



Tạp chí điện tử
Khoa học và Công nghệ Giao thông
Trang website: <https://jstt.vn/index.php/vn>



Article info

Type of article:

Review paper

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2025.vn.5.2.1-9>

***Corresponding author:**

Email address:

giangnth@utt.edu.vn

Received: 10/01/2025

Received in Revised Form:
02/04/2025

Accepted: 11/04/2025

Use of recycled aggregates from construction waste in roller compacted cement concrete in Vietnam

Nguyen Thi Huong Giang*, Le Nho Thien, Tran Thanh Ha, Nguyen Thi Thanh Tam, Dao Phuc Lam

University of Transport Technology, 54 Trieu Khuc, Ha Noi 100000, Viet Nam

Abstract: As the world's population increases, along with increasingly strong construction activities in countries, a lot of non-degradable construction waste is generated, causing environmental pollution and occupying a lot of landfill space. On the other hand, the construction of new works has used millions of tons of materials each year, especially natural aggregates. Therefore, the source of natural materials is gradually becoming exhausted, while the source of construction waste is constantly increasing. Therefore, many technologies for recycling construction waste into aggregates for concrete production have been applied in many countries around the world. The article presents a new research direction using recycled aggregates from construction waste to produce roller-compacted cement concrete in road construction in Vietnam. The content of the article only stops at theoretical analysis of an orientational nature, requiring further practical testing.

Keywords: roller compacted cement concrete (RCC), recycled aggregates (RA), construction waste.



Nghiên cứu sử dụng cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng cho bê tông xi măng đầm lăn ở Việt Nam

Thông tin bài viết

Dạng bài viết:

Bài báo tổng quan

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2025.vn.5.2.1-9>

Tác giả liên hệ:

Địa chỉ Email:

giangnth@utt.edu.vn

Ngày nộp bài: 10/01/2025

Ngày nộp bài sửa: 02/04/2025

Ngày chấp nhận: 11/04/2025

Nguyễn Thị Hương Giang*, Lê Nho Thiện, Trần Thanh Hà, Nguyễn Thị Thanh Tâm, Đào Phúc Lâm

Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, 54 Triều Khúc, Hà Nội 100000, Việt Nam

Tóm tắt: Khi dân số thế giới ngày càng tăng, cùng với các hoạt động xây dựng ngày càng phát triển mạnh ở các quốc gia đã tạo ra nhiều chất thải xây dựng, không phân hủy được, gây ô nhiễm môi trường và chiếm nhiều diện tích chôn lấp. Mặt khác, việc xây dựng mới các công trình đã sử dụng hàng triệu tấn vật liệu mỗi năm, đặc biệt là cốt liệu tự nhiên. Chính vì thế, nguồn vật liệu tự nhiên dần trở nên cạn kiệt, trong khi nguồn phế thải xây dựng không ngừng tăng lên. Do đó, nhiều công nghệ tái chế phế thải xây dựng thành cốt liệu cho sản xuất bê tông đã được áp dụng ở nhiều nước trên thế giới. Bài báo trình bày một hướng nghiên cứu mới sử dụng cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng chế tạo bê tông xi măng đầm lăn trong xây dựng đường ô tô ở Việt Nam. Để bổ sung cho các phân tích lý thuyết mang tính định hướng mà nội dung bài báo đề cập, cần thực hiện thêm các thử nghiệm thực tế.

Từ khóa: bê tông xi măng đầm lăn, cốt liệu tái chế, phế thải xây dựng.

1. Đặt vấn đề

Ngành xây dựng cơ bản không chỉ tiêu thụ một lượng lớn tài nguyên thiên nhiên mà còn tạo ra khối lượng đáng kể chất thải rắn. Chất thải này được tạo ra từ các công trình xây dựng mới, sửa chữa và tháo dỡ, giải phóng mặt bằng, làm đường, đào đất và san lấp (Hình 1). Sự gia tăng nhanh chóng của lượng phế thải xây dựng (PTXD) đang gây ra những vấn đề nghiêm trọng như ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng tới cảnh quan đô thị. Theo số liệu thống kê, chất thải xây dựng chiếm khoảng 25–34% tổng lượng chất thải rắn đô thị tại các quốc gia phát triển, trong khi tỷ lệ này còn cao hơn tại các quốc gia đang phát triển [1].

Trên thế giới, hơn 10 tỷ tấn chất thải xây dựng được tạo ra mỗi năm, trong đó, khoảng 2300 tấn từ Trung Quốc, 800 tấn từ Liên minh Châu Âu,

700 tấn từ Hoa Kỳ, Ấn Độ tạo ra 150 - 500 triệu tấn và một lượng lớn từ các quốc gia khác trên thế giới [2, 3].



