



VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG



ĐOÀN TNCS HỒ CHÍ MINH BỘ XÂY DỰNG

TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC CÁN BỘ TRẺ LẦN THỨ XV



HÀ NỘI - 11/2019

VIỆN KHCN XÂY DỰNG
ĐOÀN TNCS HCM BỘ XÂY DỰNG

TUYỂN TẬP BÁO CÁO
HỘI NGHỊ KHOA HỌC CÁN BỘ TRẺ
LẦN THỨ XV



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

ISBN: 978 - 604 - 82 - 2989 - 4



VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG



ĐOÀN TNCS HỒ CHÍ MINH BỘ XÂY DỰNG

TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC CÁN BỘ TRẺ LẦN THỨ XV

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 11/2019

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC



Viện Khoa học công nghệ xây dựng



Đoàn Thanh niên Cộng sản Hồ Chí Minh Bộ Xây dựng

Ban biên tập:

Chủ biên: Nguyễn Thanh Bình

Biên tập: Nguyễn Đình Dinh, Hoàng Mạnh, Đậu Thị Linh, Nguyễn Thị Thu Hà

Chịu trách nhiệm xuất bản: Ngô Đức Vinh

Biên tập xuất bản: Tạ Hải Phong

Sửa bản in: Nguyễn Đình Dinh, Hoàng Mạnh, Đậu Thị Linh, Nguyễn Thị Thu Hà

Chế bản điện tử: Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Phòng Chế bản - Nhà xuất bản Xây dựng

Sáng tác bìa: Phạm Hồng Thịnh

Được xuất bản bởi:

Viện Khoa học công nghệ xây dựng, số 81 Trần Cung, Nghĩa Tân, Cầu Giấy, Hà Nội

Tel: 84.24.37544196; Fax: 84.24.38361197; Website: www.ibst.vn

và

Nhà xuất bản Xây dựng, 37 Lê Đại Hành, Hà Nội

Tel: 024 3 9741416; Fax: 024 3 9741416; Website: www.nxbxaydung.com.vn

ISBN: 978-604-82-2989-4

KHXB: 4505-2019/CXBIPH/01-321/XD ngày 7/11/2019

QĐXB: 254-2019/QĐ-XBXD ngày 7/11/2019

In tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng, số 10 Hoa Lư, Hà Nội

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban:

- TS. Nguyễn Thanh Bình - Phó Viện trưởng
- ThS. Bùi Chí Hiếu - Bí thư Đoàn TNCS HCM Bộ Xây dựng

Phó trưởng ban:

- TS. Nguyễn Nam Thắng
- ThS. Nguyễn Đình Dinh

Các thành viên:

- ThS. Nguyễn Thị Thanh Hoài
- ThS. Nguyễn Thị Phương Thảo
- CN. Lê Thanh Nam
- CN. Đậu Thị Linh
- CN. Nguyễn Thị Thu Hà

BAN THƯ KÝ

- ThS. Nguyễn Đình Dinh (*Trưởng ban*)
- TS. Hoàng Mạnh (*Phó trưởng ban*)
- CN. Đậu Thị Linh (*Phó trưởng ban*)
- CN. Nguyễn Thị Thu Hà (*Thường trực*)
- CN. Nguyễn Hồng Hạnh (*Thường trực*)
- KS. Cao Văn Chung
- KS. Nguyễn Duy Ván
- KS. Đào Duy Anh
- ThS. Trần Đức Hiếu
- KS. Nguyễn Văn Hiền
- KS. Trần Quốc Hoàn
- KTS. Phạm Hồng Thịnh

MỤC LỤC

Lời nói đầu

Ban tổ chức và Ban khoa học

Tiểu ban: Bê tông - Vật liệu xây dựng - Các lĩnh vực xây dựng khác

Session: Concrete and Construction Materials

1. Phân tích các lợi ích cơ bản của công nghệ BIM đối với thiết kế công trình cấp thoát nước 3
Nguyễn Minh Ngọc
2. Nghiên cứu ảnh hưởng của thạch cao và xi măng Alumin đến tính chất của chất kết dính trên cơ sở xi măng poóc lăng sử dụng trong bê tông bọt không chưng áp 13
Tăng Văn Lâm, Vũ Kim Diến, Bulgakov Boris Igorevich
3. Đặc điểm kiến trúc các lăng chúa Nguyễn 25
Nguyễn Minh Thành, Nguyễn Tất Tố, Lê Phan Minh Trí
4. Tìm hiểu cấu trúc thành quân sự Triều Nguyễn qua ví dụ thành Điện Hải 32
Phan Xuân Diệu, Hoàng Kim Lợi, Nguyễn Minh Tâm
5. Bảo tồn kiến trúc gạch cổ tại di tích khảo cổ Cát Tiên 43
Nguyễn Minh Khôi, Bùi Văn Hòa, Nguyễn Thái Quang, Phạm Thị Thu Thanh
6. Bước đầu tìm hiểu kiến trúc di tích Cát Tiên qua trường hợp các phế tích tại Gò II và Gò VI 51
Nguyễn Minh Khôi, Phạm Văn Tá, Phạm Thị Thu Thanh, Hoàng Thị Hải Quế
7. Bảo tồn không gian kiến trúc cảnh quan quần thể di tích lăng vua Thiệu Trị 63
Nguyễn Minh Khôi, Nguyễn Thị Vân Anh
8. Bê-tông cốt liệu tái chế ứng dụng phương pháp đồ hai giai đoạn cốt liệu sắp trước 72
Nguyễn Khánh Sơn, Nguyễn Ngọc Trí Huỳnh, Trần Anh Tú
9. Đánh giá khả năng sử dụng đá phun trào axit khu vực Mù Căng Chải làm phụ gia hoạt tính trong sản xuất vật liệu xây dựng không nung 81
Trần Thị Lan, Nguyễn Ánh Dương, Trần Thị Mận
10. Nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia tro tuyển Phả Lại và phụ gia giảm nước lignô sunphonat natri đến tính chất của bê tông khối lớn 92
Vũ Duy Tú, Phạm Anh Tuấn
11. Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố đến vận tốc xung siêu âm trong bê tông cường độ cao 102
Trần Quốc Hoàn



VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG



ĐOÀN TNCs HỒ CHÍ MINH BỘ XÂY DỰNG

**TUYỂN TẬP BÁO CÁO
HỘI NGHỊ KHOA HỌC CÁN BỘ TRẺ
LẦN THỨ XV**

**PHẦN 1.
BÊ TÔNG - VẬT LIỆU XÂY DỰNG -
CÁC LĨNH VỰC XÂY DỰNG KHÁC**

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THẠCH CAO VÀ XI MĂNG ALUMIN ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA CHẤT KẾT DÍNH TRÊN CƠ SỞ XI MĂNG POỐC LĂNG SỬ DỤNG TRONG BÊ TÔNG BỌT KHÔNG CHUNG ÁP

STUDY OF THE EFFECT OF GYPSUM AND ALUMINA CEMENT ON THE PROPERTIES OF BINDER ON THE BASIS OF PORTLAND CEMENT USED FOR THE PREPARATION OF NON-AUTOCLAVED FOAM CONCRETE

Tăng Văn Lâm^{1,2}, Vũ Kim Diễm², Bulgakov Boris Igorevich²

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất, Email: lamvatang@gmail.com; kimdienxdb@gmail.com

² Trường Đại học Xây dựng Quốc gia Mátxcova - Liên bang Nga, Email: fakultetst@mail.ru

TÓM TẮT: Một trong những nhược điểm chính của công nghệ bê tông bọt không chung áp là sự co ngót vật lý của xi măng poóc lăng. Kết quả là, ở giai đoạn đầu quá trình hydrat hóa của xi măng đã xảy ra sự giảm kích thước sản phẩm được chế tạo từ loại bê tông này. Bài báo này trình bày nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng thạch cao (TC) và xi măng alumin (XA) đến độ nở thể tích và cường độ nén của chất kết dính trên cơ sở xi măng poóc lăng (X) được sử dụng trong bê tông bọt không chung áp. Nghiên cứu đã sử dụng các vật liệu và tiêu chuẩn hiện hành của Liên bang Nga. Đồng thời áp dụng phương pháp bề mặt tam giác đều để mô tả ảnh hưởng của ba yếu tố là hàm lượng của X, XA và TC đến độ nở thể tích của chất kết dính và cường độ nén của vữa từ chất kết dính. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng độ nở thể tích lớn nhất của hệ chất kết dính nghiên cứu là 16,725 mm tại tỷ lệ X = 41,84%; XA = 29,22% và TC = 28,94%. Khi đó tính toán được cường độ nén ở tuổi 28 ngày của mẫu vữa thu được từ hỗn hợp với tỷ lệ trên là 28,38 MPa.

TỪ KHÓA: Thạch cao, xi măng poóc lăng, xi măng alumin, chất kết dính, bê tông bọt không chung áp, độ nở thể tích - Lechatelier, cường độ nén.

ABSTRACTS: One of the main disadvantages of non-autoclaved foam concrete technology is the physical shrinkage of portland cement. As a result, at the early age of the cement hydration, there is a reduction in the size of products from the foam concrete. This paper presents the study of the effect of contents of gypsum (TC) and alumina cement (XA) on the soundness - Lechatelier and compressive strength of binder based on portland cement (X) used for the preparation of non-autoclaved foam concrete. The study used raw materials and standards of the Russian Federation. In addition, a 3D ternary surface is used to describe the effect of three factors, including the contents of X, XA, and TC on the soundness - Lechatelier of the binder and the compressive strength of the mortar from this binder mix. The results showed that the maximum soundness - Lechatelier of this binder system is 16,725 mm at the ratio of X = 41.84%; XA = 29.22% and TC = 28.94%. There was calculated the compressive strength at the age of 28-day of mortar samples, which obtained from the binder mix, of 28.38 MPa.

KEYWORDS: Gypsum, Portland cement, alumina cement, binder, non-autoclaved foam concrete, soundness - Lechatelier, compressive strength

1. GIỚI THIỆU

Tồn tại lớn nhất của các sản phẩm từ bê tông khí và bê tông bọt không chung áp là hiện tượng khối xây từ sản phẩm này bị thấm và nứt khi sử dụng. Hiện tượng này xảy ra bắt nguồn từ sự biến đổi thể tích của sản phẩm sau khi chế tạo. Theo nhiều nghiên cứu [1, 2], đối với bê

tông bọt không chung áp, cũng như đối với tất cả các sản phẩm có chứa xi măng thì hiện tượng co, giảm thể tích của sản phẩm là một vấn đề rất nguy hiểm, đã gây ra hiện tượng thay đổi hình dạng sản phẩm sau khi tạo hình. Đồng thời nhiều nghiên cứu khác đã cho thấy, sự co trong bê tông bọt không chung áp là tổ hợp của các hiện tượng vật lý và gồm các thành phần như: co thủy hóa, co cacbonat hóa và co khô.

a). Co thủy hóa. Theo [3], khi hòa 100 g xi măng vào bình thí nghiệm có nước thì sau khi xi măng đông kết và đóng rắn, thể tích của đá xi măng thấp hơn thể tích của hồ xi măng khoảng 3 ÷ 5 ml. Hiện tượng này được gọi là co thủy hóa. Để giảm thiểu hiện tượng co thủy hóa, chỉ có cách là sử dụng tối thiểu hàm lượng xi măng đến tới mức có thể.

b). Co cacbonat hóa. Hiện tượng co thể tích do quá trình cacbonat hóa bắt đầu ngay từ khi chế tạo bê tông bọt và tiếp tục trong suốt thời gian sử dụng của sản phẩm. Các nghiên cứu [4, 5] đã nêu rõ, bản chất của hiện tượng này là hàm lượng Ca(OH)_2 , được hình thành trong kết quả thủy hóa xi măng poóc lăng, tham gia vào phản ứng với khí cacbon đioxit (CO_2) có trong không khí để tạo thành CaCO_3 , và hậu quả là tổng thể tích và cường độ của sản phẩm từ bê tông bọt giảm.

c). Co khô. Như đã biết, bê tông bọt không chứa cốt liệu thô và tùy theo yêu cầu về khối lượng thể tích mà chứa một lượng thể tích lớn các bọt khí. Mặt khác, trong không khí, hỗn hợp bê tông bọt sau khi nhào trộn và tạo hình bị khô nhanh hơn do độ rỗng lớn và không có cốt liệu, làm giảm dần thể tích, kết quả là kích thước của chúng bị thu lại, hiện tượng này gọi là co khô. Biện pháp để xử lý hiện tượng co khô này là làm chậm quá trình khô bề mặt của sản phẩm và tăng tốc độ đóng rắn trong khối bê tông bọt. Ngoài ra, lớp trát hoàn thiện, trang trí hoặc các lớp sơn chống thấm cũng có tác dụng giảm co khô.

