

Nghiên cứu cường độ chịu nén của vữa và bê tông sử dụng cốt liệu vỏ hào thay thế cát sông

Lê Hoài Bảo^{1*}, Ngô Văn Thức¹, Võ Trung Kiên²

¹ Trường Đại học Xây dựng Miền Tây, tỉnh Vĩnh Long, Việt Nam

² Công ty Cổ phần Đầu tư CADIF, Cần Thơ, Việt Nam

TỪ KHOÁ

Vỏ hào
Cát sông
Bê tông
Vữa
Vật liệu bền vững

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng cốt liệu vỏ hào nghiền thay thế một phần cát sông đến cường độ chịu nén của vữa và bê tông. Các mẫu vữa có tỷ lệ thay thế cát sông gồm 0 %, 5 %, 10 %, 15%; mẫu bê tông chọn tỷ lệ tối ưu 15%. Kết quả cho thấy, đối với vữa, cường độ nén ở 28 ngày cao nhất tại tỷ lệ thay thế 15%. Đối với bê tông, mặc dù độ sụt giảm (~37,5%), nhưng cường độ nén ở 28 ngày vẫn tương đương với mẫu đối chứng. Sự ổn định về cường độ được xác định nhờ bề mặt nhám của vỏ hào và thành phần CaCO_3 tham gia phản ứng hóa học. Nghiên cứu mở ra tiềm năng ứng dụng phế thải vỏ hào trong sản xuất vật liệu xây dựng bền vững tại Việt Nam.

KEYWORDS

Portland cement concrete
Rigid concrete pavement
Recycled sugarcane bagasse
Sugarcane bagasse ash
Sugarcane bagasse fiber

ABSTRACT

This study evaluates the effect of using crushed oyster shell aggregate as a partial replacement for river sand on the compressive strength of mortar and concrete. Mortar specimens were prepared with river sand replacement rates of 0%, 5%, 10%, and 15%; the concrete mixture used the optimal 15% replacement level. The results indicate that, for mortar, the highest 28-day compressive strength was achieved at a 15% replacement level. For concrete, although the slump decreased by approximately 37.5%, the 28-day compressive strength remained comparable to that of the control mixture. The stability in compressive strength was attributed to the rough surface texture of the oyster shells and the contribution of CaCO_3 to secondary chemical reactions. This research highlights the potential of using oyster shell waste as a sustainable material in construction applications in Vietnam.

1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây, ngành xây dựng Việt Nam đang phát triển mạnh mẽ, kéo theo nhu cầu khổng lồ về cốt liệu cho sản xuất bê tông và vữa, đặc biệt là cát sông. Theo thống kê của Bộ Xây dựng, mỗi năm Việt Nam tiêu thụ khoảng 130 triệu m^3 cát xây dựng, trong đó chủ yếu là cát khai thác từ sông [1]. Việc khai thác cát sông quá mức đã dẫn đến nhiều hệ lụy nghiêm trọng: sạt lở bờ sông, xói lở đất canh tác, suy giảm mực nước ngầm, phá hủy hệ sinh thái thủy sinh, và gia tăng chi phí xây dựng do khan hiếm vật liệu [2]. Cốt liệu xây dựng bao gồm cát chế tạo vữa và bê tông, hiện nay mỗi năm nước ta có nhu cầu sử dụng khoảng 120 triệu m^3 cát cốt liệu. Theo báo cáo tại hệ thống cơ sở dữ liệu Quy hoạch: hiện nay trên toàn quốc có 559 cơ sở khai thác, chế biến cát xây dựng được cấp phép đang hoạt động với công suất đạt 28,985 triệu m^3 /năm. Như vậy mới đáp ứng 24,2 % nhu cầu hàng năm [3]. Đặc biệt, tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long, nơi tập trung nhiều công trình hạ tầng trọng điểm và nuôi trồng thủy sản, vấn đề thiếu hụt cát xây dựng đã trở nên cấp bách, buộc các địa phương phải tìm kiếm giải pháp thay thế bền vững.

