



NGHIÊN CỨU NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG BÊ TÔNG KHÍ CHUNG ÁP SỬ DỤNG CHO NHÀ SIÊU CAO TẦNG Ở VIỆT NAM

Nguyễn Trọng Lâm¹, Phạm Hữu Hanh²

Tóm tắt: Bê tông khí chưng áp (AAC) là loại vật liệu nhẹ có nhiều tiềm năng phát triển nhờ có khối lượng thể tích nhỏ, khả năng cách âm, cách nhiệt tốt... Do đó, AAC rất phù hợp làm vật liệu xây cho nhà siêu cao tầng. Tuy nhiên, cho đến nay trong sản xuất và sử dụng loại vật liệu này ở Việt Nam vẫn còn một số hạn chế như: cường độ thấp; độ co ngót, độ hút nước lớn và chất lượng kém ổn định... Việc nghiên cứu khắc phục những hạn chế trên giúp nâng cao hiệu quả sử dụng AAC trong xây dựng nhà siêu cao tầng ở Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi sử dụng phụ gia siêu dẻo (PGSD) kết hợp với phụ gia kỵ nước (PGKN) trong sản xuất AAC, cường độ của AAC có thể tăng đến 47%, độ hút nước bão hòa giảm đến 46% và hệ số hút nước mao dẫn giảm đến 75% so với mẫu đối chứng không sử dụng PGSD và PGKN.

Từ khóa: Bê tông khí chưng áp; độ hút nước bão hòa; hệ số hút nước mao dẫn.

Summary: Autoclaved aerated concrete (AAC) is a lightweight material with great potential to develop due to its low density, good acoustic insulation, good thermal insulation... Therefore, AAC is suitable as masonry unit for super high-rise building. However, this material produced in Vietnam still has some limitations such as low strength, high shrinkage, high water absorption and unstable quality... This research is aimed to overcome the limitations of AAC and helps to improve the efficiency of AAC to put this material into the use in super high-rise building in Vietnam. The results show that, when using a combination of superplasticizer and water repellent admixtures, the compressive strength of AAC can be increased up to 47%, water absorption at saturation decreased up to 46% and capillary water absorption coefficient decreased up to 75% compared to control samples without admixtures.

Key words: Autoclaved aerated concrete; water absorption at saturation; capillary water absorption coefficient.

Nhận ngày 1/5/2014, chỉnh sửa ngày 15/7/2014, chấp nhận đăng 31/10/2014



1. Đặt vấn đề

Tồn tại lớn nhất của AAC sản xuất và sử dụng ở Việt Nam hiện nay là hiện tượng khối xây AAC bị thấm và bị nứt. Hiện tượng này xảy ra do AAC có khả năng hút nước lớn và biến đổi thể tích khi độ ẩm thay đổi. Những tồn tại này làm giảm hiệu quả của AAC trong xây dựng nhà siêu cao tầng ở Việt Nam. Để giải quyết những vấn đề nêu trên của AAC cần nghiên cứu nâng cao cường độ và giảm độ hút nước của AAC.

Cấu trúc của bê tông khí gồm hai phần là lỗ rỗng và phần vách ngăn giữa các lỗ rỗng dạng tổ ong. Lỗ rỗng của bê tông khí gồm hai hệ thống cấu trúc rỗng đó là các lỗ rỗng dạng tổ ong hình thành do chất tạo khí sinh ra trong quá trình phồng nở và các lỗ rỗng nhỏ được tạo nên từ các lỗ rỗng gel và hệ thống mao quản nằm trong vách ngăn giữa các lỗ rỗng lớn [1,2].

Tính chất của bê tông khí phụ thuộc chủ yếu vào cường độ vách ngăn giữa các lỗ rỗng dạng tổ ong cũng như cấu trúc vách ngăn và cấu trúc rỗng của bê tông [2,4]. Trong khi cường độ của bê tông khí phụ thuộc chủ yếu vào cường độ vách ngăn giữa các lỗ rỗng, hình dạng và kích thước trung bình của lỗ rỗng cũng như sự phân bố của lỗ rỗng trong bê tông thì độ hút nước của bê tông khí phụ thuộc vào cấu trúc rỗng và tính chất của lỗ rỗng.

