■Ngày nhận bài: 11/3/2026 ■Ngày sửa bài: 24/3/2026 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2026

Đánh giá hiệu quả môi trường và giá trị thẩm mỹ của vật liệu trình tường trong kiến trúc dân dụng Việt Nam

Evaluating the environmental effectiveness and aesthetic value of rammed earth materials in Vietnamese civil architecture

> THS.KTS NGUYỄN GIA KHÁNH
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam; Email: khanhng@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Trong bối cảnh ngành xây dựng toàn cầu đang đối mặt với yêu cầu giảm phát thải carbon và hướng tới phát triển bền vững, các vật liệu xây dựng có nguồn gốc tự nhiên ngày càng được quan tâm. Một trong số đó là vật liệu trình tường, là một dạng vật liệu đất nện truyền thống ở vùng cao Việt Nam, sử dụng đất được đầm nén theo từng lớp để tạo thành kết cấu tường có khả năng chịu lực và bao che công trình. Nghiên cứu này đánh giá hiệu quả môi trường và giá trị thẩm mỹ của vật liệu trình tường trong kiến trúc dân dụng ở Việt Nam, thông qua phương pháp tổng quan tài liệu và phân tích so sánh với các vật liệu xây dựng phổ biến khác. Nghiên cứu cũng đưa ra một số gợi ý nhằm thúc đẩy ứng dụng trình tường trong kiến trúc bền vững tại Việt Nam.

Từ khóa: Trình tường; đất nện; phát triển bền vững; giá trị thẩm mỹ; kiến trúc dân dụng.

ABSTRACT

In the context of the global construction industry facing demands for carbon emission reduction and sustainable development, naturally derived building materials are receiving increasing attention. One example is "trình tường", a traditional earthen building material found in the highlands of Vietnam. It utilizes compacted soil in layers to create load-bearing and protective wall structures. This study evaluates the environmental effectiveness and aesthetic value of rammed earth in civil architecture in Vietnam through a literature review and comparative analysis with other common building materials. The study also offers some suggestions to promote the application of rammed earth in sustainable architecture in Vietnam.

Keywords: RRammed earth; sustainable development; aesthetic value; civil architecture.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành xây dựng hiện là một trong những lĩnh vực tiêu thụ tài nguyên và phát thải khí nhà kính lớn nhất trên thế giới. Theo báo cáo của Chương trình Môi trường Liên hợp quốc (UNEP), lĩnh vực xây dựng và vận hành công trình chiếm khoảng 37% tổng lượng phát thải CO_2 toàn cầu. Đáng chú ý, lượng phát thải carbon hàm chứa trong vật liệu xây dựng như xi măng, thép và nhôm đang ngày càng gia tăng và trở thành thách thức lớn đối với mục tiêu trung hòa carbon của ngành xây dựng .

Tại Việt Nam, quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ trong hơn hai thập kỷ qua đã kéo theo nhu cầu xây dựng lớn, dẫn đến mức tiêu thụ vật liệu xây dựng và năng lượng ngày càng tăng. Trong bối cảnh Việt Nam cam kết đạt mức phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050, việc nghiên cứu và ứng dụng các vật liệu xây dựng thân thiện với môi trường trở thành yêu cầu cấp thiết.

Đất nện là vật liệu xây dựng truyền thống đã tồn tại từ lâu trong nhiều nền văn hóa trên thế giới. Tại Việt Nam, vật liệu này được gọi với cái tên trình tường, sử dụng phổ biến trong kiến trúc dân gian của đồng bào dân tộc tại các tỉnh miền núi phía Bắc. Các công trình trình tường truyền thống đã chứng minh khả năng thích nghi tốt với điều kiện khí hậu khắc nghiệt, đồng thời duy trì độ bền trong nhiều thập kỷ. Chúng không chỉ đáp ứng yêu cầu sử dụng mà còn thể hiện những giá trị văn hóa và thẩm mỹ đặc sắc.

Trong bối cảnh kiến trúc bền vững đang phát triển mạnh mẽ, trình tường đang được xem xét như một giải pháp thay thế tiềm năng cho các vật liệu có cường độ phát thải carbon cao. Tuy nhiên, việc đánh giá toàn diện hiệu quả năng lượng và môi trường của vật liệu này trong điều kiện Việt Nam vẫn còn hạn chế.

Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá hiệu quả môi trường và giá trị thẩm mỹ của vật liệu trình tường trong kiến trúc dân dụng ở Việt Nam, từ đó đề xuất định hướng ứng dụng trong bối cảnh phát triển bền vững hiện nay.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ VẬT LIỆU TRÌNH TƯỜNG

2.1. Tổng quan lịch sử hình thành và phát triển

Đất nện (rammed earth) là một trong những kỹ thuật xây dựng lâu đời nhất của nhân loại, xuất hiện cách đây hơn 4.000 năm. Kỹ thuật này được ghi nhận rõ rệt tại Trung Quốc, nơi đất được nén chặt trong khuôn gỗ để tạo thành tường chịu lực. Một số công trình tiêu biểu có thể kể đến bao gồm: một phần của Vạn Lý

Trường Thành được xây bằng đất đầm nện, các cụm nhà Thổ lâu Phúc Kiến, dạng công trình nhà ở cộng đồng với tường đất dày, có khả năng chống chịu tốt với khí hậu và xung đột.

Ngoài Trung Quốc, kỹ thuật này cũng xuất hiện độc lập ở: Bắc Phi (Ma-rốc, Algeria), Trung Đông ,Nam Âu (Tây Ban Nha, Pháp). Trong suốt hàng nghìn năm, công trình đất nện phát triển mạnh ở các vùng có khí hậu khô hoặc bán khô hạn, khu vực có nguồn đất sét, cát dồi dào.

Đặc điểm giai đoạn này: tường dày (30-60 cm), khả năng cách nhiệt cao, vật liệu hoàn toàn tự nhiên, thi công thủ công tại chỗ, dựa vào kinh nghiệm dân gian, tuổi thọ công trình có thể lên tới hàng chục đến hàng trăm năm nếu bảo trì tốt.

Hình 1. Thành Cổ Loa

Hình 2. Thổ lâu Phúc Kiến

Bảng 1. Một số thông số khảo cổ về quy mô của Thành Cổ Loa, Đông Anh, Hà Nội [1]

Giai đoạn	Loại công trình	Chiều cao max (m)	Chiều rộng (m)	Thời gian xây dựng
1	Tường và móng đất sét	>1	1,8	Thế kỷ 4 trước CN
2	Đất đắp	2	17	Thế kỷ 3 trước CN
3	Lớp đất trình tường dày	2,5	24	-
4	Đất đắp	3	24-25	Thế kỷ 1
5	Lớp đất trình tường mỏng	4	26	Thế kỷ 15-16

Từ thế kỷ XX, nhà đất nện dần suy giảm do nhiều nguyên nhân, bao gồm sự phổ biến của bê tông cốt thép và gạch nung, quan niệm cho rằng nhà đất là lạc hậu, kém bền, cùng với quá trình đô thị hóa diễn ra nhanh chóng.

Từ cuối thế kỷ XX, vật liệu trình tường được quan tâm và ứng dụng trở lại trong bối cảnh biến đổi khí hậu, yêu cầu giảm phát thải CO_2 trong xây dựng và xu hướng phát triển kiến trúc sinh thái. Nhiều kiến trúc sư tiêu biểu như Glenn Murcutt và Wang Shu đã ứng dụng thành công vật liệu đất nện trong các công trình kiến trúc hiện đại.

Đặc điểm nổi bật của giai đoạn này gồm: kết hợp công nghệ (máy đầm nén, phụ gia ổn định như xi măng hoặc vôi), nâng cao khả năng kiểm soát chất lượng, tăng giá trị thẩm mỹ nhờ bề mặt vân đất tự nhiên và mở rộng phạm vi ứng dụng trong nhiều loại hình công trình như nhà ở, khu nghỉ dưỡng và công trình công cộng.

Trong tương lai, vật liệu đất nện được kỳ vọng sẽ trở thành một thành phần quan trọng của kiến trúc bền vững nhờ các ưu điểm như giảm phát thải carbon so với bê tông và gạch nung, tận dụng nguồn vật liệu tại chỗ, tăng khả năng tái sử dụng, tái chế và phân hủy tự nhiên, đồng thời phù hợp với định hướng phát triển kinh tế tuần hoàn.