Trong khi đó, ngành nuôi trồng thủy sản tại Việt Nam – đứng thứ ba thế giới về sản lượng – lại đang thải ra khối lượng lớn vỏ nhuyễn thể, trong đó có vỏ hào [4]. Sản lượng hào nuôi của Việt Nam tăng khá nhanh từ 792 tấn năm 2002 lên 2.743 tấn năm 2007 và 25.000 tấn năm 2014 [5]. Phần lớn vỏ hào thải ra môi trường gây ô nhiễm, mất mỹ quan, tốn chi phí xử lý và làm phát sinh khí độc hại nếu để lâu ngày [6]. Đây vừa là vấn đề môi trường cấp bách, vừa là nguồn tài nguyên phế thải tiềm năng cho ngành xây dựng nếu được tận dụng hợp lý. Tuy nhiên, tại Việt Nam, các nghiên cứu ứng dụng vỏ hào vào sản xuất vữa và bê tông còn hạn chế. Các vấn đề về ảnh hưởng của vỏ hào đến tính công tác, sự phát triển cường độ nén theo thời gian chưa được quan tâm. Đặc biệt, chưa có nghiên cứu nào đánh giá hệ thống cả hai vật liệu – vữa xi măng và bê tông – khi sử dụng vỏ hào nghiền thay thế cát sông, cũng như so sánh sự phát triển cường độ nén giữa hai cấp vật liệu này.

Xuất phát từ những vấn đề trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng cốt liệu vỏ hào nghiền thay thế một phần cát sông đến cường độ chịu nén của vữa và bê tông. Nghiên cứu tập trung khảo sát các tỷ lệ thay thế khác nhau, xác định hàm lượng tối ưu, đồng thời phân tích nguyên nhân ảnh

*Liên hệ tác giả: lehoibaio@mtu.edu.vn

Nhận ngày 17/10/2025, sửa xong ngày 30/10/2025, chấp nhận đăng ngày 31/10/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.01.2026.1155>

hướng đến sự phát triển cường độ. Kết quả nghiên cứu không chỉ có ý nghĩa khoa học mà còn mang giá trị thực tiễn cao, góp phần mở ra hướng đi mới trong việc tái sử dụng phế thải từ ngành thủy sản vào sản xuất vật liệu xây dựng xanh tại Việt Nam.

2. Vật liệu sử dụng

2.1. Xi măng

Trong nghiên cứu này, xi măng Poóc-lăng hỗn hợp Hà Tiên PCB40 được sử dụng, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn TCVN 2682:2020 [7]. Một số tính chất cơ lý của xi măng được trình bày trong Bảng 1.

2.2. Cốt liệu thô

Cốt liệu thô sử dụng trong nghiên cứu là đá dăm có nguồn gốc từ mỏ đá địa phương. Thành phần hạt của đá được xác định theo phương pháp sàng, kết quả được thể hiện trên Hình 1. Theo TCVN 7570:2006 [8], đá sử dụng trong nghiên cứu này có kích thước Dmax là 20 mm (lượng sót tích lũy trên sàng 20 mm dưới 10 %), đảm bảo đáp ứng các yêu cầu về cấp phối cốt liệu thô theo TCVN 7570:2006.

2.3. Cốt liệu mịn

Cốt liệu mịn gồm cát sông tự nhiên và vỏ hàu. Vỏ hàu sử dụng trong nghiên cứu được thu thập từ các cơ sở nuôi trồng và chế biến thủy sản. Sau khi thu gom, vỏ hàu được tiến hành làm sạch bằng cách loại bỏ tạp chất, bụi bẩn bám trên bề mặt. Tiếp theo, vỏ hàu được rửa bằng nước sạch và đem sấy khô ở nhiệt độ thích hợp để loại bỏ hoàn toàn độ ẩm.

Sau quá trình sấy, vỏ hàu khô được nghiền nhỏ bằng máy nghiền chuyên dụng, sau đó sàng phân loại để loại bỏ các hạt có kích thước không đạt yêu cầu (dưới 0,14 mm và trên 5 mm). Phần cốt liệu vỏ hàu đạt kích thước yêu cầu sẽ được sử dụng thay thế một phần cát sông trong chế tạo vữa và bê tông (Hình 2). Hình 2 cho thấy vỏ hàu sau khi nghiền có dạng mảnh dẹt, cạnh sắc và không đồng đều về kích thước. Khác với cốt liệu thiên nhiên như cát sông vốn có hình dạng tròn cạnh và bề mặt trơn nhẵn, các hạt vỏ hàu nghiền có biên dạng sắc cạnh, hình phiến với tỷ lệ hạt dẹt tương đối cao.

