

Bê tông khí chưng AAC

Lưu Thanh Tài, Nguyễn Thị Kim Thủy*

Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng

TÓM TẮT

Báo cáo này đánh giá các đặc tính và hiệu suất của bê tông khí (AAC), một vật liệu cách nhiệt tốt và có khả năng chịu lực, phù hợp cho cả kết cấu chịu tải và phi kết cấu. Với những ưu điểm đó, AAC trở thành lựa chọn tiềm năng cho các giải pháp tiết kiệm năng lượng. Báo cáo trình bày quy trình sản xuất, ứng dụng trong xây dựng, các đặc tính vật lý, hiệu quả năng lượng, cùng với hệ thống tài liệu và tiêu chuẩn kỹ thuật liên quan. Các ứng dụng bao gồm khối và tấm AAC sử dụng cho tường, sàn và mái - áp dụng cho cả cấu kiện chịu lực và không chịu lực. Những đặc tính được phân tích gồm: mật độ, khả năng chống cháy, độ co ngót, cường độ chịu lực và độ dẫn nhiệt. Về hiệu quả năng lượng, trong điều kiện khí hậu khắc nghiệt, AAC có thể cần được kết hợp với vật liệu cách nhiệt bổ sung để đáp ứng các tiêu chuẩn cách nhiệt tối thiểu; trong khi đó, ở khí hậu ôn hòa, AAC thường đã đủ khả năng đáp ứng yêu cầu này mà không cần thêm lớp cách nhiệt.

Từ Khóa: bê tông khí (AAC), tiêu chuẩn TCVN 7959, vật liệu xây dựng nhẹ, cách nhiệt cách âm

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh ngành xây dựng toàn cầu đang có những chuyển biến mạnh mẽ nhằm đáp ứng các mục tiêu phát triển bền vững và bảo vệ môi trường, bê tông khí (AAC) đã nổi lên như một vật liệu xây dựng đầy tiềm năng. Được phát minh lần đầu tiên vào những năm 1920 tại Thụy Điển bởi kỹ sư Johan Axel Eriksson, AAC là loại bê tông nhẹ có cấu trúc rỗng đồng nhất, được sản xuất thông qua quá trình chưng áp trong điều kiện nhiệt độ và áp suất cao. Với những ưu điểm nổi bật như trọng lượng nhẹ, khả năng cách nhiệt và cách âm tốt, cùng với tính thân thiện với môi trường, AAC không chỉ đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật của xây dựng hiện đại mà còn góp phần quan trọng vào xu hướng phát triển công trình xanh trong thế kỷ XXI.

Sự ra đời và phát triển của bê tông khí AAC xuất phát từ yêu cầu cấp bách trong việc phát triển vật liệu xây dựng hiệu quả và bền vững. Thay thế các vật liệu xây dựng truyền thống như gạch đất nung hay bê tông cốt thép nặng, gây tiêu hao đáng kể tài nguyên thiên và năng lượng trong quá trình sản xuất. Tại Việt Nam, khi tốc độ đô thị hóa tăng nhanh và các yêu cầu về an toàn, tiết kiệm chi phí cũng như bảo vệ môi trường ngày càng được chú trọng, AAC ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong các công trình nhà ở, nhà xưởng và tòa nhà thương mại. Đặc biệt, trong bối cảnh biến đổi khí hậu và áp lực giảm phát thải carbon, việc sử dụng vật liệu xây dựng có khả năng tái chế và giảm tiêu thụ năng lượng như AAC được xem là một giải pháp chiến lược trong ngành xây dựng bền vững.

Mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích các đặc tính cơ lý và khả năng ứng dụng của bê tông khí

(AAC), nhằm đánh giá tiềm năng sử dụng vật liệu này trong xây dựng dân dụng tại Việt Nam. Cụ thể, nghiên cứu đặt ra các câu hỏi khoa học về AAC: (1) Với độ dày 100 - 200 mm có đáp ứng hệ số truyền nhiệt (U-value) theo QCVN 09:2017/BXD cho các vùng khí hậu A và B tại Việt Nam không? (2) Cường độ nén và mô-đun đàn hồi của AAC sản xuất trong nước có đáp ứng các tiêu chuẩn quốc tế như EN 771-4 và EN 12602 không?

Thông qua khảo sát các sản phẩm AAC được sản xuất trong nước, nghiên cứu tập trung làm rõ hiệu quả của loại vật liệu nhẹ này trong việc tiết kiệm năng lượng, giảm tải trọng công trình và tăng cường tính thân thiện với môi trường.

Nguyên cứu tập trung mô tả quy trình sản xuất, tính chất và ứng dụng của bê tông khí (AAC), đồng thời tổng hợp các tiêu chuẩn và tài liệu liên quan phục vụ thực tiễn xây dựng.

Điểm mới là phân tích AAC dưới góc độ hiệu quả năng lượng và tính bền vững, đặc biệt là khả năng đáp ứng yêu cầu cách nhiệt trong các điều kiện khí hậu khác nhau.

2. PHƯƠNG PHÁP NGUYÊN CỨU

Phương pháp nguyên cứu chủ yếu dựa trên tổng quan, phân tích và so sánh dữ liệu từ các nguồn khoa học và tiêu chuẩn kỹ thuật. Giao thức tổng quan tài liệu bao gồm: (1) Từ khóa tìm kiếm: "Autoclaved Aerated Concrete", "AAC properties", "lightweight concrete", "thermal insulation", "sustainable construction"; (2) Giai đoạn: 2010 - 2025; (3) Cơ sở dữ liệu: Google Scholar, ScienceDirect, Elsevier; (4)

Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Kim Thủy

Email: thuynkt2140135@student.hiu.vn

Tiêu chí chọn: bài báo, tiêu chuẩn kỹ thuật, báo cáo thử nghiệm liên quan đến AAC; (5) Tiêu chí loại: Tài liệu không rõ nguồn gốc, không liên quan trực tiếp

đến AAC; (6) Quy trình trích xuất: Thu thập dữ liệu về mật độ, cường độ nén, hệ số dẫn nhiệt, khả năng chống cháy và ứng dụng thực tế.