Qua một số tóm lược trên, nhận định rằng hiện tượng giảm thể tích của sản phẩm bê tông bọt và bê tông khí là một vấn đề rất cần nghiên cứu. Hiện nay, các vật liệu nhân tạo chứa hàm lượng canxi sun phát như thạch cao, canxi aluminat như xỉ cao alumin và clanhke sunfo-aluminat được sử dụng rộng rãi làm phụ gia nở thể tích, xi măng nở [2, 6, 7]. Hướng nghiên cứu này nhằm mục đích sử dụng hàm lượng canxi sun phát (CaSO_4) trong thạch cao sẽ kết hợp với canxi aluminat ($a\text{CaO}.b\text{Al}_2\text{O}_3$) trong xi măng poóc lăng và xi măng cao alumin, cũng như Ca(OH)_2 có trong quá trình hydrat xi măng poóc lăng để tạo thành khoáng hydro-sunfo-aluminat canxi – là loại khoáng bành trưởng thể tích, không chỉ giảm quá trình co ngót vật lý của sản phẩm từ xi măng poóc lăng mà còn làm ổn định thể tích của sản phẩm bê tông bọt theo công nghệ không chung áp. Theo [5, 8], các khoáng hydro-sunfo-aluminat canxi được hình thành trong đá xi măng có hai dạng chính:

- Hydro canxi-trisunfo-aluminat (Ettringit) $3\text{CaO}. \text{Al}_2\text{O}_3. \text{CaSO}_4. (30 \div 32)\text{H}_2\text{O}$;
- Hydro canxi-monosunfo-aluminat $3\text{CaO}. \text{Al}_2\text{O}_3. \text{CaSO}_4. (8 \div 12)\text{H}_2\text{O}$.

Các tinh thể canxi hydro-sunfo-aluminat hòa tan ít và có thể tích mol lớn, đặc biệt là ettringite chứa đến 32 phân tử nước liên kết hóa học và tích tụ trong lỗ chân lông và mao mạch của đá xi măng, đã dẫn đến sự tăng thể tích của pha rắn lên (1,63-2,27) lần [9, 10].

Theo [11], CaSO_4 trong thạch cao phản ứng với canxi aluminat trong thành phần của xi măng poóc lăng và xi măng alumin tạo thành ettringite trong vài giờ đầu sau khi trộn với nước. Ở giai đoạn này ettringit được phân tán một cách đồng đều và rời rạc trong hồ xi măng ở dưới

mức vi mô. Hàm lượng Ettringit được hình thành ở tuổi sớm thường được gọi là “ettringite nguyên sinh”. Đây là một thành phần cần thiết và hữu ích của cả hệ chất kết dính trên cơ sở xi măng poóc lăng trong công nghệ bê tông hiện đại ngày nay.

Sự hình thành “ettringite trẻ” [12] thường được dùng để mô tả sự tái hình thành của ettringit có tiềm năng gây hại cho cấu trúc đá xi măng trong bê tông và vữa bị ẩm ướt sau khi phá hủy “ettringit nguyên sinh” ở các điều kiện khác nhau. Kết quả là loại khoáng bành trưởng thể tích này đã gây rạn nứt cấu trúc đá xi măng và làm tăng nguy cơ các dạng phá hủy thứ cấp như sự đóng băng và tan băng (đối với các nước mùa đông có băng tuyết) hoặc ăn mòn cốt thép trong môi trường nước biển và môi trường chứa nước thải công nghiệp.

Ở Việt Nam đã có một số tác giả nghiên cứu về hiện tượng co, giảm thể tích của bê tông bọt không chưng áp, tuy nhiên các nghiên cứu chưa đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng CaSO_4 trong thạch cao và khoáng canxi aluminat trong xi măng alumin đến độ nở thể tích của hỗn hợp chất kết dính.

Trong khuôn khổ bài báo cáo chỉ đề cập đến ảnh hưởng của hỗn hợp gồm xi măng poóc lăng, xi măng alumin và thạch cao xây dựng đến độ nở thể tích của chất kết dính (xác định theo phương pháp Le Chatelier) và cường độ nén của vữa từ chất kết dính thu được từ hỗn hợp trên theo phương pháp bề mặt tam giác đều với sự giúp đỡ của phần mềm Design-Expert® Software.

2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng

1). Cốt liệu sử dụng trong hỗn hợp vữa là cát thạch anh tiêu chuẩn của công ty "Evrostroykomplekt" (Nga). Cát tiêu chuẩn là cát được chế tạo từ cát thạch anh tự nhiên, gồm các hạt tròn cạnh với hàm lượng silic dioxyt không dưới 98%. Tính chất cơ lý và yêu cầu kỹ thuật của cát thỏa mãn tiêu chuẩn GOST 6139-2003 [13].

2). Chất kết dính được sử dụng bao gồm: Xi măng poóc lăng SEM I 42,5 N của nhà máy "Nevyansk cement" thỏa mãn tiêu chuẩn GOST 31108-2016 [14], Xi măng alumin GZ-40 của nhà máy "Cascade-Trade" thỏa mãn tiêu chuẩn GOST 969-91 [15] và thạch cao xây dựng loại G-10 của nhà máy "Novgorod Fiberglass Plant" thỏa mãn tiêu chuẩn GOST 125-2018 [16]. Thạch cao xây dựng được nghiền mịn bổ sung 30 phút trong máy nghiền bít tại phòng thí nghiệm.