Sự phân bố kích thước hạt ở Hình 3 cho thấy cát sông nằm trong giới hạn của miền cát hạt mịn và cát hạt thô với mô đun độ lớn 1,77. Trong khi đó vỏ hàu sau khi nghiền thuộc miền cát hạt thô với mô đun 2,82.

3. Xác định cường độ chịu nén của vữa

3.1. Thành phần cấp phối và phương pháp thí nghiệm

Nhằm đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng vỏ hàu đến sự phát triển cường độ chịu nén của vữa xi măng, các tổ mẫu vữa gồm ba mẫu hình lăng trụ kích thước tiêu chuẩn $40 \times 40 \times 160$ mm đã được

chế tạo và thí nghiệm tại các thời điểm 7, 14 và 28 ngày tuổi. Thành phần cấp phối vữa được thiết kế dựa trên hướng dẫn của tiêu chuẩn TCVN 6016:2011 [9]. Tuy nhiên, thay vì sử dụng cát chuẩn ISO có kích thước hạt lớn như quy định, nghiên cứu này sử dụng cát sông địa phương với mô đun độ lớn là 1,77 – đặc trưng bởi thành phần hạt mịn hơn và khả năng hút nước cao hơn. Để đảm bảo tính công tác trong quá trình đúc mẫu, hàm lượng nước trộn được điều chỉnh từ 225 g (theo tiêu chuẩn) lên 260 g.

Vỏ hàu nghiền được sử dụng để thay thế một phần cát sông theo các tỷ lệ 5 % (V5), 10 % (V10) và 15 % (V15) theo khối lượng cốt liệu mịn. Ngoài ra, một tổ hợp vữa đối chứng không chứa vỏ hàu (V0) cũng được chế tạo để làm cơ sở so sánh. Tỷ lệ trộn chi tiết của các thành phần trong hỗn hợp vữa được trình bày tại Bảng 2.

Các mẫu thử được bảo dưỡng trong khuôn ở môi trường tự nhiên trong 24 giờ, sau đó được tháo khuôn rồi ngâm ngập nước cho đến tuổi thử cường độ. Để xác định cường độ nén, các mẫu được phá vỡ mẫu bằng thử uốn (Hình 4-a) và mỗi nửa mẫu gãy dùng để thử cường độ nén (Hình 4-b), kết quả nén là giá trị trung bình của 6 mẫu. Thí nghiệm được thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 3121-11:2022 [10].

3.2. Kết quả thí nghiệm

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của các tổ hợp vữa tại các tuổi 7, 14 và 28 ngày được trình bày trong Hình 5 cho thấy xu hướng gia tăng cường độ theo thời gian đối với tất cả các cấp phối, phù hợp với quy luật phát triển cường độ của vật liệu xi măng. Tại mọi thời điểm khảo sát, mẫu vữa có sử dụng vỏ hàu thay thế cát đều cho kết quả cường độ nén tương đương hoặc cao hơn so với mẫu đối chứng (V0). Đặc biệt, ở tuổi 28 ngày, tổ hợp vữa V15 (thay thế 15 % cát bằng vỏ hàu) đạt cường độ nén cao nhất, vượt nhẹ so với mẫu V0.

Sự gia tăng cường độ nén ở các tổ hợp có vỏ hàu có thể được lý giải bởi một số yếu tố. Thứ nhất, các hạt vỏ hàu sau khi nghiền có bề mặt thô nhám, hình dạng dẹt và sắc cạnh, tạo điều kiện liên kết cơ học tốt hơn với hồ xi măng so với hạt cát tròn cạnh tự nhiên, từ đó nâng cao khả năng chịu lực của cấu trúc vữa. Thứ hai, thành phần hóa học của vỏ hàu giàu CaCO_3 có thể tham gia phản ứng với các sản phẩm hydrat hóa, góp phần hình thành thêm các pha khoáng bền chắc trong hệ nền xi măng.