Bảng 1. Bề dày AAC và thông số truyền nhiệt

Độ dày tường AAC	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	Yêu cầu U _{max} ≈1.786
100mm	0.82	1.21	Đạt yêu cầu
150mm	1.15	0.87	Đạt yêu cầu
200mm	1.48	0.68	Đạt yêu cầu

Tóm lại: Cả ba độ dày (100 mm, 150 mm, 200 mm) của tường AAC đều thỏa mãn yêu cầu của QCVN 09.2017/BXD cho hệ số truyền nhiệt (U-Value), với U-Value luôn nhỏ hơn ngưỡng tối đa ≈1.786 (W/m².K). Trong trường hợp khí hậu khắc nghiệt (vùng khí hậu A), cần bổ sung lớp cách nhiệt (ví dụ:

Bông khoáng 50 mm, $\lambda = 0.04$ W/m.K) để tăng R-value thêm 1.25 m².K/W, đảm bảo U-value giảm xuống dưới 0.5 W/m².K.

Ngoài ra, nghiên cứu này còn tiến hành so sánh số liệu với các nghiên cứu khác, được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. So sánh số liệu nghiên cứu

Tiêu chí	Bê tông khí AAC	Bê tông nhẹ LWAC	Bê tông thường NWAC	Nguồn
Khối lượng thể tích	400 - 800 kg/m ³ rất nhẹ	800 - 1,600 kg/m ³	2,200 - 2,500 kg/m ³	TCVN7959:2017 [1]
Cường độ chịu nén	2.5 - 2.7 Mpa (thấp hơn bê tông thường nhưng đủ cho tường bao vách ngăn)	15 - 40 Mpa (cao dùng cho kết cấu chịu lực chính)	> 15 Mpa (thường từ 20 - 40 Mpa)	TCVN7959:2017 [1]
Cách nhiệt	Rất tốt hệ số dẫn nhiệt thấp 0.11 - 0.16 W/mk)	Kém (0.3 - 0.8 W/mk)	Trung bình (2.0 W/mk)	[1, 2]
Cách âm	Tốt (do cấu trúc bọt khí kín)	Trung bình	Trình bình – tốt (tùy loại hạt rỗng)	[1]
Khả năng chống cháy	Rất tốt (không cháy, chịu nhiệt > 1,200°C, 3 - 4 giờ)	Trung bình (cần bảo vệ bề mặt)	Tương đối tốt	EN13501-2:2016 [3]
Độ bền lâu dài	Ổn định, nhưng dễ hút nước - cần lớp trát / bảo vệ	Rất bền, ít hút nước	Phụ thuộc loại vật liệu (bê tông bọt dễ nứt, keramzit ổn định hơn)	[1, 2]
Khả năng thi công	Dễ cắt, khoan, bào, kích thước viên lớn xây nhanh	Khó gia công (chỉ đổ, không cắt)	Thường nhẹ, dễ vận chuyển, nhưng ít linh hoạt như AAC	[1]
Thân thiện môi trường	Tốt, (vật liệu xanh, tiết kiệm năng lượng)	Tốn nhiều tài nguyên (xi măng, cát, đá)	Trung bình	[2, 4]
Giá thành	Cao hơn bê tông thường, nhưng tiết kiệm chi phí nhân công và năng lượng vận hành	Rẻ hơn (nguyên liệu phổ biến)	Tùy loại Bê tông bọt thường rẻ Keramzit đắt hơn	[4]
Ứng dụng chính	Xây tường bao, tường ngăn, công trình xanh, nhà cao tầng, giảm tải trọng	Kết cấu chịu lực chính (cột, dầm, sàn, móng)	Xây tường, lớp cách nhiệt, công trình cần nhẹ tải	[1, 2]

Tóm lại:

AAC: Vượt trội về nhẹ, cách nhiệt, chống cháy, thân thiện môi trường, nhưng hạn chế về cường độ nén so với LWAC và NWAC.

LWAC: Cân bằng hơn, có thể đạt cường độ gần NWAC nhưng kém bền hơn.

NWAC: Vẫn là lựa chọn an toàn cho kết cấu chịu lực, nhưng nặng và kém hiệu quả năng lượng.

3. TỔNG QUAN NGUYÊN CỨU

3.1. Quy trình sản xuất AAC

Quy trình sản xuất bê tông khí chưng áp bắt đầu với việc chuẩn bị các nguyên liệu chính bao gồm cát silica, xi măng Pooclang (PC40 hoặc PC50), vôi sống, thạch cao, bột nhôm và nước. Cát silica được nghiền mịn bằng máy nghiền bi để đạt độ mịn dưới 45 μ m, trong khi vôi sống cũng được xử lý nghiền mịn nhằm tăng hiệu quả phản ứng. Xi măng và thạch cao được

sử dụng để điều chỉnh tính chất cơ lý và thời gian đông kết của hỗn hợp. Bột nhôm đóng vai trò là tác nhân tạo khí; khi phản ứng với kiềm trong hỗn hợp, nó sẽ sinh ra khí hydro (H_2), tạo nên cấu trúc rỗng đặc trưng của vật liệu. Nước được dùng để hòa trộn tất cả các thành phần, tạo thành hỗn hợp đồng nhất chuẩn bị cho các công đoạn tiếp theo trong quá trình sản xuất AAC [5].

Nguyên liệu thô: Trong nhiều quy trình, nguyên liệu chính để sản xuất bê tông khí (AAC) là cát và xi măng Portland, tuy nhiên có thể thay thế bằng các vật liệu silic khác như đá sa thạch, tro bay hoặc tro đá phiến. Xi măng đôi khi được thay bằng vôi hoặc hỗn hợp xi măng/vôi. Nguyên liệu được nghiền mịn (khô hoặc ướt), sau đó định lượng chính xác để trộn thành hỗn hợp.

