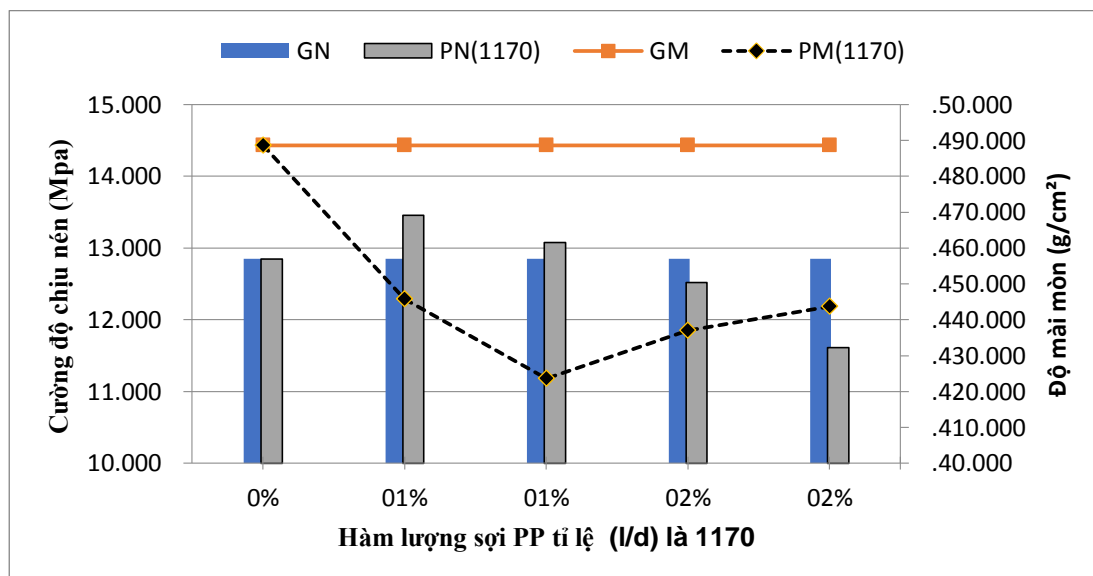
4.7. Ảnh hưởng HLS đến Cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170).

Căn cứ trên kết quả thí nghiệm trên cường độ chịu nén và độ mài mòn của thành phần sợi PP tỷ lệ (l/d) là 1170, được tổng hợp trong bảng 4.7.

Bảng 4.7. Kết quả thí nghiệm (tỉ lệ: l/d là 1170).

HLS (PP)	0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
GN	12,85				
GM	0,489				
PN(1170)		13,46	13,08	12,52	11,61
PM(1170)		0,446	0,424	0,437	0,444

- Kết hợp 02 thí nghiệm, cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170). Hình 4.9 thể hiện sự ảnh hưởng của tỷ lệ % của sợi PP đến cường độ chịu nén và độ mài mòn của cấp phối và so sánh đối với bê tông GPC.



Hình 4.9. Biểu đồ sự ảnh hưởng tỷ lệ % đối với sợi PP (l/d là 1170).

- **Đối với cường độ chịu nén:** Kết quả cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170). HLS 0,5% có cường độ nén 13,46(MPa) tăng so với bê tông GPC 4,5%. Sau đó khi tăng HLS đến 1%, 1,5%, 2% thì cường độ chịu nén có xu hướng giảm lại. Tại HLS 1% thì cường độ chịu nén vẫn còn cao hơn so với

bê tông GPC là 1,8%, nhưng khi tăng lên 1,5%, 2% thì cường độ thấp hơn so với bê tông GPC. Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) thì cường độ chịu nén đạt tối ưu tại HLS 0,5%, khi tăng HLS 1% đến HLS 2% thì cường độ chịu nén sẽ giảm dần.

- **Đối với độ mài mòn:** Kết quả cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170). HLS 0,5% đến 1% thì có xu hướng giảm mạnh, tại HLS 1% độ mài mòn giảm $0,424(\text{g}/\text{cm}^2)$ giảm so với bê tông GPC là -15,4%, tăng trở lại khi sử dụng HLS 1,5% đến 2%. Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) thì độ mài mòn có nhiều biến động, giảm dần đến 1% và tăng trở lại. Tuy nhiên, khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) thì độ mài mòn bình quân giảm $-0,438(\text{g}/\text{cm}^2)$ tương ứng -11,7% so với sử dụng bê tông GPC.