Nhà đất nện không chỉ là một kỹ thuật xây dựng cổ xưa mà còn là giải pháp vật liệu mang tính tương lai. Quá trình phát triển của nó trải qua ba giai đoạn rõ rệt: hình thành - suy giảm - phục hưng, phản ánh sự thay đổi trong nhận thức về môi trường, công nghệ và giá trị văn hóa trong kiến trúc.

Tại Việt Nam, công trình đất nện xuất hiện từ rất sớm, tiêu biểu là Thành Cổ Loa, gắn liền với thời kỳ An Dương Vương và Nhà nước Âu Lạc, được xây dựng vào khoảng thế kỷ III trước Công nguyên (TCN). Đây là khu di tích có quy mô lớn và là di tích duy nhất còn tồn tại đến nay về một kinh đô cổ được thiết lập trên đồng bằng Bắc Bộ. Kỹ thuật đất đầm nện đã được người Việt cổ sử dụng để xây dựng Thành Cổ Loa cách đây hơn 2.000 năm, cho thấy giá trị và độ bền của loại hình kết cấu này. Về sau, kỹ thuật này được biết đến phổ biến với tên gọi trình tường và được sử dụng rộng rãi trong xây dựng nhà ở truyền thống của các dân tộc miền núi phía Bắc như người Hmông, người Hà Nhì và người Dao.

Tiềm năng phát triển của vật liệu trình tường nước ta là rất lớn, đặc biệt trong các lĩnh vực: nhà ở sinh thái, du lịch cộng đồng, công trình thích ứng khí hậu vùng núi và nông thôn.

Hình 3. Nhà cổ Chúng Pủa của người Hmông ở Hà Giang được xây dựng bằng vật liệu trình tường

Hình 4. Nhà cộng đồng & Homestay Nậm Đăm, Hà Giang, một ví dụ về áp dụng vật liệu trình tường vào công trình kiến trúc hiện đại

2.2. Các hạn chế của vật liệu trình tường truyền thống

Khả năng chống nước kém do sử dụng đất tự nhiên nguyên bản (chủ yếu đất đồi, đất sét) trộn với rơm rạ, vỏ trấu để tăng tính liên kết, không sử dụng chất ổn định công nghiệp. Dễ bị xói mòn, nứt khi gặp mưa kéo dài ,giải pháp xử lý thường dùng hệ mái hiên

dài nhô ra ngoài để bao che bảo vệ và tường được nâng lên trên các bệ vững chắc cao hơn mặt đất.

Tường rất dày (thường từ 40-50 cm), trọng lượng nặng, hạn chế mở các khung cửa lớn lấy sáng và thông gió. Cường độ chịu lực thấp, đặc biệt với đất không ổn định, khó dùng cho nhà nhiều tầng có kết cấu chịu lực lớn.

Chất lượng công trình phụ thuộc chất lượng đất và tay nghề thợ thủ công. Thời gian thi công dài do thi công theo lớp, phải chờ khô tự nhiên hoặc bảo dưỡng. Khó tiêu chuẩn hóa do mỗi vùng có loại đất khác nhau dẫn đến khó áp dụng đồng bộ trong xây dựng đại trà.

2.3. Các quy trình thi công nhà trình tường hiện nay

2.3.1. Tường bán hiện đại (ổn định hóa)

Gồm các bước:

(1) Thiết kế cấp phối	(2) Trộn vật liệu	(3) Lắp dựng cốp pha	(4) Đầm cơ giới hoặc bán cơ giới	(5) Bảo dưỡng	(6) Hoàn thiện bề mặt
Xác định tỷ lệ đất - cát - sỏi - chất ổn định Kiểm tra bằng thí nghiệm (Proctor, nén mẫu)	Trộn khô → thêm nước → trộn đều Có thể dùng máy trộn	Khuôn thép hoặc gỗ chắc chắn Có hệ giằng chống	Dùng đầm tay hoặc đầm rung Lớp dày 10–15 cm	Giữ ẩm 3-7 ngày (nếu có xi măng/ vôi) Tránh nắng gắt, mưa trực tiếp	Mài, đánh bóng hoặc phủ chống thấm

Ưu điểm: tăng cường độ, chống nước tốt hơn.

Nhược điểm: tăng phát thải CO_2 do xi măng.