Thành phần silic thường được trộn với nước nóng tạo bùn, rồi bổ sung xi măng hoặc vôi trong máy trộn. Các phụ gia như chất hoạt động bề mặt, điều chỉnh đông kết và bột nhôm được thêm vào. Bột nhôm phản ứng với môi trường kiềm sinh khí hydro, tạo bọt khí và cấu trúc tế bào - phản ứng được kiểm soát để chỉ diễn ra trong giai đoạn đúc. Ngoài ra, có thể tạo bọt bằng cách đưa bọt sẵn vào hỗn hợp hoặc đánh khí trực tiếp.

Đúc và cắt: Hỗn hợp sau khi trộn được đưa vào khuôn thép, nơi diễn ra phản ứng sinh khí hydro, làm khối vật liệu giãn nở và hình thành cấu trúc tế bào khí đặc trưng. Khối này được để đông kết sơ bộ trong điều kiện nhiệt độ và độ ẩm được kiểm soát, với thời gian từ 30 phút đến vài giờ tùy thuộc vào thành phần nguyên liệu. Sau khi đạt độ đông kết cần thiết, bánh vật liệu còn mềm sẽ được cắt theo kích thước sản phẩm (như khối hoặc tấm) bằng dây căng nóng hoặc cưa tròn. Quy trình sản xuất tại nhà máy cho phép đặt cốt thép chính xác vào khuôn, đảm bảo bánh sau khi cắt không bị hư hại. Cốt thép được bảo vệ chống ăn mòn bằng lớp phủ, ví dụ như hỗn hợp xi măng Portland - mủ cao su - cát nghiền mịn, hoặc bằng hợp chất bitum [6].

Hấp áp: Giai đoạn thứ ba của quy trình là hấp áp, theo đó bê tông khí đông kết đến cường độ và kích thước cuối cùng của nó. Hấp áp làm thay đổi bản chất vật lý - hóa học của vật liệu xi măng ngậm nước và tạo ra vật liệu có độ co ngót khi khô thấp hơn. Các điều kiện để hấp tiết trùng có phần khác nhau đối với các sản phẩm độc quyền khác nhau. Nhìn chung, nhiệt độ khoảng $356^\circ F$ ($180^\circ C$) ở áp suất khoảng 10 - 12 atm (1.0 - 1.2 MPa). Thời gian thay đổi tùy thuộc vào kích thước và mật độ của sản phẩm, và có thể dao động từ khoảng 10 đến 20 giờ [3]. Bảo quản bánh chưa đông, ngay cả trong điều kiện ẩm và ấm, trong hơn 2 hoặc 3 ngày trước khi hấp tiết trùng có thể có hại.

Lưu kho và vận chuyển: Sau khi các sản phẩm đã được xử lý và lấy ra khỏi nồi hấp chưng áp, các thử nghiệm kiểm tra chất lượng thường được tiến hành để đảm bảo các tiêu chuẩn kỹ thuật. Ngoài ra, nếu cần có thể thực hiện gia công định hình bổ sung thông qua phay hoặc các phương pháp liên quan, đồng thời có thể áp dụng lớp hoàn thiện bề mặt nếu yêu cầu. Sau quá trình hấp và làm mát, các sản phẩm sẵn sàng để sử dụng ngay mà không cần thời gian lưu kho. Trong trường hợp chưa được sử dụng ngay, các đơn vị sẽ được lưu trữ tại nhà máy và sau đó vận chuyển đến công trường để lắp đặt.

3.2. Ứng dụng AAC trong xây dựng

Bê tông khí AAC được sử dụng rộng rãi trong nhiều hạng mục xây dựng nhờ vào trọng lượng nhẹ, khả năng cách nhiệt, cách âm tốt và tính thân thiện với môi trường. Vật liệu này thường được dùng để xây dựng tường bao ngoài và tường ngăn trong nhà, giúp cải thiện hiệu quả cách nhiệt và giảm tải trọng công trình. Các tấm panel AAC có cốt thép (lớp bảo vệ cốt thép 19 - 32 mm) được ứng dụng làm sàn và mái, đạt nhịp 6 - 7.6 m, cung cấp giải pháp thi công nhanh, tiết kiệm chi phí, kiểm soát độ võng và nứt theo ACI 523.4R-18 [1].

AAC cũng được kết hợp với khung bê tông cốt thép và khung thép trong các công trình nhà lắp ghép, nhằm tạo ra các cấu kiện chịu lực bền vững. Bên cạnh đó, AAC còn được sử dụng làm vách ngăn nhẹ trong các công trình thương mại, văn phòng và trung tâm mua sắm, đồng thời được ứng dụng trong các công trình cải tạo nhằm nâng cao khả năng cách âm và chống cháy. Ứng dụng của AAC cũng mở rộng sang các công trình công nghiệp và nhà xưởng, nơi yêu cầu vật liệu có khả năng chịu nhiệt và chống cháy cao.

3.3. Các nước trên thế giới đã thực hiện

Bê tông khí chưng áp (AAC) lần đầu được thương mại hóa cách đây hơn 50 năm, với quá trình phát triển ban đầu tại vùng Scandinavia vào những năm 1920. Mặc dù được nghiên cứu sớm, việc ứng dụng thương mại của AAC chỉ thực sự gia tăng từ giữa những năm 1940, đặc biệt là sau Thế chiến thứ hai, khi vật liệu này được sử dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng phục hồi tại châu Âu. Đến khoảng năm 1950, AAC bắt đầu xuất hiện tại Vương quốc Anh, và đến năm 1965 đã có 9 nhà máy sản xuất đi vào hoạt động. Tuy nhiên, AAC vẫn chưa được sản xuất phổ biến tại Hoa Kỳ trong giai đoạn này.

Đến giữa những năm 1960, AAC đã chiếm từ 20 đến 40% thị phần vật liệu kết cấu tại một số quốc gia như Liên Xô, Đức, Hà Lan và Thụy Điển. Đến năm 1987,

sản lượng AAC toàn cầu ước tính đạt khoảng 23 triệu m³ mỗi năm, với hoạt động sản xuất diễn ra tại 35 quốc gia trên thế giới.