- **Nhận xét chung:** Khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) thì cường độ chịu nén cao nhất tại HLS 0,5% và còn cao hơn so với bê tông GPC tại HLS 1%, sau đó giảm dần. Độ mài mòn thấp nhất tại HLS 1%, sau đó tăng trở lại, do đó nhận thấy đối với sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) thì HLS 1% có cường độ chịu nén 13,08(Mpa) tăng so với bê tông GPC là 1,8%, đồng thời độ mài mòn giảm là $0,424(\text{g}/\text{cm}^2)$ so với bê tông GPC là -15,4% là phù hợp nhất.

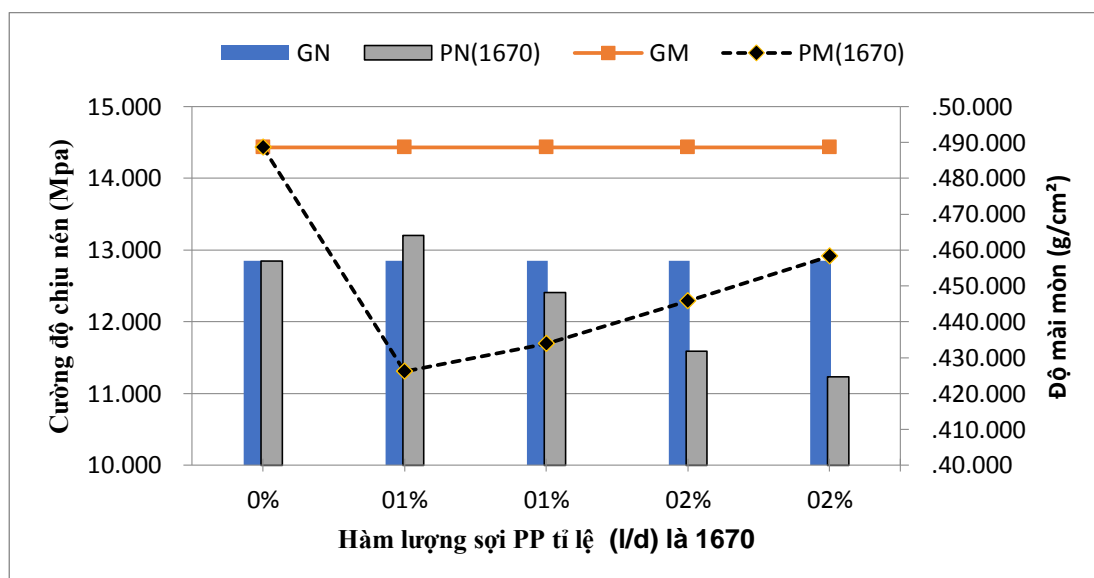
4.8. Ảnh hưởng HLS đến Cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670).

Căn cứ trên kết quả thí nghiệm trên cường độ chịu nén và độ mài mòn của thành phần sợi PP tỷ lệ (l/d) là 1670, được tổng hợp trong bảng 4.8.

Bảng 4.8. Kết quả thí nghiệm (tỉ lệ: l/d là 1670).

HLS (PP)	0%	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
GN	12,85				
GM	0,489				
PN(1670)		13,20	12,41	11,59	11,23
PM(1670)		0,426	0,434	0,446	0,458

Kết hợp 02 thí nghiệm, cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670). Hình 4.10 thể hiện sự ảnh hưởng của tỷ lệ % của sợi PP đến cường độ chịu nén và độ mài mòn của cấp phối và so sánh đối với bê tông GPC.



Hình 4.10. Biểu đồ sự ảnh hưởng tỷ lệ % của sợi PP (l/d là 1670).

- **Đối với cường độ chịu nén:** Kết quả cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670). HLS 0,5% có cường độ nén cao nhất 13,20(MPa) tăng so với bê tông GPC 2,7%. Sau đó khi tăng HLS đến 1%, 1,5%, 2% thì cường độ chịu nén có xu hướng giảm lại, đồng thời cường độ chịu nén thấp hơn so với bê

tông GPC. Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670) thì cường độ chịu nén đạt tối ưu tại HLS 0,5%, khi tăng HLS thì cường độ chịu nén sẽ giảm dần.

