

Khả năng ứng dụng vật liệu kính tái chế thay thế cốt liệu cát trong kết cấu bê tông

The possibility of applying recycled glass materials to replace sand aggregate in concrete structures

Võ Thị Thùy Trang

Khoa Kỹ thuật, Trường Đại học Kiên Giang.

*Email: vtttrang@vnkgu.edu.vn

■Nhận bài: 17/04/2024 ■Sửa bài: 22/05/2024 ■Duyệt đăng: 16/06/2024

TÓM TẮT

Trữ lượng cát dùng trong sản xuất bê tông ngày càng khan hiếm do khai thác quá mức, ảnh hưởng nghiêm trọng đến tiến độ và chất lượng công trình xây dựng. Đồng thời, lượng rác thải kính từ phế phẩm công nghiệp hay chất thải rắn xây dựng (CTRXD) không ngừng gia tăng, gây ô nhiễm môi trường và chiếm diện tích chôn lấp. Do đó, nhiều nghiên cứu về bê tông kính được thực hiện. Bài báo này sẽ tiến hành phân tích các nghiên cứu đã công bố trên những tạp chí xây dựng uy tín, với mục tiêu: (i) Đánh giá khả năng làm việc của cấu kiện bê tông kính; (ii) Đề xuất hướng nghiên cứu trong tương lai. Các biểu đồ quan hệ giữa ứng suất - biến dạng, giữa tải trọng - chuyển vị đứng sẽ được biểu diễn dựa trên dữ liệu thực nghiệm từ các cột bê tông cốt thép (BTCT) chứa kính tái chế thay thế cát. Chương trình thực nghiệm này nhằm nghiên cứu khả năng làm việc của cột bê tông kính so với cột BTCT thông thường, đồng thời cung cấp giá trị thực tiễn quan trọng trong việc bảo vệ nguồn tài nguyên cát và tận dụng lại nguồn kính thải từ môi trường.

Từ khóa: Kính tái chế, bê tông kính, cốt liệu cát, kính thay cát, thân thiện môi trường.

ABSTRACT

The sand reserves used in concrete production are increasingly scarce due to overexploitation, significantly affecting the progress and quality of construction projects. Concurrently, the amount of glass waste from industrial by-products and construction solid waste (CSW) is continuously increasing, causing environmental pollution and occupying landfill space. Consequently, numerous studies on glass concrete have been conducted. This paper aims to analyze the studies published in reputable construction journals with the objectives of: (i) evaluating the performance of glass concrete components; and (ii) proposing future research directions. Stress-strain and load-displacement relationship diagrams will be presented based on experimental data from reinforced concrete (RC) columns containing recycled glass as a sand replacement. This experimental program aims to investigate the performance of glass concrete columns compared to conventional RC columns, while also providing practical value in conserving sand resources and utilizing recycled glass waste from the environment.

Keywords: Recycled glass, glass concrete, sand aggregate, glass as sand replacement, environmentally friendly.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, các dự án xây dựng có sự giới hạn về không gian, địa điểm xây dựng, vì vậy tốc độ phá dỡ các công trình cũ đang tăng lên, để đáp ứng nhu cầu xây mới này. Điều

đó đã dẫn đến việc phát sinh một lượng lớn chất thải từ việc phá dỡ công trình xây dựng, đây vẫn đề ô nhiễm môi trường ngày càng trở nên nghiêm trọng hơn. Điển hình như Thành phố Hà Nội giai đoạn 2015-2020, phát sinh

và thu gom được trên 2000 tấn/ngày đêm CTRXD [1]. Tuy nhiên, với diện tích sản xây dựng năm 2021, với tải lượng CTRXD phát sinh trong khoảng 0,22-0,41 tấn/m² (trung bình 0,31 tấn/m²) [2] thì lượng CTRXD thực tế tương đương 4186 tấn/ngày đêm năm 2021 và dự báo đạt 9431 tấn/ngày đêm vào năm 2025. Do đó, việc tái sử dụng phế thải từ việc phá dỡ công trình xây dựng là một xu hướng phát triển bền vững – xu hướng tất yếu mà các quốc gia đang hướng đến, đó cũng là giải pháp nhằm bảo tồn nguồn tài nguyên thiên nhiên và giảm không gian cần thiết cho việc xử lý các bãi chôn lấp.

Các phương pháp phân tích và tính toán cho các cấu kiện BTCT luôn luôn được chú trọng và ngày càng được quan tâm nghiên cứu. Trong những thập niên gần đây, các nhà khoa học không ngừng sáng tạo và kiểm chứng để tìm ra các loại cốt liệu mới hay cốt liệu tái chế để thay thế cho các thành phần cốt liệu của bê tông truyền thống đặc biệt là nguồn cốt liệu cát - nguồn tài nguyên đang ngày càng trở nên khan hiếm và đắt đỏ [3].

Các nghiên cứu được ra đời để giải quyết vấn nạn trên. Các nhà khoa học đã áp dụng nhiều phương pháp nghiên cứu khác nhau để nghiên cứu về loại vật liệu kính thay thế cát trong bê tông.

Bài báo này sẽ tiến hành phân tích nội dung của các nghiên cứu trên thực hiện mục tiêu: i) Đánh giá khả năng làm việc của cấu kiện bê tông kính; ii) Đề xuất một mô hình nghiên cứu mang lại giá trị khoa học và thực tiễn trong việc sử dụng kính tái chế thay thế cốt liệu cát trong cấu kiện bê tông.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

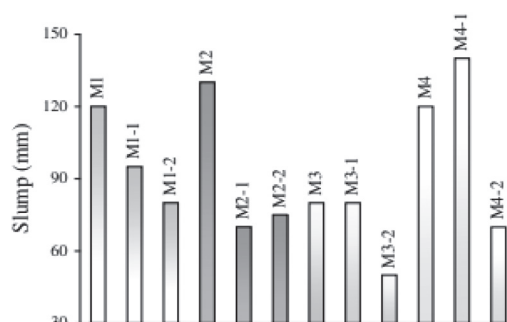
Bài báo sử dụng phương pháp trình bày, phân tích và tổng hợp để sơ lược các nghiên cứu về vật liệu kính tái chế thay thế cát trong cấu kiện bê tông khi sử dụng các phương pháp nghiên cứu khác nhau. Đồng thời đề xuất một phương pháp nghiên cứu thực nghiệm để đánh giá khả năng làm việc của cấu kiện bê tông kính thay thế cấu kiện BTCT thông thường.