Tuy nhiên, ở các tuổi sớm (7 và 14 ngày), cường độ nén của các tổ mẫu thấp hơn mẫu đối chứng, điều này có thể liên quan đến tốc độ thủy hóa chậm hơn hoặc quá trình tương tác ban đầu giữa vỏ hàu và hồ xi măng chưa phát huy hiệu quả. Ở tuổi 14 ngày, xu hướng cải thiện rõ rệt, đặc biệt ở tổ hợp V15, cho thấy hiệu ứng bền chắc do vỏ hàu mang lại thể hiện rõ hơn theo thời gian.

4. Xác định cường độ chịu nén của bê tông

4.1. Thành phần cấp phối và phương pháp thí nghiệm

Dựa vào kết quả thí nghiệm về ảnh hưởng của tỷ lệ vỏ hàu thay thế cát đến cường độ chịu nén của vữa ở Hình 5, nghiên cứu này lựa

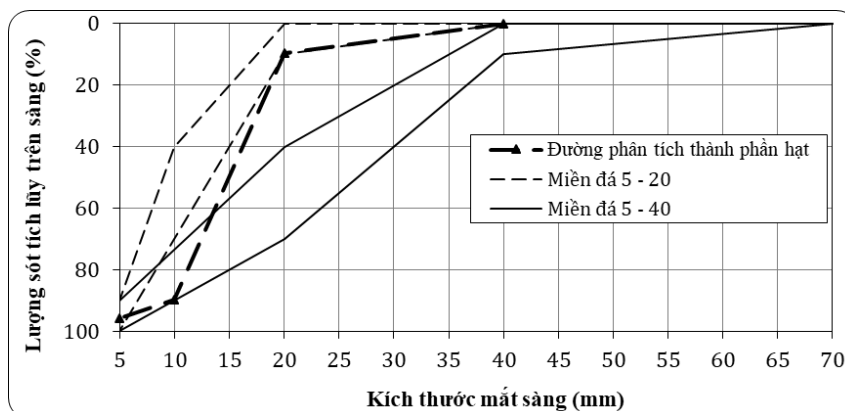
chọn hàm lượng vỏ hàu 15 % để thay thế cát trong việc xác định cường độ chịu nén của bê tông. Đối với bê tông, thành phần cấp phối được thiết kế dựa theo phương pháp ACI 211.1-91 [11], với mục tiêu đạt độ sụt trong khoảng từ 75 đến 100 mm và có cấp độ bền B27,5. Thành phần cấp phối bê tông có sử dụng vỏ hàu được thể hiện ở Bảng 3.

Cường độ nén của bê tông chứa vỏ hàu được xác định ở các độ tuổi 7, 14, 28 ngày theo tiêu chuẩn TCVN 3118:2022 [12]. Tổng cộng có 6 tổ mẫu với 18 mẫu được thực hiện. Đầu tiên, cho một lượng

nước nhỏ vào cối trộn, xi măng được trộn với cốt liệu thô trong máy trộn bê tông trong hai phút, sau đó cốt liệu mịn được thêm vào và tiếp tục trộn cho đến khi hỗn hợp đồng nhất. Hỗn hợp bê tông tươi được đem đi xác định độ sụt theo TCVN 3106-2022 [13], sau đó đổ vào khuôn đã được bôi dầu trước. Sau 24 giờ, tiến hành tháo khuôn và bảo dưỡng mẫu bằng cách ngâm trong nước. Trước khi tiến hành nén mẫu cần vớt mẫu khỏi nước trước 36 giờ. Hình 6 thể hiện các bước thực hiện từ đổ bê tông đến lúc nén mẫu.

Bảng 1. Một số tính chất cơ lý của xi măng Hà Tiên PCB40.

Tên chỉ tiêu	Phương pháp thử	Kết quả thử
1. Khối lượng riêng (g/cm ³)	TCVN 4030-2003	3,10
2. Độ dẻo tiêu chuẩn (%)	TCVN 6017-2015	28,8
3. Thời gian đông kết Bắt đầu đông kết (phút) Kết thúc đông kết (giờ)	TCVN 6017-2015	139' 3h45'
4. Độ ổn định thể tích (mm)	TCVN 6017-2015	0,71
5. Độ nghiền mịn, trên sàng 0,09mm (%)	TCVN 4030-2003	6,50
6. Cường độ chịu nén (MPa) Ở 3 ngày tuổi Ở 28 ngày tuổi	TCVN 6016-2011	22,20 44,0



Hình 1. Biểu đồ thành phần hạt của đá.

