

Nghiên cứu tận dụng phế thải thạch cao phospho để sản xuất gạch bê tông

Utilization of phosphorus gypsum waste for the concrete bricks production

> TS TRẦN ĐỨC TRUNG

GV Khoa Vật liệu xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
Email: trungtd@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Thạch cao phospho là sản phẩm phụ của quá trình sản xuất axit photphoric công nghiệp với khối lượng lớn, gây ra những vấn đề nghiêm trọng đối với môi trường do khả năng tái sử dụng còn hạn chế và quá trình tồn đọng lâu dài. Tại Việt Nam, ước tính có khoảng 1,4 triệu tấn phế thải PG được tạo ra hàng năm, với gần 11 triệu tấn hiện đang được lưu trữ tại các bãi thải, trong khi đó, số lượng tiêu thụ chỉ khoảng hơn 700.000 tấn chủ yếu được sử dụng làm phụ gia xi măng, vật liệu san lấp, làm nền, móng đường giao thông, tấm thạch cao chịu nước. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu sử dụng thạch cao PG tại Công ty Cổ phần Thạch cao Đình Vũ để chế tạo gạch bê tông đạt mác M5 và M7,5. Trong nghiên cứu, thạch cao PG được sử dụng kết hợp với xi măng poóc lăng (XM) và phụ gia khoáng hoạt tính (PGK) làm chất kết dính cường độ cao, đồng thời có khả năng chịu nước. Mẫu gạch chế tạo có cường độ nén, độ hút nước và độ thấm nước đạt theo yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 6477:2016, trong khi khối lượng thể tích ở trạng thái khô có thể đạt dưới 2000 kg/m³. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, tăng hàm lượng chất kết dính sử dụng từ 160-240 kg/m³ sẽ cải thiện cường độ nén của gạch hiệu quả hơn so với việc hạ tỷ lệ N/CKD.

Từ khóa: Gạch bê tông; gạch không nung; thạch cao phospho phế thải; chất kết dính thạch cao hiệu suất cao; xi măng poóc lăng.

ABSTRACT

Phosphorus gypsum (PG) is a large-volume industrial by-product generated during phosphoric acid production, posing serious environmental concerns due to its limited reuse and long-term stockpiling. In Vietnam, approximately 1.4 million tons of PG waste are generated annually, with nearly 11 million tons currently stored in landfills while the consumption is only about 700,000 tons, mainly used as cement additives; Partly used as backfill materials, road foundations or base layers, water-resistant gypsum boards. This paper presents the results of research on the use of PG waste at Dinh Vu Gypsum Joint Stock Company to manufacture concrete bricks with M5.0 and M7.5 grades. In the study, PG waste was used in combination with Portland cement (OPC) and active mineral additives (MA) as a high-strength binder, and water-resistant. The brick sample has compressive strength, water absorption and water permeability that meet the requirements of TCVN 6477:2016 standard, while the volume in the dry state can reach less than 2000 kg/m³. In addition, the results also show that increasing the binder content used from 160-240 kg/m³ will significantly improve the compressive strength of the bricks more effectively than lowering the N/CKD ratio.

Keywords: Concrete bricks; non-fired bricks; phosphorus gypsum waste; high-performance gypsum-based binder; Ordinary Portland cement.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thạch cao phospho (Phosphorus Gypsum - PG) hiện nay được tập trung nghiên cứu và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Trên thế giới, tác giả Al-Oudat và cộng sự [8] đã nghiên cứu sử dụng PG từ nhà máy hóa chất để cải thiện đất mặn, giảm giá trị pH, tăng năng suất cây trồng. Tại nhiều nước trên thế giới như Nhật Bản, Pháp, Bỉ, Đức, Ấn Độ, Nam Phi, Jordan, Mỹ... đã và đang nghiên cứu sử dụng thạch cao PG trộn với clanhke để sản xuất các loại xi măng thông thường, xi măng không co, sản xuất chất kết dính anhydrite thân thiện với môi trường và các loại xi măng chất lượng cao [3]. Nghiên cứu của Nurhayat Degirmencia và cộng sự [12] đã chỉ ra rằng sử dụng phế thải thạch cao PG chưa xử lý và thạch cao PG sau khi nung kết hợp với tro bay và vôi trong có thể chế tạo thành công chất