Các bài báo được trình bày, phân loại theo các phương pháp nghiên cứu như sau:

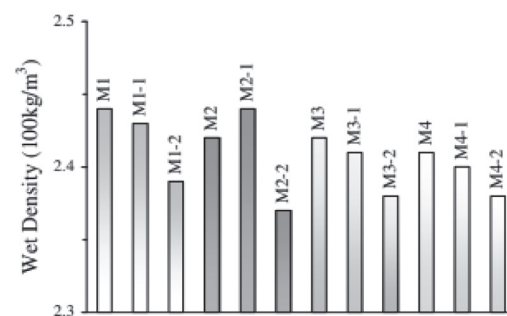
2.1. Các nghiên cứu lý thuyết:

Trong phương pháp nghiên cứu này có nhóm tác giả Bashar Taha và Ghassan Nounu. Họ đã đưa ra một nghiên cứu về tính chất của bê tông chứa hỗn hợp thủy tinh thái màu tái chế làm cát và thay thế xi măng [4]. Ở nghiên cứu này cho ta thấy việc sử dụng thủy tinh tái chế thay thế một thành phần trong bê tông là công nghệ tương đối mới cần được nghiên cứu và điều tra thêm để thúc đẩy ứng dụng này và tự tin giới thiệu thủy tinh tái chế ra thị trường xây dựng như một giải pháp thay thế cho vật liệu thô.

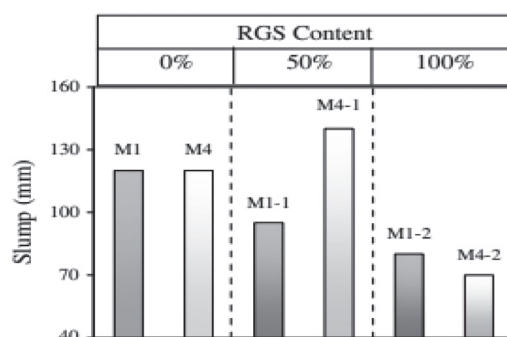
Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở các biểu đồ sau:



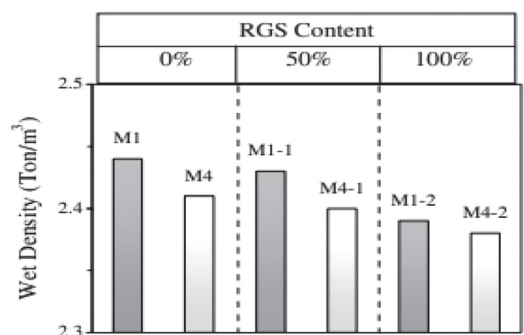
Hình 1. Ảnh hưởng của hàm lượng RGS đến độ sụt [4]



Hình 2. Ảnh hưởng của hàm lượng RGS đến độ ẩm [4]

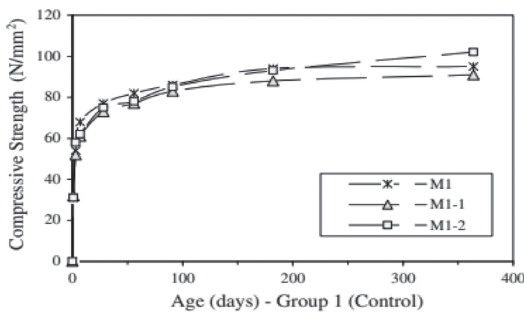


Hình 3. Ảnh hưởng của PGP đến độ sụt [4]

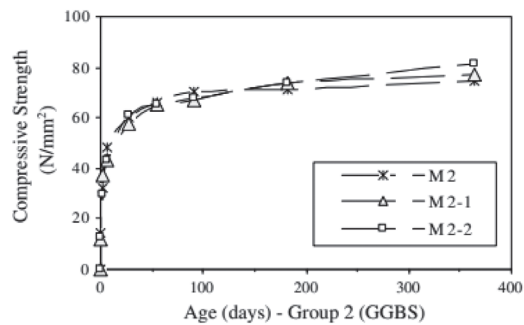


Hình 4. Ảnh hưởng của PGP đến độ ẩm [4]

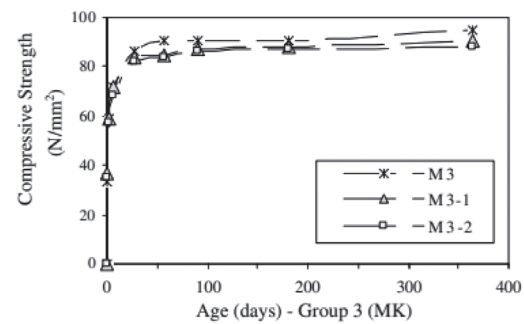
Kết quả được thể hiện ở Hình 1 đến Hình 4 cho thấy: Do bề mặt nhẵn vốn có và khả năng hấp thụ nước của các hạt thủy tinh không đáng kể nên sự có mặt của RGS trong bê tông sẽ làm giảm độ đặc của hỗn hợp bê tông và độ bám dính của các thành phần bên trong bê tông.



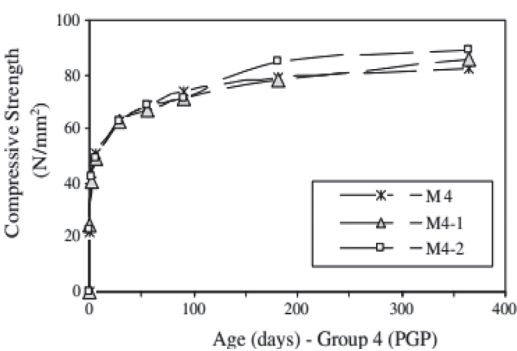
Hình 5. Ảnh hưởng của RGS đến cường độ nén (nhóm 1) [4]



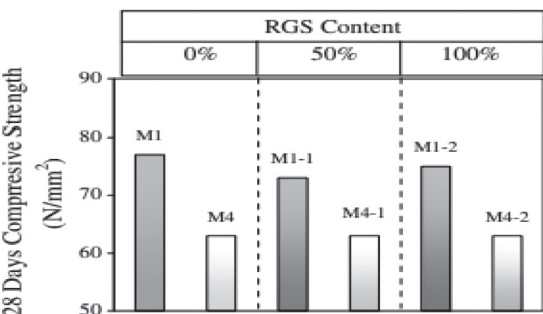
Hình 6. Ảnh hưởng của RGS đến cường độ nén (nhóm 2) [4]



Hình 7. Ảnh hưởng của RGS đến cường độ nén (nhóm 3) [4]



Hình 8. Ảnh hưởng của RGS đến cường độ nén (nhóm 4) [4]



Hình 9. Ảnh hưởng của PGP đến cường độ nén ở tuổi 28 ngày [4]

Thông qua các biểu đồ từ Hình 5 đến Hình 9 cho thấy các vết nứt vốn có của hạt kính thải do quá trình nghiền nát để giảm kích thước hạt là nguyên nhân gây ra việc giảm cường độ của bê tông. Tuy nhiên là một vật liệu không thấm nước, kính tái chế có thể làm giảm tính thấm của hỗn hợp bê tông và có thể tăng cường độ bền cũng như hạn chế sự di chuyển của nước và các ion bê tông hỗn hợp bê tông; Đặc tính kết cấu của hạt kính có thể được cải thiện bằng cách giảm kích thước của hạt thành bột rất mịn.

Một bài báo khác với chủ đề đánh giá một cách có hệ thống về độ bền của bê tông kết hợp kính tái chế [5] của nhóm tác giả Mohammed A. Mansour và cộng sự. Mục đích của bài nghiên cứu này là cung cấp một số hiểu biết có giá trị về việc cải thiện chất lượng bê tông và giảm tác động đến môi trường. Phương pháp của nghiên cứu này dựa trên đánh giá tài liệu có hệ thống (SLR) trong quá trình lựa chọn các nghiên cứu được xem xét để đánh giá và tổng hợp kiến thức về ảnh hưởng của thủy tinh tái chế (RG) đến độ bền của bê tông.