2.3.2. Tường hiện đại (công nghiệp hóa)

Gồm các bước:

(1) Thiết kế kỹ thuật số	(2) Chuẩn hóa vật liệu	(3) Thi công bằng máy	(4) Tích hợp kết cấu	(5) Tiền chế (nếu có)	(6) Hoàn thiện cao cấp
Mô phỏng bằng BIM Tính toán kết cấu, nhiệt	Kiểm soát cấp phối theo tiêu chuẩn Sử dụng phụ gia chuyên dụng	Đầm khí nén (pneumatic rammer) Khuôn thép module	Chèn cốt thép hoặc khung bê tông Tích hợp hệ điện nước	Sản xuất panel tại xưởng Lắp ghép tại công trình	Phủ chống thấm, chống bụi Giữ vân đất như vật liệu trang trí

Ưu điểm: chất lượng cao, kiểm soát tốt, thẩm mỹ

Nhược điểm: chi phí cao, yêu cầu kỹ thuật

3. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ MÔI TRƯỜNG CỦA VẬT LIỆU TRÌNH TƯỜNG

3.1. Giảm phát thải carbon

Theo báo cáo "Building Materials and the Climate: Constructing a New Future", UNEP khẳng định vật liệu xây dựng là một trong những nguồn phát thải carbon lớn nhất của ngành xây dựng và cần được thay thế bằng các vật liệu tái tạo hoặc có nguồn gốc tự nhiên để đạt mục tiêu phát thải ròng bằng 0 vào giữa thế kỷ XXI (UNEP, 2023). Khác với gạch nung hoặc bê tông, trình tường không yêu cầu quá trình nung ở nhiệt độ cao. Vật liệu chủ yếu được tạo thành từ đất tự nhiên, nước và một lượng nhỏ phụ gia ổn định (nếu cần). Do đó, lượng phát thải CO_2 trong giai đoạn sản xuất thấp hơn đáng kể so với các vật liệu xây dựng công nghiệp.

Theo UNEP, việc chuyển đổi sang các vật liệu tái tạo và tái sử dụng là một trong ba chiến lược quan trọng nhằm giảm phát thải carbon trong ngành xây dựng. Trình tường đáp ứng tốt yêu cầu này nhờ sử dụng nguồn nguyên liệu sẵn có tại địa phương và hạn chế nhu cầu vận chuyển xa.

3.2. Giảm tiêu thụ năng lượng hàm chứa

Năng lượng hàm chứa trong vật liệu xây dựng là tổng toàn bộ năng lượng tiêu hao cho toàn bộ vòng đời của vật liệu. Quá trình này bắt đầu từ khâu khai thác nguyên liệu thô, vận chuyển, sản xuất tại nhà máy, thi công lắp đặt cho đến khi phá dỡ và tái chế hoặc xử lý cuối cùng.

Đối với gạch nung, nhiệt độ sản xuất thường đạt từ 900-1100°C; trong khi sản xuất xi măng cần nhiệt độ khoảng 1450°C. Các quá trình này tiêu thụ lượng lớn nhiên liệu hóa thạch và tạo ra lượng phát thải đáng kể. Ngược lại, trình tường chỉ yêu cầu các công đoạn đào đất, sàng lọc và đầm nén cơ học. Theo nghiên cứu của UNEP, các vật liệu đất nện thuộc nhóm vật liệu có năng lượng hàm chứa thấp nhất trong ngành xây dựng hiện nay.

3.3. Khả năng điều hòa nhiệt và độ ẩm

Các nghiên cứu về truyền nhiệt và truyền ẩm trong tường đất cho thấy vật liệu trình tường có khả năng điều hòa vi khí hậu rất hiệu quả.

Nghiên cứu của Wang và cộng sự chỉ ra rằng vật liệu đất nện có khả năng điều tiết nhiệt độ và độ ẩm nhờ cấu trúc mao dẫn tự

nhiên. Tường đất hấp thụ nhiệt vào ban ngày và giải phóng dần vào ban đêm, giúp giảm dao động nhiệt độ trong nhà [2].

Ngoài ra, khi độ ẩm môi trường tăng cao, tường đất có khả năng hấp thụ hơi nước; ngược lại khi môi trường khô hơn, hơi nước được giải phóng trở lại không khí. Cơ chế này giúp cải thiện chất lượng môi trường trong nhà và giảm nhu cầu sử dụng các thiết bị điều hòa không khí. Đặc tính này rất phù hợp cho khí hậu khu vực miền Bắc và Bắc Trung Bộ nước ta, tối ưu hơn hẳn các vật liệu xây dựng phổ biến khác như gạch hay bê tông [3].