kết dính hỗn hợp. Kết quả cho thấy thạch cao PG đã nung có cường độ cơ học tốt hơn, độ hút nước thấp hơn, đồng thời có khối lượng thể tích thấp hơn so với thạch cao PG chưa nung. Bên cạnh đó, tác giả này cũng đã nghiên cứu sử dụng hỗn hợp gồm xi măng - thạch cao PG để làm vật liệu ổn định nền đường, gạch xây, vật liệu xây trát và hoàn thiện. Tác giả Manjit, S và Mridul, G [13] đã nghiên cứu sử dụng thạch cao PG khan (thạch cao PG nung ở nhiệt độ cao) kết hợp với tro bay, xi lò cao hoạt hóa nghiền mịn và xi măng poóc lăng để chế tạo chất kết dính có độ bền cao. Theo nghiên cứu của Zielinski và Cyrkiewicz [10], có thể sử dụng thạch cao PG nung ở nhiệt độ cao kết hợp với phụ gia gồm Na₂SO₄ và FeSO₄ để chế tạo chất kết dính có cường độ nén đạt 38,9 MPa ở tuổi 28 ngày. Thạch cao PG có thể được sử dụng đến 70% khối lượng trộn với 30% clanhke xi măng

calcium sulfoaluminate để chế tạo chất kết dính bền với môi trường không khí và nước [7]. Tác giả M.sindhuja và cộng sự [9] đã nghiên cứu sử dụng thạch cao PG để chế tạo bê tông, trong đó có đánh giá ảnh hưởng của thạch cao PG đến mức độ thấm ion clo và cường độ nén của mẫu bê tông.

Tại Việt Nam đã có một số nghiên cứu nhằm xử lý và tái sử dụng thạch cao PG như tác giả Nguyễn Minh Ngọc đã nghiên cứu hoàn thiện công nghệ xử lý chất thải PG nhà máy DAP Đình Vũ để sản xuất thạch cao dùng trong xây dựng [11]. Tác giả Trần Ngọc Thúy sử dụng bã thải GYPS của nhà máy DAP để làm vật liệu xây dựng [14]. Trong khi hướng nghiên cứu được nhiều tác giả quan tâm hiện nay là tái chế sử dụng thạch cao PG có nguồn gốc từ nhà máy DAP tại Đình Vũ làm phụ gia cho xi măng [2], những nghiên cứu này đã được ứng dụng trong một số nhà máy sản xuất xi măng. Bên cạnh đó một số tác giả lại tập trung nghiên cứu sử dụng thạch cao PG để chế tạo chất kết dính có khả năng chịu nước, đồng thời có cường độ cao [6], [15]. Năm 2017, tác giả Trịnh Thị Châm và cộng sự đã nghiên cứu sử dụng PG của công ty DAP Đình Vũ làm vật liệu san nền [4]. Nguồn bã thải này cũng đã được nghiên cứu sử dụng làm nguyên liệu sản xuất tấm thạch cao thông thường [5]. Tác giả Trần Đức Trung và cộng sự đã nghiên cứu phát triển sản phẩm tấm thạch cao có khả năng chịu nước, cường độ cao trên cơ sở sử dụng thạch cao PG từ Công ty Cổ phần Thạch cao Đình Vũ [16].