Đối với bê tông khí, để đảm bảo cho quá trình phồng nở diễn ra thuận lợi, thường sử dụng tỷ lệ nước so với tổng lượng vật liệu rắn (N/R) lớn. Bởi vậy, trong quá trình rắn chắc lượng nước dư thừa bay hơi tạo

¹ThS, Khoa Vật liệu Xây dựng. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: lamnt@nuce.edu.vn

²PGS. TS, Khoa Vật liệu Xây dựng. Trường Đại học Xây dựng.

nên các lỗ rỗng mao quản trong vách ngăn, làm giảm độ đặc chắc của vách ngăn, giảm cường độ và tăng độ hút nước của bê tông khí. Vì thế, việc giảm tỷ lệ N/R trong khi vẫn đảm bảo độ nhớt của hỗn hợp vữa hợp lý để quá trình phồng nở diễn ra thuận lợi sẽ hạn chế hình thành các lỗ rỗng mao quản và các mạng lưới lỗ rỗng thông nhau, cải thiện độ đặc chắc của vách ngăn, tăng cường độ và giảm độ hút nước của bê tông khí. Ở Việt Nam đã có một số tác giả nghiên cứu sử dụng phụ gia hóa dẻo giảm lượng nước trong bê tông khí, tuy nhiên các nghiên cứu mới chỉ thực hiện với bê tông khí không chưng áp.

Với mục đích giảm tỷ lệ N/R, nhóm nghiên cứu lựa chọn sử dụng PGSD để giảm lượng dùng nước mà vẫn đảm bảo độ nhớt của hỗn hợp bê tông. Bên cạnh đó, để hạn chế các khuyết tật và giảm độ hút nước, đề tài sử dụng thêm phụ gia kỵ nước. Ngoài việc giảm độ hút nước, phụ gia kỵ nước còn có tác dụng làm giảm sức căng bề mặt của bọt khí, hạn chế sự phá vỡ bọt khí, ngăn cản sự kết hợp các bọt khí nhỏ thành bọt khí lớn.



2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1 Vật liệu sử dụng

Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm: Xi măng PC40 Bút Sơn, bột vôi sống, tro tuyển Phả Lại, thạch cao tự nhiên, chất tạo rỗng bột nhôm và phụ gia hóa học. Tính chất kỹ thuật và thành phần hóa của vật liệu sử dụng được trình bày trong các Bảng 1 đến 4.

Bảng 1. Tính chất kỹ thuật của xi măng

Tính chất	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
Độ mịn sàng	%	4,0	TCVN 4030 - 2003
Lượng nước tiêu chuẩn	%	28	TCVN 6017 - 1995
Thời gian bắt đầu đông kết	Phút	100	TCVN 6017 - 1995
Thời gian kết thúc đông kết	Phút	185	TCVN 6017 - 1995
Cường độ nén 3 ngày	MPa	22	TCVN 6016 - 1995
Cường độ nén 28 ngày	MPa	42	TCVN 6016 - 1995
Khối lượng riêng	g/cm ³	3,04	TCVN 4030 - 2003

Bảng 2. Tính chất kỹ thuật của bột vôi sống

Thông số	Tiêu chuẩn	Thực tế	Phương pháp thử
Màu sắc	Trắng	Trắng	
Lượng CaO hoạt tính	> 85%	87%	
Tốc độ tôi, phút	6 ÷ 9 phút	8	TCVN 2231:1989
Nhiệt độ tôi, °C	65 ÷ 80 °C	78	
Độ mịn, % trên sàng 009		8	
Khối lượng riêng, g/cm ³		2,78	TCVN 4030:2003

Bảng 3. Thành phần hóa của tro bay sử dụng trong thí nghiệm

Thành phần	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MKN
Hàm lượng, %	58,38	25,12	7,01	0,84	0,7	0,3	3,28	5,29

Bảng 4. Kết quả tính chất của tro bay

Tính chất	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
Lượng sót sàng 90µm	%	5	TCVN 4030 - 2003
Khối lượng riêng	g/cm ³	2,2	TCVN 4030 - 2003
Khối lượng thể tích xốp	kg/cm ³	996	TCVN 340 - 1986

- Bột nhôm: Đề tài sử dụng bột nhôm với hàm lượng nhôm kim loại đạt 86% và hệ số sản lượng 1050 lít khí hiđrô/1kg bột nhôm.