Hình 1. Quá trình phá dỡ và nghiền phế thải xây dựng

Ở Việt Nam, theo báo cáo Môi trường Quốc gia về quản lý chất thải rắn do Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành năm 2023, tổng lượng chất thải rắn đô thị trung bình khoảng 60.000 tấn/ngày, trong đó phế thải xây dựng chiếm khoảng 10–12%. Riêng tại Hà Nội, qua số liệu điều tra và khảo sát

của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, mỗi ngày phát sinh từ 8.000 - 10.000 tấn chất thải rắn xây dựng, nhưng chỉ một số lượng ít được đưa vào các bãi chôn lấp, còn lại đa phần đổ lẫn vào rác thải sinh hoạt, đổ trộm ra các bãi đất trống, ao hồ..., ảnh hưởng đến cảnh quan, gây tình trạng ô nhiễm môi trường, đặc biệt là ô nhiễm bụi [4]

Mặt khác, việc xây dựng cơ sở hạ tầng đường bộ tiêu thụ hàng triệu tấn vật liệu mỗi năm, đặc biệt là cốt liệu. Lượng cốt liệu cần thiết cho một km đường bê tông có thể vượt quá 15.000 tấn [5]. Chính vì thế, nguồn vật liệu tự nhiên dần trở nên cạn kiệt, có tác động rất lớn đến chi phí xây dựng cũng như môi trường, trong khi lượng phế thải xây dựng ngày càng tăng lên.

Với lượng lớn phế thải xây dựng sẵn có, nhiều quốc gia trên thế giới đã bắt đầu tái chế chất thải này trở thành một trong những vật liệu xây dựng quan trọng [6]. Tái chế phế thải xây dựng có ý nghĩa quan trọng trong việc giảm tiêu thụ vật liệu xây dựng tự nhiên, giảm nhu cầu về không gian cần thiết cho bãi chôn lấp [7]. Do đó, việc sử dụng cốt liệu tái chế ảnh hưởng đáng kể tới kinh tế và môi trường [8]. Đây là giải pháp quan trọng hướng tới tính bền vững vì nó tạo ra vật liệu xây dựng thân thiện với môi trường [9]. Đặc biệt, một số nước như Mỹ, Úc,... đã nghiên cứu và ứng dụng công nghệ bê tông đầm lăn sử dụng phế thải xây dựng trong xây dựng đường ô tô đạt hiệu quả cho việc giữ gìn môi trường tự nhiên, giảm khí thải CO₂, tận dụng nguồn vật liệu phế thải, giảm diện tích chôn lấp và chi phí xây dựng.

Chính vì vậy, hướng nghiên cứu trên sẽ phù hợp với thực trạng xây dựng công trình ở Việt Nam, giải quyết vấn đề xử lý nguồn phế thải xây dựng đang được Chính phủ quan tâm trong những năm gần đây.

2. Phế thải xây dựng

Rác thải xây dựng còn được gọi là phế thải xây dựng là thuật ngữ chỉ tất cả các vật chất dư thừa, bị loại bỏ từ quá trình xây dựng, sửa chữa hoặc phá dỡ các công trình. Đây là loại rác có nhiều tính chất đặc thù và khó khăn trong việc thu gom, xử lý.

2.1. Đặc điểm của phế thải xây dựng

Phế thải xây dựng có những đặc điểm sau:

- Đa dạng: phế thải xây dựng được tạo ra từ các vật liệu sử dụng trong công trình khi thi công, sửa chữa nên có sự đa dạng về tính chất, hình dạng, cấu trúc.

- Kích thước, trọng lượng lớn: Phế thải từ công trường thường có kích thước lớn, trọng lượng nặng nên cần có các biện pháp thu gom và vận chuyển chuyên biệt.

- Tính cơ học đặc thù: Loại phế thải này thường tồn tại ở dạng các mảnh vật liệu có cấu trúc cứng, sắc,... Quá trình xử lý cần trang bị bảo hộ đầy đủ, đúng tiêu chuẩn để đảm bảo an toàn cho con người và thiết bị.

- Khả năng tái chế: Một số loại PTXD như sắt, thép, gỗ,... có thể tái chế giảm sử dụng vật liệu tự nhiên và giảm thiểu ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường.

- Nguy cơ ô nhiễm: Phế thải xây dựng nếu quản lý và xử lý không đúng cách có thể gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe cộng đồng.

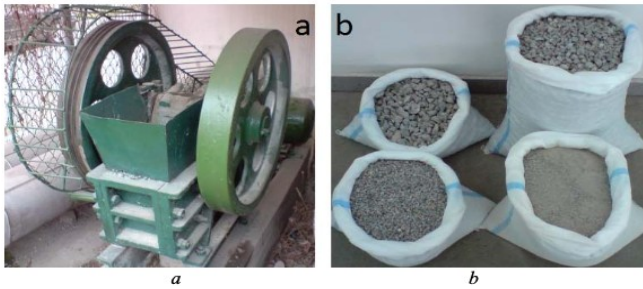
2.2. Quy trình sản xuất cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng

Tiến hành thu gom, loại bỏ chỉ giữ lại vật liệu chính có trong phế thải xây dựng là bê tông xi măng, sau đó, bằng cách áp dụng các công nghệ tái chế phù hợp, việc tạo ra cốt liệu tái chế (CLTC) mở ra khả năng thay thế hiệu quả cốt liệu tự nhiên trong sản xuất bê tông [10].

