

Nghiên cứu chế tạo tấm ốp trang trí từ bột vỏ hào

Lưu Thị Hồng⁽¹⁾, Phạm Thanh Mai⁽²⁾,
Nguyễn Đức Khoa⁽³⁾, Kim Yến Chi⁽³⁾,
Chu Thị Minh Chi⁽³⁾, Trần Quốc Đạt⁽³⁾

Tóm tắt

Vỏ hào là thải phẩm trong ngành công nghiệp thủy sản, nếu không được xử lý đúng cách sẽ gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu khả năng chế tạo tấm ốp trang trí sử dụng các vật liệu gồm có xi măng, cát, bột vỏ hào, nước, sợi polypropylen và phụ gia hoá học. Hàm lượng vỏ hào sử dụng thay thế cát trong mỗi cấp phối với hàm lượng từ 14 – 100%. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tấm ốp sử dụng 100% bột vỏ hào có độ bóng bề mặt cao, độ cứng 5 theo thang Mohs, độ hút nước thấp dưới 5%, cường độ chịu nén cao trên 40 MPa. Khi so sánh với mẫu tấm ốp đá nhân tạo thông thường, tấm ốp chế sử dụng 100% vỏ hào có độ bóng bề mặt cao hơn, độ hút nước thấp hơn, độ cứng và cường độ chịu nén xấp xỉ. Như vậy, có thể chế tạo thành công tấm ốp trang trí từ vỏ hào, phù hợp với xu thế phát triển chung của thế giới về vật liệu xanh, thân thiện với môi trường.

Từ khóa: bột vỏ hào, tấm ốp, độ hút nước, cường độ

Abstract

Oyster shells are byproduct of the seafood industry and, if not properly treated, can cause significant environmental pollution. This paper presents the findings of a study on the feasibility producing decorative facing slabs using a mixture of cement, sand, oyster shell powder, water, polypropylene fiber and chemical additives. In each mixture, oyster shell powder was used to replace between 14% and 100% of sand content. The results show that the panels made with 100% oyster shell powder exhibit a high surface gloss, a hardness of 5 on the Mohs scale, low water absorption (below 5%), and high compressive strength (above 40 MPa). In comparison to conventional artificial stone slabs, those made entirely from oyster shells demonstrate superior surface gloss, lower water absorption, and comparable hardness and compressive strength. The findings suggest that it is possible to manufacture decorative facing slabs from oyster shells, aligning with the global trend toward sustainable, environmentally friendly building materials.

Key words: oyster shell powder, facing slabs, water absorption, strength

⁽¹⁾ TS, Viện Vật liệu xây dựng
Email: luuthihongngoc@gmail.com, ĐT: 0912425751

⁽²⁾ ThS, Giảng viên, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội
Email: maipth@hau.edu.vn, , ĐT: 0964756999

⁽³⁾ Sinh viên, Lớp 2022VL, Khoa Xây dựng
Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội,
Email: nguyenduckhoa662@gmail.com, ĐT: 0829988661

Oyster shell powder use in
production of decorative
facing slabs

1. Đặt vấn đề

Tấm ốp trang trí là các vật liệu được dùng để phủ lên bề mặt tường, trần, hoặc các bề mặt khác trong một không gian, không chỉ để bảo vệ mà còn tạo ra hiệu ứng thẩm mỹ. Các tấm ốp này có thể được làm từ nhiều loại vật liệu khác nhau như gỗ, nhựa, kim loại, đá, hoặc các loại vật liệu tổng hợp. Nguyên tắc sản xuất tấm ốp trang trí yêu cầu sự kết hợp hài hòa giữa vật liệu, kỹ thuật sản xuất và tính thẩm mỹ để đảm bảo tính năng sử dụng lâu dài và hiệu quả. Ở Việt Nam, các sản phẩm tấm ốp thường được làm từ vật liệu như PVC giả gỗ, giả đá, gạch men và gỗ tự nhiên,... đáp ứng được yêu cầu về tính thẩm mỹ nhưng lại hạn chế về độ bền khi sử dụng trong điều kiện khí hậu nóng ẩm, tia UV hoặc nhiệt độ cao (tấm ốp nhựa PVC, gỗ tự nhiên), giá thành cao hơn (gạch men, gỗ tự nhiên), đặc biệt thân thiện với môi trường không cao. Trong khi đó, việc nghiên cứu sử dụng các vật liệu phế thải trong các ngành công nghiệp để sản xuất tấm ốp là vấn đề mang tính thời sự trong bối cảnh toàn thế giới hướng đến việc xanh hoá vật liệu xây dựng.