Nhiều công trình truyền thống của người Mông tại Hà Giang cho thấy nhiệt độ bên trong nhà trình tường thường thấp hơn môi trường bên ngoài vào mùa hè và ấm hơn vào mùa đông, góp phần giảm nhu cầu sử dụng năng lượng cơ học.

3.4. Tính tuần hoàn của vật liệu

Một trong những ưu điểm nổi bật của trình tường là khả năng tái sử dụng gần như hoàn toàn. Khi công trình kết thúc vòng đời sử dụng, vật liệu đất có thể được tái sử dụng trực tiếp hoặc hoàn trả về môi trường tự nhiên mà không tạo ra lượng lớn chất thải xây dựng. Điều này phù hợp với mô hình kinh tế tuần hoàn đang được thúc đẩy trong ngành xây dựng hiện đại.

Bảng 2. So sánh tác động môi trường của trình tường với các vật liệu xây dựng phổ biến

Nguồn tổng hợp: Tổng hợp và quy đổi từ Reddy et al. (2010; 2014), Christoforou et al. (2016), UNEP (2023), Serrano et al. (2025).

Vật liệu	Phát thải CO_2e ($kgCO_2e/m^3$)	Năng lượng hàm chứa (MJ/m^3)	Nguồn vật liệu	Khả năng tái chế	Khả năng hoàn trả tự nhiên	Đặc điểm chính
Trình tường	20 - 60	400 - 800	Địa phương	Rất cao	Rất cao	Phát thải thấp, điều hòa nhiệt tốt
Trình tường ổn định hóa bằng vôi (5-10%)	50 - 120	600 - 1200	Địa phương	Cao	Cao (phân hủy tự nhiên)	Có quá trình cacbonat hóa hấp thụ lại CO_2
Trình tường ổn định hóa bằng xi măng (5-10%)	100 - 250	800 - 1600	Địa phương + công nghiệp	Trung bình	Trung bình	Tăng cường độ nhưng tăng phát thải
Gạch nung	180 - 350	2500 - 4500	Công nghiệp	Thấp (khó tái sử dụng nguyên khối)	Thấp	Tiêu hao năng lượng nung lớn
Bê tông (không cốt thép)	300 - 410	3000 - 5500	Công nghiệp	Không	Rất thấp	Xi măng là nguồn phát thải chính
Bê tông cốt thép	350 - 500	5000 - 8000	Công nghiệp	Không	Rất thấp	Bao gồm phát thải từ thép
Kết cấu thép	800 - 2000	20000 - 35000	Công nghiệp	Trung bình (tái chế công nghiệp)	Không	Phát thải rất cao

Vật liệu trình tường có năng lượng hàm chứa thấp hơn khoảng 70-90% so với bê tông truyền thống [4]. Việc bổ sung vôi làm chất ổn định trong trình tường giúp cải thiện đáng kể các tính chất cơ học và độ bền ẩm của vật liệu, ,đồng thời vẫn giữ được khả năng tái chế và khả năng hoàn trả tự nhiên cao, đặc biệt trong điều kiện khí hậu nhiệt đới ẩm như Việt Nam. So với xi măng, vôi có mức phát thải CO_2 thấp hơn do nhiệt độ nung thấp hơn (khoảng 900-1000°C so với ~1450°C của clinker xi măng [5]. Đáng chú ý, vật liệu chứa vôi có khả năng tái hấp thụ một phần CO_2 từ khí quyển thông qua quá trình cacbonat hóa ($Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3$) trong suốt vòng đời sử dụng. Theo nghiên cứu của Pacheco-Torgal và Jalali (2012), lượng CO_2 hấp thụ lại có thể đạt từ 10-30% lượng phát thải ban đầu tùy điều kiện môi trường [6].

Do đó, mặc dù trình tường ổn định hóa bằng vôi có phát thải cao hơn trình tường thuần tự nhiên, nhưng vẫn thấp hơn đáng kể so với xi măng và được xem là giải pháp cân bằng giữa 3 yếu tố: Hiệu quả môi trường, độ bền kỹ thuật và khả năng ứng dụng thực tế.