Việc sản xuất cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng tương đối đơn giản, không yêu cầu thiết bị đặc biệt. Trong trường hợp phá dỡ công trình, trước khi nghiền phế thải xây dựng nên loại bỏ cốt thép và các vật liệu khác [11].

Quá trình sản xuất CLTC từ PTXD không khác nhiều so với quá trình sản xuất cốt liệu nghiền tự nhiên, cùng một thiết bị có thể được sử dụng để nghiền, phân loại và lưu trữ cốt liệu tái chế [10]. Quá trình đó được thực hiện như sau:

- CLTC thu được bằng cách nghiền phế thải xây dựng bằng máy nghiền được trình bày trong Hình 2.



Hình 2. Máy nghiền vật liệu (a) và cốt liệu tái chế thu được (b) [10]

- Để kiểm soát tốt việc phân loại đường kính, CLTC được gia công theo hai giai đoạn nghiền [10]:

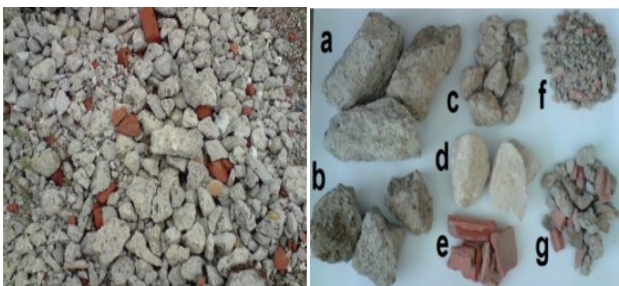
+ Giai đoạn một: sử dụng máy nghiền hàm và thiết bị sàng, bê tông vỡ được nghiền thành hỗn hợp dạng hạt có kích thước từ 31 - 40 mm và được phân loại qua sàng 16/20 mm.

+ Giai đoạn hai: phế thải còn lại trên sàng được đưa đến máy nghiền, tại đó sẽ thu được đường kính lớn nhất yêu cầu của CLTC.

2.3. Các đặc tính kỹ thuật của cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng

2.3.1. Thành phần hạt

Thành phần hạt của cốt liệu thô hay cốt liệu mịn là một trong các chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản ảnh hưởng đến chất lượng và khả năng chịu lực của cốt liệu. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng khối lượng thể tích của CLTC thay đổi từ 2 Mg/m³ - 2,65 Mg/m³. Sự thay đổi về khối lượng thể tích chủ yếu là do vữa xi măng bám vào bề mặt cốt liệu [12]. Hình 3 cho thấy các loại vật liệu thu được từ nghiền phế thải xây dựng và Bảng 1 trình bày kích thước của các loại vật liệu thu được từ PTXD.



Hình 3. Các loại cốt liệu thu được từ nghiền phế thải xây dựng [10]

Các loại bê tông xi măng vỡ a và b có thể dễ dàng thu được từ hỗn hợp phế thải xây dựng đã nghiền bằng sàng rung 75 mm. Tuy nhiên, Hình 4

cho thấy ảnh hưởng của bê tông xi măng vỡ loại a trong hỗn hợp nghiền được sử dụng trong việc đắp nền làm thay đổi khả năng chịu lực của các lớp nền đường do sự không đồng đều, ảnh hưởng lớn đến sự phá hủy lớp mặt của kết cấu mặt đường [10].

Bảng 1. Kích thước các loại vật liệu từ nghiền phế thải xây dựng [10]

Loại	Vật liệu	Đường kính (mm)	Xuất hiện trong hỗn hợp
a	Bê tông xi măng vỡ	150-300	Thường xuyên
b	Bê tông xi măng vỡ	75-150	Phổ biến
c	Bê tông xi măng vỡ	40-75	Phổ biến
d	Bê tông xốp chùng áp	40-75	Rất hiếm
e	Gạch vỡ	40-75	Hiếm
f	Đá Ballast + bê tông xi măng vỡ và gạch	0-31.5	Thường xuyên
g	BTXM và gạch vỡ	31.5-40	Thường xuyên



Hình 4. Ảnh hưởng của BTXM vỡ 150-300 mm đến tính đồng nhất của lớp móng [10]

2.3.2. Độ hút nước

Các kết quả thí nghiệm cho thấy độ hút nước của CLTC từ phế thải xây dựng cao hơn độ hút nước của cốt liệu tự nhiên (cát, sỏi) do sự xuất hiện của các vật liệu xốp (vữa, gạch) dính bám xung quanh các hạt CLTC [13, 14]. Độ hút nước của CLTC từ 3% - 10%, độ hút nước của cốt liệu tự nhiên nhỏ hơn 3% so với CLTC [13]. Ngoài ra, độ hút nước của CLTC mịn khoảng 10%, cao hơn so với CLTC thô [13].