Chất kết dính thạch cao là chất kết dính rắn chắc trong không khí nên có cường độ và độ bền nước thấp. Để tăng độ bền nước của chất kết dính thạch cao có thể sử dụng phụ gia dạng polymer có tác dụng bao bọc quanh các sản phẩm thủy hoá của thạch cao, ngăn cản sự tiếp xúc của chúng với nước hoặc sử dụng kết hợp với xi măng poóc lăng. Hỗn hợp chất kết dính thạch cao với xi măng poóc lăng sẽ tạo ra tác dụng tương hỗ làm chúng vừa có tính chất của chất kết dính thạch cao là rắn chắc nhanh vừa có tính chất của xi măng poóc lăng là bền nước [15]. Tuy nhiên sau hai đến ba tháng hoặc có thể muộn hơn, sẽ xuất hiện ứng suất trong hệ chất kết dính thạch cao với xi măng poóc lăng làm cho cường độ không những bị suy giảm mà hệ còn có thể bị phá hủy. Hiện tượng này là do sự hình thành ettringite từ sản phẩm thủy hoá của xi măng poóc lăng và canxi sulfat với nồng độ bazơ cao. Tác giả Volzhensky và cộng sự đã phát hiện ra rằng nếu cho thêm một lượng phụ gia puzolan thích hợp (silica fume, tro trấu, meta cao lanh, xỉ lò cao, tro bay...) vào hỗn hợp chất kết dính thạch cao với xi măng poóc lăng

thì có thể đạt được sự ổn định của hệ chất kết dính và sự gia tăng cường độ trong suốt quá trình rắn chắc trong môi trường không khí cũng như môi trường nước mà không xuất hiện ứng suất phá hủy [1]. Như vậy có thể thấy cơ sở quan trọng để chế tạo gạch bê tông sử dụng chất kết dính thạch cao PG là chế tạo được hệ chất kết dính có khả năng chịu nước, cường độ cao.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng

Thạch cao PG có nguồn gốc từ Công ty Cổ phần Thạch cao Đình Vũ (Hình 1). Sau khi phơi khô, thạch cao được nung ở nhiệt độ 160°C với thời gian hằng nhiệt là 2 giờ. Mẫu được chụp ảnh cấu trúc bằng kính hiển vi điện tử quét (Hình 2). Hàm lượng $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, thành phần hoá và các tính chất cơ lý của thạch cao PG được thể hiện tại Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3. Hàm lượng axit dư, độ pH và hàm lượng vô cơ nguy hại của thạch cao PG đạt theo QCVN 07:2009.

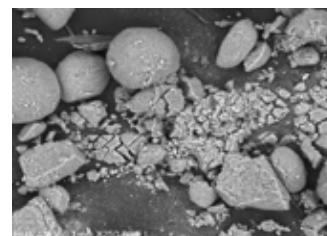
Xi măng PC40 Bút Sơn (XM) sử dụng có các tính chất cơ lý thể hiện tại Bảng 4 và thỏa mãn theo TCVN 2682:2020. Nước (N) dùng trong nghiên cứu là nước máy, thỏa mãn theo tiêu chuẩn TCVN 4506: 2012. Đề tài sử dụng phụ gia siêu dẻo (PGSD) kéo dài đồng kết gốc polymer thể hệ mới có tên thương phẩm là XO-01.

Cốt liệu (CL) sử dụng trong nghiên cứu là cát nghiền từ đá tự nhiên. Các tính chất cơ lý của CL và được thể hiện tại Bảng 5, thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 9205:2012 đối với cát thô.

Tro bay (TB) được sử dụng làm phụ gia khoáng (PGK). Thành phần hoá và lượng MKN được thể hiện tại Bảng 6, các tính chất cơ lý của TB thể hiện tại Bảng 7, trong đó chỉ số hoạt tính với xi măng được xác định ở tuổi 28 ngày.



Hình 1. Thạch cao PG tại Đình Vũ



Hình 2. Cấu trúc bề mặt hạt thạch cao PG

Bảng 1. Hàm lượng $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ và thành phần hoá của thạch cao PG

Chỉ tiêu	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	SiO_2	P_2O_5	TiO_2	Fe_2O_3	MnO	SrO	Y_2O_3	ZrO_2
(%)	84,45	13,86	0,415	0,247	0,238	0,038	0,089	0,012	0,012

Bảng 2. Hàm lượng axit dư, độ pH và thành phần vô cơ nguy hại của thạch cao PG

Axit dư (mg/kg)	pH	Cd (ppm)	Be (ppm)	As (ppm)	Ag (ppm)	Ba (ppm)	Co (ppm)	Se (ppm)	Pb (ppm)	Hg (ppm)
2,45	6,4	0,018	0,02	0,21	0,045	0,511	0,125	0,041	0,019	<0,0001