Một nghiên cứu của nhóm tác giả Ahmad Shayan và Aimin Xu về giá trị gia tăng của thủy tinh thải trong bê tông và cách tận dụng

chúng [6]. Họ đề cập đến các khía cạnh tái chế của thủy tinh đựng. Dữ liệu được trình bày của trong bài báo của họ cho thấy tiềm năng lớn trong việc sử dụng thủy tinh thải trong bê tông dưới nhiều hình thức, bao gồm cốt liệu mịn, cốt liệu thô và bột thủy tinh (GLP). Người ta cho rằng dạng thứ hai sẽ mang lại cơ hội lớn hơn nhiều cho việc gia tăng giá trị và thu hồi chi phí vì nó có thể được sử dụng để thay thế cho các vật liệu đất tiền như khói silic (SF), tro bay và xỉ măng. Việc sử dụng GLP trong bê tông sẽ ngăn chặn phản ứng kiềm silica (ASR) mở rộng khi có cốt liệu nhạy cảm. Giải phóng kiềm từ GLP dường như không đủ để gây ra mở rộng ASR có hại. Tăng sức mạnh của mang GLP vừa và bê tông đạt yêu cầu.

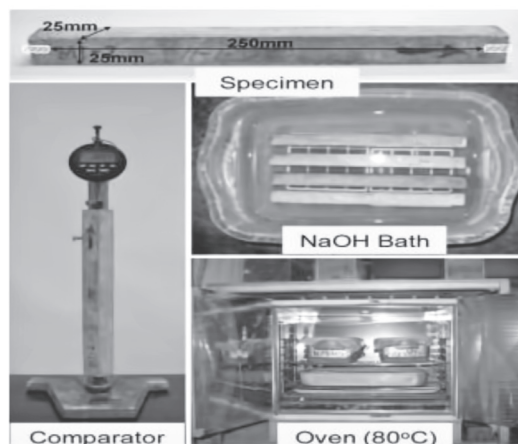
Trong bài nghiên cứu của tác giả K. Zheng về bê tông sử dụng kính tái chế [7]. Ông đã giới thiệu các nguồn thủy tinh thải và cách tái chế thủy tinh thải trong bê tông. Sau đó, tóm tắt các đặc tính mới và tính chất cơ học của bê tông thủy tinh tái chế và thảo luận về việc thủy tinh thải tái chế ảnh hưởng như thế nào đến các đặc tính này. Trình bày chi tiết về độ bền của bê tông thủy tinh tái chế, đặc biệt là khả năng phản ứng kiềm-silica vì đây là mối quan tâm chính đối với bê tông thủy tinh tái chế. Tuy nhiên, các biện pháp hiệu quả có thể được thực hiện để giảm bớt những tác động tiêu cực này. Tính năng của bê tông với bột thủy tinh tương tự như khi trộn với các vật liệu xi măng bổ sung như tro bay, vật liệu nổ đất xỉ lò, vì nó có bản chất là pozzolanic hoặc thậm chí là xi măng. Cốt liệu thủy tinh tái chế có thể được sử dụng an toàn trong bê tông miễn là tiềm năng ASR được giảm thiểu hợp lý. Do mối quan hệ vốn có giữa các thành phần, cấu trúc vi mô và tính chất của bê tông thủy tinh tái chế, cần nhiều nỗ lực hơn để bộc lộ các đặc điểm cấu trúc vi mô của hồ xi măng cứng, với sự có mặt của bột thủy tinh, vùng chuyển tiếp giữa hồ xi măng và cốt liệu thủy tinh, và ảnh hưởng của bột thủy tinh về hydrat hóa và các sản phẩm hydrat hóa.

Nhóm tác giả Pengwei Guo và cộng sự cũng đưa ra một bài báo tổng quan với tiêu đề “Quan điểm mới về tái chế thủy tinh thải trong sản xuất bê tông cho cơ sở hạ tầng dân dụng bền vững” [8]. Thông qua nhiều tranh luận của các nhà nghiên cứu khác nhau, bài báo

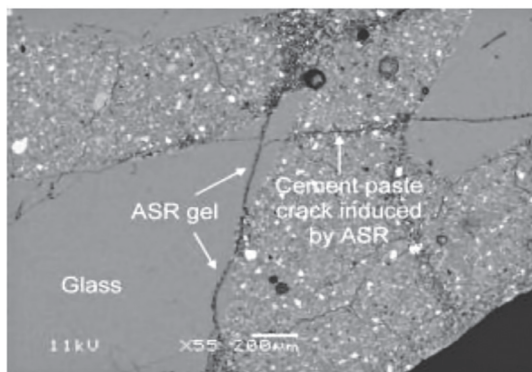
đưa ra các kết luận rằng: Ảnh hưởng của kính đến tính chất tươi của bê tông có liên quan với kích thước, hàm lượng và hình thái hạt thủy tinh. Tổng thể, khả năng chảy được cải thiện bằng cách sử dụng các hạt thủy tinh ở hàm lượng lên tới khoảng 20%-30%. Giới hạn trên tới hạn này phụ thuộc vào kích thước hạt thủy tinh. Đối với kính có đường kính lên tới 100 mm, khả năng chảy tăng theo kích thước hạt. Tác dụng của kính gắn liền với cả hai kích thước hạt và tỷ lệ thay thế. Một chỉ số hạt là được giới thiệu để mô tả hiệu ứng kết hợp của kích thước hạt và tỷ lệ phần trăm thay thế theo xu hướng nén sức mạnh; Việc sử dụng các hạt thủy tinh có thể tinh chỉnh cấu trúc vi mô và giảm tính thấm của bê tông, do đó, cải thiện khả năng chống tấn công sunfat và khả năng chống đóng băng. Tuy nhiên, thủy tinh có thể làm giảm khả năng kháng cacbonat hóa và thúc đẩy mở rộng ASR. Việc mở rộng ASR được liên kết với loại, kích thước và hàm lượng của thủy tinh. Mặc dù có nhiều chiến lược để ngăn chặn sự giãn nở ASR, việc giảm kích thước hạt thủy tinh là một phương pháp đơn giản và hiệu quả.

2.2. Các nghiên cứu thực nghiệm:

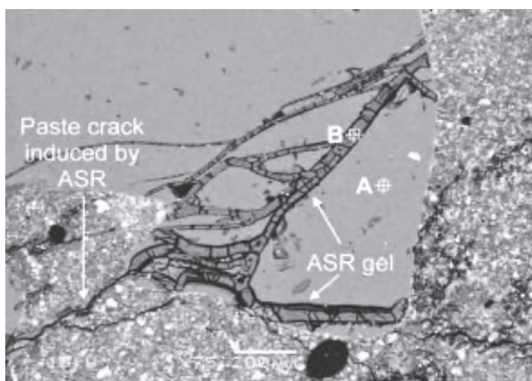
Tác giả Farshad Rajabipour và cộng sự có đưa ra một bài báo nghiên cứu phản ứng kiềm-silica của cốt liệu thủy tinh tái chế trong vật liệu bê tông [9]. Bài báo này trình bày một nghiên cứu sâu hơn về hiện tượng hiệu ứng kích thước bằng cách sử dụng kính hiển vi điện tử quét (SEM)/quang phổ tán sắc năng lượng của vữa chứa các hạt thủy tinh có kích thước khác nhau.