2.3.3. Độ rỗng

Các nghiên cứu cho thấy CLTC có tỉ lệ lỗ rỗng cao hơn cốt liệu tự nhiên. Kết quả thí nghiệm

độ rỗng của CLTC là 14,86%, cao hơn nhiều so với cốt liệu tự nhiên có giá trị khoảng 3% [15]. Giá trị độ rỗng cao do sự hiện diện của vữa xi măng bao bọc các hạt CLTC.

2.3.4. Độ mài mòn Los Angeles

Thí nghiệm độ mài mòn Los Angeles đánh giá khả năng chống lại lực mài mòn và lực va đập của cốt liệu. Các kết quả thí nghiệm cho thấy độ mài mòn Los Angeles của CLTC từ PTXD có giá trị là 25% [13, 16].

2.3.5. Thí nghiệm CBR

Thí nghiệm CBR đánh giá cường độ của cốt liệu trong xây dựng đường. Theo kết quả nghiên cứu, thời gian ngâm 4 ngày ít ảnh hưởng đến giá trị CBR. Theo kết quả báo cáo tại Úc, thí nghiệm CBR được tiến hành trên các mẫu thu thập ở ba thời điểm cách nhau vài tháng, các giá trị CBR nằm trong khoảng 118 – 160 % và đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật tối thiểu là 80 % của Cơ quan quản lý đường bộ địa phương của Úc đối với lớp móng [13].

2.3.6. Cường độ chịu cắt

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu cắt đối với CLTC khô và ướt cho thấy giá trị góc ma sát trong thoát nước là 39° [17]. Một nghiên cứu khác đã tiến hành các thí nghiệm cắt trực tiếp ba trục trên CLTC cho thấy cường độ kết dính biểu kiến là 62 kPa và góc ma sát trong thoát nước là 46° [18].

2.3.7. Mô đun đàn hồi

Thí nghiệm ba trục (RLT) dùng để đo mô đun đàn hồi và biến dạng do tải trọng xe chạy gây ra [19]. Mô đun đàn hồi phụ thuộc các yếu tố như độ ẩm, thành phần hạt, loại tải trọng, loại cốt liệu, nhiệt độ, % hạt mịn, độ bão hòa... Thí nghiệm RLT thực hiện với CLTC, nhựa đường tái chế và cốt liệu tự nhiên dùng cho lớp móng, kết quả cho thấy CLTC có biến dạng ít nhất [19, 20].

3. Các nghiên cứu về bê tông đầm lăn sử dụng PTXD trên thế giới và ở Việt Nam

Sử dụng cốt liệu tái chế là một giải pháp thay thế bền vững cho cốt liệu tự nhiên (CLTN) do có sẵn khối lượng lớn. PTXD bị bỏ lại trong bãi chôn lấp gây ra các vấn đề nghiêm trọng về môi trường và việc nâng cao giá trị của nó đã trở thành một

nhu cầu kinh tế xã hội trong giải pháp tiếp cận kinh tế tuần hoàn sáng tạo.

3.1. Trên thế giới

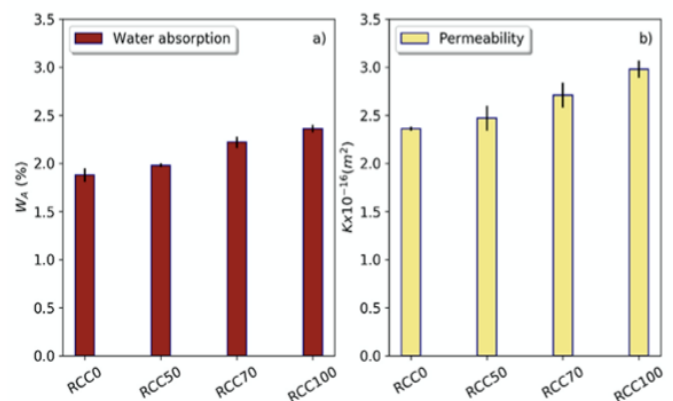
Trong bối cảnh phát triển bền vững và nhu cầu giảm thiểu tác động tiêu cực của ngành xây dựng đến môi trường sinh thái, nghiên cứu về bê tông đầm lăn (BTĐL) sử dụng CLTC đã trở thành một hướng đi quan trọng được nhiều quốc gia quan tâm.

Các nghiên cứu đã tập trung vào việc cải thiện tính chất cơ học, khả năng làm việc và độ bền của BTĐL khi sử dụng CLTC từ PTXD, đồng thời đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố như loại phế thải, tỉ lệ cốt liệu tái chế và điều kiện thi công đến hiệu suất của BTĐL. Những kết quả nghiên cứu này không chỉ đóng góp vào việc phát triển công nghệ BTĐL có thể triển khai rộng rãi trong xây dựng đường giao thông và kết cấu hạ tầng mà còn thúc đẩy quá trình chuyển đổi sang các giải pháp xây dựng thân thiện với môi trường và kinh tế hơn.