Bảng 3. Ước tính sản lượng bê tông khí chưng áp năm 1987

Quốc gia	Ft ³ (x10 ⁶)	M ³ (x10 ⁶)
Bỉ	8.83	0.25
Tiệp Khắc	105.9	3
Đan Mạch	10.6	0.3
Phần Lan	7.1	0.2
Pháp	17.6	0.5
Cộng hòa Liên Bang Đức	97.1	2.75
Nhật Bản	105.9	3
Hà Lan	10.6	0.3
Ba Lan	141.3	4
Thụy Điển	8.8	0.25
Liên Xô	187.2	5.3
Vương quốc Anh	100.6	2.85
Nam Tư	35.3	1.0

3.4. Ưu điểm và nhược điểm

3.4.1. Ưu điểm

Khối AAC lớn gia cố bằng thép (lớp bảo vệ 19 - 32 mm) tăng khả năng chịu tải và cách nhiệt, phù hợp cho tường chịu lực 3 - 4 tầng, sàn và mái nhíp 6 - 7.6 m [1].

Dung sai kích thước nhỏ (± 3 mm, NF P 14-306) giúp lắp ghép chính xác, giảm chi phí thi công.

Tấm AAC giảm số mối nối, tiết kiệm nhân công, sử dụng vữa mỏng thay vữa truyền thống.

3.4.2. Nhược điểm

Dễ nứt mẻ, bề mặt dễ hỏng do va chạm, yêu cầu lớp phủ bảo vệ thoát hơi và chống đọng nước.

Hút nước cao (30 - 40%), cần lớp trát (1 - 3 lớp, tổng dày ≤ 20 mm) hoặc sơn chống thấm để đảm bảo độ bền [1].

Cốt thép cần xử lý chống ăn mòn; neo giữ phải thiết kế cẩn thận để tránh bật ra khi chịu tải động [6].

3.5. Sự khác nhau giữa bê tông khí AAC trước đây và hiện nay

Bảng 4. Sự khác nhau của bê tông khí AAC trước và sau [1, 2, 6]

Tiêu chí	Trước đây (1990 - 2010)	Hiện nay (sau 2015 đến nay)
Công nghệ sản xuất	Công nghệ cơ bản, dây chuyền cũ, chủ yếu từ Trung Quốc	Công nghệ tiên tiến từ Đức, Nhật (HESS, Masa, Ytong...), tự động hóa cao
Kiểm soát chất lượng	Thô sơ, nhiều sai số trong tỷ lệ nước, bột nhôm, nhiệt độ hấp	Có hệ thống kiểm soát tự động, cảm biến điều chỉnh áp suất - nhiệt độ chính xác
Chất lượng sản phẩm	Co ngót lớn, cường độ thấp, nhiều lỗ khí không đồng đều	Cường độ ổn định (4 - 7 MPa), cấu trúc đồng đều, giảm co ngót và hút nước
Nguyên liệu	Chủ yếu dùng cát nghiền, vôi thủ công, xi măng thường	Bắt đầu thay thế cát bằng tro bay, vôi công nghiệp, xi măng hỗn hợp ít CO ₂
Hiểu biết khoa học về vật liệu	Chưa có nghiên cứu vi cấu trúc rõ ràng, chủ yếu dựa trên kinh nghiệm	Ứng dụng SEM, XRD, mô phỏng nhiệt ẩm, đánh giá độ bền, truyền nhiệt qua tường AAC
Ứng dụng	Chủ yếu làm tường ngăn không chịu lực	Làm tường chịu lực, tấm panel sàn - mái, nhà lắp ghép, nhà cao tầng xanh
Tiêu chuẩn kỹ thuật	Thiếu bộ tiêu chuẩn riêng biệt, chủ yếu áp dụng TCVN bê tông thường	Có TCVN 7959:2008, cập nhật theo EN 771-4, ASTM C1693... và các tiêu chuẩn xanh
Quan điểm thị trường	Xem là vật liệu "mới, chưa kiểm chứng", thị phần nhỏ	Được công nhận là vật liệu xanh - nhẹ - hiệu quả năng lượng, ngày càng phổ biến
Định hướng phát triển	Sản xuất quy mô nhỏ, manh mún, chưa đồng bộ	Tích hợp vào xu hướng công trình xanh, BIM, nhà lắp ghép, xuất khẩu quốc tế

3.6. Cơ sở lý thuyết

3.6.1. Kinh nghiệm của châu Âu

Ủy ban Bê tông Quốc tế châu Âu (CEB) đã biên soạn hướng dẫn về thiết kế và công nghệ bê tông khí chưng áp (AAC), nhấn mạnh quy định tính toán ứng suất và khuyến nghị kiểm chứng thiết kế thông qua thử nghiệm thực nghiệm (EN 771-4:2011, EN 12602:2016) [5]. Thử nghiệm cho thấy việc ứng dụng AAC cần thận trọng do kiến thức thiết kế cấu kiện còn hạn chế, đặc biệt về tải trọng tập trung và lực cắt

xoắn. Tiêu chuẩn EN 13501-2:2016 quy định khả năng chống cháy của tường AAC, với thời gian chịu lửa (REI) phụ thuộc vào độ dày (100 - 150 mm), mật độ, và lớp bảo vệ bề mặt. Ví dụ, tường AAC 150 mm đạt REI 240 (4 giờ) trong điều kiện tiêu chuẩn [3].

Mặc dù AAC đã chứng minh hiệu quả sau hơn 50 năm sử dụng, các quy tắc thiết kế hiện hành chưa được kiểm nghiệm đầy đủ như bê tông cốt thép. Kinh nghiệm châu Âu là nguồn tham khảo quý cho Việt Nam, nhưng cần điều chỉnh phù hợp với điều kiện khí

hậu, kỹ thuật thi công và quy chuẩn trong nước.