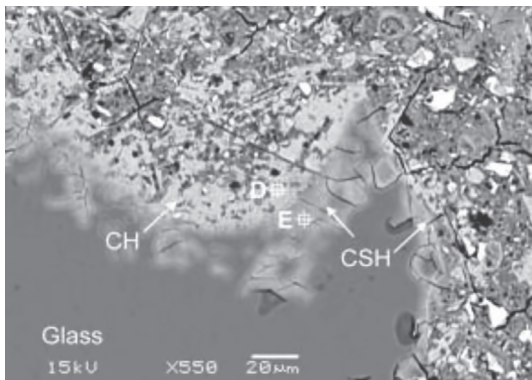
Hình 10. Mô hình thử nghiệm [9]



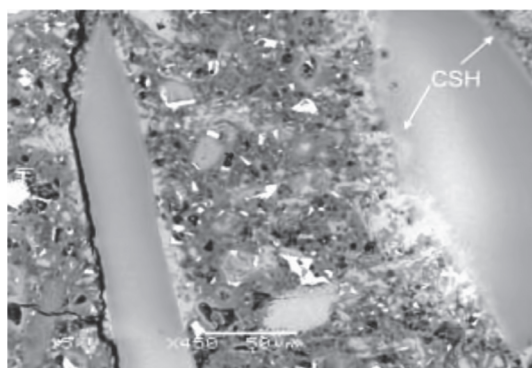
Hình 11. Ảnh vi mô SEM của vữa SEM1 sau 7 ngày tiếp xúc với bể NAOH [9]



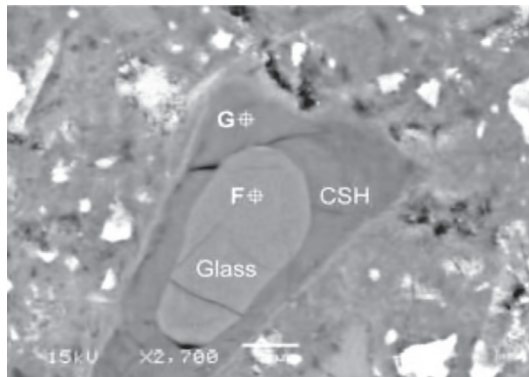
Hình 12. Ảnh vi mô SEM của vữa SEM1 sau 14 ngày tiếp xúc với bể NAOH [9]



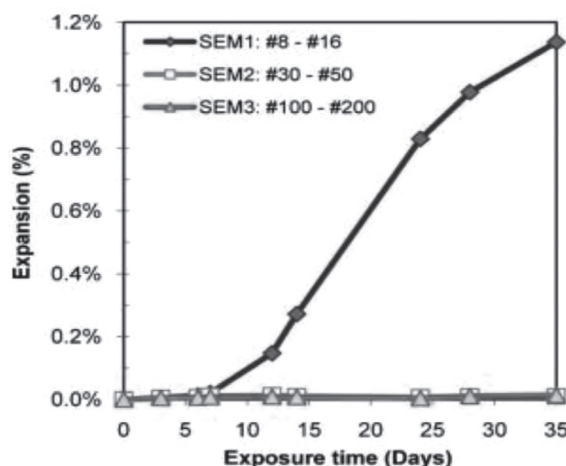
Hình 13. Ảnh vi mô SEM của vữa SEM1 sau 30 ngày tiếp xúc với bể NAOH [9]



Hình 14. Ảnh vi mô SEM của vữa SEM2 sau 14 ngày phơi nhiễm



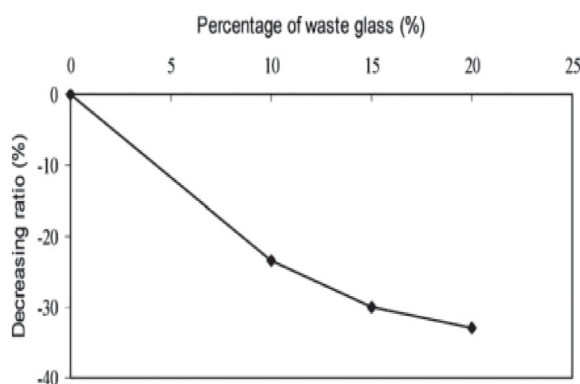
Hình 15. Ảnh vi mô SEM của SEM3 sau 30 ngày phơi nhiễm [9]



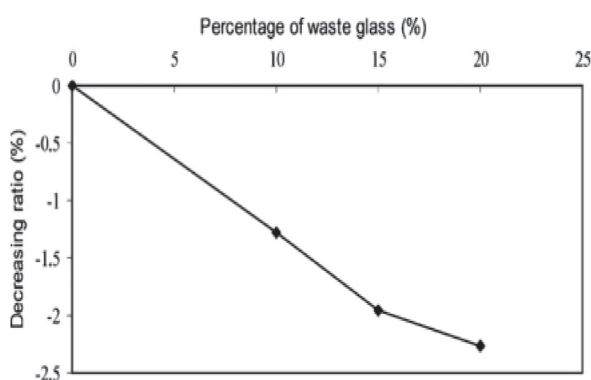
Hình 16. Sự mở rộng của vữa SEM [9]

Ảnh vi mô SEM cho thấy ASR không xảy ra ở bề mặt dán kính; đúng hơn, nó xảy ra bên trong các vết nứt nhỏ tồn tại bên trong các hạt thủy tinh được tạo ra trong quá trình nghiền chai thủy tinh. Các hạt thủy tinh có kích thước lớn hơn cho thấy các vết nứt vi mô lớn hơn và hoạt động mạnh hơn, khiến chúng có khả năng phản ứng kiềm-silica cao.