Các kết quả thí nghiệm về tính chất vật lý và cơ học của BTĐL sử dụng CLTC [21, 22, 23, 24] cho thấy:

- Cốt liệu tái chế có thể được sử dụng rất tốt trong BTĐL: hàm lượng hạt mịn rất nhỏ, khối lượng riêng 2634 kg/m³, độ hút nước 4,58% và hệ số LA bằng 25% [23].

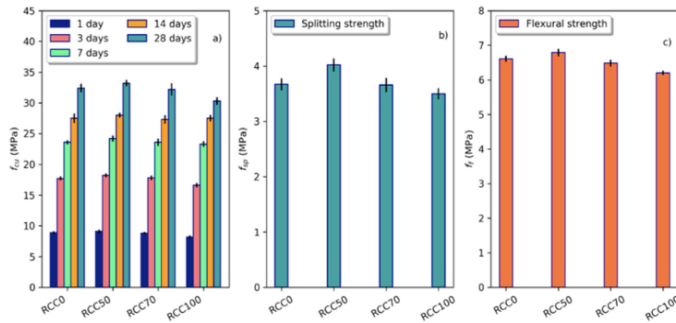
- BTĐL sử dụng CLTC với các tỷ lệ lần lượt là 50%, 70% và 100% có độ hút nước tăng theo tỷ lệ của CLTC, tăng tính thấm, giảm độ đặc của bê tông được thể hiện ở Hình 5 [21, 22, 23, 24].



Hình 5. Tính chất vật lý: (a) độ hút nước, (b) tính thấm [21]

- Việc thay thế 100% cốt liệu lớn tự nhiên

bằng cốt liệu tái chế ít ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của bê tông, cường độ nén chỉ giảm 6%. Sự giảm cường độ chịu kéo và uốn rõ rệt hơn, giảm khoảng 10%, được thể hiện ở Hình 6. Như vậy, tính chất cơ học của bê tông với các tỷ lệ cốt liệu tái chế bị giảm tương đối ít so với BTĐL đối chứng.



Hình 6. Tính chất cơ học: a) cường độ chịu nén, b) cường độ chịu kéo, c) cường độ chịu uốn của BTĐL [20]

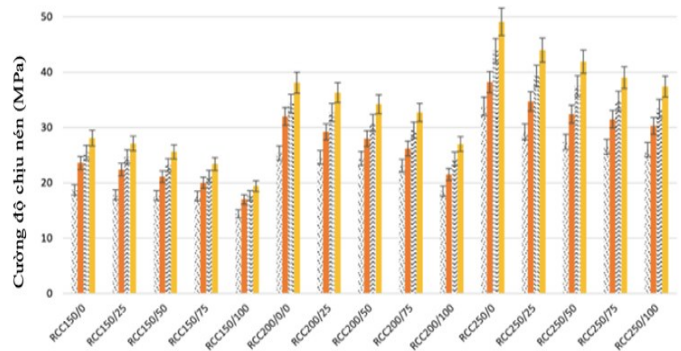
- Khuyến nghị có thể sử dụng tỷ lệ CLTC lên đến 50% không ảnh hưởng tiêu cực đến đặc tính vật lý và cơ học của BTĐL [21]. Ngoài ra, khi tăng hàm lượng xi măng trong hỗn hợp sẽ làm tăng tính chất cơ học của BTĐL [22]. Độ chặt của bê tông đầm lặn từ cốt liệu tự nhiên và cốt liệu tái chế tương đương, tuy nhiên cường độ chịu nén của BTĐL sử dụng cốt liệu tự nhiên cao hơn [23].

- Việc sử dụng cốt liệu tái chế không ảnh hưởng đến sự phát triển của cường độ theo thời gian. Cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo ở các ngày tuổi được trình bày ở Hình 7 và Hình 8 có thể được ước tính bằng cách sử dụng các mô hình phân tích sự phát triển như với bê tông sử dụng cốt liệu tự nhiên [21].

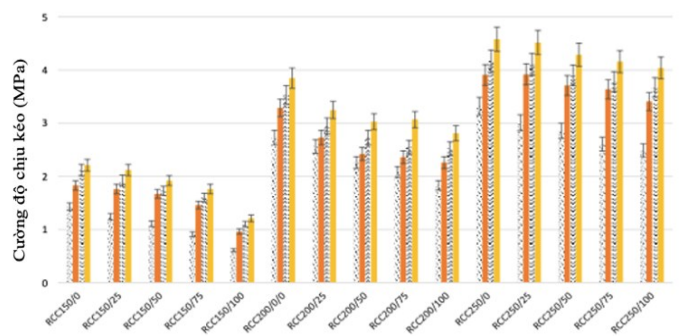
- Thí nghiệm rung (VWT) cho kết quả tương tự như thí nghiệm Protot cải tiến. Điều này rất hữu ích khi đánh giá các tính chất cơ học của BTĐL [23].