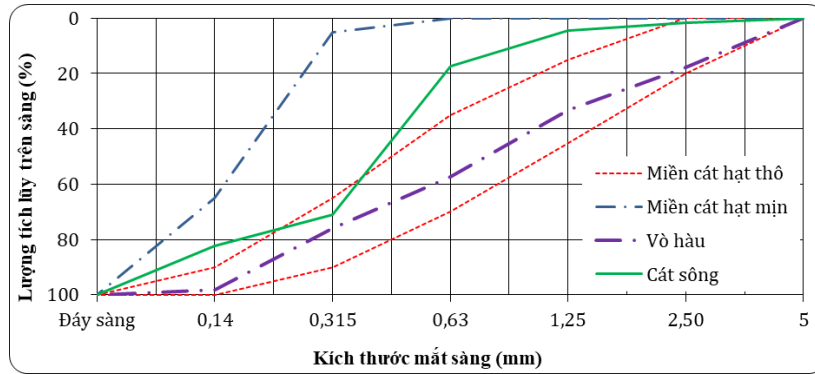


a)



b)

Hình 2. Vỏ hàu. (a) Sau khi vệ sinh, (b) Sau khi nghiền.



Hình 3. Biểu đồ thành phần hạt của cát sông và vỏ hào nghiền.

Bảng 2. Thành phần vật liệu trong một tổ mẫu vữa (g).

Ký hiệu	Nước	Xi măng	Cát	Vỏ hào
V0	260	450	1350	0
V5	260	450	1282,5	67,5
V10	260	450	1215	135
V15	260	450	1147,5	202,5

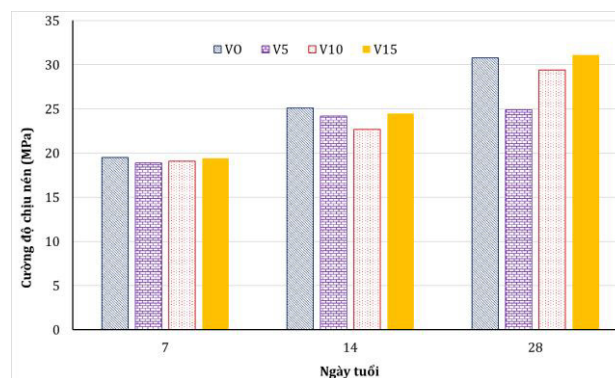


a)



b)

Hình 4. Thực nghiệm. (a) Uốn gãy mẫu, (b) Xác định cường độ chịu nén.



Hình 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ vỏ hào thay thế cát đến cường độ chịu nén của vữa theo thời gian.

Bảng 3. Thành phần cấp phối cho 1m³ bê tông (kg).

Ký hiệu	Xi măng	Đá	Cát	Nước	Vỏ hào
Đối chứng	457	1140	683	210	0
BT15	457	1140	580,5	210	102,5



Hình 6. Trình tự thực hiện việc đổ và nén mẫu.

4.2. Kết quả thí nghiệm

Kết quả đo độ sụt (Hình 7) cho thấy mẫu đối chứng đạt giá trị khoảng 8 cm, trong khi mẫu BT15 chỉ đạt khoảng 4 cm. Sự suy giảm độ sụt khi sử dụng vỏ hào có thể lý giải bởi hai nguyên nhân chính: (i) vỏ hào có bề mặt nhám và hình dạng không đều, làm gia tăng ma sát nội bộ trong hỗn hợp bê tông, và (ii) khả năng hút nước cao của vỏ hào dẫn đến giảm lượng nước tự do trong hỗn hợp, làm giảm tính công tác của bê tông. Kết quả này phù hợp với nhận định của Safi et al. [14] và Yang et al.[15], những nghiên cứu chỉ ra rằng cốt liệu có hình dạng góc cạnh và khả năng hút nước cao thường làm giảm độ chảy và độ sụt của hỗn hợp bê tông.