- Phụ gia siêu dẻo: PGSD sử dụng cho bê tông khí ngoài khả năng giảm nước cao còn phải đảm bảo không phá vỡ bọt khí, theo [3] PGSD phù hợp cho bê tông khí là PGSD thể hệ 3 gốc polycarboxylate. Đề tài chọn PGSD Sika Viscocrete 3000-20, đây là loại PGSD thể hệ mới nhất của Sika có khả năng giảm nước cao.

- Phụ gia kỵ nước: Đối với bê tông khí chưng áp, do phải trải qua quá trình chưng áp nhiệt độ cao nên không thể sử dụng các loại phụ gia kỵ nước gốc hữu cơ. Trong nghiên cứu này sử dụng loại phụ gia kỵ nước gốc vô cơ là TL12. Lượng dùng phụ gia từ 0,8-1,4% so với lượng dùng chất kết dính.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu sử dụng các phương pháp tiêu chuẩn và phi tiêu chuẩn để xác định tính chất của vật liệu sử dụng, tính toán cấp phối và xác định các tính chất của AAC.

2.2.1 Phương pháp tiêu chuẩn

Đề tài sử dụng các phương pháp tiêu chuẩn để xác định các tính chất của vật liệu sử dụng và xác định khối lượng thể tích và cường độ nén của AAC (TCVN 7959:2011).

2.2.2 Phương pháp phi tiêu chuẩn

Ở Việt Nam hiện nay chưa có đủ các tiêu chuẩn riêng để xác định độ hút nước bão hòa và hệ số hút nước mao dẫn của AAC. Do đó, tác giả sử dụng tiêu chuẩn TCVN 3113:1993 (tiêu chuẩn xác định độ hút nước bão hòa của bê tông nặng) để xác định độ hút nước bão hòa của AAC và tiêu chuẩn TCVN 9028:2011 (tiêu chuẩn xác định hệ số hút nước mao dẫn của vữa sử dụng cho bê tông khí) để xác định hệ số hút nước mao dẫn của AAC.

Để tính toán cấp phối, tác giả sử dụng phương pháp tính toán kết hợp với thực nghiệm xác định theo khối lượng thể tích khô của A.P.Baranov [1].

2.2.3 Phương pháp chuẩn bị mẫu

Sử dụng các khuôn có kích thước 100x100x100 mm để đúc mẫu xác định khối lượng thể tích, cường độ nén và độ hút nước bão hòa và khuôn có kích thước 40x40x160 mm để đúc mẫu xác định hệ số hút nước mao dẫn. Số lượng mẫu kiểm tra các chỉ tiêu không ít hơn 3 mẫu trên 1 cấp phối.



3. Cấp phối thí nghiệm

Phương pháp tính cấp phối của A.P.Baranov [1] dựa trên nguyên tắc đảm bảo khối lượng thể tích khô cho trước và độ chảy của hỗn hợp vữa phải phù hợp để quá trình phòng nở diễn ra thuận lợi nhất. Bởi vậy, khi sử dụng PGSD phải điều chỉnh lượng dùng nước sao cho độ chảy của hỗn hợp vữa không đổi, khi đó lượng dùng chất tạo rỗng cũng phải tính toán lại. Do đó, khi sử dụng phụ gia phải tính toán lại cấp phối.

Với mục tiêu hướng tới sản phẩm AAC đạt cấp cường độ B4, tác giả chọn loại AAC mác D600 để nghiên cứu.