Bảng 3. Tính chất cơ lý của chất kết dính thạch cao PG

Chỉ tiêu	Lượng nước yêu cầu (%)	Thời gian đông kết (phút - giây)	Cường độ nén (MPa)	Cường độ uốn (MPa)
Giá trị	74	6-40	4,84	0,53

Bảng 4. Tính chất cơ lý của xi măng PC40 Bút Sơn

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thí nghiệm
1	Kích thước hạt trung bình	μm	17,5	Phương pháp lazer
2	Khối lượng riêng	g/cm^3	3,08	TCVN 13605:2023
3	Lượng sót sàng 90mm	%	1,5	TCVN 13605:2023
4	Độ mịn Blaine	cm^2/g	3550	TCVN 13605:2023
5	Độ dẻo tiêu chuẩn.	%	29,0	TCVN 6017:2015
6	- Thời gian bắt đầu đông kết - Thời gian kết thúc đông kết	Phút	140 245	TCVN 6017:2015
7	Độ ổn định thể tích	mm	2,0	TCVN 6017:2015
8	- Cường độ nén ở tuổi 3 ngày - Cường độ nén ở tuổi 28 ngày	MPa MPa	25,8 47,1	TCVN 6016:2011

Bảng 5. Tính chất cơ lý của cốt liệu

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	CL	Phương pháp thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,71	TCVN 7572-4:2006
2	Khối lượng thể tích khô	g/cm ³	2,69	TCVN 7572-4:2006
3	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1,51	TCVN 7572-4:2006
4	Độ hút nước	%	1,14	TCVN 7572-4:2006
5	Mô đun độ lớn	-	2,83	TCVN 7572-2:2006

Bảng 6. Thành phần hóa của tro bay

Hàm lượng các oxit (%)									MKN
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	MnO	ZnO	SO ₃	
57,13	26,76	6,42	1,67	1,11	4,80	0,072	0,023	0,89	5,17

Bảng 7. Tính chất cơ lý của tro bay

STT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thí nghiệm
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,29	TCVN 13605:2023
2	Tỷ diện tích bề mặt	cm ² /g	3820	TCVN 13605:2023
3	Chỉ số hoạt tính với xi măng	%	86	TCVN 10302:2014
4	Kích thước hạt trung bình	μm	7,8	Phương pháp Lazer

2.2. Phương pháp nghiên cứu



Hình 3. Tạo hình viên gạch



Hình 4. Mẫu gạch sau khi chế tạo



Hình 5. Thí nghiệm cường độ nén



Hình 6. Thí nghiệm độ thấm nước

Trong nghiên cứu sử dụng các phương pháp thí nghiệm dựa trên hệ thống tiêu chuẩn của Việt Nam gồm các thí nghiệm xác định các tính chất cơ lý của XM (TCVN 13605:2023, TCVN 6017:2015, TCVN 6016:2011), cốt liệu cho vữa và bê tông (TCVN 7572:2006), phụ gia khoáng hoạt tính (TCVN 10302:2014), cường độ chịu nén và độ

Bảng 8. Tính chất của hồ chất kết dính thạch cao PG hỗn hợp

Ký hiệu mẫu	PGSD (%)	Độ chảy (mm)	Thời gian đông kết (phút - giây)
100PGB	0,35	190	10-50
60-32-8TB	0,50	195	17-40

Bảng 9. Cường độ nén và hệ số hoá mềm của đá chất kết dính thạch cao PG hỗn hợp

Ký hiệu mẫu	Cường độ nén ở trạng thái khô (Mpa)				Hệ số hoá mềm			
	7 ngày	28 ngày	90 ngày	180 ngày	7 ngày	28 ngày	90 ngày	180 ngày
100PGB	7,72	8,17	8,32	8,72	0,53	x	x	x
60-32-8TB	30,79	34,34	34,85	32,22	0,90	0,91	0,92	0,88