Kết quả so sánh cho thấy vật liệu trình tường có lợi thế rõ rệt về phát thải carbon và năng lượng hàm chứa. Điều này khẳng định tiềm năng của trình tường như một giải pháp vật liệu bền vững trong bối cảnh giảm phát thải ngành xây dựng tại Việt Nam. So với bê tông cốt thép, trình tường có thể giúp giảm đáng kể dấu chân carbon của công trình, đặc biệt khi sử dụng vật liệu tại chỗ và hạn chế vận chuyển.

4. GIÁ TRỊ THẨM MỸ VÀ TIỀM NĂNG CỦA VẬT LIỆU TRÌNH TƯỜNG TRONG KIẾN TRÚC NHÀ Ở

4.1. Tính nguyên bản và bền vững của vật liệu

Theo quan điểm của kiến trúc hiện tượng học, chất lượng thẩm mỹ của công trình không chỉ nằm ở hình thức mà còn ở trải nghiệm vật chất của người sử dụng. Tường trình tạo nên những lớp địa tầng tự nhiên với màu sắc thay đổi theo thành phần khoáng vật của đất, từ đó tạo nên bản sắc riêng cho mỗi công trình. Các nghiên cứu và dự án trình tường đương đại cho thấy chính tính không đồng nhất của vật liệu lại trở thành yếu tố thẩm mỹ quan trọng trong kiến trúc bền vững [7]. Chính những lớp địa tầng tự nhiên này đã tạo nên vẻ đẹp độc bản mà không loại vật liệu công nghiệp nào có thể tái tạo hoàn toàn. Khác với bề mặt phẳng và đồng nhất của bê tông hoặc gạch ốp hoàn thiện, trình tường tạo nên bề mặt có chiều sâu thị giác và cảm nhận xúc giác phong phú. Các lớp đất với màu sắc khác nhau tạo nên những hiệu ứng chuyển sắc tự nhiên. Bề mặt nhám nhẹ của tường đất cũng giúp người sử dụng cảm nhận rõ hơn tính vật chất của công trình cũng như tạo sự gắn kết với môi trường tự nhiên.

Vẻ đẹp của trình tường không đến từ các lớp hoàn thiện nhân tạo mà đến từ chính cấu trúc vật liệu. Do đó, công trình vẫn duy trì giá trị thẩm mỹ trong suốt vòng đời sử dụng mà không cần thay thế hoặc bảo trì lớp hoàn thiện thường xuyên. Đây là một ưu điểm quan trọng xét trên cả khía cạnh kinh tế và môi trường.

Hình 5. Các lớp đất với màu sắc khác nhau tạo nên những hiệu ứng chuyển sắc tự nhiên trong một công trình kiến trúc hiện đại

4.2. Tính bản địa trong kiến trúc

Một trong những giá trị thẩm mỹ quan trọng của trình tường là khả năng phản ánh đặc trưng địa phương. Tại các làng bản vùng cao Việt Nam, màu vàng của tường đất hòa nhập với màu sắc địa hình và cảnh quan xung quanh. Điều này tạo nên mối liên hệ chặt chẽ giữa công trình và môi trường tự nhiên.

Bảng 3. Đánh giá giá trị thẩm mỹ của vật liệu trình tường theo tiêu chí kiến trúc

Tiêu chí thẩm mỹ	Mô tả	Mức độ đánh giá
Tính chân thực vật liệu	Thể hiện trực tiếp màu sắc và kết cấu đất tự nhiên	Rất cao
Tính bản địa	Phản ánh điều kiện địa lý và văn hóa địa phương	Rất cao
Tính độc bản	Mỗi công trình có màu sắc và vân đất khác nhau	Rất cao
Khả năng hòa nhập cảnh quan	Màu sắc gần gũi với tự nhiên	Cao
Giá trị xúc giác	Bề mặt nhám tự nhiên tạo cảm giác vật chất rõ rệt	Cao
Tính biểu cảm kiến trúc	Tạo chiều sâu thị giác thông qua các lớp đất nén	Cao
Khả năng kết hợp vật liệu hiện đại	Dễ kết hợp với kính, gỗ, thép và bê tông	Trung bình - cao
Giá trị văn hóa	Gắn với kiến trúc truyền thống vùng cao Việt Nam	Rất cao

4.3. Tiềm năng và các thách thức

Việt Nam có nhiều điều kiện thuận lợi để phát triển vật liệu trình tường trong kiến trúc dân dụng: Nguồn đất xây dựng phong phú, kinh nghiệm xây dựng truyền thống lâu đời, khí hậu phù hợp với vật liệu có khối nhiệt lớn,nhu cầu phát triển công trình thân thiện với môi trường ngày càng tăng.