3.1 Tính toán cấp phối khi chưa có phụ gia

- Xác định tỷ lệ N/R: Đối với AAC mác D600, giá trị N/R chọn sao cho độ chảy của vữa thí nghiệm bằng nhót kể Suttard đạt 26 cm [1]. Theo kết quả trên Hình 1, để độ chảy đạt 26 cm thì $N/R = 0,47$. Từ đó tính được cấp phối cho 1m^3 AAC mác D600 khi chưa sử dụng phụ gia như sau:

XM, kg	Vôi, kg	Thạch cao, kg	Tro bay, kg	Nước, lít	Bột nhôm, kg
92	84	8,4	368	260	0,469

3.2 Tính toán cấp phối khi có sử dụng phụ gia siêu dẻo và phụ gia kỵ nước

Khác với bê tông thường, với bê tông khí, khi sử dụng PGSD sẽ phải tính toán lại hoàn toàn cấp phối, do khi sử dụng PGSD làm thay đổi đáng kể tỷ lệ N/R dẫn đến phải tính toán lại độ rỗng và lượng dùng chất tạo rỗng.

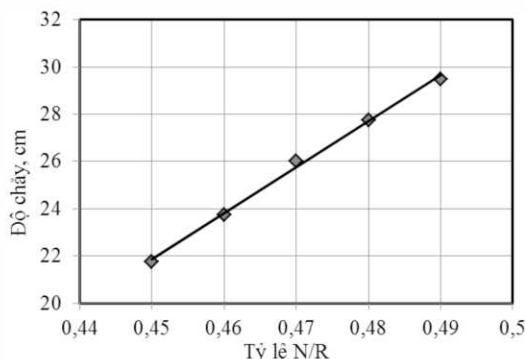
- Xác định lượng dùng PGSD: Lượng dùng PGSD được xác định dựa vào điểm bão hòa của loại PGSD sử dụng. Điểm bão hòa PGSD được xác định dựa trên quan hệ giữa độ chảy của hỗn hợp vữa và hàm lượng PGSD sử dụng kết hợp với quan sát hiện tượng tách nước của hỗn hợp vữa [5]. Từ kết quả trên Hình 2 cho thấy, khi tỷ lệ PGSD sử dụng lớn hơn 0,5% thì hiệu quả tăng độ chảy của vữa kém và có hiện tượng tách nước. Bởi vậy, điểm bão hòa của PGSD sử dụng là 0,5%.

- Xác định khả năng giảm nước của PGSD: Với lượng dùng 0,5%, khả năng giảm nước của PGSD được xác định sao cho độ chảy của hỗn hợp vữa vẫn đạt 26 cm. Từ kết quả trên Hình 3, khả năng giảm nước của phụ gia Sika Viscocrete 3000 - 20 là 34%.

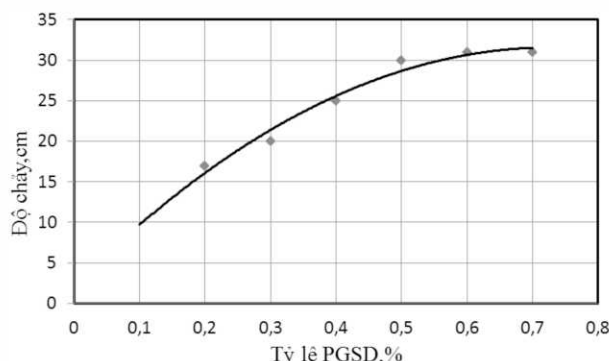
- Phụ gia kỵ nước TL12

Lượng dùng PGKN được chọn theo khuyến cáo của nhà sản xuất, để đánh giá ảnh hưởng của PGKN đến tính chất của AAC, lượng dùng PGKN được khảo sát từ 0,8-1,4% lượng chất kết dính. Khi sử dụng PGKN, độ chảy của hỗn hợp vữa thay đổi không đáng kể (Hình 4). Bởi vậy khi chỉ sử dụng PGKN không cần điều chỉnh lại cấp phối.