Vỏ hào là thải phẩm từ ngành nuôi trồng thủy sản, có thành phần chính là canxi cacbonat tương tự như đá vôi. Trên thế giới, đã có các nghiên cứu vào việc tái sử dụng vỏ hào nhằm giảm thiểu chất thải rắn, đồng thời khai thác các tính chất vật lý và hóa học của chúng để tạo ra vật liệu có giá trị [1,3,6-9]. Trong ngành xây dựng, vỏ hào sau khi đã qua xử lý có thể sử dụng làm cốt liệu nhẹ cho bê tông, cải thiện khả năng cách nhiệt, cách âm và giảm tải trọng công trình. Bên cạnh đó, vỏ hào cũng được ứng dụng trong sản xuất tấm ốp trang trí, gạch terrazzo và vật liệu phủ bề mặt nhờ vào cấu trúc thẩm mỹ tự nhiên. Một số nghiên cứu còn thử nghiệm trộn bột vỏ hào với vôi hoặc đất sét để tạo ra gạch không nung có độ bền cơ học cao và thân thiện với môi trường [4,5]. Tuy nhiên, việc ứng dụng vỏ hào trong xây dựng vẫn gặp một số thách thức như tính ổn định hóa học, độ bền cơ học và chi phí xử lý nguyên liệu. Do đó, cần có thêm nhiều nghiên cứu để tối ưu quy trình chế biến và ứng dụng vật liệu này vào thực tế. Với tiềm năng lớn trong ngành xây dựng bền vững, vỏ hào hứa hẹn sẽ trở thành một nguồn tài nguyên tái chế quan trọng, góp phần giảm ô nhiễm môi trường và phát triển kinh tế tuần hoàn.

Trong những năm gần đây, việc nghiên cứu sử dụng vỏ hào trong chế tạo các vật liệu xây dựng rất được quan tâm. Các nghiên cứu chế tạo vôi bột, sơn tường ngoại thất sử dụng bột vỏ hào trong thành phần đã được nhóm nghiên cứu thực hiện và đạt được các kết quả khả quan [1-3]. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu khả năng chế tạo vật liệu tấm ốp trang trí sử dụng các vật liệu bột vỏ hào, xi măng, cát, sợi polypropylen, nước và phụ gia hoá học.