- **Đối với độ mài mòn:** Kết quả cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670). HLS 0,5% có độ mài mòn thấp nhất 0,426(g/cm²) giảm so với bê tông GPC -14,7%, tăng trở lại khi sử dụng HLS 1%, 1,5% đến 2%. Từ biểu đồ và kết quả trên cho thấy khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670) thì độ mài mòn tương đồng như sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) nhưng khác nhau ở tỉ lệ HLS 0,5% và 1%.

- **Nhận xét chung:** Khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670) thì cường độ chịu nén cao nhất tại HLS 0,5%, sau đó giảm dần. Độ mài mòn thấp nhất tại HLS 0,5%, sau đó tăng trở lại, do đó nhận thấy đối với sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670) thì HLS 1% có cường độ chịu nén 13,20(Mpa) tăng so với bê tông GPC là 2,7%, đồng thời độ mài mòn giảm là 0,426(g/cm²) so với bê tông GPC là -14,7% là phù hợp nhất.

Từ ảnh hưởng HLS đến cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d) từ 330 đến 1670, cho kết quả tối ưu khác nhau, đồng thời có nhiều biến động khi gia cường HLS từ 0,5% đến 2%. Do đó, để đánh giá được cụ thể nên sử dụng cấp phối nào là phù hợp nhất thì phải so sánh sự ảnh hưởng HLS đến cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (theo tỉ lệ: l/d).

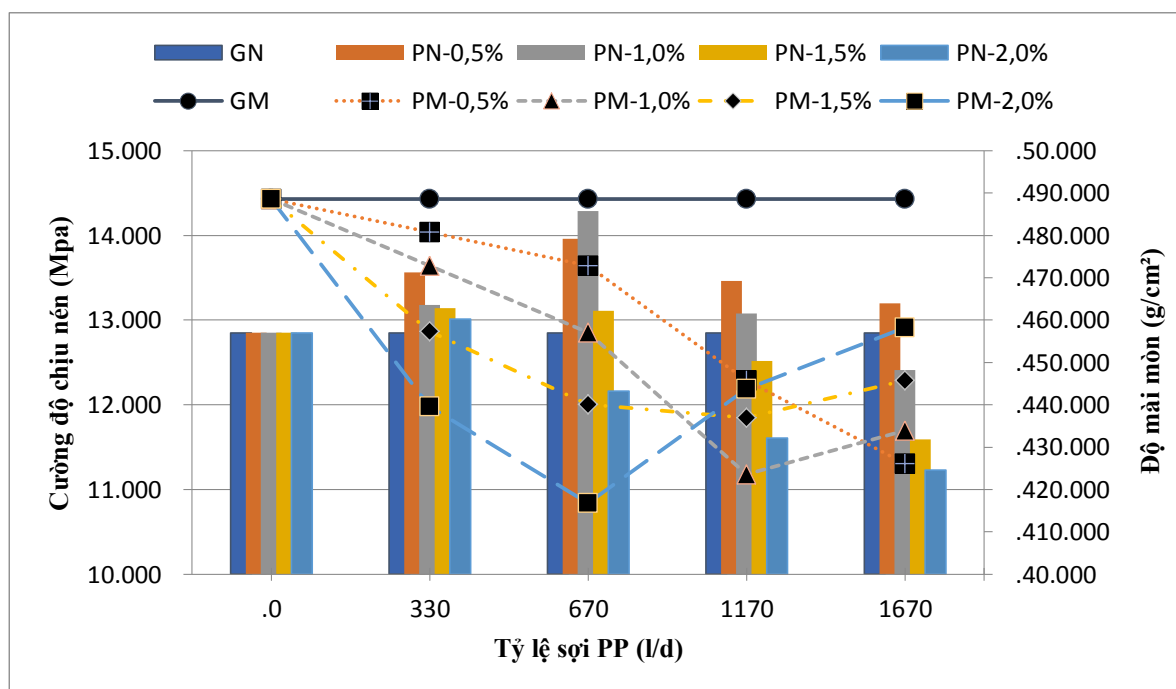
4.9. Ảnh hưởng HLS đến cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (theo tỉ lệ: l/d).

Căn cứ trên kết quả thí nghiệm trên cường độ chịu nén và độ mài mòn đối với thành phần sợi PP tỉ lệ (l/d), tỉ lệ (%) của sợi PP được sử dụng, được tổng hợp trong bảng 4.9.