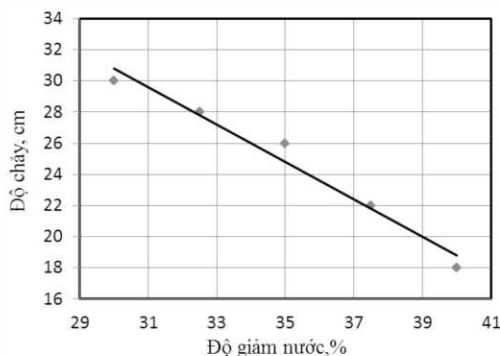
Sau khi khảo sát và xác định lượng dùng của các loại phụ gia, cấp phối thí nghiệm được tính toán và tổng hợp trong Bảng 5.



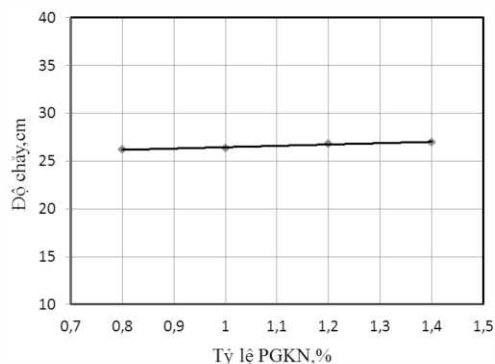
Hình 1. Quan hệ giữa độ chảy và tỷ lệ N/R của bê tông khí chưng áp mác D600



Hình 2. Ảnh hưởng của lượng dùng phụ gia Sika Viscocrete 3000-20 đến độ chảy



Hình 3. Khả năng giảm nước của phụ gia siêu dẻo Sika Viscocrete 3000-20



Hình 4. Tương quan giữa lượng dùng phụ gia kỵ nước và độ chảy của vữa

Bảng 5. Lượng dùng vật liệu cho 1 m³ AAC mác D600

CP	Tỷ lệ phụ gia, %		Xi măng, kg	Vôi, kg	Thạch cao, kg	Tro bay, kg	Nước, lít	Bột nhôm, kg	Phụ gia, kg	
	PKGN	PGSD							PKGN	PGSD
1	0	0	92	84	8,4	368	260	0,469	0	0
2	0,8	0	92	84	8,4	368	260	0,469	1,47	0
3	1,0	0	92	84	8,4	368	260	0,469	1,84	0
4	1,2	0	92	84	8,4	368	260	0,469	2,21	0
5	1,4	0	92	84	8,4	368	260	0,469	2,58	0
6	0	0,5	92	84	8,4	368	169	0,562	0	0,92
7	0,8	0,5	92	84	8,4	368	169	0,562	1,47	0,92
8	1,0	0,5	92	84	8,4	368	169	0,562	1,84	0,92
9	1,2	0,5	92	84	8,4	368	169	0,562	2,21	0,92
10	1,4	0,5	92	84	8,4	368	169	0,562	2,58	0,92



4. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

Tính chất của AAC được nghiên cứu bao gồm: Khối lượng thể tích khô; cường độ nén; độ hút nước bão hòa và hệ số hút nước mao dẫn. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả tính chất của AAC mác D600

Cấp phối	KLTT, kg/m ³	Cường độ nén, Mpa	Độ hút nước, %	Hệ số hút nước mao dẫn, kg/m ² . phút ^{0,5}
1	615	3,80	50,10	1,20
2	618	3,91	38,20	0,84
3	620	4,07	36,44	0,65
4	625	4,15	35,52	0,61
5	628	4,23	34,50	0,58
6	620	5,02	32,48	0,63
7	625	5,13	32,05	0,49
8	628	5,28	30,43	0,41
9	631	5,41	28,05	0,36
10	633	5,59	27,22	0,30

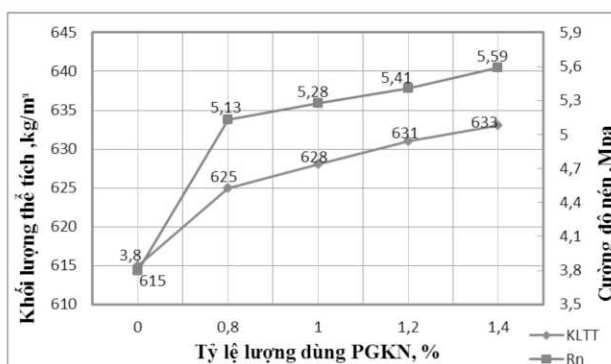
4.1 Ảnh hưởng của phụ gia đến cường độ nén và khối lượng thể tích của AAC

Từ kết quả thể hiện trên Hình 5 cho thấy:

- Khi sử dụng PGSD và PGKN, KLTT của AAC tăng, tuy nhiên mức tăng không nhiều (khoảng 3%).