- Các nghiên cứu cho thấy việc ứng dụng mặt đường bê tông đầm lặn sử dụng cốt liệu tái chế là hiệu quả, có thể dùng làm lớp móng, vỉa hè, đường giao thông có lưu lượng thấp,... [21, 22, 23, 24]. Theo kết quả thí nghiệm, cường độ chịu nén có thể đạt được 20 MPa với hàm lượng xi măng 12%. Như vậy, cường độ chịu nén giảm được thể hiện

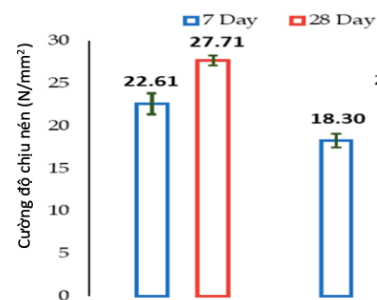
trong Hình 9 nhưng vẫn đủ khả năng chịu lực cho các công trình [24].



Hình 7. Cường độ nén của BTĐL [22]



Hình 8. Cường độ chịu kéo của BTĐL [22]



Hình 9. Thí nghiệm cường độ chịu nén của BTĐL [24]

Như vậy, từ góc độ kỹ thuật, BTĐL tái chế có thể đạt được các tính chất cơ học tương đương với bê tông truyền thống nếu được thiết kế và kiểm soát theo quy định. Bên cạnh đó, việc áp dụng công nghệ này góp phần giảm chi phí xây dựng nhờ sử dụng các vật liệu có sẵn từ phế thải xây dựng, xử lý được một lượng lớn phế thải xây dựng, giảm ô nhiễm môi trường đồng thời rút ngắn thời gian thi công nhờ công nghệ bê tông đầm lặn hiện đại.

3.2. Tại Việt Nam

Ở Việt Nam, một số nhóm chuyên gia đã thực hiện nhiều nghiên cứu phân tích tiềm năng tái

sử dụng của phế thải xây dựng lấy từ các nguồn phá dỡ công trình khác nhau tại thành phố Hà Nội [25, 26, 27, 28].

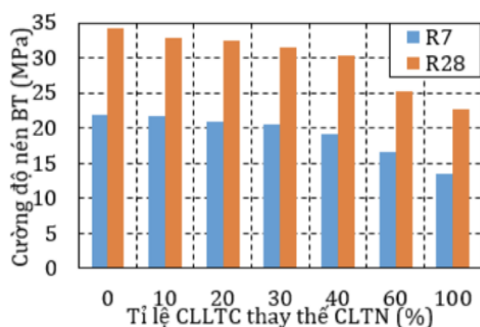
- Với phương pháp thí nghiệm đúc mẫu trong phòng, các tác giả đã tiến hành nghiên cứu sự thay đổi cường độ của bê tông sử dụng cốt liệu lớn thu được từ bê tông phế thải, từ đó so sánh với khả năng ứng dụng của loại bê tông này trong xây dựng đường bê tông nông thôn, làm móng đường [25, 27].

- Cốt liệu nhỏ tái chế sử dụng từ các nguồn bê tông và vữa xây dựng khác nhau sau khi gia công có thành phần hạt và mô đun độ lớn phù hợp với cốt liệu thô [26].

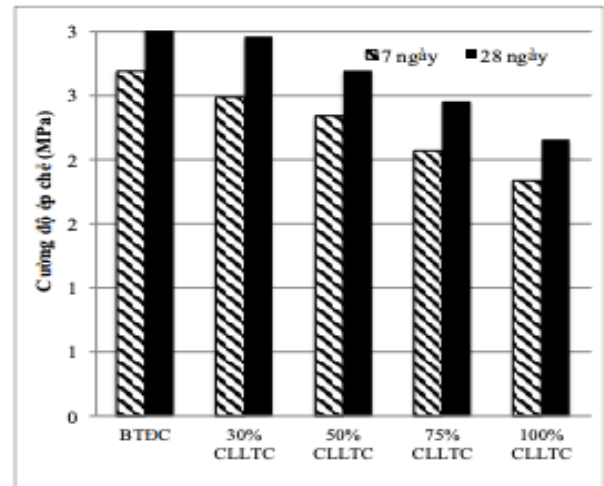
- Sau khi gia công, cốt liệu nhỏ có thành phần hạt phù hợp với kích thước hạt mịn theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9205–2012, có độ rỗng và độ hút nước lớn hơn so với cát xây dựng [26].

- Kết quả thí nghiệm cho thấy nếu lượng cốt liệu tái chế thay thế cốt liệu tự nhiên ở mức dưới 30% thì cường độ bê tông bị giảm đi nhưng không đáng kể so với bê tông đối chứng. Khi lượng cốt liệu tái chế tăng lên, cường độ của bê tông giảm rõ rệt nhưng vẫn đáp ứng được cường độ yêu cầu khi xây dựng đường nông thôn hoặc làm móng đường được thể hiện trong Hình 10 và Hình 11 [25, 27].