Bảng 4.9. Tổng hợp Kết quả thí nghiệm.

Tỉ lệ (l/d)	Tỉ lệ (l/d) của sợi PP									
	0		330		670		1170		1670	
	Cường độ chịu nén (MPa)	Độ mài mòn (g/cm ²)	Cường độ chịu nén (MPa)	Độ mài mòn (g/cm ²)	Cường độ chịu nén (MPa)	Độ mài mòn (g/cm ²)	Cường độ chịu nén (MPa)	Độ mài mòn (g/cm ²)	Cường độ chịu nén (MPa)	Độ mài mòn (g/cm ²)
HLS										
GPC	12,85	0,489								
PP-0,5%			13,56	0,481	13,96	0,473	13,46	0,446	13,20	0,426
PP-1,0%			13,18	0,473	14,29	0,457	13,08	0,424	12,41	0,434
PP-1,5%			13,14	0,457	13,11	0,440	12,52	0,437	11,59	0,446
PP-2,0%			13,01	0,440	12,16	0,417	11,61	0,444	11,23	0,458

Kết hợp 02 thí nghiệm, cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d) từ 330 đến 1670 và ảnh hưởng HLS. Hình 4.11, từ đó phân tích chọn ra cấp phối phù hợp nhất, hiệu quả nhất khi sử dụng.



Hình 4.11. Biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng HLS đến cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (theo tỉ lệ: l/d).

- So sánh khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330) với các (tỉ lệ: l/d) còn lại:

+ Nhận xét về cường độ chịu nén: Tăng cao nhất tại HLS 0,5% có cường độ chịu nén là 13,56(Mpa) tăng 5,2% thì độ mài mòn 0,481(g/cm²) giảm -1,6% so sánh với các (tỉ lệ: l/d) còn lại thì tại sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) có HLS 1% cường độ chịu nén là 14,29(Mpa) tăng 10,1% thì độ mài mòn 0,457(g/cm²) giảm -6,9%, tốt hơn so với sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330).

+ Nhận xét về độ mài mòn: Giảm cao nhất tại HLS 2,0% có độ mài mòn là 0,40(g/cm²) giảm -11,2% thì cường độ chịu nén là 13,01(Mpa) tăng 1,2% so sánh với các (tỉ lệ: l/d) còn lại thì tại sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) có HLS 1% độ mài mòn 0,424(g/cm²) giảm -15,1% thì cường độ chịu nén là 13,08(Mpa) tăng 1,8%, tốt hơn so với sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330).

- So sánh khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) với các (tỉ lệ: l/d) còn lại:

+ Nhận xét về cường độ chịu nén: Tăng cao nhất tại HLS 1% có cường độ chịu nén là 14,29(Mpa) tăng 10,1% thì độ mài mòn 0,457(g/cm²) giảm -6,9% so sánh với các (tỉ lệ: l/d) còn lại thì tại sợi PP (tỉ lệ: l/d là 330) có HLS 0,5% là lớn nhất, do đó xét về cường độ chịu nén thì khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) có HLS 1% là phù hợp nhất.

+ Nhận xét về độ mài mòn: Giảm cao nhất tại HLS 2,0% có độ mài mòn là 0,417(g/cm²) giảm -17,2% thì cường độ chịu nén là 12,16(Mpa) giảm 5,7% so sánh với các (tỉ lệ: l/d) còn lại thì tại sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) có HLS 1% độ mài mòn 0,424(g/cm²) giảm -15,1% thì cường độ chịu nén là 13,08(Mpa) tăng 1,8%, độ mài mòn tuy có thấp hơn nhưng đạt yêu cầu về cường độ do đó sẽ tốt hơn so với sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670).

- So sánh khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) với các (tỉ lệ: l/d) còn lại:

+ Nhận xét về cường độ chịu nén: Tăng cao nhất tại HLS 0,5% có cường độ chịu nén là 13,46(Mpa) tăng 4,5% thì độ mài mòn 0,466(g/cm²) giảm -9,6% so sánh với các (tỉ lệ: l/d) còn lại thì tại sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) có HLS 1% có cường độ chịu nén là 14,29(Mpa) tăng 10,1% thì độ mài mòn 0,457(g/cm²) giảm -6,9%. Khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) tuy có thấp hơn về cường độ chịu nén nhưng vẫn đảm bảo cao hơn so với bê tông GPC đồng thời có độ mài mòn thấp, do đó cần xem xét và so sánh tính hiệu quả khi sử dụng.