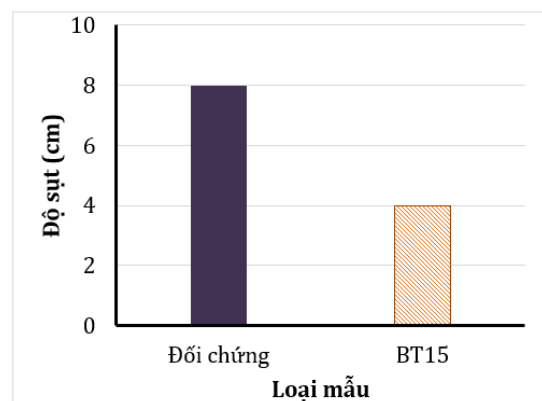
Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén mẫu bê tông tuổi 7, 14, 28 ngày với hàm lượng vỏ hào thay thế cát 15 % và mẫu đối chứng được thể hiện ở Hình 8. Cường độ chịu nén của tổ mẫu được tính bằng trung bình cộng 3 viên mẫu trong tổ, nếu giá trị lớn nhất và nhỏ nhất trong 3 giá trị cường độ viên mẫu không lệch quá 15 % so với giá trị cường độ viên còn lại.

Kết quả cường độ chịu nén ở 7, 14 và 28 ngày tuổi (Hình 8) cho thấy mẫu BT15 đạt cường độ lần lượt khoảng 16 MPa, 28 MPa và 36 MPa, trong khi mẫu đối chứng đạt 17 MPa, 24 MPa và 37 MPa.

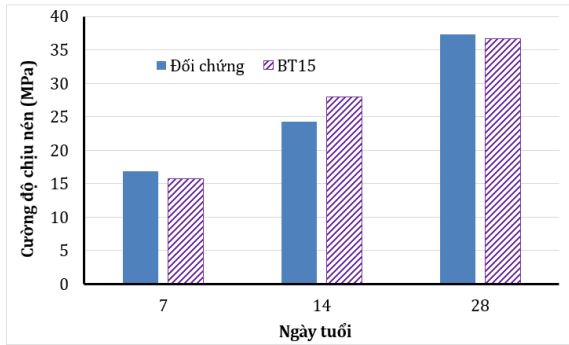
Đáng chú ý, tại 7 ngày tuổi, cường độ chịu nén của BT15 thấp hơn khoảng 10 % so với mẫu đối chứng, nhưng đến 14 ngày tuổi, cường độ BT15 đã vượt qua mẫu đối chứng khoảng 16 %. Đến 28 ngày tuổi, cường độ chịu nén của BT15 gần tương đương với mẫu đối chứng (chênh lệch không đáng kể, khoảng 2-3 %).

Sự phát triển cường độ này có thể giải thích như sau: Ở giai đoạn đầu (7 ngày), do đặc tính hút nước của vỏ hào, quá trình thủy hóa xi măng có thể bị ảnh hưởng, làm giảm cường độ ban đầu. Ở giai đoạn 14–28 ngày, cấu trúc vi mô của bê tông BT15 được cải thiện nhờ hiệu ứng “lấp đầy khe rỗng” của vỏ hào nghiền, giúp giảm độ rỗng của bê tông và tăng cường khả năng truyền ứng suất. Ngoài ra, sự tham gia của các khoáng chất CaCO_3 từ vỏ hào có thể tạo điều kiện cho phản ứng pozzolanic thứ cấp, góp phần cải thiện cường độ muộn.

Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây của Alam et al. [16], trong đó chỉ ra rằng tỷ lệ thay thế cát bằng vỏ nhuyễn thể nghiền ở mức 10–20 % có thể cải thiện hoặc duy trì cường độ chịu nén tương đương với bê tông thường, nếu được thiết kế cấp phối và xử lý vật liệu hợp lý.



Hình 7. Giá trị độ sụt của bê tông có chứa vỏ hào.