Nhóm tác giả Z. Z. Ismail và cộng sự [10] đã chỉ ra một nghiên cứu về các tính chất của bê tông chứa thủy tinh thải làm cốt liệu mịn; các đặc tính độ bền và độ giãn nở ASR được phân tích về hàm lượng thủy tinh thải. Thí nghiệm được tiến hành trên tổng khối lượng 80 kg thủy tinh thải đã nghiền nát được sử dụng thay thế một phần cát ở mức 10%, 15% và 20% với 900 kg hỗn hợp bê tông. Kết quả thu được được thể hiện trên các biểu đồ sau:

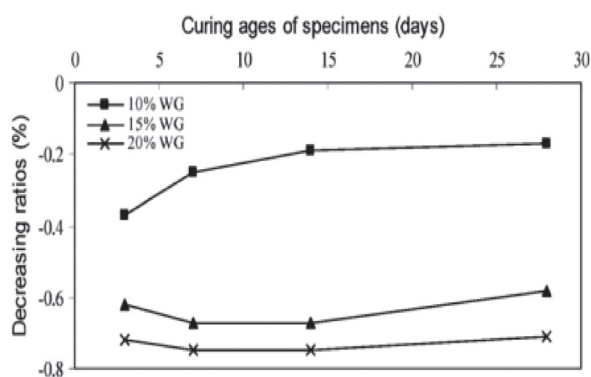


Hình 17. Tỷ lệ giảm trong độ sụt của bê tông [10]



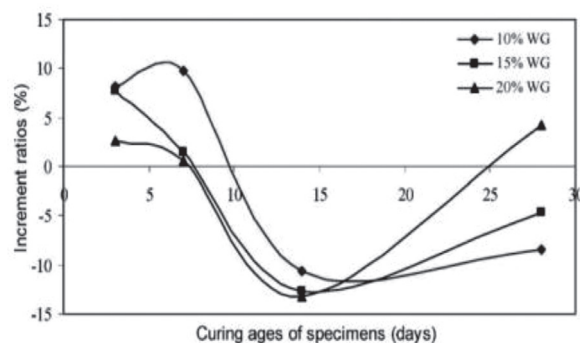
Hình 18. Tỷ lệ mật độ tươi giảm dần [10]

Độ sụt của mẫu bê tông thủy tinh thải giảm dần theo tăng hàm lượng thủy tinh thải, điều này được cho là bị ảnh hưởng bởi hình dạng hạt thủy tinh thải (Hình 13). Bất chấp sự suy giảm và độ sụt của các hỗn hợp này, chúng có khả năng làm việc tốt; Hiệu ứng pozzolanic của thủy tinh thải trong bê tông ngày càng rõ ràng ở tuổi muộn hơn 28 ngày. Tỷ lệ chất thải tối ưu kính cho giá trị cường độ nén và uốn tối đa là 20%; Việc sử dụng thủy tinh phế thải để thay thế một phần cho cốt liệu mịn đã không tạo ra bất kỳ thay đổi đáng chú ý nào về màu bê tông. Kết quả thử nghiệm cũng chỉ ra rằng việc thay thế một phần cát bằng bột thủy tinh thải làm giảm sự giãn nở ASR (Hình 17, 18).

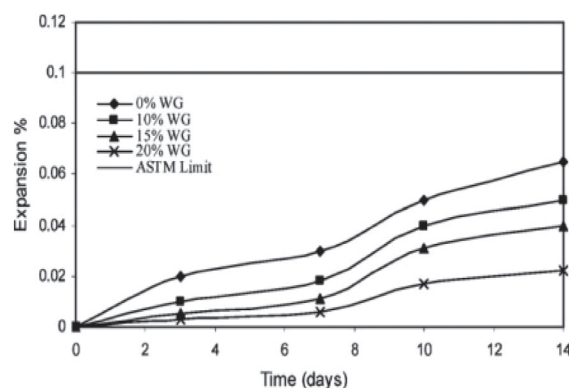


Hình 19. Tỷ lệ giảm mật độ khô [10]

Ngoài ra, hoạt tính cường độ pozzolanic của thủy tinh thải đạt 80% sau 28 ngày cũng được chứng minh trong kết luận của bài báo này. Cường độ uốn và cường độ nén của mẫu có hàm lượng thủy tinh thải 20% lần lượt là 10,99% và 4,23%, cao hơn mẫu đối chứng ở 28 ngày. Các thử nghiệm thanh vữa đã chỉ ra rằng thủy tinh thải được nghiền mịn giúp giảm độ giãn nở tới 66% so với hỗn hợp đối chứng (Hình 20).



Hình 20. Tỷ lệ tăng cường độ nén [10]



Hình 21. Sự mở rộng của các thanh vữa thủy tinh thải [10]

Ưu tiên sử dụng thủy tinh thải được nghiền mịn thay vì cốt liệu mịn có thể tạo ra kết quả đầy hứa hẹn, giả sử rằng hình học sẽ ít đồng nhất hơn. Nghiên cứu này nhằm tìm ra những cách hiệu quả để tái sử dụng thủy tinh thải như cốt liệu mịn trong bê tông. Dữ liệu được trình bày trong bài báo này chứng tỏ rằng có tiềm năng đầy hứa hẹn cho việc sử dụng chất thải kính trong bê tông; có thể xem xét điều tra thêm về ảnh hưởng lâu dài của nó đến tính chất của bê tông.

Xét về tính dẫn nhiệt của bê tông tái chế. Nhóm tác giả Renga Rao Krishnamoorthy và Juvinia Augustine Zujip [11]. Họ đã đưa ra một bài báo với mục đích tìm hiểu độ dẫn

hiệt của bê tông sử dụng vật liệu tái chế nghiền nát thủy tinh như một cốt liệu mịn. Các yếu tố ảnh hưởng đến nhiệt độ dẫn điện của bê tông được nghiên cứu bằng cách sử dụng The Unitherm™ Model 6000 Tấm tản nhiệt có bảo vệ. Dụng cụ đo độ dẫn điện. Tổng cộng có 36 hỗn hợp bê tông được sản xuất với các tỷ lệ xi măng nước khác nhau (0,4 và 0,5).



Hình 22. Thiết lập thử nghiệm Unitherm Model 6000. Dụng cụ tản nhiệt được bảo vệ [11]

Dụng cụ dẫn nhiệt tấm nóng được bảo vệ Thủy tinh tái chế được sử dụng để thay thế cốt liệu mịn trong tỷ lệ 0%, 10%, 20%, 30%, 40% và 50%. Các kết quả thực nghiệm cho thấy rằng xi măng nước tỷ lệ, điều kiện độ ẩm và tỷ lệ tái chế nghiền nát kính của mẫu vật được tiết lộ là yếu tố ảnh hưởng đến độ dẫn điện của bê tông. Bài thí nghiệm kết luận rằng: Độ dẫn nhiệt bậc ba dưới tác động của nước tỷ lệ xi măng của bê tông.

Về vật liệu bê tông nhựa, có một nghiên cứu của nhóm tác giả Nan Su và J.S Chen [12]. Kết quả thử nghiệm cho thấy chất thải thủy tinh là vật liệu khả thi cho bê tông nhựa đã được sử dụng rộng rãi trong mặt đường mang lại lợi ích kinh tế và kỹ thuật sâu sắc. Cuộc điều tra kết luận rằng thủy tinh được nghiền thành bột thích hợp có thể được sử dụng để thay thế tìm cốt liệu cho hỗn hợp bê tông nhựa. Giá trị ổn định của bê tông nhựa làm từ 5–15% thấp hơn giá trị đó bê tông nhựa được chế tạo không cần thêm kính nhưng vẫn nằm trong giới hạn cho phép được chỉ định trong yêu cầu mã liên quan. Bổ sung lượng thích hợp vôi, khoảng 2% trọng lượng, vào hỗn hợp có thể làm tăng độ ổn định giá trị của

bê tông nhựa do đó được thực hiện. Bê tông nhựa được làm từ vật liệu tái chế kính tạo ra phản xạ ánh sáng đầy đủ giúp tăng cường khả năng hiển thị ban đêm.