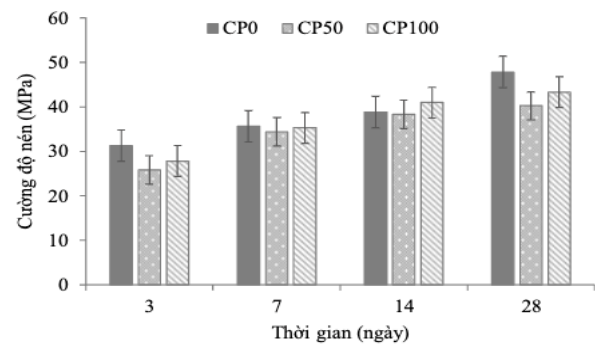
Tiềm năng sử dụng cốt liệu tái chế có nguồn gốc từ phế thải xây dựng do phá dỡ công trình cũ đã được nhiều nghiên cứu khẳng định, với khả năng thay thế một phần hoặc toàn bộ đá tự nhiên trong bê tông mà vẫn đảm bảo cường độ được thể hiện trong Hình 12 [25, 26, 27, 28]. Trong thực tế, việc phân loại cốt liệu tái chế trước khi sử dụng là yếu tố cần thiết để kiểm soát chất lượng bê tông.



Hình 10. Ảnh hưởng của cốt liệu lớn tái chế tới cường độ nén của bê tông [25]



Hình 11. Ảnh hưởng của hàm lượng CTTC đến cường độ ép chế của BTĐL [27]



Hình 12. Sự phát triển cường độ nén của bê tông theo thời gian [28]

3.2.3. Công nghệ bê tông đầm lăn sử dụng cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng ở Việt Nam

Ở Mỹ, công nghệ BTĐL được áp dụng trong công tác xây dựng đường nhờ những ưu điểm như thi công đơn giản, tiêu thụ ít xi măng, có thể sử dụng phế thải công nghiệp và sản phẩm phụ, từ đó giảm chi phí xây dựng và rút ngắn thời gian thi công so với công nghệ bê tông xi măng truyền thống. Tuy nhiên, ở Việt Nam, công nghệ BTĐL mới chỉ được ứng dụng trong xây dựng các công trình đập thủy lợi và một số đoạn đường thử nghiệm. Ngoài ra, công nghệ tái chế PTXD để thay thế cốt liệu tự nhiên trong bê tông đầm lăn còn khá mới và chưa được nghiên cứu và áp dụng nhiều trong các công trình đường giao thông tại Việt Nam.

Do đó, với các hiệu quả về kinh tế và kỹ thuật mà nhiều nước trên thế giới thu được từ việc tái chế phế thải xây dựng thành cốt liệu trong sản xuất

bê tông như giảm thiểu phần lớn nguồn phế thải khó xử lý tại các đô thị, giảm ô nhiễm môi trường, tránh được nguy cơ cạn kiệt nguồn vật liệu tự nhiên trong xây dựng đường ô tô, giảm giá thành xây dựng thì việc triển khai công nghệ này sẽ có hiệu quả thực tế trong công tác xây dựng đường giao thông ở Việt Nam.

4. Kết luận

Với các nghiên cứu đã được áp dụng tại nhiều quốc gia, nhóm tác giả mong muốn đưa công nghệ tái chế phế thải xây dựng được ứng dụng cho đường giao thông tại Việt Nam. Điều này sẽ không chỉ thuận lợi cho sản xuất bê tông thân thiện với môi trường, mà còn góp phần vào xu hướng phát triển công nghệ tái chế mặt đường bền vững trên thế giới.

Đồng thời, khi áp dụng công nghệ này, một lượng lớn PTXD sẵn có sẽ được tái sử dụng, giải quyết được vấn đề mà Chính phủ đã đưa ra mục tiêu tái chế 60%, đạt được các mục tiêu trong chiến lược quốc gia về quản lý chất thải rắn của Việt Nam đến năm 2025.

Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính cho nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải trong đề tài trọng điểm mã số DTTD2023-08.