+ Nhận xét về độ mài mòn: Giảm cao nhất tại HLS 2,0% có độ mài mòn là 0,444(g/cm²) giảm -10,1% thì cường độ chịu nén là 11,61(Mpa) giảm -10,7% so sánh với các (tỉ lệ: l/d) còn lại thì tại sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) có HLS 2% độ mài mòn 0,417(g/cm²) giảm -17,2% thì cường độ chịu nén là 12,16(Mpa) giảm -5,7%. Xét về độ mài mòn, tại sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) có HLS 2% tốt hơn.

+ Mặt khác, tại HLS 1% có cường độ chịu nén là 13,08(Mpa) tăng 1,8% và độ mài mòn là 0,424(g/cm²) giảm -15,4%. Tại HLS này, khi xét về cường độ chịu nén thì cao hơn so với bê tông GPC và có độ mài mòn là tương đối lớn giảm -15,4%.

- So sánh khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670) với các (tỉ lệ: l/d) còn lại:

+ Nhận xét về cường độ chịu nén: Tăng cao nhất tại HLS 0,5% có cường độ chịu nén là 13,20(Mpa) tăng 2,7% thì độ mài mòn 0,426(g/cm²) giảm -14,7% so sánh với các (tỉ lệ: l/d) còn lại thì tại sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) có HLS 1% có cường độ chịu nén là 13,08(Mpa) tăng 1,8% và độ mài mòn là 0,424(g/cm²) giảm -15,4%. Sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670) có HLS 0,5% và sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) có HLS 1% có cường độ chịu nén và độ mài mòn gần tương đồng <1%.

+ Nhận xét về độ mài mòn: Khi sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1670) có HLS 0,5%, có độ mài mòn và cường độ chịu nén tương đồng với sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) HLS 1%.

Từ biểu đồ và nhận xét về cường độ chịu nén và độ mài mòn khi gia cường sợi PP (tỉ lệ: l/d) từ 330 đến 1670 và ảnh hưởng HLS nhận thấy:

- Khi sử dụng cho các kết cấu công trình sử dụng bê tông GPC có gia cường sợi PP mà yêu cầu cần tăng cường độ chịu nén của bê tông GPC, nhưng dẫn đảm bảo về độ mài mòn thì sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 670) có HLS 1% là phù hợp nhất.

- Khi sử dụng cho các kết cấu công trình sử dụng bê tông GPC có gia cường sợi PP, chỉ xét đến yếu tố đảm bảo về cường độ chịu nén nhưng tăng khả năng chống mài mòn là cao nhất thì sử dụng sợi PP (tỉ lệ: l/d là 1170) có HLS 1% là phù hợp nhất.

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

5.1. Kết luận.

Đề tài nghiên cứu thực nghiệm Khả năng chống mài mòn của bê tông Geopolymer sử dụng sợi PP nhằm tạo một loại vật liệu mới có khả năng giảm tác động cơ học mài mòn từ bên ngoài khi ứng dụng vào việc thi công xây dựng các công trình thường xuyên tiếp xúc với tác nhân ma sát cao như: dòng chảy có vận tốc và lưu lượng lớn trong các công trình đập chứa nước, các cấu kiện bê tông thường xuyên chịu sự va đập và ảnh hưởng chiều cường của sóng biển như bến cảng, đập ngăn mặn, các trụ dẫn điện ra đảo và các công trình ven biển. Đồng thời, đề tài sử dụng bê tông Geopolymer các chất liệu chủ yếu nên góp phần bảo vệ môi trường, bảo vệ nguồn tài nguyên thiên nhiên và tận dụng các nguồn nguyên vật liệu phụ phẩm, phế phẩm để chế tạo ra bê tông Geopolymer, giảm phụ thuộc vào bê tông truyền thống sử dụng xi măng poóclăng. Từ đó, đề tài hướng đến phát triển các sản phẩm mang tính thân thiện với môi trường và bền vững theo thời gian nhằm phục vụ cho nhu cầu ngày càng cao về công nghệ xây dựng và phát triển đất nước.