Thành phần hóa học và các tính chất vật lý cơ bản của chất kết dính đã được xác định và liệt kê trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học và tính chất vật lý của xi măng poóc lăng, xi măng alumin và thạch cao xây dựng (% khối lượng)

Loại vật liệu	Xi măng poóc lăng SEM I 42,5 N	Xi măng alumin GZ-40	Thạch cao xây dựng G-10
SiO_2	21,48	3,06	1,65
Al_2O_3	4,46	44,28	0,55
Fe_2O_3	4,95	13,22	0,43

Bảng 1. (tiếp theo)

Loại vật liệu	Xi măng poóc lăng SEM I 42,5 N	Xi măng alumin GZ-40	Thạch cao xây dựng G-10
SO ₃	2,15	1,06	44,28
K ₂ O	0,59	-	0,07
Na ₂ O	0,43	0,21	0,04
MgO	1,92	1,13	0,1
CaO	61,33	34,17	31,74
TiO ₂	0,34	0,33	-
Lượng mất khi nung	2,35	2,54	21,14
Khối lượng riêng (g/cm ³)	3,14	3,19	2,65
Khối lượng thể tích ở trạng thái xốp tự nhiên (kg/m ³)	1130	1224	960
Tỷ diện bề mặt riêng (cm ² /g)	3680	3750	9110

Cường độ của hỗn hợp vữa thí nghiệm gồm chất kết dính, cát tiêu chuẩn và nước được tiến hành xác định theo trình tự được quy định trong tiêu chuẩn GOST 30744-2001 [17]. Kết quả phân tích thành phần khoáng và các tính chất của xi măng poóc lăng, xi măng alumin và thạch cao xây dựng đã được trình bày trong các bảng 2, 3 và 4.

Bảng 2. Thành phần khoáng và tính chất cơ-lý của xi măng poóc lăng SEM I 42,5 N

Thành phần khoáng (% khối lượng)					Độ dẻo tiêu chuẩn, %	Thời gian đông kết (phút)		Cường độ nén (MPa) ở tuổi	
3CaO.SiO ₂ (C ₃ S)	2CaO.SiO ₂ (C ₂ S)	3CaO.Al ₂ O ₃ (C ₃ A)	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃ (C ₄ AF)	Thành phần khác		Bắt đầu	Kết thúc	2 ngày	28 ngày
58,08	22,71	4,95	11,14	3,12	28,4	140	230	18,5	45,8

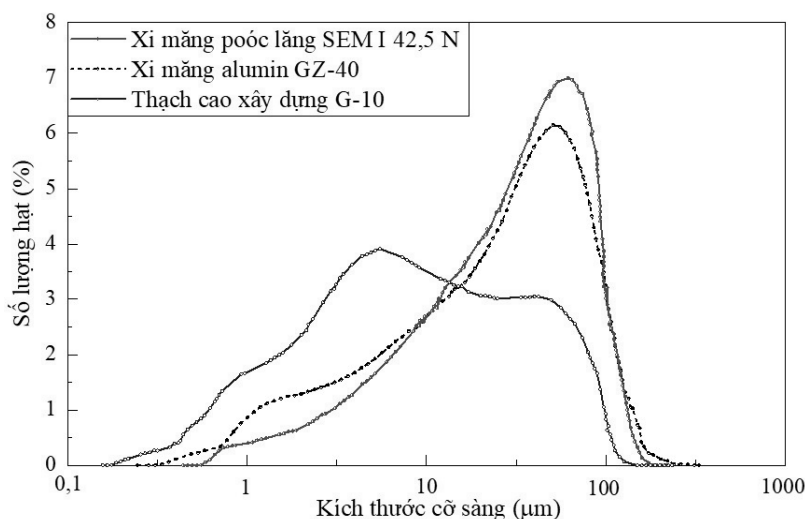
Bảng 3. Thành phần khoáng và tính chất cơ-lý của xi măng alumin GZ-40

Thành phần khoáng (% khối lượng)				Độ dẻo tiêu chuẩn, %	Thời gian đông kết (phút)		Cường độ nén (MPa) ở tuổi	
CaO.Al ₂ O ₃ (CA)	12CaO.7Al ₂ O ₃ (C ₁₂ A ₇)	2CaO.Al ₂ O ₃ .SiO ₂ (C ₂ AS)	Thành phần khác		Bắt đầu	Kết thúc	1 ngày	3 ngày
63,56	7,33	21,44	7,67	26,4	105	220	25,1	43,6

Bảng 4. Thành phần khoáng và tính chất cơ-lý của thạch cao xây dựng G-10

Thành phần khoáng (% khối lượng)					Độ dẻo tiêu chuẩn, %	Thời gian đông kết (phút)		Cường độ vữa thạch cao trên mẫu 40.40.160 mm ở tuổi 2 giờ (MPa)	
Quart (SiO ₂)	Bassanite (CaSO ₄ .0.5H ₂ O)	Anhydrite (CaSO ₄)	Calcite (CaCO ₃)	Thành phần khác		Bắt đầu	Kết thúc	Khi nén	Kéo khi uốn
3.18	87.28	3.65	0,98	4,91	48	11	26	12,2	4,8

Sử dụng phương pháp phân tích thành phần hạt theo phương pháp laser trên máy nhiễu xạ “Coulter LS Particle Size Analyzer” đã thu được phân bố thành phần hạt xi măng poóc lăng, xi măng alumin và thạch cao xây dựng, đã thể hiện trong hình 1.



Hình 1. Phân bố kích thước hạt của xi măng poóc lăng, xi măng alumin và thạch cao xây dựng

Từ kết quả phân tích phân bố thành phần hạt cho thấy việc nghiền bổ sung thạch cao xây dựng 30 phút trong máy nghiền bị tại phòng thí nghiệm đã làm tăng đáng kể độ mịn của thạch cao, tỷ diện bề mặt riêng trên $9000 \text{ cm}^2/\text{g}$. Do đó, thành phần canxi sun phát trong thạch cao không những sẽ phân tán tốt hơn trong hỗn hợp chất kết dính mà còn tạo điều kiện để hình thành các khoáng hydro-sunfo-aluminat canxi ở các tuổi sớm.