Tài liệu tham khảo

- [1] J. Xu, Y. Shi, S. Zhao. (2019). Reverse Logistics Network-Based Multiperiod Optimization for Construction and Demolition Waste Disposal. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(2).
- [2] M.S. Aslam, B. Huang, L. Cui. (2020). Review of Construction and Demolition Waste Management in China and USA. *Journal of Environmental Management*, 264, 110445.
- [3] Mordor Intelligence. (2024). *APAC Industrial Waste Management Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2025 - 2030)*.
- [4] Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2023). Báo cáo hiện trạng môi trường năm 2023.
- [5] R.B. Mallick, M.J. Radzicki, Y.V. Nanagiri, A. Veeraragavan. (2013). The impact of road construction on depletion of natural aggregates and consequence of delay in recycling pavement - key factors in sustainable road construction. *Indian Highways*, 41(12), 61-71.
- [6] M. Contreras-Llanes, M. Romero, M. Jesús Gázquez, J. Pedro Bolívar. (2021). Recycled Aggregates from Construction and Demolition Waste in the Manufacture of Urban Pavements. *Materials*, 14(21), 6605.
- [7] P. Kukadia Vijay. (2019). Study of mechanical properties of concrete with fine and coarse recycled aggregates. A Thesis submitted to Gujarat Technological University for the Award of Doctor of Philosophy in Civil Engineering, Gujarat Technological University, India.
- [8] O. Kessal, L. Belagraa, A. Noui, N. Maafi, A. Bouzid. (2020). Performance Study of Eco-Concrete Based on Waste Demolition as Recycled Aggregates. *Materials International*, 2(2), 123-130.
- [9] R. Cardoso, R.V. Silva, J. de Brito, R. Dhir. (2016). Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review. *Waste Management*, 49, 131-145.
- [10] M.-T. Muscalu, R. Andrei. (2011). Use of recycled aggregates in rigid pavement construction. *Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LVII (LXI), Fasc. 2*, 2011.
- [11] G. Poteraş. (2006). Reciclarea materialelor provenite din reciclări şi dezafectări. *Bucureşti*, 2006.
- [12] V.W.Y. Tam, C.M. Tam. (2009). Parameters for assessing recycled aggregate and their correlation. *Waste Management & Research*, 27(1), 52-58.
- [13] C.S. Poon, D. Chan. (2006). Paving blocks made with recycled concrete aggregate and crushed clay brick. *Construction and Building Materials*, 20(8), 569-577.
- [14] J. Yang, Q. Du, Y. Bao. (2011). Concrete with recycled concrete aggregate and crushed clay bricks. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1935-1945.

- [15] J.M.V. Gómez-Soberón. (2002). Porosity of recycled concrete with substitution of recycled concrete aggregate - An experimental study. *Cement and Concrete Research*, 32(8), 1301-1311.
- [16] M.T. Muscalu, N. Țăranu. (2010). Use of Recycled Materials in Pavement Construction. *The 8th International Symposium on Highway and Bridge Engineering*, Vol. "Technology and Innovation in Transportation Infrastructure", Iași, 2010.
- [17] D. Mckelvey, V. Sivakumar, A. Bell, G. Mclaverty. (2002). Shear strength of recycled construction materials intended for use in vibro ground improvement. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Ground Improvement*, 6(2), 59-68.
- [18] E.M. Rathje, A.F. Rauch, D. Trejo, K.J. Folliard, C. Viyanant, M. Esfellar, A. Jain, M. Ogalla. (2006). Evaluation of crushed concrete and recycled asphalt pavement as backfill for mechanically stabilized earth walls. *Technical Report Documentation Page*, Report No. FHWA/TX-06/0-4177-3.
- [19] W.J. Papp, M.H. Maher, T.A. Bennert, N. Gucunski. (1998). Behavior of Construction and Demolition Debris in Base and Subbase Applications. *Geotechnical Special Publication*, 79, 122-136.
- [20] T. Bennert, W.J. Papp, A. Maher, N. Gucunski. (2000). Utilization of Construction and Demolition Debris under Traffic-Type Loading in Base and Subbase Applications. *Transportation Research Record*, 1714(1), 33-39.
- [21] A. Kheirbek, A. Ibrahim, M. Asaad, G. Wardeh. (2022). Experimental Study on the Physical and Mechanical Characteristics of Roller Compacted Concrete Made with Recycled Aggregates. *Infrastructures*, 7(4), 54.
- [22] H. Hosseinneshad, D. Hatungimana, Ş. Yazıcı, K. Ramyar. (2021). Mechanical properties of roller compacted concrete containing recycled concrete aggregate. *Revista de la Construcción*, 20(2), 277-290.
- [23] L. Courard, F. Michel, P. Delhez. (2010). Use of concrete road recycled aggregates for Roller Compacted Concrete. *Construction and Building Materials*, 24(3), 390-395.
- [24] W.R.A.N. Jayantha, W.K. Mampearachchi. (2021). Use of Demolished Concrete Waste for Resurfacing of Low Volume Roads in Sri Lanka Using Roller Compacted Concrete (RCC) Technology. *Engineer*, LIV, 39-47.
- [25] Đ.Q. Huy, H.Đ. Phúc, B.A. Thắng, N.T.H. Trang, C.T. Anh. (2020). Nghiên cứu khả năng ứng dụng bê tông sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải để làm đường bê tông nông thôn. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, 61(6), 66-73.
- [26] T.H. Nhân, Đ.Đ. Thắng. (2022). Nghiên cứu các tính chất cơ lý của cốt liệu nhỏ tái sử dụng từ phế thải xây dựng của các công trình. *Tạp chí Kinh tế - Công nghiệp*, 29+30, 1/2022.
- [27] T.T.B. Thảo, N.T. Dũng. (2022). Nghiên cứu một số đặc tính cơ học của bê tông đầm lăn sử dụng cốt liệu lớn tái chế từ bê tông phế thải. *Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải*, 73(9), 879-889.
- [28] N.T. Quang, T.V. Cường, N.N. Tân, N.H. Tân, N.H. Giang. (2021). Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của tỷ lệ sử dụng cốt liệu lớn tái chế đến sự phát triển cường độ nén và mô đun đàn hồi của bê tông theo thời gian. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 15(1V), 48-59.