Một số nhận xét và kết luận được rút ra như sau:

Bê tông Geopolymer sử dụng sợi PP có khả năng chống mài mòn cao hơn so với bê tông Geopolymer. Tuy nhiên, cường độ chịu nén của bê tông có nhiều thay đổi biến thiên từ thấp đến cao sau đó lại giảm dần và thấp hơn bê tông Geopolymer. Điều này cho thấy khả năng làm việc của bê tông Geopolymer sử dụng sợi PP chỉ ổn định khi sử dụng cấp phối phù hợp.

Theo kết quả thí nghiệm thì đối với loại sợi PP tỷ lệ (l/d) là 330 thì sử dụng từ tỷ lệ 0,5 đến 2% có cường độ chịu nén ổn định luôn cao hơn so GPC và khả năng chống mài mòn càng lớn. Đối với loại sợi PP tỷ lệ (l/d) là 670; 1170; 1670, tùy theo sự thay đổi tỷ lệ mà có cường độ chịu nén cao hơn hoặc thấp so GPC và khả năng chống mài mòn luôn cao hơn so với bê tông GPC nhưng khi tăng hàm lượng sợi càng cao thì khả năng chống mài mòn có xu hướng giảm lại. Từ đó, nhận thấy sự ảnh hưởng của sợi PP đối với bê tông Geopolymer, có thể giải thích, khi sử dụng sợi PP tỉ lệ (l/d) với một hàm lượng

nhất định thì cường độ chịu nén không chịu tác động do tỷ lệ này thì sợi PP ít chiếm chỗ và phân bố đều hơn trong bê tông Geopolymer. Khi tăng tỉ lệ %, đồng thời tăng tỉ lệ (l/d), thì số lượng sợi PP chiếm chỗ càng cao trong bê tông Geopolymer và xảy ra hiện tượng vón cục do đó hạn chế độ linh động của bê tông Geopolymer làm cường độ chịu nén càng thấp xuống. Ngoài ra, theo quan sát thí nghiệm khi tỷ lệ (l/d) là 2% thì bề mặt bê tông các loại sợi không còn phân bố đều và chiếm diện tích bề mặt bê tông lớn nên độ mài mòn giảm lại.

- Khi sử dụng sợi bê tông sẽ được tăng hiệu ứng cầu nối giữa các cốt liệu từ đó làm tăng độ mài mòn cho bê tông. Ngoài ra còn hạn chế sự hình thành và phát triển vết nứt đối với kết cấu. Khi chọn chiều dài sợi lớn và phù hợp thì khả năng liên kết neo giữa các cốt liệu sẽ tốt hơn, ngoài ra làm giảm độ rỗng trong cấu trúc bê tông, giúp cho bê tông ít bị thâm nhập từ các yếu tố bên ngoài.

- Trong phạm vi đề tài nghiên cứu của đề tài lựa chọn ra hai trường hợp để có thể tham khảo:

+ Sử dụng sợi PP (tỷ lệ: l/d là 670) có HLS 1% phù hợp cho các kết cấu công trình yêu cầu tăng cường độ chịu nén của bê tông GPC, đồng thời đảm bảo về khả năng chống mài mòn.

+ Sử dụng sợi PP (tỷ lệ: l/d là 1170) có HLS 1% phù hợp cho các kết cấu công trình chỉ xét đến yếu tố đảm bảo về cường độ chịu nén nhưng khả năng chống mài mòn là cao nhất.

Ứng dụng đề tài: Do đề tài ngay từ ban đầu chọn cấp phối tương đối thấp đối với cường độ chịu nén nên đối với vật liệu nghiên cứu trong đề tài chỉ phù hợp cấu kiện bê tông không chịu lực.

5.2. Hướng phát triển đề tài.

Kết quả của nghiên cứu có thể phát triển rộng hơn, đánh giá toàn bộ các yếu tố, không chỉ dừng lại ở bài toán cường độ và độ mài mòn thực nghiệm trên mẫu thử. Có thể mở rộng ra cho các cấu kiện công trình, nghiên cứu các

hệ số liên quan đến chất lượng bê tông như cường độ chịu kéo, module đàn hồi, khả năng biến dạng ... góp phần hoàn thiện lý thuyết tính toán, cơ sở khoa học cho một vật liệu mới thân thiện với môi trường nhằm đưa bê tông Geopolymer vào sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng.