Ghi chú: Mẫu bị phá hủy khi ngâm nước ký hiệu là: x (thể hiện tại Hình 7)



Hình 7. Mẫu thạch cao PG sau 28 ngày ngâm mẫu



Hình 8. Mẫu thạch cao hỗn hợp sau 180 ngày ngâm mẫu

thấm nước của gạch bê tông (TCVN 6477:2016). Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng một số phương pháp thí nghiệm phi tiêu chuẩn để xác định sự phân bố kích thước hạt của XM và TB (phương pháp tán xạ lazer), phương pháp chụp ảnh bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) để xác định cấu trúc bề mặt hạt thạch cao PG.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu chế tạo chất kết dính thạch cao PG hỗn hợp chịu nước, cường độ cao

- Thành phần hỗn hợp chất kết dính (CKD) gồm: Chất kết dính thạch cao PG (PGB), XM và TB
- Sử dụng tỷ lệ theo khối lượng giữa các thành phần: PGB-XM-TB là 60-32-8
- Tỷ lệ N/CKD sử dụng là 0,3

Kết quả thí nghiệm các tính chất cơ lý của chất kết dính được thể hiện tại Bảng 8 và Bảng 9. Trong đó chỉ tiêu về cường độ nén và hệ số hoá mềm được nghiên cứu ở các tuổi 7 ngày, 28 ngày, 90 ngày và 180 ngày nhằm đánh giá sự suy giảm cường độ và khả năng chịu nước của đá thạch cao theo thời gian. Hệ số hoá mềm là tỷ số giữa cường độ nén ở trạng thái bão hoà và cường độ nén ở trạng thái khô. Hệ số hoá mềm lớn hơn 0,75 được coi là có khả năng chịu nước.

Kết quả nghiên cứu cho thấy: Chất kết dính thạch cao PG có cường độ nén ở tất cả các ngày tuổi và hệ số hoá mềm ở tuổi 7 ngày thấp hơn rất nhiều so với cường độ nén và hệ số hoá mềm của chất kết dính thạch cao PG hỗn hợp. Sau thời gian ngâm 28 ngày, mẫu chất kết dính thạch cao PG bị phá hủy hoàn toàn, trong khi mẫu chất kết dính thạch cao hỗn hợp vẫn có hệ số mềm đạt đến 0,88 ở tuổi 180 ngày. Như vậy có thể nhận định chất kết dính thạch cao hỗn hợp gồm PGB-XM-TB theo tỷ lệ khối lượng 60-32-8, đồng thời sử

dụng tỷ lệ N/CKD = 0,3 hoàn toàn có thể chế tạo được chất kết dính có cường độ cao và khả năng chịu nước tốt. Đây là cơ sở quan trọng cho việc nghiên cứu chế tạo gạch bê tông.

3.2. Thiết kế thành phần gạch bê tông

- Mác gạch bê tông được lựa chọn thiết kế là M7.5 và M5.0
- Với mác M7.5: Lượng chất kết dính sử dụng từ 160 ÷ 240 kg/m³.
- Với mác M5.0: Lượng chất kết dính sử dụng từ 120 ÷ 200 kg/m³.

- Tỷ lệ N/CKD sử dụng là 0,5 đối với mác M7.5 và 0,6 đối với mác M5.0 để nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng CKD

- Để nghiên cứu ảnh hưởng của N/CKD, sử dụng tỷ lệ là 0,3; 0,4 và 0,5 với mác M7.5. Tỷ lệ 0,6; 0,5 và 0,3 với mác M5.0. Sử dụng PGSD để điều chỉnh độ dẻo của hỗn hợp sao cho đảm bảo được khả năng tạo hình tương tự nhau.