Ngoài hiệu quả môi trường, trình tường còn giúp tạo nên các không gian sống mang bản sắc văn hóa địa phương. Điều này phù hợp với xu hướng kiến trúc bền vững hiện nay, trong đó các giá trị sinh thái và văn hóa bản địa được xem là những thành phần không thể tách rời.

Mặc dù có nhiều ưu điểm, việc ứng dụng trình tường trong kiến trúc dân dụng hiện đại vẫn gặp một số khó khăn và thách thức.

Thách thức kỹ thuật: chưa có hệ thống tiêu chuẩn quốc gia hoàn chỉnh tại Việt Nam, chất lượng đất không đồng nhất, khả năng chống ẩm và chống xói mòn cần được nâng cao, có thể gia tăng bằng cách thêm phụ gia, tạo hệ mái đua rộng, xử lý chân tường chống ẩm, tạo lớp bảo vệ bề mặt phù hợp.

Thách thức kinh tế: thi công cần lao động có kỹ năng, thời gian thi công dài hơn một số loại vật liệu phổ biến khác.

Thách thức nhận thức: trình tường thường bị xem là vật liệu "cổ truyền" hoặc chỉ phù hợp với khu vực nông thôn, chỉ có thể xây dựng trên quy mô nhỏ. Tuy nhiên, các công trình đương đại ở nước ngoài và ngay tại Việt Nam đã chứng minh vật liệu này hoàn toàn có thể đáp ứng các yêu cầu thẩm mỹ, quy mô và kỹ thuật của kiến trúc hiện đại.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy vật liệu trình tường có tiềm năng lớn trong việc nâng cao tính bền vững của kiến trúc dân dụng Việt Nam. Về mặt môi trường, trình tường có lượng phát thải carbon thấp, năng lượng hàm chứa nhỏ, khả năng tái sử dụng cao và phù hợp với mô hình kinh tế tuần hoàn. Về mặt thẩm mỹ, vật liệu này mang lại giá trị độc đáo thông qua tính chân thực vật liệu, tính bản địa, hiệu ứng thị giác tự nhiên và khả năng kết nối với cảnh quan.

Để thúc đẩy ứng dụng vật liệu trình tường trong thực tiễn, cần xây dựng hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia, tăng cường nghiên cứu vật liệu cải tiến và khuyến khích các dự án thí điểm áp dụng cho các công trình kiến trúc bền vững. Đây có thể trở thành một giải pháp quan trọng góp phần thực hiện mục tiêu giảm phát thải carbon của ngành xây dựng Việt Nam trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] NC Kim, LV Toi and TH Hiep. Co Loa: An Investigation of Vietnam Ancient Capital. Antiquity, vol. 84, pp. 1011-1027, 2010.

[2] Y Wang et al. The Implications of Non-Constant Hygrothermal Parameters on Heat and Moisture Transfer in Rammed Earth Walls Across Diverse Climate Zones. Sustainability, vol. 17, no. 22, pp. 10238, 2025.

[3] H Zhang et al. Research on Heat and Moisture Transfer Performance and Annual Energy Consumption of Full-Size Rammed Earth Buildings. Buildings, vol. 16, no. 3, pp. 582, 2026.

[4] BVV Reddy and KS Jagadish. Embodied Energy of Building Materials. Energy and Buildings, vol. 35, no. 2, pp. 129-137, 2003.

[5] G Habert, SA Miller, VM John, JL Provis, A Favier, A Horvath and KL Scrivener. Environmental Impacts and Decarbonization Strategies in the Cement and Concrete Industries. Nature Reviews Earth & Environment, vol. 1, no. 11, pp. 559-573, 2020, doi: 10.1038/s43017-020-0093-3.

[6] F Pacheco-Torgal and S Jalali. Earth Construction: Lessons from the Past for Future Eco-Efficient Construction. Construction and Building Materials, vol. 29, pp. 512-519, 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054.

[7] L Nanz, M Rauch, T Honermann and T Auer. Impacts on the Embodied Energy of Rammed Earth Façades During Production and Construction Stages. Journal of Facade Design and Engineering, vol. 7, no. 1, pp. 75-88, 2019, doi: 10.7480/jfde.2019.1.3370.