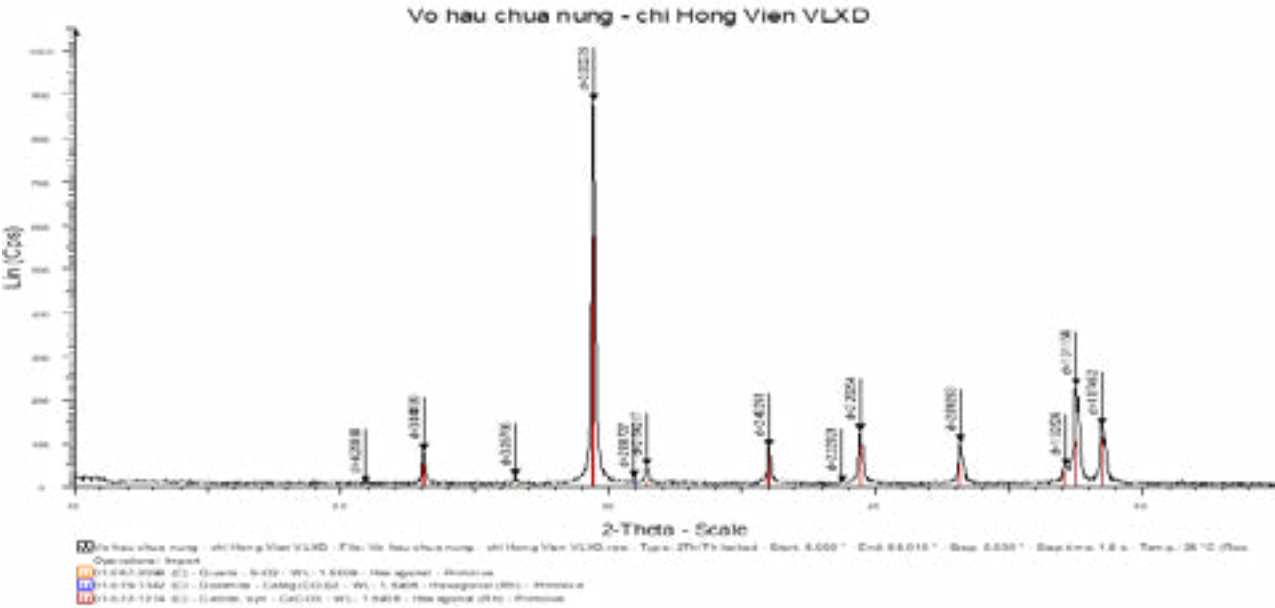
2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu sử dụng

Các vật liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm: bột vỏ hào, cát, xi măng, sợi polypropylen (PP), nước và phụ gia hoá học.

Vỏ hào sau khi được thu gom từ vùng biển thuộc tỉnh Quảng Ninh. Thành phần hoá của vỏ hào được thể hiện trong bảng 1. Kết quả phân tích XRD của vỏ hào được thể hiện trong hình 1. Kết quả chụp hiển vi điện tử quét được thể hiện trong hình 2.

Xi măng sử dụng trong nghiên cứu là xi măng PC40 Nghi Sơn; cát vàng; sợi PP mua trên thị trường; phụ gia hoá học polycarboxylate của công ty Sika. Nước máy thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 4506:2012.



Hình 1. XRD vỏ hào

Các tính chất của của vật liệu được thể hiện trong bảng 2.

Kết quả phân tích XRD của vỏ hào cho thấy mẫu vỏ hào có thành phần khoáng chủ yếu là canxit (CaCO_3). Kết quả chụp SEM vỏ hào cho thấy cấu trúc canxit của vỏ hào có dạng trụ tấm, tuy nhiên với kích thước trung bình của lớp khoáng canxit của đá vôi là $10\mu\text{m}$ trong khi lớp tinh thể canxit của vỏ hào là $1\mu\text{m}$, bằng 1/10 kích thước lớp khoáng canxit của đá vôi.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng các phương pháp tiêu chuẩn để xác định các tính chất vật liệu.

- Xác định các tính chất của xi măng: TCVN 6017:2015, TCVN 6016:2011.

- Xác định các tính chất của cát: TCVN 7572:2006.

- Xác định độ chảy: TCVN TCVN 3121-3:2003.

- Xác định độ hút nước: TCVN 248:1986.

- Xác định cường độ: TCVN 6016:2011.

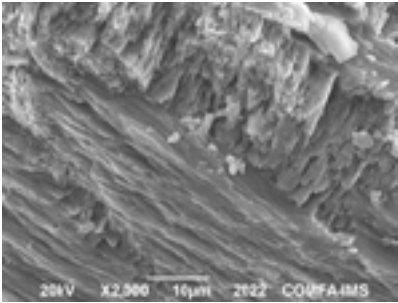
- Xác định độ cứng: phương pháp Mohs.