3). Nước sạch được sử dụng để làm nước nhào trộn hỗn hợp vữa trong nghiên cứu này và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm sau khi đúc.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phân tích thành phần hạt của hỗn hợp nguyên liệu gồm xi măng poóc lăng, xi măng alumin và thạch cao xây dựng được xác định bằng phương pháp laze trên máy nhiễu xạ Coulter LS Particle Size Analyzer.

- Tính chất cơ-lý của thạch cao xây dựng được xác định theo tiêu chuẩn GOST 23789-2018 [18].

- Các tính chất cơ-lý của xi măng poóc lăng và xi măng alumin được xác định theo tiêu chuẩn GOST 30744-2001 [17].

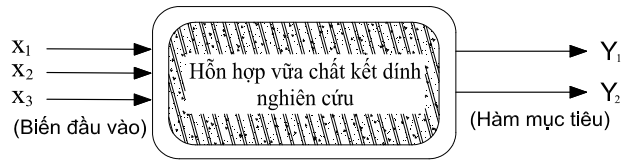
- Cường độ nén (MPa) của hỗn hợp chất kết dính (CKD) (CKD = xi măng poóc lăng + xi măng alumin + thạch cao xây dựng), cát tiêu chuẩn và nước được xác định theo cấp phối CKD : cát = 1:3 và $N/CKD = 0,5$ trên mẫu hình lăng trụ có kích thước 40 x 40 x 160 mm.

- Độ nở thể tích của chất kết dính trong phương pháp này được xác định theo phương pháp Le Chatelie (mm) dựa trên tiêu chuẩn GOST 30744-2001 [17].

- Áp dụng phương pháp bề mặt tam giác đều để nghiên cứu ảnh hưởng của ba yếu tố ảnh hưởng đến hàm mục tiêu của mô hình thực nghiệm.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

Trong nghiên cứu này đã nghiên cứu ảnh hưởng của ba yếu tố là hàm lượng của xi măng poóc lăng, xi măng alumin và thạch cao xây dựng đến độ nở thể tích và cường độ nén của hỗn hợp vữa chất kết dính bằng cách áp dụng phương pháp bề mặt tam giác đều với cấu trúc tổng quát đã được mô tả trên hình 2.



Hình 2. Cấu trúc của mô hình thực nghiệm theo phương pháp bề mặt tam giác đều với ba nhân tố ảnh hưởng

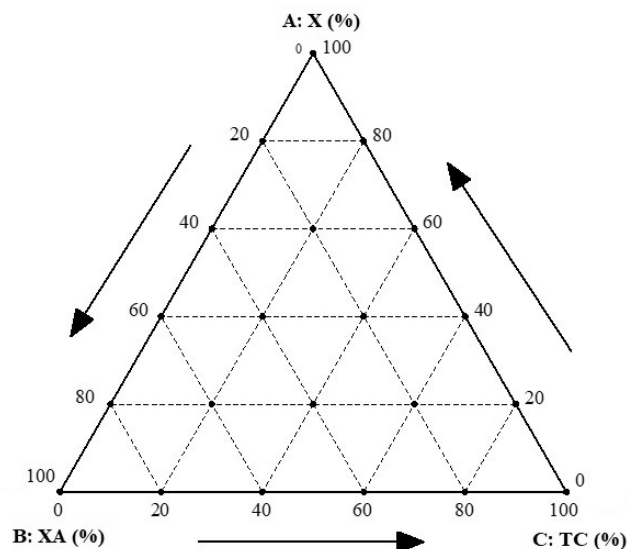
a). Hàm mục tiêu trong thí nghiệm này gồm có:

- Độ nở thể tích (mm) của hỗn hợp chất kết dính được xác định theo phương pháp Le Chatelier.
- Cường độ nén (MPa) của hỗn hợp vữa chất kết dính với cát tiêu chuẩn trên mẫu thí nghiệm hình lăng trụ có kích thước 40 x 40 x 160 mm.

b). Các yếu tố ảnh hưởng đến hàm mục tiêu bao gồm:

- Hàm lượng xi măng poóc lăng SEM I 42,5 N (X) dao động trong khoảng $0\% \leq X \leq 100\%$.
- Hàm lượng xi măng alumin GZ-40 (XA) dao động trong khoảng $0\% \leq XA \leq 100\%$.
- Hàm lượng thạch cao xây dựng G-10 (TC) dao động trong khoảng $0\% \leq TC \leq 100\%$.

Theo các nghiên cứu [19, 20], đối với phương pháp bề mặt tam giác đều cho các biến ảnh hưởng thì tổng hàm lượng của các biến nghiên cứu luôn bằng hằng số và bằng 100%. Tức là, trong nghiên cứu này, điều kiện: $X + XA + TC = 100\%$ đã được áp dụng cho tất cả 21 cấp phối của hỗn hợp vữa chất kết dính khi lập kế hoạch thí nghiệm. Sơ đồ 21 điểm thực nghiệm được trình bày trong hình 3.



Hình 3. Sơ đồ 21 điểm thí nghiệm theo biểu đồ hình tam giác cho ba biến ảnh hưởng

Các tỷ lệ của hỗn hợp chất kết dính đã được liệt kê chi tiết trong bảng 5. Đồng thời các giá trị độ nở thể tích trung bình và cường độ nén trên cơ sở mẫu hình lăng trụ 40 x 40 x 160 mm của vữa gồm chất kết dính, cát tiêu chuẩn và nước tại tuổi 28 ngày thí nghiệm cũng đã được xác định và trình bày cụ thể trong bảng 5.