Nhóm tác giả Hongjian Du và Kiang Hwee Tan cũng đã đưa ra một nghiên cứu về bê tông với thủy tinh tái chế làm cốt liệu mịn [13]. Ở nghiên cứu này, họ đã sử dụng kính tái chế để thay thế cho cát trong bê tông với tỉ lệ thay thế là 0%, 25%, 50%, và 100%. Các đặc tính của mẫu bê tông đã được thử nghiệm ở trạng thái tươi và cứng lại ở 03 loại bê tông có cường độ nén 30, 45 và 60 Pa. Nghiên cứu này cho ra kết luận rằng: Thứ nhất, cát thủy tinh không có ảnh hưởng rõ ràng đến tính chất tươi của bê tông mà chỉ giảm nhẹ mật độ tươi đã quan sát thấy hàm lượng không khí tăng nhẹ và độ sụt thay đổi không đáng kể; thứ hai tỉ lệ thay thế lên tới 100% cát thủy tinh không làm giảm đi tính chất cơ lý của bê tông.

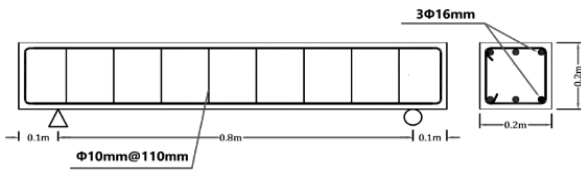
Về bê tông tự lèn được chế tạo từ cốt liệu thủy tinh tái chế là tiêu đề bài báo của nhóm tác giả S. C. Kou và C. S. Poon [14]. Họ đã tiến hành một nghiên cứu thực nghiệm thay thế vụn thủy tinh cho cát sông theo tỉ lệ 10%, 20% và 30%, đá granit 10mm 5%, 10% và 15% trong hỗn hợp SCC. Để ngăn chặn phản ứng kiềm-silica thì tro bay là một vật liệu được sử dụng trong hỗn hợp bê tông. Kết quả thực nghiệm của nghiên cứu cho thấy rằng độ sụt, tỷ lệ cán, hàm lượng không khí của hỗn hợp RG-SCC tăng khi hàm lượng thủy tinh tái chế tăng.

Bê tông tự lèn sử dụng kính tái chế cũng được nhóm tác giả Esraa Emam Ali và Sherif H. Al-Tersawy nghiên cứu trong bài báo có tiêu đề “Thủy tinh tái chế thay thế một phần cốt liệu mịn trong bê tông tự lèn” [15]. Mục tiêu bài báo này là nghiên cứu ảnh hưởng của việc sử dụng kính tái chế thay thế một phần cốt liệu mịn, lên các đặc tính tươi và cứng của Bê tông tự lèn (SCC). Họ đã tiến hành thí nghiệm trên 18 hỗn hợp bê tông được sản xuất với hàm lượng xi măng khác nhau (350, 400 và 450 kg/m³) với tỷ lệ W/C là 0,4. Kính tái chế được sử dụng để thay thế cốt liệu mịn theo tỷ lệ 0%, 10%, 20%, 30%, 40% và 50%.

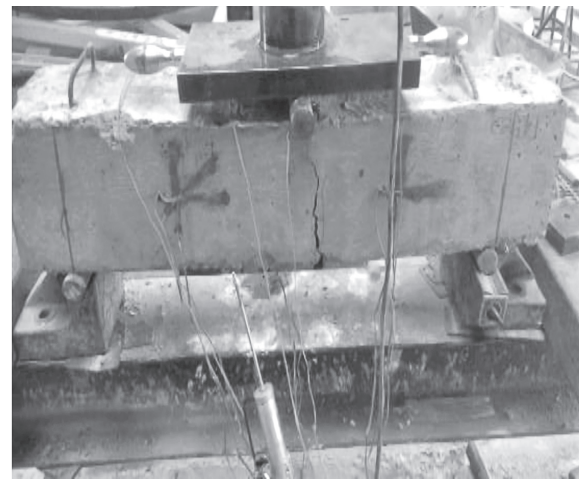
2.3. Các nghiên cứu phương pháp số:

Trong phương pháp nghiên cứu này có nhóm tác giả Kamel Ghouilem và cộng sự [16]. Họ đã đưa ra một giao diện mô hình hóa ANSYS và đặc tính từ biến của ma trận bê tông trên bột thủy tinh thái dưới ứng suất tĩnh không đổi. Họ đưa ra dự đoán về đặc tính từ biến của ma trận bê tông dựa trên bột thủy tinh thái trong thời gian 2000 giờ chịu tải và mô tả quy trình mô hình hóa luật từ biến cơ bản và đã trình bày các vật thể mô phỏng tiếp xúc giữa các hạt bằng phần mềm ANSYS.

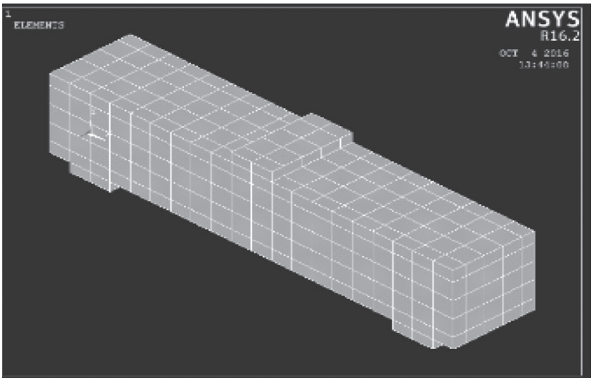
Nhóm tác giả Abubaker M Alamleeh và cộng sự [17] đã đưa ra một nghiên cứu với tiêu đề “Đặc tính kết cấu của dầm bê tông cốt thép làm bằng thủy tinh và gạch men thái đã chọn lọc”. Trong nghiên cứu này, họ đã tiến hành việc so sánh giữa dầm bê tông thông thường và dầm bê tông được chế tạo bằng cách thay thế cát và sỏi thông thường ở tỷ lệ 25% và 50%. Các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm được xác minh bằng mô hình Phần tử hữu hạn cho ba loại bê tông cốt thép bằng phần mềm ANSYS.