2.3. Cấp phối nghiên cứu

Vỏ hào sau khi được thu thập về, được ngâm trong nước sạch trong vòng 24 giờ, sau đó tiến hành cọ rửa kỹ lưỡng



Hình 2. Vỏ hào (a) ban đầu; (b) đã rửa sạch

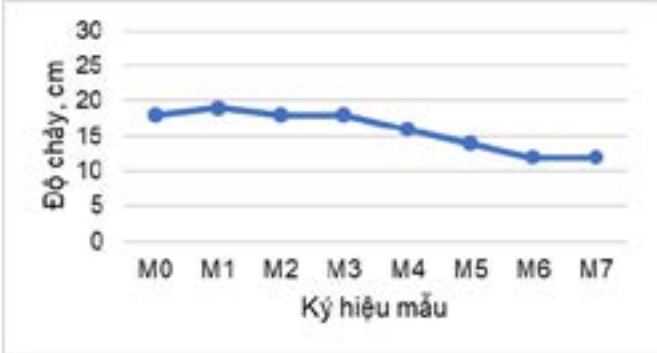


Hình 3. SEM vỏ hào

Bảng 1. Thành phần hóa của vỏ hào, % khối lượng

SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	TiO_2	MKN
1,51	0,1	0,11	51,94	0,2	0,54	0,06	0,4	0,08	43,7

nhằm loại bỏ hoàn toàn lớp rêu và tạp chất bám trên bề mặt vỏ. Để tránh dính bột thiết bị đập và nghiền, vỏ hào ướt sau khi rửa sạch được sấy ở 110°C trong 4–5 giờ rồi sử dụng máy kẹp hàm và máy nghiền bi để nghiền vỏ hào thành bột. Các vật liệu được xác định tính chất rồi cân định lượng theo cấp phối. Mỗi cấp phối được tính toán lượng dùng cho mẻ trộn đủ để kiểm tra độ chảy và đúc mẫu trong khuôn $40\times 40\times 160$. Trong quá trình nghiên cứu, các mẫu có cùng tổng khối lượng chất kết dính và cốt liệu là 1850g, phụ gia và sợi thêm vào với tỷ lệ nhỏ, lượng nước trong mẫu M0 được thử nghiệm để đạt độ



Hình 4. Độ chảy của các mẫu



Hình 5. Độ hút nước của các mẫu

Bảng 2. Tính chất cơ lý của vật liệu

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	PC40	Cát	Bột vỏ hào
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	3,1	2,602	2,753
3	Khối lượng thể tích	kg/m ³	-	1491	1561
4	Modun độ lớn		-	2,51	-
5	Lượng sót sàng 0,09 mm	%	0,9		9,8
7	Độ ẩm			4	14
8	Lượng nước tiêu chuẩn	%	31,2	-	-
9	Thời gian đông kết	phút			
	- Bắt đầu		120	-	-
	- Kết thúc		185	-	-
10	Cường độ chịu nén	MPa			
	- 3 ngày		35,6	-	-
	- 28 ngày		44,1	-	-

Bảng 3. Cấp phối nghiên cứu

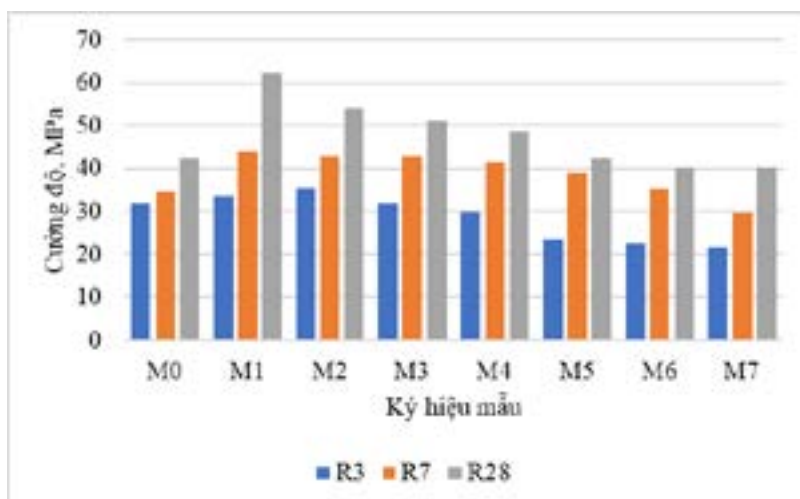
TT	Mẫu	Xi măng	Cát	Bột vỏ hào	Phụ gia	Sợi PP	Nước
1	M0	555	1295	0	5,5	11,1	330
2	M1	555	1110	185	5,5	11,1	250
3	M2	555	925	370	5,5	11,1	250
4	M3	555	740	555	5,5	11,1	250
5	M4	555	555	740	5,5	11,1	250
6	M5	555	370	925	5,5	11,1	250
7	M6	555	185	1110	5,5	11,1	250
8	M7	555	0	1295	5,5	11,1	250