Bảng 5. Tỷ lệ thành phần hỗn hợp chất kết dính, độ nở thể tích trung bình của chất kết dính và cường độ nén của mẫu vữa thí nghiệm

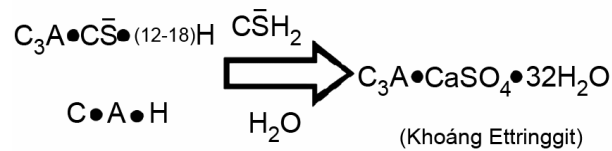
TT	X (%)	XA (%)	TC (%)	Độ nở thể tích trung bình (mm)	Cường độ nén (MPa)
1	100	0	0	5,5	45,8
2	0	100	0	6,5	50,5
3	0	0	100	6,5	12,2
4	80	20	0	7	53,5
5	80	0	20	11,5	28,5
6	20	80	0	7,5	30,8
7	20	0	80	10	14,7
8	0	20	80	10	18,4
9	0	80	20	12,5	35,6
10	60	40	0	7,5	38,3
11	60	0	40	10,5	21,8
12	40	60	0	6,5	40,2
13	40	0	60	13	16,5
14	0	60	40	12,5	23,2
15	0	40	60	12	18,8
16	60	20	20	15,5	31,4
17	20	60	20	14,5	32,5
18	20	20	60	14	16,9
19	40	40	20	16	40,8
20	40	20	40	15,5	25,7
21	20	40	40	14	28,3

Từ kết quả thực nghiệm thu được trong bảng 5, đã cho thấy rằng:

- Khi hàm lượng thạch cao trong hỗn hợp chất kết dính tăng từ 0% đến 100% thì cường độ nén của mẫu thí nghiệm thu được giảm dần. Điều này được giải thích là do thạch cao xây dựng G-10 đã sử dụng có cường độ nén thấp so với xi măng poóc lăng SEM I 42,5 N và xi măng alumin GZ-40.

- Độ nở thể tích trung bình của hồ chất kết dính, được xác định theo phương pháp Le Chatelier, ảnh hưởng nhiều đến tổ hợp hàm lượng của xi măng alumin và thạch cao xây dựng.

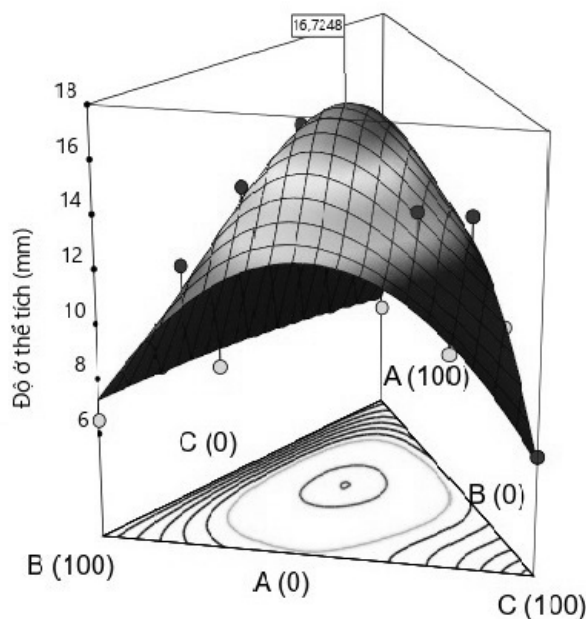
Từ bảng kết quả thực nghiệm thu được cho thấy rằng, độ nở thể tích dao động từ 5,5 mm đến 16 mm. Kết quả này có thể được giải thích là do hàm lượng canxi sun phát (CaSO_4) trong thạch cao xây dựng sẽ kết hợp với các khoáng canxi aluminat ($x\text{CaO}\cdot y\text{Al}_2\text{O}_3$) trong xi măng poóc lăng và xi măng cao alumin để tạo thành các khoáng canxi hydro-sunfo-aluminat ($\text{C}_3\text{A}\cdot y\text{CaSO}_4\cdot z\text{H}_2\text{O}$) [5] và trong đó có khoáng Ettringit ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot(30 \div 32)\text{H}_2\text{O}$) [8, 9] ở các tuổi sớm. Theo nghiên cứu gần đây [11], khoáng Ettringit được hình thành trong chất kết dính trên cơ sở xi măng poóc lăng theo sơ đồ sau:



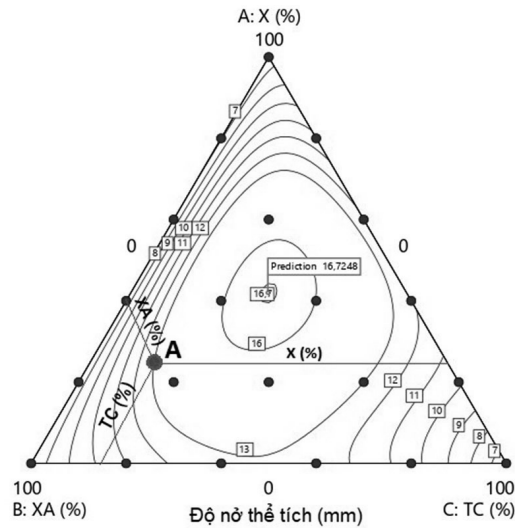
Theo các nghiên cứu [2, 4, 19], Ettringite là loại khoáng bành trướng thể tích, chứa nhiều phân tử nước liên kết hóa học trong thành phần và tăng thể tích pha rắn lên đến hơn 2 lần. Các khoáng Ettringit “nguyên sinh” hình thành ở các tuổi sớm, phân tán đồng đều trong cấu trúc của chất kết dính và đó là nguyên nhân chính đã làm tăng thể tích của mẫu thí nghiệm. Việc tăng thể tích này không chỉ giảm các quá trình co ngót vật lý của xi măng poóc lăng mà còn làm ổn định thể tích, tăng cường độ vách ngăn giữa các lỗ rỗng của sản phẩm bê tông bọt theo công nghệ không chung áp.