Việc thử nghiệm tải trọng và đánh giá cơ lý tại Việt Nam là cần thiết để đảm bảo an toàn và hiệu quả khi áp dụng AAC. Tóm lại, kiến thức từ châu Âu là nền tảng, nhưng nghiên cứu và thích nghi tại Việt Nam là điều kiện quan trọng để phát huy tiềm năng vật liệu này [6].

3.6.2. Kinh nghiệm của Hoa Kỳ

Hiện chưa có đơn vị sản xuất cấu kiện bê tông khí chưng áp (AAC) đúc sẵn tại Hoa Kỳ và Canada, tuy nhiên ACI đã ban hành hướng dẫn thiết kế (ACI 523.4R-18) cho các cấu kiện sàn, mái, tường bằng AAC mật độ thấp ($\leq 800 \text{ kg/m}^3$), đáp ứng yêu cầu chịu lực và độ bền. Tiêu chuẩn ASTM C1693-11 quy định khối lượng thể tích, cường độ nén (tối thiểu 2.1 MPa), mô-đun đàn hồi, và hệ số truyền nhiệt. Hướng dẫn ACI 523.4R-18 yêu cầu lớp bảo vệ cốt thép (19 - 32 mm), kiểm soát độ võng, ứng suất thiết kế, và thử nghiệm uốn để đảm bảo an toàn [1].

Việc CABO và Bộ Phát triển nhà ở và đô thị Hoa Kỳ (HUD) chấp thuận sử dụng AAC cho sàn, mái, tường và vách ngăn cho thấy tầm quan trọng của các tiêu chuẩn kỹ thuật rõ ràng. Dù Việt Nam chưa có tiêu chuẩn riêng cho AAC, kinh nghiệm quốc tế là cơ sở quan trọng để xây dựng các quy định phù hợp về thiết kế, thi công và kiểm soát chất lượng - đặc biệt là về chống thấm, bảo vệ cốt thép, kiểm soát ứng suất và đảm bảo cường độ nén tối thiểu thông qua thử nghiệm.

3.7. Nội dung nghiên cứu

Tính chất của bê tông khí: Dữ liệu nguyên cấp (thử nghiệm tại nhà máy Viglacera, 2023): Mật độ (ρ): 550 - 650 kg/m^3 ; cường độ nén (f_c): 3.5 - 5.0 MPa; hệ số dẫn nhiệt (λ): 0.12 - 0.16 W/m.K ; hút nước: 30 - 40%; co ngót: 0.03% (từ 75% xuống 3% độ ẩm, 43% R.H., 20°C).

Phương pháp thử: Theo TCVN 7959:2017 và ASTM C1693-11.

Cần nhắc về độ ẩm:

Bê tông khí (AAC) khi giao đến công trường thường chứa 20 - 35% ẩm theo trọng lượng, giảm còn 4 - 6% sau 1 - 2 năm sử dụng. Tuy nhiên, AAC có thể hút thêm ẩm từ môi trường, nên thiết kế cần đảm bảo khả năng thoát ẩm và giữ độ ẩm trong nhà dưới 60% RH để sử dụng an toàn. Nếu cao hơn cần hạn chế khuếch tán hơi nước.

Với đặc tính xốp và hút ẩm cao, AAC cần xử lý bề mặt kỹ để đảm bảo độ bền. Tường xây thường dùng lớp vữa trát, còn tấm tường nên phủ sơn chống thấm cho phép thoát hơi ẩm. Biện pháp bảo vệ gồm: Vữa 1 - 3 lớp (tổng chiều dày $\leq 20 \text{ mm}$), lớp phủ trong

bằng thạch cao, vữa vôi, nhựa, sơn hoặc vật liệu trang trí như: Gạch men, đá màu, kính vỡ... có thể phủ lên tấm tường để tăng thẩm mỹ và bảo vệ.

Độ mao dẫn: Độ mao dẫn rất quan trọng đối với việc làm ướt và làm khô vật liệu. Lực hút mao dẫn chậm trong bê tông khí so với một số vật liệu xốp khác như gạch đất sét. Lực hút mao dẫn diễn ra hầu như chỉ thông qua các lỗ nhỏ trong thành tế bào và không đáng kể đối với các lỗ lớn.

Hệ số giãn nở nhiệt: Hệ số giãn nở nhiệt tuyến tính đối với bê tông khí chưng áp là $4.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{F}$ so với $6,8 \times 10^{-6}/^\circ\text{F}$ đối với cốt thép mềm. Bê tông đặc và thép có giá trị hệ số giãn nở nhiệt tuyến tính gần như giống nhau.

Nứt: Một trong những mối quan tâm chính đối với bê tông khí AAC là nứt, cả bên ngoài và bên trong. Nứt có thể do co ngót, biến dạng, nhiệt độ, hiệu ứng độ ẩm, hoặc do biến dạng và lún của nền móng. Không phải lúc nào cũng có thể phân biệt được nguyên nhân và tác động của vết nứt. Việc sửa chữa các vết nứt trong nhà ở và căn hộ có người ở có thể khó khăn và tốn kém. Trong một nghiên cứu của Cividini [7], người ta đã báo cáo rằng ứng suất trước của tấm bê tông khí AAC do sự sấy và làm mát khác nhau sau khi chưng áp, trong một số trường hợp có thể làm tăng khả năng chống nứt đến mức mặt cắt ngang của tấm có thể không có vết nứt trong suốt thời gian sử dụng.

Biến dạng: Bê tông khí AAC có biến dạng thấp so với biến dạng đàn hồi, chịu ảnh hưởng bởi: Mức ứng suất, hàm lượng ẩm, nhiệt độ môi trường, độ ẩm tương đối.

Hệ số biến dạng thường nằm trong khoảng 0.8 đến 1.2 với AAC có mật độ khoảng 500 kg/m^3 . Theo Kruml [8], hiện chưa xác định đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến biến dạng nên giá trị hệ số biến dạng còn dao động trong các tài liệu. AAC có biến dạng tỷ lệ thuận với ứng suất đến khoảng 50% cường độ nén.