- Khi tăng hàm lượng PGKN, cường độ nén của AAC cũng tăng, tuy nhiên mức tăng lớn nhất chỉ khoảng 9%.

- Khi sử dụng PGSD cường độ nén của AAC tăng đáng kể, khi kết hợp PGSD và PGKN cường độ nén của AAC có thể tăng đến 47%.

**Hình 5.** Ảnh hưởng của phụ gia đến cường độ và KLTT của AAC

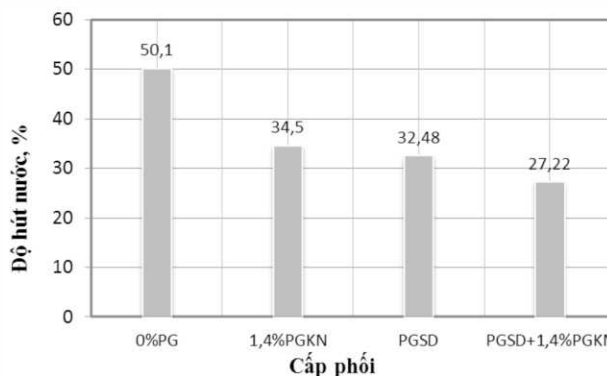
Kết quả trên đạt được do khi sử dụng PGSD có thể giảm đến 34% lượng nước sử dụng, cho nên sẽ làm giảm lượng nước dư thừa, làm tăng độ đặc cấu trúc của vách ngăn giữa các lỗ rỗng tổ ong, bởi vậy làm tăng cường độ nén của AAC. Bên cạnh đó, PGKN ít ảnh hưởng đến cường độ nén do khả năng giảm nước của phụ gia này không đáng kể.

4.2 Ảnh hưởng của phụ gia đến độ hút nước bão hòa của AAC

Ảnh hưởng của phụ gia sử dụng đến độ hút nước bão hòa của AAC được thể hiện trên Hình 6, từ kết quả nghiên cứu cho thấy:

- Sử dụng PGKN làm giảm độ hút nước bão hòa của AAC, khi sử dụng 1,4% PGKN độ hút nước của AAC giảm 31% so với mẫu không sử dụng PGKN;

- Sử dụng PGSD làm giảm độ hút nước của AAC, khi sử dụng PGSD với hàm lượng 0,5%, độ hút nước của AAC giảm 35% so với mẫu không sử dụng PGSD;

**Hình 6.** Ảnh hưởng của phụ gia đến độ hút nước bão hòa của AAC

- Khi sử dụng kết hợp PGSD và PGKN, độ hút nước của AAC giảm mạnh. Độ hút nước của AAC giảm tới 46% khi sử dụng 1,4% PGKN kết hợp với 0,5% PGSD.

Khi sử dụng PGSD không những làm tăng độ đặc của vách ngăn giữa các lỗ rỗng khí mà còn tăng tỷ lệ lỗ rỗng kín do giảm lượng nước dư thừa trong bê tông cho nên làm giảm độ hút nước của AAC. Trong khi đó PGKN TL12 có tác dụng làm tăng góc thấm ướt, bởi vậy khi sử dụng sẽ làm tăng khả năng kỵ nước của AAC. Khi sử dụng kết hợp hai loại phụ gia này cho kết quả tổng hợp của hai loại phụ gia và kết quả đạt được là độ hút nước bão hòa của AAC giảm 46%.