Đồng thời để có thể dự đoán nghiên cứu sâu hơn về những khả năng chống chịu trước nhiều yếu tố tác động từ môi trường khác nhau, khi nghiên cứu kết hợp hai yếu tố chống mài mòn và ăn mòn theo thời gian.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. Davidovits, *Geopolymers – Inorganic polymeric new materials*, Journal of Thermal Analysis. 37, pp. 1633–1656, 1991.
- [2] J. Davidovits, *High-alkali Cements for 21st Century Concretes, Concrete Technology: Past, Present and Future*, ACI, Detroit, USA, pp. 383-397, 1994.
- [3] D. Hardjito và B.V. Rangan, *Development and Properties of Low Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete, Research Report GCI*, Faculty of Engineering, Curtin University of Technology, Australia, 2005.
- [4] MM Al.Bakri, *Microstructure study in optimization of high strength fly ash based geopolymer*, in Advanced Material Research, pp. 2173-2180, 2012.
- [5] D. Hardjito, *Studies of fly ash-based geopolymer concrete*, Dept. of Civil Engineering, 2005.
- [6] K.Ramujee, *Abrasion Resistance of Geopolymer Composites*, 3rd International Conference on Materials Processing and Characterisation (ICMPC 2014), pp. 1961-1966, 2014.
- [7] MV. Mohod, *Performance of Polypropylene Fibre Reinforced Concrete*, IOSR-Journal of Mechanical and Civil Engineering, pp. 28-36, 2015.
- [8] N.Ristić, *Abrasion resistance of concrete made with micro fibers and recycled granulated rubber*, Građevinar, Vol.66, No.01, pp. 435-445, 2014.
- [9] Tổng Tôn Kiên và các cộng sự, *Bê tông geopolymer – những thành tựu, tính chất và ứng dụng*, in Hội nghị khoa học kỷ niệm 50 năm ngày thành lập Viện KHCN xây dựng, 2013.
- [10] Nguyễn Văn Dũng, *Nghiên cứu chế tạo bê tông Geopolymer từ tro bay*, tạp chí khoa học và công nghệ Đà Nẵng, Số 5, tr.78-85, 2014.
- [11] Phan Đức Hùng và Lê Anh Tuấn, *Tính chất cơ học của bê tông geopolymer sử dụng tro bay gia cường sợi poly-propylene*. Tạp chí KHCN Xây dựng – số 1/2016, tr.60-67, 2016.
- [12] Phan Đức Hùng và Lê Anh Tuấn, *Nghiên cứu ảnh hưởng của sợi polypropylene và silica fume đến cường độ chịu nén của bê tông*. Tạp chí giao thông, 2015.
- [13] Nguyễn Thị Thu Hương, *Nghiên cứu sử dụng phụ gia để nâng cao độ bền cho bê tông các công trình bảo vệ bờ biển Việt Nam*. Tuyển tập Hội nghị khoa học thường niên, 2013.
- [14] Nguyễn Quang Phú, *Nghiên cứu xác định hàm lượng cốt sợi hợp lý để chế tạo bê tông có khả năng chịu nén và chịu uốn tốt, bền trong môi trường biển*. Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường - số 61, tr.23-29, 2018.

[15] Nguyễn Văn Chánh và Trần Văn Miên, *ngiên cứu chế tạo bê tông cốt sợi trên nền vật liệu xây dựng địa phương*, Hội Nghị Khoa Học và Công Nghệ Lần Thứ 8, Trường Đại Học Bách Khoa TP.HCM, tr.75-82, 2002.

[16] ASTM standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete (C618-05), Annual book of ASTM standards, concrete and aggregates, Vol.04.02 American Society for Testing Materials, 2005.

[17] TCVN 3015:1993, về hỗn hợp bê tông nặng - lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử, 1993.

[18] TCVN 3118:1993, về bê tông nặng – phương pháp xác định cường độ nén, 1993.

[19] TCVN 3114:1993, về Bê tông nặng – phương pháp xác định độ mài mòn, 1993.

[20] V.D.Glukhovshy, *High strength slag alkaline cements*, Proceedings of the seventh international congress on the chemistry of cement, Vol.3, pp.164-168, 1980.

[21] A.C. Institution , *State of the art of high strength concrete*, in ACI Committee 363, 1993