chảy 18 cm. Khi sử dụng bột vỏ hào thay thế cát, do bột vỏ hào có độ ẩm cao hơn cát nên lượng nước được dò và thử nghiệm để đạt độ chảy tương đương. Để tránh có quá nhiều biến thay đổi trong các cấp phối, lượng nước được sử dụng ở cùng hàm lượng trong các mẫu M1 đến M7. Sau quá trình nghiên cứu lý thuyết và tiến hành thử nghiệm, nhóm nghiên cứu đưa ra được cấp phối như bảng 3.

3. Kết quả và thảo luận

Độ chảy của hỗn hợp

Để kiểm tra mức độ linh động của hỗn hợp sau khi trộn,



Hình 6. Cường độ chịu nén của các mẫu

Bảng 4. Độ chảy

TT	Ký hiệu mẫu	Độ chảy, cm
1	M0	18
2	M1	19
3	M2	18
4	M3	18
5	M4	16
6	M5	14
7	M6	12
8	M7	12

Bảng 5. Độ hút nước của các mẫu

TT	Mẫu	Hp, %
1	M0	11,6
2	M1	5,5
3	M2	5,1
4	M3	4,9
5	M4	4,6
6	M5	4,2
7	M6	3,9
8	M7	3,6

các mẫu được xác định độ chảy, qua đó để so sánh, điều chỉnh cấp phối nếu cần, đồng thời đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật trong quá trình sử dụng.

Kết quả cho thấy độ chảy của các mẫu thay đổi không đáng kể khi hàm lượng bột vỏ hào thay thế khoảng 40% hàm lượng cát (mẫu M3). Khi hàm lượng bột vỏ hào sử dụng tăng lên đến 100%, độ chảy của các mẫu giảm dần. Có thể giải thích kết quả này là do bột vỏ hào có độ mịn lớn hơn nhiều so với cát, khi hàm lượng bột vỏ hào sử dụng cao hơn thì lượng nước sử dụng cần nhiều hơn, trong khi đó, các mẫu sử dụng bột vỏ hào có cùng lượng nước nhào trộn. Do đó, khi hàm lượng bột vỏ hào được sử dụng từ khoảng 60% (mẫu M4) trở lên, độ chảy của các mẫu giảm dần.

Độ hút nước của tấm ốp

Kết quả xác định độ hút nước theo khối lượng (Hp) của các mẫu được thể hiện trong bảng 5 và hình 5 sau đây.

Kết quả cho thấy, độ hút nước của các mẫu sử dụng bột vỏ hào trong thành phần thấp hơn rõ rệt so với mẫu đối chứng. Từ đồ thị có thể thấy, độ hút nước của các mẫu phụ thuộc vào hàm lượng vỏ hào trong thành phần mẫu. Khi hàm lượng bột vỏ hào tăng, các lỗ rỗng trong cấu trúc vật liệu được lấp đầy, làm giảm độ hút nước của mẫu.

Cường độ chịu nén của tấm ốp

Kết quả xác định cường độ chịu nén của các mẫu được thể hiện trong bảng 6 và hình 6.