Hình 23. Kiểm tra tải trọng và điều kiện biên trên dầm [17]



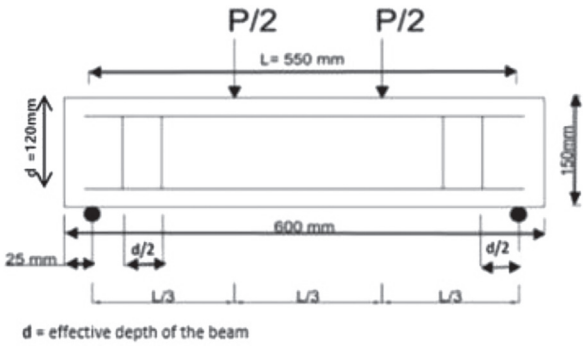
Hình 24. Mô hình thí nghiệm [17]



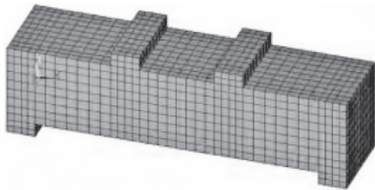
Hình 25. Mô hình dầm 3d bằng ANSYS [17]

Kết luận của bài báo cho biết hành vi của các mô hình phần tử hữu hạn được biểu thị bằng biểu đồ tải trọng - độ võng ở giữa nhịp cho thấy sự phù hợp thỏa đáng với dữ liệu thực nghiệm, đặc biệt đối với bê tông Loại A từ các thử nghiệm dầm toàn diện. Tuy nhiên, các mô hình phần tử hữu hạn cho thấy độ cứng cao hơn một chút so với dữ liệu thực nghiệm ở cả phạm vi tuyến tính và phi tuyến. Ảnh hưởng của các vết nứt xảy ra trong dầm thực tế được loại trừ trong các mô hình phần tử hữu hạn, góp phần làm cho mô hình phần tử hữu hạn có độ cứng cao hơn; b) Tải trọng cực hạn thu được từ các phân tích phần tử hữu hạn luôn cao hơn tải trọng cực hạn quan sát được trong thí nghiệm kết quả, với sự khác biệt từ 10% đến 30% đối với các loại bê tông khác nhau.

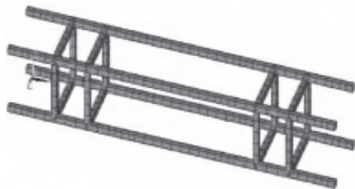
“Hoạt động của dầm bê tông geopolymer chứa cốt liệu thải thủy tinh và đá vôi thay thế một phần cát tự nhiên” là tiêu đề nghiên cứu của nhóm tác giả Sundis M.S. Taher và cộng sự [18]. Trong nghiên cứu này, 126 mẫu bê tông geopolymer đã được tạo ra để nghiên cứu các tính chất cơ học của bê tông geopolymer với tỷ lệ thay thế cát là 0–15% trọng lượng với bước tăng 5%. Ngoài ra, bảy dầm sâu bê tông geopolymer cốt thép có kích thước 600.150.150 mm đã được đúc theo hỗn hợp bê tông và hiệu suất của chúng đã được kiểm tra trong thử nghiệm uốn bốn điểm theo tiêu chuẩn ASTM C78/C78M xem xét tỷ lệ thay thế cát là 0–15%. Hơn nữa, sự mất đi cường độ khi sử dụng cốt liệu thủy tinh phế thải ít hơn 15% khi so sánh với bê tông địa polyme với đá vôi thái. Trong khi đó, thay thế 5–15% cát bằng cốt liệu thải dẫn đến khả năng chịu tải của dầm sâu giảm trung bình 19%.



Hình 26. Mô hình thí nghiệm [18]



Hình 27. Lưới PTHH của dầm sử dụng tám phần tử rắn SOLID65 [18]



Hình 28. Mô hình thanh thép sử dụng phần tử đường 2 nút [18]

Bài báo đưa ra các kết luận: Trong dầm bê tông geopolymere có đá vôi thải, tải trọng cuối cùng giảm trong khoảng 7–25% bằng cách tăng hàm lượng cốt liệu thải từ 5% lên 15% khi thay thế cát; Từ đặc tính lệch tải, dầm sâu có cốt liệu thủy tinh thải cho thấy khả năng chịu tải thấp hơn so với dầm không có cốt liệu thải 30% khi thay thế 5–15% cát bằng chất thải này; Năng lượng biến dạng của dầm sâu chứa đá vôi thải được cải thiện khi tăng hàm lượng cốt liệu thải này từ 5% lên 15%.

Nhóm tác giả T. Thevega và cộng sự đã đưa ra một nghiên cứu sử dụng kính tái chế trong các phần tử xây dựng phi cấu trúc để cải thiện hiệu suất chữa cháy [19]. Nghiên cứu này nhằm mục đích thúc đẩy việc sử dụng thủy tinh thải làm vật liệu composite với vật liệu polymer trong các ứng dụng phi kết cấu như tường nội thất và ngoại thất trong các tòa nhà. Trong khi lựa chọn vật liệu polyme, cần

phải tập trung vào hiệu suất nhiệt vì hiệu suất cơ học vì polyme rất yếu và rất dễ cháy khi chịu tải nhiệt. Hiệu suất nhiệt có thể được đánh giá bằng phân tích thực nghiệm hoặc số. Mục đích của họ là sử dụng các công cụ số được sử dụng để nghiên cứu hiệu suất nhiệt. Phân tích số được thực hiện bằng cách sử dụng mô phỏng động lực học chất lỏng tính toán (CFD) để mô phỏng thử nghiệm khả năng cháy của vật liệu composite.

2.4. Đề xuất mô hình nghiên cứu:

Dựa vào các nghiên cứu được xem xét ở trên, ta thấy được rằng: Bê tông có thành phần cốt liệu kính có khả năng làm việc tương đối tốt và ổn định. Để chứng minh thêm cho tính khả thi của công tác thay thế kính thải cho cốt liệu mịn trong các cấu kiện bê tông, tác giả đề xuất một nghiên cứu với chủ đề *Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử nén đúng tâm của cột vuông BTCT có thành phần cốt liệu kính thay thế cát*.

Cột có thông số kích thước là 200x200x1200 (mm) và thành phần kính thay thế cát lần lượt là 10%, 50%, 100%. Đồng thời, khảo sát các tham số thay đổi về đường kính cốt thép dọc, khoảng cách bố trí cốt đai ứng với một tỷ lệ kính thay thế cát nhất định. Hàm lượng cốt thép được đề xuất như Bảng 2.

Bảng 1. Thông số thiết kế cốt thép cột

Ký hiệu	Hàm lượng kính thay cát (%)	Thép dọc	Thép đai
C1	0	4 ϕ 8	ϕ 6a200
C2	100	4 ϕ 8	ϕ 6a200
C3	50	4 ϕ 8	ϕ 6a200
C4	10	4 ϕ 8	ϕ 6a200
C5	10	4 ϕ 10	ϕ 6a200
C6	10	4 ϕ 8	ϕ 6a100
C7	10	4 ϕ 8	Gối: ϕ 6a100 Nhíp: ϕ 6a200



Hình 29. Mô hình thí nghiệm cột được đề xuất

Mục tiêu chủ yếu của nghiên cứu này được cụ thể như sau:

1) Xây dựng biểu đồ quan hệ giữa ứng suất và biến dạng, giữa tải trọng và chuyển vị đứng, biểu đồ hình thành và phát triển vết nứt qua các cấp tải;

2) Nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số như: Hàm lượng kính tái chế thay thế cát trong bê tông, phân bố cốt đai trong cột BTCT, hàm lượng cốt thép chịu lực ảnh hưởng như thế nào đến ứng xử của cột vuông BTCT khi chịu nén đúng tâm.

Ý nghĩa của nghiên cứu này sẽ mang lại:

1) Góp phần làm sáng tỏ ứng xử nén đúng tâm của cột vuông BTCT và đưa ra nhận định xem xét, so sánh được tính khả thi hay bất khả thi khi thay thế cột vuông BTCT sử dụng kính tái chế cho cột vuông BTCT truyền thống;

2) Bằng phương pháp thực nghiệm, nghiên cứu sẽ đưa ra được một số nhận xét về mặt kỹ thuật nên có ý nghĩa thực tiễn trong việc thiết kế cột vuông BTCT. Ngoài ra còn nêu rõ được ứng suất biến dạng tại các vị trí nguy hiểm của cột nhằm bố trí cốt thép hợp lý.