Nghiên cứu của Nielson trên dầm không cốt thép cho thấy:

Với AAC khô (ở 43% RH), hệ số biến dạng sau 1 năm là 0.2 - 0.3.

Với AAC bão hòa nước, hệ số này tăng lên 0.2 - 0.6. Các giá trị này nhìn chung thấp hơn bê tông thông thường.

Mật độ: Mật độ của bê tông khí AAC thường đề cập đến vật liệu khô trong lò. Vào thời điểm vật liệu được chuyển đến công trường xây dựng, mật độ thực tế cao hơn do hàm lượng ẩm và sự hiện diện của bất kỳ cốt thép nào. Mật độ của bê tông khí AAC thường được báo cáo trong phạm vi từ (300 - 1,000 kg/m^3), với (500 kg/m^3) hoặc cao hơn là mật độ phổ biến nhất đối với các sản phẩm chịu tải và các thành phần

uốn được gia cố. Bave đã báo cáo vào năm 1980 rằng mật độ (350 kg/m^3) hiện được sử dụng cho các đơn vị kết cấu của bê tông khí AAC như tường chịu lực, sàn và mái. Mật độ khô của vật liệu rắn (không có lỗ rỗng hoặc ô khí) là ($2,500 \text{ kg/m}^3$).

Khả năng chống hư hỏng:

Do có độ xốp cao và độ kiềm thấp (pH 9 - 10.5), AAC không bảo vệ cốt thép tốt như bê tông đặc. Vì vậy, cốt thép cần được xử lý chống ăn mòn. Trong môi trường khô (độ ẩm tương đối < 50%), nguy cơ ăn mòn cốt thép là rất thấp. Tuy nhiên, đinh và neo thép vẫn có thể bị ăn mòn do độ ẩm còn lại trong vật liệu, ngưng tụ hoặc nước mưa thấm.

Do tính xốp, AAC dễ bị thấm axit ở dạng lỏng hoặc khí, dẫn đến hư hỏng nhanh hơn bê tông đặc. Do đó, cần bảo vệ AAC khỏi tiếp xúc với axit.

Trong quá trình chưng áp, canxi hydroxit phản ứng với cốt liệu silicat tạo thành canxi silicat hydrat, làm giảm độ kiềm của vật liệu. Khi tiếp xúc với không khí chứa carbon dioxide và độ ẩm, vật liệu có thể bị giảm kiềm thêm nữa, và có nguy cơ nứt co ngót nếu CO_2 vượt 0.2%.

Ngoài ra, AAC còn có ưu điểm là kháng côn trùng, mối và nấm mốc.

Khả năng chống cháy:

Bê tông khí (AAC) là vật liệu không cháy với độ dẫn nhiệt thấp, giúp làm chậm quá trình truyền nhiệt và tăng khả năng chống cháy so với bê tông đặc. So với vật liệu cùng độ dày, AAC có thể kéo dài thời gian chống cháy thêm 30 - 40%. Ví dụ, tấm AAC dày 10 cm chịu lửa 2 giờ, trong khi tường gạch 11 cm hoặc bê tông thường chỉ chịu được 1 giờ [4]; tại Anh, tường AAC dày 15 cm có thể chống cháy đến 6 giờ [3].

Khả năng chống cháy của sàn và mái AAC phụ thuộc vào mật độ vật liệu và lớp phủ cốt thép. AAC còn được dùng làm lớp bảo vệ thép hoặc tăng khả năng chống cháy cho tường bê tông. Theo thử nghiệm của Hoa Kỳ từ thập niên 1960, tấm AAC dày 15 cm có thể chịu lửa 2 giờ khi chịu tải và 4 giờ khi không chịu tải. AAC mật độ cao ($560 - 800 \text{ kg/m}^3$) và lớp phủ cốt thép dày hơn (19 - 32 mm) giúp tăng đáng kể thời gian chịu lửa.

Các nghiên cứu và tiêu chuẩn cho thấy tường AAC có

khả năng chống cháy cao. Theo EN 13501-2: thời gian chịu lửa phụ thuộc vào: Bề dày tường (thường xét 100-150 mm), mật độ khối AAC, điều kiện có/không chịu tải, lớp bảo vệ bề mặt (vữa trát, sơn chống cháy, ...). Trong điều kiện tiêu chuẩn, tường AAC dày khoảng 150 mm thường đạt REI 240 (≈ 4 giờ) chịu lửa; với bề dày nhỏ hơn (100 mm), khả năng chống cháy giảm còn khoảng REI 120-180 ($\approx 2 - 3$ giờ).

Đối với bê tông bọt, do cấu trúc rỗng và không chưng áp, khả năng chịu lửa thường thấp hơn, chỉ đạt $\approx 2 - 3$ giờ trong điều kiện thử tiêu chuẩn.

Khả năng chống băng giá:

Việc sử dụng rộng rãi bê tông khí ở các quốc gia có khí hậu lạnh cho thấy vật liệu này có khả năng chống băng giá. Tuy nhiên, vẫn có nguy cơ hư hỏng do băng giá nếu hàm lượng ẩm ở bất kỳ phần nào của đơn vị thi công vượt quá hàm lượng ẩm quan trọng của bê tông khí đã được chưng cất. Độ ẩm quan trọng có thể được coi là độ ẩm của vật liệu mà khi đóng băng và rã đông, sẽ xảy ra tình trạng mất tính chất cường độ hoặc hư hỏng. Độ ẩm quan trọng là, ví dụ, khoảng 40 phần trăm theo thể tích đối với bê tông khí được sản xuất tại Thụy Điển với mật độ 500 kg/m^3 [5]. Tuy nhiên, độ ẩm thường cao nhất trong quá trình thi công, hiếm khi vượt quá 15 - 20 phần trăm theo thể tích, trước khi quá trình khô diễn ra.