Kết quả nghiên cứu cho thấy ở cường độ của các mẫu sử dụng bột vỏ hào trong thành phần phát triển tốt. Ở 3 ngày tuổi, cường độ cao nhất đạt được ở mẫu M2 - mẫu sử dụng bột vỏ hào thay thế 29% cát - cao hơn so với mẫu kiểm chứng 11%. Ở các tuổi dài ngày, cường độ cao nhất đạt được ở mẫu M1 - mẫu có tỷ lệ thay thế cát của bột vỏ



Hình 7. (a) Mẫu tấm ốp kiểm chứng; (b) Mẫu tấm ốp từ vỏ hào

hào là 14% - cao hơn so với mẫu kiểm chứng 26% ở 7 ngày tuổi và 47% ở 28 ngày tuổi. Khi hàm lượng bột vỏ hào thay thế cát nhiều hơn thì cường độ có xu hướng giảm dần. Cụ thể, mẫu chứa 100% bột vỏ hào có cường độ ở các ngày tuổi 3, 7 và 28 ngày tuổi đạt được 68%, 85% và 95% cường độ của mẫu kiểm chứng.

Có thể giải thích là do trong các thành phần vật liệu chế tạo tấm ốp, sợi PP giúp tăng cường độ và độ bền của sản phẩm, phụ gia giúp làm giảm tỷ lệ nước trong hỗn hợp mà vẫn đảm bảo độ chảy của hỗn hợp, và bột vỏ hào với độ mịn lớn sẽ điền đầy các lỗ rỗng trong cấu trúc vật liệu giúp tăng độ đặc chắc, tăng cường độ của vật liệu. Mặt khác, vỏ hào với thành phần chính là khoáng canxit, độ cứng thấp hơn nhiều so với cát, do đó, khi hàm lượng bột vỏ hào thay thế cát từ 70% trở lên, cường độ của mẫu sẽ thấp hơn so với mẫu đối chứng. Tuy nhiên, ở mẫu thay thế 100% cát bằng bột vỏ hào, cường độ của mẫu M7 vẫn đạt trên 40 MPa, chỉ thấp hơn mẫu đối chứng 5%.

Bề mặt và độ cứng của tấm ốp

Qua quá trình nghiên cứu, mẫu M7 là mẫu sử dụng 100% bột vỏ hào thay thế hoàn toàn cát, mẫu có độ hút nước thấp nhất, cường độ đạt trên 40 MPa, do đó được chọn để chế tạo mẫu thành phẩm trong nghiên cứu này. Mẫu được xác định độ cứng theo phương pháp Mohs, đánh giá tính thẩm mỹ qua quan sát đặc tính bề mặt, và đánh giá tính thân thiện môi trường. Các kết quả được thể hiện trong bảng 7 - bảng so sánh một số tính chất của tấm ốp từ vỏ hào và tấm ốp đối chứng. Mẫu sản phẩm tấm ốp chế tạo từ vỏ hào được thể hiện trong hình 8.

4. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu cho thấy có thể chế tạo thành công tấm ốp trang trí từ các vật liệu như: bột vỏ hào, xi măng, sợi polypropylen, phụ gia polycacboxylate và nước. Sản phẩm chế tạo được có độ hút nước thấp, $H_p = 3,6\%$, cường độ chịu nén cao $R_{28} = 40,2 \text{ MPa}$, độ cứng 5 theo phương pháp Mohs, tấm ốp có bề mặt mịn, độ bóng cao. Sản phẩm sử dụng được phế phẩm trong ngành công nghiệp thủy sản là vỏ hào, giúp giải quyết vấn đề tiêu tốn diện tích bãi chứa, đặc biệt, góp phần bảo vệ môi trường, mang ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao./.



Hình 8. Mẫu sản phẩm tấm ốp từ vỏ hào

Bảng 6. Cường độ chịu nén của các mẫu

TT	Ký hiệu mẫu	R3	R7	R28
1	M0	31,85	34,66	42,39
2	M1	33,43	43,82	62,18
3	M2	35,41	42,91	54,16
4	M3	31,85	42,78	51,07
5	M4	29,89	41,5	48,64
6	M5	23,54	38,99	42,29
7	M6	22,53	35,23	40,22
8	M7	21,6	29,47	40,19