c). Biểu diễn bề mặt biểu hiện và các đường đồng mức

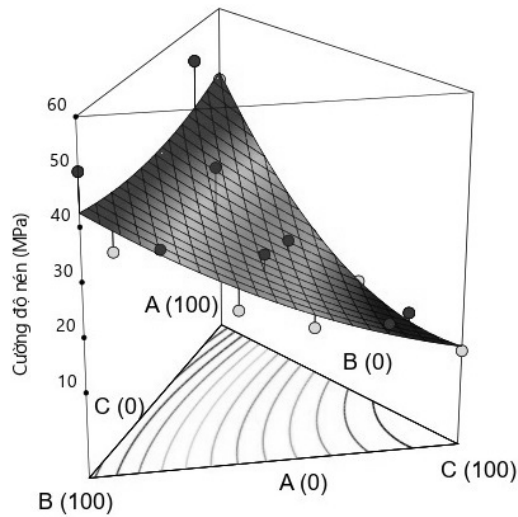
Trên cơ sở kết quả thu được từ 21 điểm thực nghiệm trong bảng 5 và sử dụng phần mềm Design-Expert® Software, các hình ảnh bề mặt biểu hiện và đường đồng mức tương ứng của độ nở thể tích trung bình và cường độ nén của mẫu thí nghiệm đã được thể hiện trên các hình 4, 5, 6 và 7.



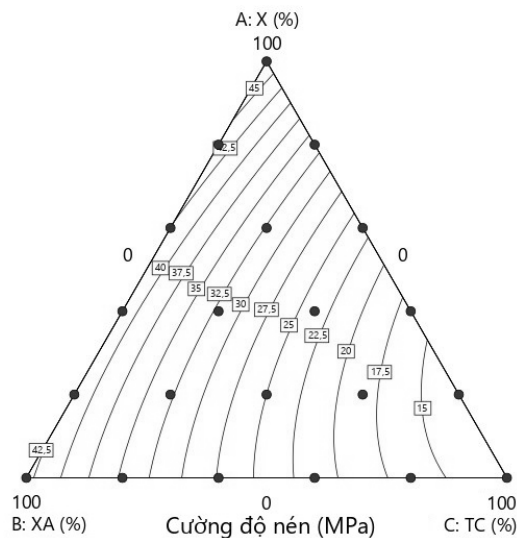
Hình 4. Bề mặt biểu hiện đối với độ nở thể tích của mẫu chất kết dính thí nghiệm



Hình 5. Các đường đồng mức đối với độ nở thể tích của mẫu chất kết dính thí nghiệm



Hình 6. Bề mặt biểu hiện đối với cường độ nén của mẫu vữa chất kết dính thí nghiệm



Hình 7. Các đường đồng mức đối với cường độ nén của mẫu vữa chất kết dính thí nghiệm

Từ hình ảnh bề mặt biểu hiện và giá trị trên đường đồng mức của độ nở thể tích trung bình, thu được từ phần mềm Design-Expert® Software đã chỉ ra rằng:

- Có thể xác định được sơ bộ hàm lượng của các loại thành phần chất kết dính trên cơ sở xi măng poóc lăng để đảm bảo được độ nở thể tích của mẫu thí nghiệm như yêu cầu. Ví dụ, để đạt được độ nở thể tích trung bình là 13 mm, thì tại điểm A trên biểu đồ đường đồng mức (Hình 5) tiến hành kẻ ba đoạn thẳng song song với các cạnh đáy theo một chiều về phía tay phải. Các đoạn thẳng đối diện với các đỉnh là hàm lượng của thành phần đó [19, 20].

- Giá trị độ nở thể tích lớn nhất của hệ chất kết dính nghiên cứu là 16,725 mm tại tỷ lệ $X = 41,84\%$; $XA = 29,22\%$ và $TC = 28,94\%$ (Hình 4). Khi đó tính toán ước lượng được cường độ nén ở tuổi 28 ngày của mẫu vữa thu được từ hỗn hợp với tỷ lệ trên là 28,38 MPa dựa trên bề mặt biểu hiện của cường độ nén (Hình 6).

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

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

- Khi hàm lượng thạch cao xây dựng trong hỗn hợp chất kết dính tăng từ 0% đến 100% thì cường độ nén của mẫu vữa thu được giảm dần, nhưng độ nở thể tích trung bình của chất kết dính lại tăng dần. Điều này được giải thích là do thạch cao xây dựng G-10 đã sử dụng có cường độ thấp so với xi măng poóc lăng SEM I 42,5 N và xi măng alumin GZ-40. Tuy nhiên, ở các tuổi sớm, hàm lượng canxi sun phát trong thạch cao xây dựng đã kết hợp với các khoáng canxi aluminat có trong xi măng poóc lăng và xi măng cao alumin để tạo thành Ettringit – loại khoáng bành trướng thể tích, đã tăng thể tích pha rắn lên đến hơn 2 lần. Đó chính là nguyên nhân làm tăng độ nở thể tích của chất kết dính trong nghiên cứu này.

- Sử dụng phương pháp bề mặt tam giác đều cho ba yếu tố ảnh hưởng kết hợp với phần mềm Design-Expert® Software đã thu được các hình ảnh bề mặt biểu hiện và đường đồng mức. Đồng thời mô tả được ảnh hưởng của hàm lượng xi măng poóc lăng, xi măng alumin và thạch cao xây dựng đến độ nở thể tích của hệ chất kết dính và cường độ nén của vữa. Từ kết quả mô phỏng đã xác định được giá trị độ nở thể tích lớn nhất của hệ chất kết dính nghiên cứu là 16,725 mm tại tỷ lệ xi măng poóc lăng: 41,84%; xi măng alumin: 29,22% và thạch cao xây dựng: 28,94%. Khi đó tính toán ước lượng được cường độ nén ở tuổi 28 ngày của mẫu vữa thu được từ hỗn hợp với tỷ lệ trên là 28,38 MPa. Hơn nữa, từ biểu đồ đường đồng mức có thể xác định được sơ bộ hàm lượng của các thành phần chất kết dính trên cơ sở xi măng poóc lăng để đảm bảo được độ nở thể tích của mẫu thí nghiệm như yêu cầu.

Hạn chế nghiên cứu: Nghiên cứu mới chỉ tiến hành trên nguồn vật liệu và các tiêu chuẩn của Nga nên tính thực tiễn trong điều kiện Việt Nam là chưa nhiều. Hơn nữa, trong nghiên cứu này chưa xem xét đến phương trình hồi quy để mô phỏng ảnh hưởng của ba biến đầu vào theo phương pháp bề mặt tam giác đều.