Sự giãn nở và co ngót của độ ẩm:

Tương tự bê tông đặc, AAC giãn nở khi ướt và co lại khi khô. Độ co ngót phụ thuộc vào mật độ và phương pháp sản xuất, với giá trị dao động từ 0.1 - 0.5%, tính từ trạng thái bão hòa đến trạng thái cân bằng ở 45% độ ẩm tương đối (R.H.). So với bê tông xốp được dưỡng hộ trong không khí, AAC hấp thụ hơi nước ít hơn và có độ co ngót khi sấy thấp hơn, nhờ các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình chưng áp. Tuy nhiên, kết quả co ngót có thể khác nhau đáng kể tùy vào loại vật liệu và phương pháp thử nghiệm. Trên thực tế, độ co ngót giữa hàm lượng ẩm khi sản xuất và độ ẩm cân bằng là yếu tố quan trọng cần kiểm soát. Sấy khô quá mức (dưới 43% R.H.) có thể làm gia tăng độ co ngót. Một thí nghiệm cho thấy, khi hàm lượng ẩm giảm từ 75% xuống 3% (theo khối lượng) ở điều kiện 43% R.H. và 20°C , độ co ngót đo được là 0.03% [2].

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Những hình ảnh và số liệu được chứng nhận

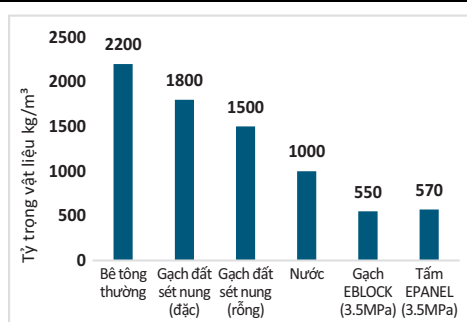
Bảng 5. So sánh bê tông khí AAC bê tông thường bê tông nhẹ đặc (TCVN 7959:2017)

Tiêu chí	Bê tông khí AAC	Bê tông thường	Bê tông nhẹ đặc	Nguồn
Khối lượng riêng (kg/m^3)	300 - 1,200	2,400 - 2,500	1,400 - 1,800	TCVN 7959:2017
Cường độ chịu nén (Mpa)	2 - 7.5	20 - 40	10 - 25	TCVN 7959:2017
Tính Cách nhiệt (W/mK)	0.08 - 0.16	1.6 - 2.0	0.3 - 0.8	[1, 2]
Tính Cách âm (db)	40 - 50	30-40	35 - 45	[1]

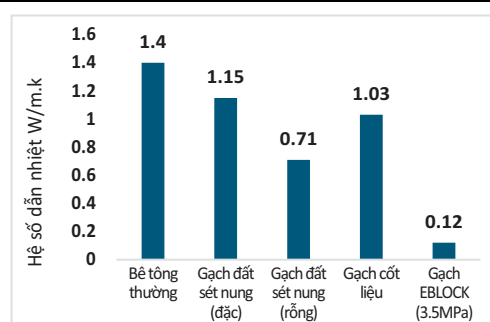
Tiêu chí	Bê tông khí AAC	Bê tông thường	Bê tông nhẹ đặc	Nguồn
Khả năng chống cháy	Rất tốt (≥ 4 giờ)	Trung bình (1 - 2 giờ)	Tốt (2 - 3 giờ)	EN13501-2:2016
Độ hút nước (%)	30 - 40	5 - 10	10 - 20	[1]
Khả năng thi công	Dễ cắt, khoan, xây nhanh	Nặng, cần nhiều nhân công	Năng lượng AAC khó thi công hơn	[1]
Thân thiện môi trường	Cao, ít phát thải CO ₂	Thấp, sản xuất tốn nhiều tài nguyên	Trung bình	[2, 4]

Bảng 6. Bê tông khí là vật liệu thân thiện với môi trường [4]

Tiêu chí	Gạch nung/ bê tông thường	Bê tông khí chưng áp	Nguồn
Năng lượng sản xuất	62 kWh/100m ²	3.6 kWh/100m ² giảm 17 lần	[4]
Chất thải CO ₂ , LCA	Cao	104 kg CO ₂ /m ³	[4]
Tái hấp thụ CO ₂	Không	Hấp thu 77 kg CO ₂ /m ³	[4]
Nguyên liệu thụ phẩm	Không	Tro bay làm nguyên liệu chính	[4]
Chứng nhận xanh	Không	SGBC - vật liệu xanh	[4]



Hình 1. So sánh tỷ trọng vật liệu (kg/m³) theo TCVN 7959:2017 [8]



Hình 2. Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu (W/m.K) theo QCVN 09:2017/BXD

Chi phí thi công

AAC: 1.2 - 1.5 triệu VNĐ/m² (vật liệu + nhân công, tường 100 mm, vữa mỏng).

Gạch nung: 1.0 - 1.2 triệu VNĐ/m² (vật liệu + nhân công, tường 110 mm).

Giảm tải nền móng: AAC giảm 30 - 40% tải trọng so với gạch nung, tiết kiệm 10 - 15% chi phí móng [9].

4.2. Ứng dụng thực tế

Bê tông khí (AAC) là vật liệu xây dựng hiện đại, thân thiện môi trường, góp phần giảm phát thải CO₂ nhờ quy trình sản xuất ở nhiệt độ thấp và sử dụng nguyên liệu như cát, vôi, tro bay - các nguồn tái tạo hoặc phế thải công nghiệp [10]. Tại Việt Nam, AAC đã được sử dụng trong các dự án nhà ở xã hội tại Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) và Hà Nội, giảm tải trọng công trình 30 - 40%, rút ngắn thời gian thi công 20%, nhưng chi phí cao hơn gạch [7]. Tuy nhiên, việc ứng dụng AAC tại Việt Nam còn gặp khó khăn do thói quen thi công cũ, thiếu tiêu chuẩn kỹ thuật và nhân lực chuyên môn. Để thúc đẩy, cần có chính sách hỗ trợ sử dụng vật liệu xanh, hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn và tăng cường đào tạo kỹ thuật. Việc phát triển AAC không chỉ là lựa chọn công nghệ mà còn là trách nhiệm môi trường, đòi hỏi sự phối hợp giữa các cơ quan, doanh nghiệp và cơ sở đào tạo [7].