Bảng 7. So sánh tấm ốp từ vỏ hào và tấm ốp đối chứng

TT	Tính chất	Tấm ốp từ vỏ hào	Tấm ốp đối chứng
1	Độ cứng	5	6
2	Cường độ, MPa	40,2	42,4
3	Độ hút nước, %	3,6	11,6
4	Đặc tính bề mặt	Bề mặt nhẵn mịn, có độ bóng bề mặt cao.	Bề mặt tương đối mịn, độ bóng bề mặt kém hơn.
5	Tính thân thiện môi trường	Cao hơn	Thấp hơn

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Thanh Mai, Lưu Thị Hồng, Phạm Hồng Khoa. Nghiên cứu ảnh hưởng của bột vỏ hào đến một số tính chất của sơn tường. *Tạp chí Kiến trúc và Xây dựng*. Số 55, 2024.
2. Hong Thi Luu, Mai Thanh Pham, Cham Thi Trinh, Hiep Quang Nguyen and Khoa Hong Pham. Effects of clam shell powder on some properties of paint. *Lecture Notes in Civil Engineering*. Vol. 585, 2025. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2810-0_2.
3. Luu Thi Hong, Trinh Thi Cham, Nguyen Quang Hiep and Pham Thanh Mai. Recycling of Vietnam bivalve shells into calcium carbonate powder for use in interior wall paint. *Lecture Notes in Civil Engineering*. Vol. 585, 2025. https://doi.org/10.1007/978-981-96-2810-0_27.
4. Thu Thảo. Tái phế thải công nghiệp làm nguyên liệu sản xuất VLXD hướng tới phát triển bền vững. *Tạp chí điện tử của Bộ Xây dựng*. 2023.
5. Jnyanendra Kumar Prusty, Sanjaya Kumar Patro, S.S. Basarkar. Concrete using agro-waste as fine aggregate for sustainable built environment – A review. *International Journal of Sustainable Built Environment*. Vol. 5, 2016.
6. Xiaoyan Zhao, Yuqi Zhai, Yongcheng Zhou, Zhihua Liu, Zewen Kang, Bingqing Wang, Michelle D. Regulacio, Da-Peng Yang. Transforming oyster shell and rice husk biowaste into functional calcium silicate board with highly-efficient photo-enhanced antimicrobial activities. *Construction and Building Materials*. Vol. 411, 2024.
7. Junjie Wang, Engui Liu, Liang Li. Characterization on the recycling of waste seashells with Portland cement towards sustainable cementitious materials. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 220, 2019.
8. Rodrigo Augusto Freitas de Alvarenga, Bruno Menezes Galindro, Camile de Fátima Helpa, Sebastião Roberto Soares. The recycling of oyster shells: An environmental analysis using Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*. Vol. 106, 2012.
9. M.C. Barros a, P.M. Bello a, M. Bao a, J.J. Torrado. From waste to commodity: transforming shells into high purity calcium carbonate. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 17, 2009.

Chuyển đổi số trong quản lý di sản đô thị...

(tiếp theo trang 54)

tài trợ cho công nghệ số; Cơ chế khuyến khích du lịch thông minh gắn với bảo tồn

Lộ trình triển khai mô hình quản lý di sản đô thị này có thể bao gồm 4 giai đoạn chính: Giai đoạn 1 tập trung khảo sát hiện trạng, xây dựng kế hoạch chuyển đổi số và đầu tư hạ tầng công nghệ như hệ thống lưu trữ, mạng kết nối và thiết bị IoT phục vụ giám sát di sản. Đồng thời, thành lập Ban điều phối chuyển đổi số tại cấp tỉnh/thành phố để quản lý toàn bộ hoạt động; Giai đoạn 2 là phát triển hệ thống quản lý dữ liệu tập trung, tích hợp dữ liệu GIS, ảnh 3D, VR/AR và IoT, đồng thời số hóa di tích và tạo trải nghiệm thực tế ảo cho du khách. Cán bộ quản lý được đào tạo để vận hành hiệu quả các công nghệ mới; Giai đoạn 3 hoàn thiện khung pháp lý về bảo mật và đầu tư công nghệ, phát triển các ứng dụng di động và nền tảng tương tác nhằm thúc đẩy sự tham gia cộng đồng trong giám sát di sản. Cũng trong giai đoạn này, tổ chức các chiến dịch truyền thông nâng cao nhận thức và liên tục đánh giá, điều chỉnh mô hình dựa trên phản hồi thực tế; Giai đoạn 4 mở rộng và nhân rộng mô hình trên toàn quốc, tăng cường hợp tác liên ngành và quốc tế để cập nhật công nghệ, nâng cao năng lực

quản lý, góp phần bảo tồn và phát huy giá trị di sản đô thị một cách bền vững.