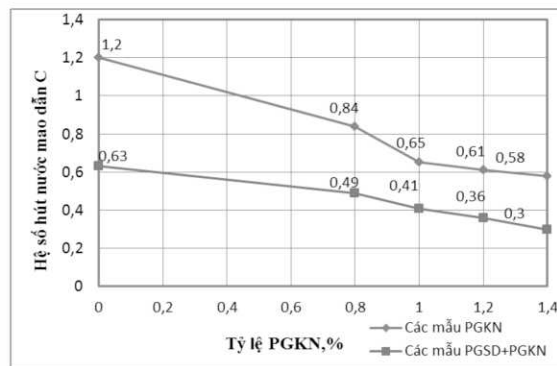
4.3 Ảnh hưởng của phụ gia đến hệ số hút nước mao dẫn của AAC

Từ kết quả thể hiện trên Hình 7 cho thấy:

- Sử dụng PGKN làm giảm đáng kể hệ số hút nước mao dẫn của AAC, khi tỷ lệ PGKN tăng đến 1% hệ số hút nước mao dẫn giảm mạnh (giảm khoảng 46%). Khi tiếp tục tăng tỷ lệ PGKN, hệ số hút nước mao dẫn của AAC vẫn tăng nhưng mức độ tăng không nhiều. Bởi vậy, nên dùng PGKN với tỷ lệ 1% là hiệu quả.

- Khi sử dụng kết hợp PGSD và PGKN có được hiệu quả tổng hợp của cả hai loại phụ gia này làm giảm mạnh hệ số hút nước mao dẫn của AAC. Khi sử dụng 1,4% PGKN kết hợp với 0,5% PGSD hệ số hút nước mao dẫn của AAC có thể giảm đến 75% so với mẫu không sử dụng phụ gia.

Cũng tương tự như đối với độ hút nước bão hòa, hệ số hút nước mao dẫn của AAC giảm mạnh khi sử dụng PGSD và PGKN do độ đặc của vách ngăn giữa các lỗ rỗng khí tăng, lượng lỗ rỗng mao quản giảm và khả năng kỵ nước của AAC tăng.



Hình 7. Ảnh hưởng của phụ gia đến hệ số hút nước mao dẫn của AAC



5. Kết luận

Trên cơ sở nguyên vật liệu sử dụng và điều kiện thí nghiệm đã thực hiện, nghiên cứu đưa ra một số kết luận sau:

- + Khi sử dụng PGSD SikaViscocrete 3000-20 có thể giảm đến 34% lượng dùng nước, tăng cường độ (32%), giảm độ hút nước bão hòa (35%) và giảm hệ số hút nước mao dẫn (47,5%) của AAC;
- + Khi sử dụng phụ gia kỵ nước TL12 có thể làm giảm độ hút nước bão hòa (31%) và hệ số hút nước mao dẫn (51,7%) nhưng tăng không đáng kể cường độ của AAC;
- + Khi sử dụng kết hợp PGSD và PGKN tạo ra hiệu quả kép của hai loại phụ gia này, cho phép tăng cường độ (47%), giảm độ hút nước bão hòa (46%) và giảm hệ số hút nước mao dẫn (75%) của AAC;
- + AAC mác D600 không sử dụng phụ gia đạt cấp cường độ B3 [6], khi sử dụng phụ gia cường độ của AAC này tăng một cấp, đạt cấp cường độ B4 [6].

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Tấn Quý; Nguyễn Thiện Ruệ (2000), *Công nghệ Bê tông Xi măng 1*, NXB Xây dựng.
2. Georg Schober, "Porosity in autoclaved aerated concrete (AAC): A review on pore structure, types of porosity, measurement methods and effects of porosity on properties", *Processing of the 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete*, 14-17 September 2001, Poland, pp.352-359.
3. Ewa Dziekan, et al. (2001), "Influence of polymer superplasticizers on the properties of autoclaved aerated concrete", *Processing of the 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete*, Poland, pp.207-214.
4. N. Narayanan, K. Ramamurthy (2000), "Structure and properties of aerated concrete: a review", *Cement & Concrete Composites*, Vol. 22, pp. 321-329.
5. PGS.TS. Nguyễn Như Quý, *Bài giảng cao học công nghệ bê tông nâng cao*, Ngành Công nghệ Vật liệu Xây dựng, Đại học Xây dựng.
6. TCVN 7959:2011, *Bê tông nhẹ - Gạch bê tông khí chưng áp*.