Tại Việt Nam, AAC đã được sử dụng trong một số dự án nhà ở xã hội tại TP.HCM và Hà Nội. Kết quả khảo sát cho thấy vật liệu giúp giảm tải trọng công trình 30 - 40 %, rút ngắn thời gian thi công 20%, nhưng còn hạn chế ở khâu vận chuyển và chi phí cao hơn gạch nung khoảng 10 - 15%.

4.3. Tiềm năng phát triển tại Việt Nam

Với tốc độ đô thị hóa nhanh (dự kiến hơn 40% dân số sống ở đô thị vào năm 2025) và cam kết giảm phát thải khí nhà kính, bê tông khí (AAC) là vật liệu phù hợp với xu hướng xây dựng xanh tại Việt Nam. Nghị định 15/2021/NĐ-CP của Chính phủ khuyến khích sử dụng vật liệu không nung, tạo điều kiện cho sự phát triển của AAC [7].

Tuy nhiên, thách thức vẫn còn khi người dân và nhà thầu chưa có nhận thức phổ biến về AAC; nhiều nơi vẫn ưu tiên gạch đất nung do chi phí ban đầu thấp và tập quán truyền thống. Bên cạnh đó, việc nâng cấp công nghệ sản xuất và mở rộng mạng lưới phân phối cũng là yếu tố cần thiết để thúc đẩy sự phát triển mạnh mẽ của AAC tại Việt Nam.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1. Kết luận

Qua phân tích số liệu và đối chiếu với TCVN 7959 nghiên cứu cho thấy AAC tại Việt Nam có mật độ

trung bình 550 - 650 kg/m³ thấp hơn đáng kể so với bê tông thường (2,200 - 2,400 kg/m³). Hệ thống dẫn nhiệt dao động 0.12 - 0.16 W/mk, trong khi gạch đất nung khoảng 0.6 - 0.8 W/mk. Điều này chứng tỏ AAC có ưu thế vượt trội về khả năng cách nhiệt. So với số liệu từ châu Âu và Hoa Kỳ, AAC sản xuất trong nước hiện còn hạn chế về cường độ nén (3.5 - 5.0 MPa so với 6 - 8 MPa ở châu Âu) nhưng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật [1].

5.2. Đề xuất

Đối với doanh nghiệp sản xuất vật liệu xây dựng: Cần cải tiến công nghệ sản xuất để nâng cao cường độ

nén và độ bền.

Đối với Nhà nước và các cơ quan quản lý: Cần ban hành chính sách ưu đãi cho các dự án sử dụng AAC.

Đối với các cơ sở đào tạo, hiệp hội nghề nghiệp và doanh nghiệp: Cần tổ chức đào tạo kỹ thuật và nâng cao nhận thức về AAC.

Đối với Bộ Xây dựng và cơ quan tiêu chuẩn: Cần hoàn thiện tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia.

Đối với các tổ chức nghiên cứu, doanh nghiệp và Nhà nước: Cần thúc đẩy hợp tác quốc tế để chuyển giao công nghệ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] TCVN 7959:2017, *Bê tông khí chưng áp - Yêu cầu kỹ thuật*.

[2] B. Thomas and S. Harutyunyan, *Vật liệu xây dựng bền vững: Bê tông khí chưng áp (AAC)*. Amsterdam: Elsevier, 2020.

[3] F. N. Leitch, "Các tính chất của bê tông khí trong dịch vụ," in *Biên bản Đại hội quốc tế lần thứ hai về bê tông nhẹ*, London: The Concrete Society, 1980.

[4] AAC carbon Emissions - EAACA

[5] X. Zhou and Z. Wu, "Autoclaved Aerated Concrete: A review of properties, performance and applications," *Construction and Building Materials*, vol. 124, 2016.

[6] W. Schulze and J. Gunzler, "Corrosion protection of the reinforcement in lightweight concrete," in *Proceedings of the 1st International Congress on*

Lightweight Concrete, vol. 1, London: Cement and Concrete Association, pp. 111-122, May 1968.

[7] B. Cividini, "Investigation of long-time deflection on reinforced aerated concrete slabs," in F. H. Wittmann, Ed., *Autoclaved Aerated Concrete: Moisture and Properties*. Amsterdam: Elsevier, pp. 267-282, 1983.

[8] R. Kruml, "Influence of saturation degree on autoclaved aerated concrete on their creep," in F. H. Wittmann, Ed., *Autoclaved Aerated Concrete: Moisture and Properties*. Amsterdam: Elsevier, pp. 249-256, 1983

[9] Sở Xây dựng TP.HCM, *Khảo sát dự án nhà ở xã hội TP.HCM*, TP.HCM, 2023

[10] "Phân tích nhiệt trọng lượng khác biệt trong nghiên cứu bê tông tế bào hấp," in *Biên bản ICTA lần thứ 4 - Phân tích nhiệt*, Budapest, 1974, Tập 3, tr. 525-532.

Autoclaved aerated concrete

Luu Thanh Tai, Nguyen Thi Kim Thuy

ABSTRACT

This report provides an evaluation of the properties and performance of autoclaved aerated concrete (AAC), a material with low thermal conductivity and sufficient load-bearing capacity, suitable for both structural and non-structural applications. Owing to these attributes, AAC is an appealing choice for energy-efficient construction. The report addresses the manufacturing process, construction applications, physical properties, energy considerations, as well as relevant documentation and standards. Applications include AAC blocks and panels for walls, floors, and roofs, used in both load-bearing and non-load-bearing structures. The evaluated characteristics include density, fire resistance, shrinkage, strength, and thermal conductivity. In terms of energy efficiency, AAC may require additional insulation in extreme climates to meet minimum thermal performance standards, while in temperate climates, it can often meet insulation requirements without supplementary materials.

Keywords: autoclaved aerated concrete (AAC), TCVN 7959 standard, lightweight construction materials, soundproofing and insulation

Received: 12/6/2025

Revised: 12/9/2025

Accepted for publication: 15/10/2025