5. Kết luận

Chuyển đổi số trong quản lý di sản đô thị không chỉ là xu thế tất yếu mà còn là giải pháp chiến lược nhằm hài hòa giữa bảo tồn giá trị lịch sử, văn hóa với phát triển đô thị bền vững. Qua phân tích các mô hình quốc tế như Bắc Kinh, Kyoto, Boston, Florence và Hội An, có thể thấy rằng thành công của các dự án phụ thuộc vào ba yếu tố cốt lõi: Nền tảng công nghệ phù hợp, tổ chức quản lý hiệu quả và môi trường chính sách, xã hội hỗ trợ. Đối với Việt Nam, tuy còn nhiều hạn chế về hạ tầng công nghệ và năng lực tổ chức, nhưng sự cam kết của chính quyền, cùng tiềm năng di sản đô thị phong phú, là điều kiện thuận lợi để thúc đẩy chuyển đổi số. Để tiến tới mô hình quản lý di sản đô thị thông minh, Việt Nam cần xây dựng hệ thống dữ liệu tập trung, hoàn thiện hành lang pháp lý, tăng cường đào tạo nhân lực và đặc biệt là phát huy vai trò của cộng đồng trong bảo tồn và khai thác giá trị di sản. Đây là nền tảng quan trọng giúp di sản trở thành nguồn lực phát triển bền vững trong lòng đô thị hiện đại./.

Tài liệu tham khảo

1. Ban chấp hành Trung ương ĐCS VN. (2024). Nghị quyết số 57-NQ/TW về phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia đến năm 2030.
2. Li, L., Zhang, Y., & Zhang, X. (2019). GIS-based approach for monitoring and management of heritage sites in urban areas. *Urban planning and development*, 145(3), 04019026. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000542](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000542)
3. Baker, J. (2012). The Technology-Organization-Environment framework. In *Information systems theory*. Springer.
4. McKinney, J., & Hancox, G. (2020). Blockchain for cultural heritage: Using blockchain to ensure transparency in heritage conservation. *Journal of cultural heritage management and sustainable development*, 10(4). <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-12-2019-0102>
5. Papageorgiou, M., Tsilimigkas, T., & Koussoulakou, A. (2017). 3D modeling and augmented reality for the presentation of urban heritage. *International journal of architectural computing*, 15(4). <https://doi.org/10.1177/1478077117731535>
6. Piqué, J., Tzovaras, D., & Dagan, T. (2020). IoT applications for monitoring and preserving heritage sites. *Sensors*, 20(11). <https://doi.org/10.3390/s20113151>.
7. Liu, X., & Ma, W. (2019). Smart museums and digital heritage: Case study of the palace museum in Beijing. *Museum international*, 71(1-2). <https://doi.org/10.1080/13500775.2019.163801>
8. Fujimoto, S., & Yamaguchi, T. (2020). Digital transformation in heritage management: The case of Kyoto's smart city initiatives. *International journal of heritage studies*, 26(4). <https://doi.org/10.1080/13527258.2020.1717560>
9. Boston preservation Alliance. (2018). *Preserving Place: Digital heritage management in Boston*. Boston, MA: BPA Publications.
10. Bellucci, C., & Rizzi, A. (2019). Smart heritage in Florence: Challenges and opportunities for digital conservation. *International journal of heritage studies*, 25(5). <https://doi.org/10.1080/13527258.2019.1604978>
11. Nguyễn, T. H., & Trần, M. L. (2021). Chuyển đổi số trong quản lý di sản văn hóa: Trường hợp thành phố Hội An. *Tạp chí Văn hóa Nghệ thuật*, 438.