Kiến nghị: Cần tiếp tục nghiên cứu sử dụng các loại vật liệu sẵn có tại Việt Nam, kết hợp với thạch cao từ khuôn phế thải của các nhà máy gốm sứ để chế tạo các loại chất kết dính trên cơ sở xi măng poóc lăng với độ nở thể tích cần thiết dùng trong công nghệ bê tông bọt không chùng áp ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Trọng Lâm, Phạm Hữu Hanh (2014). Nghiên cứu nâng cao chất lượng bê tông khi chưng áp sử dụng cho nhà siêu cao tầng ở Việt Nam. Tạp chí khoa học công nghệ Xây dựng. Số 21: 75-80.
- [2] Самченко, С. В., Зорин, Д. А., Борисенкова, И. В. (2012). Структура и свойства расширяющихся цементов в зависимости от дисперсности глиноземистого шлака и сульфоалюминатного клинкера. Технологии бетонов. 11-12: 28-29. (Samigan, S.V., Zorin, D.A., Borisenkova, I.V. (2012). Cấu trúc và tính chất của xi măng nở, phụ thuộc vào sự phân tán của xi alumin và clanke sunfo-aluminat. Công nghệ bê tông. 11-12: 28-29).
- [3] <http://kientrucvietnam.org.vn/hien-tuong-co-cua-be-tong-bot-va-cach-phong-chong/>
- [4] Кевеш, П. Д. (2013). Газобетон на пергидроле. М.: Изд. Рипол Классик. 116 с. (Kevesh, P. D. (2013). Bê tông khí trên cơ sở khí pehidro. Moscow. NXB. Ripol Classic).
- [5] Баженов, Ю.М. (2011). Технология бетона. М.: Изд. АСВ. 528 с. (Bazhenov, Yu.M. (2011). Công nghệ bê tông. Moscow. NXB. ABC).
- [6] Кузнецова, Т. В., Кривобородов, Ю. Р. (2014). Состав, свойства и применение специальных цементов. Технологии бетонов: 8-11. (Kuznetsova, T.V., Krivoborodov, Yu.R. (2014). Thành phần, tính chất và ứng dụng của xi măng đặc biệt. Công nghệ bê tông).
- [7] Кузнецова, Т.В. (1986). Алюминатные и сульфоалюминатные цементы. М.: Стройиздат, 208 с. (Kuznetsova, T.V. (1986). Xi măng aluminate và sulfoaluminate. Moscow. Stroyizdat).
- [8] Танг Ван Лам, Нгуен Зоан Тунг Лам, Булгаков Б.И. (2017). Повышение стойкости бетона к коррозии в морской среде. Сборник материалов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных «Строительство-формирование среды жизнедеятельности». М.: 896-898. (Tăng Văn Lâm, Nguyễn Doãn Tùng Lâm, Bulgakov B.I. (2017). Nâng cao khả năng chống ăn mòn của bê tông trong môi trường biển. Tuyển tập Hội nghị khoa học và thực hành đa dạng quốc tế XX của sinh viên, thạc sỹ, nghiên cứu sinh và nhà khoa học trẻ. Moscow).
- [9] Степанова В.Ф. (2014). Долговечность бетона. М.: 2014, 126 с. (Stepanova V.F. (2014). Độ bền bê tông. Moscow).
- [10] Ферронская А.В. (2006). Долговечность конструкций из бетона и железобетона. М.: Изд. АСВ. 2006, 335 с. (Ferronskaya A.V. (2006). Độ bền của kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Moscow. NXB. ABC).
- [11] Базанов С. Н., Торопова М. Н. (2005). Система этtringит–таумасит: отличительные черты разрушения бетона. Популярное бетоноведение. 5: 111-119. (Bazanov S.N., Toropova M.N. (2005). Hệ thống Ettringite - thaumasit: các tính năng đặc biệt của sự phá hủy bê tông. Popular Concrete Science).

- [12] Hartshorn S. A., Sharp J. H., Swamy R. N. (2002). The thaumasite form of sulfate attack in Portland-limestone cement mortars stored in magnesium sulfate solution. *Cement and Concrete Composites*. 24.3-4: 351-359.
- [13] ГОСТ 6139-2003. (2003). Песок для испытаний цемента. Технические условия. М.: Стандартинформ. 21 с. (GOST 6139-2003. (2003). Cát để thử xi măng. Thông số kỹ thuật. Moscow).
- [14] ГОСТ 31108-2016. (2016). Цементы общестроительные. Технические условия. М.: Стандартинформ. 15 с. (GOST 31108-2016. (2016). Xi măng. Yêu cầu kỹ thuật. Moscow).
- [15] ГОСТ 969-91. (1991). Цементы глиноземистые и высокоглиноземистые. Технические условия. М.: Стандартинформ. 6 с. (GOST 969-91. (1991). Xi măng alumin và cao alumin. Yêu cầu kỹ thuật. Moscow).
- [16] ГОСТ 125-2018. (2018). Вяжущие гипсовые. Технические условия. М.: Стандартинформ. 12 с. (GOST 125-2018. (2018). Chất kết dính thạch cao. Yêu cầu kỹ thuật. Moscow).
- [17] ГОСТ 30744-2001. (2001). Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка. М.: Стандартинформ. 36 с. (GOST 30744-2001. (2001). Xi măng. Phương pháp thử sử dụng cát cấp hạt liên tục. Moscow).
- [18] ГОСТ 23789-2018. (2018). Вяжущие гипсовые. Методы испытаний (с Поправкой). М.: Стандартинформ. 15 с. (GOST 23789-2018. (2018). Chất kết dính thạch cao. Phương pháp thử. Moscow).
- [19] Phạm Hữu Hạnh, Lê Trung Thành (2012). Bê tông cho công trình biển. Hà Nội. NXB Xây dựng.
- [20] Nguyễn Như Quý (2010). Bài giảng cao học: Công nghệ bê tông nâng cao. Ngành công nghệ Vật liệu Xây dựng, Đại học Xây dựng.