Hình 8. Cường độ chịu nén của bê tông sử dụng vỏ hàu theo ngày tuổi.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã khảo sát ảnh hưởng của cốt liệu vỏ hàu nghiền đến cường độ chịu nén của vữa xi măng và bê tông, với các kết quả chính như sau:

- Đối với vữa xi măng, tỷ lệ thay thế vỏ hàu 15 % đạt cường độ chịu nén cao nhất ở 28 ngày, tăng nhẹ so với mẫu đối chứng, đồng thời thể hiện xu hướng cải thiện cường độ từ 14 ngày trở đi.
- Đối với bê tông, sử dụng vỏ hàu 15 % giúp duy trì cường độ chịu nén tương đương mẫu đối chứng ở 28 ngày, mặc dù độ sụt giảm, điều này cho thấy cần điều chỉnh cấp phối hoặc sử dụng phụ gia để đảm bảo tính công tác.
- Sự ổn định cường độ chịu nén khi thay thế cát bằng vỏ hàu nhờ bề mặt sắc cạnh của hạt vỏ hàu giúp cải thiện liên kết cơ học, đồng thời thành phần CaCO_3 tham gia vào các phản ứng tạo pha khoáng bền chắc.
- Nên triển khai nghiên cứu bổ sung về độ bền lâu dài, khả năng chống thấm, kháng muối biển của bê tông chứa vỏ hàu nhằm phục vụ cho các công trình ven biển, vùng nông thôn.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Viện Vật liệu xây dựng, “Báo cáo Chiến lược phát triển ngành vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021-2030 và định hướng đến 2050,” 2020.
- [2]. E. S. Rentier and L. H. Cammeraat, “The environmental impacts of river sand mining,” *Sci. Total Environ.*, vol. 838, p. 155877, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.155877.
- [3]. Trịnh Khắc Kiên, Hoàng Quốc Gia, “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,” *Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi & Môi trường*, số 66, 2019.
- [4]. Lưu Thị Hồng, Trịnh Thị Châm, Đào Công Anh, và Nguyễn Hải Long, “Ảnh hưởng của nhiệt độ nung tới tính chất của vỏ Hàu và vỏ Ngao”, *JOMC*, vol 13, số p.h 05, tr Trang 13 – Trang 22, tháng 10 2023.
- [5]. N. T. T. Thảo, T. N. Hải, H. T. Nhân, and D. M. Thùy, “Một số đặc điểm hình thái hàu *Crassostrea belcheri* và mô hình nuôi hàu tại tỉnh Bến Tre,” *Can Tho Univ. J. Sci.*, vol. 54(1), p. 92, 2018, doi: 10.22144/ctu.jvn.2018.013.
- [6]. J. Lu, X. Cong, Y. Li, Y. Hao, and C. Wang, “Scalable recycling of oyster shells into high purity calcite powders by the mechanochemical and

- hydrothermal treatments,” *J. Clean. Prod.*, vol. 172, pp. 1978–1985, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.11.228.
- [7]. TCVN 2682:2020, “Xi măng poóc lăng,” 2020, Tiêu chuẩn quốc gia.
- [8]. TCVN 7570:2006, “Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật,” 2006, Tiêu chuẩn Việt Nam.
- [9]. TCVN 6016:2011, “Xi măng - Phương pháp thử - Xác định cường độ,” 2011, Tiêu chuẩn Việt Nam.
- [10]. TCVN 3121-11:2022, “Xác định cường độ uốn và nén của vữa đã đông rắn,” 2022, Tiêu chuẩn Việt Nam.
- [11]. ACI 211.1-91, “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete,” 1997, American Concrete Institute.
- [12]. Tiêu chuẩn TCVN 3118:2022, “Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ nén,” 2022.
- [13]. TCVN 3106:2022, “Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt,” 2022, IBST.
- [14]. B. Safi, M. Saidi, A. Daoui, A. Bellal, A. Mechekak, and K. Toumi, “The use of seashells as a fine aggregate (by sand substitution) in self-compacting mortar (SCM),” *Constr. Build. Mater.*, vol. 78, pp. 430–438, Mar. 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.01.009.
- [15]. E.-I. Yang, S.-T. Yi, and Y.-M. Leem, “Effect of oyster shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties,” *Cem. Concr. Res.*, vol. 35, no. 11, pp. 2175–2182, Nov. 2005, doi: 10.1016/j.cemconres.2005.03.016.
- [16]. S. Alam, J. Veedu, and T. Dhasan, “Experimental Analysis on Strength and Durability of Concrete by Partially Exchanging Fine Aggregate with Oyster Shell,” *Int. J. Creat. Res. Thoughts*, vol. 6, no. 2, pp. 866–873, 2018.