Việc đề xuất một nghiên cứu thực nghiệm nén đúng tâm cột BTCT sử dụng cốt liệu kính thay thế cát góp phần làm rõ hơn về sự làm việc của bê tông kính trong cấu kiện cột. Đưa ra một nghiên cứu có ý nghĩa to lớn trong việc ngăn chặn sự suy kiệt nguồn tài nguyên cát và việc tái sử dụng lại cốt liệu kính thải giải quyết được phần nào mối quan ngại về ô nhiễm môi trường.

3. KẾT LUẬN

Qua việc trình bày và phân tích các nghiên cứu liên quan đến vật liệu kính tái chế thay thế cốt liệu cát trong bê tông qua các phương pháp nghiên cứu khác nhau, có thể kết luận rằng:

1) Kích cỡ của vật liệu kính có thể làm ảnh hưởng đến đặc tính bền của bê tông đồng thời ảnh hưởng đến tính thấm nước của bê tông;

2) Tính dẫn điện và dẫn nhiệt của bê tông bị ảnh hưởng bởi hàm lượng kính tái chế trong bê tông. Nghiên cứu chỉ ra rằng, kính tái chế có tính khả thi rất cao khi sử dụng cho việc chế tạo bê tông cách nhiệt đặc biệt là ở những nước nhiệt đới;

3) Bê tông nhựa có thành phần vật liệu kính tái chế mang lại giá trị sử dụng thật sự. Bên cạnh đó, bê tông tự lèn sử dụng cốt liệu kính tái chế thay thế cốt liệu mịn thông qua các tranh luận cũng cho thấy rằng sự thành công của nghiên cứu khi các chỉ tiêu đánh giá đều đạt mức ổn định

4) Các kiểm chứng bằng phương pháp PTHH cũng cho thấy rằng khả năng làm việc của cấu kiện bê tông không bị ảnh hưởng nhiều bởi thành phần cốt liệu thay thế. Thay vào đó, vật liệu kính tái chế thay thế cốt liệu mịn trong bê tông phần nào cũng làm trì hoãn vết nứt trong cấu kiện. Đồng thời bê tông kính cũng mang một số ưu điểm ưu việt đáng để nghiên cứu và sử dụng lâu dài.

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, chúng tôi xin chân thành cảm ơn Quỹ đổi mới sáng tạo Vingroup – Viện nghiên cứu Dữ liệu lớn đã tài trợ nghiên cứu cho nhóm tác giả. Chúng tôi cũng xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đối với Ban lãnh đạo Trường Đại học Xây dựng Miền Tây và Trường Đại học Kiên Giang – nơi chúng tôi đang công tác đã tạo điều kiện thuận lợi để nhóm tác giả hoàn thành tốt nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Báo cáo Hiện trạng môi trường Hà Nội giai đoạn 2015-2020.
- [2] Sở Xây dựng, Báo cáo số 1558/SXD-HT

- của Sở XD về công tác quản lý CTRXD trên địa bàn thành phố HN trong năm 2020.
- [3] H. Q. Gia và T. K. Kiên, “Thực trạng khai thác sử dụng cát tự nhiên tại Việt Nam và nghiên cứu tính chất cát biển tại một số vùng biển Việt Nam”, *Tap chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường*, số 66, tr.151-156, 2019.
- [4] B. Taha, and G. Nounu, “Properties of concrete contains mixed colour waste recycled glass as sand and cement replacement”, *Construction and Building Materials*, Volume 22, 5, pp. 713-720, 2008.
- [5] M.A. Mansour, M. H. B. Ismail, Q. B. A. Imran Latif, A. F. Alshalif, A. Milad, and W. A. A. Bargi, “A systematic review of the concrete durability incorporating recycled glass”, *Sustainability*, 15(4), 2023.
- [6] A. Shayan, and A. Xu, “Value-added utilisation of waste glass in concrete”. *Cement and concrete research*, 34(1), pp. 81-89, 2004.
- [7] K. Zheng, “Recycled glass concrete”, In *Eco-efficient concrete*, Woodhead publishing, pp. 241-270, 2013.
- [8] P. Guo, W. Meng, H. Nassif, h. Gou, and Y. Bao, “New perspectives on recycling waste glass in manufacturing concrete for sustainable civil infrastructure”, *Construction and Building Materials*, 257, 119579, 2020.
- [9] F. Rajabipour, H. Maraghechi, and G. Fischer, “Investigating the alkali-silica reaction of recycled glass aggregates in concrete materials”. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22(12), pp. 1201-1208, 2010.
- [10] Z. Z. Ismail, and E. A. Al-Hashmi, “Recycling of waste glass as a partial replacement for fine aggregate in concrete”, *Waste management*, 29(2), 655-659, 2009.
- [11] R. R. Krishnamoorthy, and J. A. Zujip, “Thermal conductivity and microstructure of concrete using recycle glass as a fine aggregate replacement”. *Int. J. Adv. Res. Technol*, 3, 463-471, 2013.
- [12] N. Su, and J. S. Chen, “Engineering properties of asphalt concrete made with recycled glass”, *Resources, conservation and recycling*, 35(4), pp. 259-274, 2002.
- [13] D. Hongjian, and T. H. Kiang, “Concrete with recycled glass as fine Aggregates”, *ACI materials journal*, pp. 47-57, 2014.
- [14] S. C. Kou, and C. S. Poon, “Properties of self-compacting concrete prepared with recycled glass aggregate”, *Cement and Concrete Composites*, 31(2), pp. 107-113, 2009.
- [15] E.E.Ali, and S. H. Al-Tersawy, “Recycled glass as a partial replacement for fine aggregate in self compacting concrete”, *Construction and Building Materials*, 35, pp. 785-791, 2012.
- [16] K. Ghouilem, R. Mehaddene, J. Ghouilem, M. Kadri, and D. Boulifa, “ANSYS modeling interface and creep behavior of concrete matrix on waste glass powder under constant static stress”, *Materials Today: Proceedings*, 49, pp. 1084-1092, 2022.
- [17] A. M. Alamleeh, S. M. Shitote, and T. Nyonboi, T, “Structural Behaviour of Reinforced Concrete Beams Made of Selected Waste Glass and Ceramic Tiles”. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 15(2), pp. 123-135, 2024.
- [18] S. M. Taher, S.T. Saadullah, J. H. Haido, and B. A Tayeh, “Behavior of geopolymer concrete deep beams containing waste aggregate of glass and limestone as a partial replacement of natural sand”, *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00744, 2021.
- [19] T. Thevega, J. A. S. C. Jayasinghe, C. S. Bandara, D. Robert, and S. Setunge,). “Use of Recycled Glass in Non-structural Building Elements for Improved Fire Performance”. In *International Conference on Sustainable Built Environment* , pp. 509-518. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022.