Bảng 10. Thành phần cấp phối gạch bê tông nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính

Ký hiệu	CKD	N/CKD	Thành phần vật liệu cho 1m ³ (kg)					Mác thiết kế
			PGB	XM	TB	CN	N	
CP1.1	160	0,5	96	51	13	1914	80	M7.5
CP1.2	200		120	64	16	1817	100	
CP1.3	240		144	77	19	1720	120	
CP2.1	120	0,6	72	38	10	1979	72	M5.0
CP2.2	160		96	51	13	1871	96	
CP2.3	200		120	64	16	1763	120	

Bảng 11. Thành phần cấp phối gạch bê tông nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD

Ký hiệu	CKD	N/CKD	Thành phần vật liệu cho 1m ³ (kg)					Mác thiết kế
			PGB	XM	TB	CN	N	
CP1.3	240	0,5	144	77	19	1720	120	M7.5
CP1.3.1	240	0,4	144	77	19	1785	96	
CP1.3.2	240	0,3	144	77	19	1850	72	
CP2.3	200	0,6	120	64	16	1763	120	M5.0
CP2.3.1	200	0,5	120	64	16	1817	100	
CP2.3.2	200	0,3	120	64	16	1925	60	

3.3. Quy trình chế tạo và thí nghiệm mẫu

Thành phần chất kết dính thạch cao hỗn hợp được đưa vào đồng thời sau đó trộn khô trong 60 giây. Cho CL vào trộn đều trong 30 giây tiếp theo. Nước được đổ vào cùng với PGSD (nếu có) và trộn hỗn hợp cấp phối trong thời gian 90 giây. Tổng thời gian trộn là 180 giây. Máy trộn cưỡng bức được sử dụng để thực hiện công tác nhào trộn

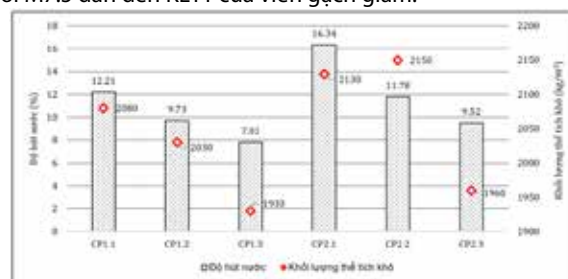
Hỗn hợp sau khi trộn được đưa vào máy rung ép 1 lần với thời gian là 30 giây. Sau đó mẫu được phủ giẻ ẩm để bảo dưỡng tự nhiên trong phòng thí nghiệm, sau 24 h mẫu được ngâm bảo dưỡng trong nước cho đến khi đủ tuổi thí nghiệm. Mẫu gạch bê tông sử dụng xác định các tính chất cơ lý đều đạt yêu cầu về ngoại hình theo TCVN 6477:2016. Mẫu gạch bê tông được thực hiện các thí nghiệm ở tuổi 28 ngày để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính và tỷ lệ N/CKD đến tính chất cơ lý. Các nghiên cứu đánh giá cường độ và khả năng chịu nước theo thời gian của gạch được tiến hành ở tuổi 3 ngày, 7 ngày, 28 ngày và 90 ngày.

3.4. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến tính chất cơ lý của gạch bê tông

3.4.1. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến khối lượng thể tích và độ hút nước

Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Hình 9 cho thấy: Độ hút nước của cấp phối CP1.1 không đạt yêu cầu đối với mác M7.5 (<12%), cấp phối CP2.1 không đạt yêu cầu đối với mác M5.0 (<14%) theo tiêu chuẩn TCVN 6477:2016, đồng thời giá trị độ hút nước giảm dần khi tăng hàm lượng CKD sử dụng. Kết quả này phù hợp với lý thuyết do khi tăng hàm lượng CKD đồng nghĩa với việc tăng chiều dày lớp hồ bao bọc quanh hạt cốt liệu, giảm độ rỗng của viên gạch dẫn đến độ hút nước giảm. Cùng với đó, việc tăng lượng CKD làm giảm KLTT của gạch. Điều này cũng khá phù hợp do với tổng thể tích gần tương đương nhau, khi tăng lượng dùng CKD đồng nghĩa với việc giảm khối lượng CL, trong khi khối lượng riêng của CL lại cao hơn khối lượng riêng của CKD. Bên cạnh đó KLTT của viên gạch

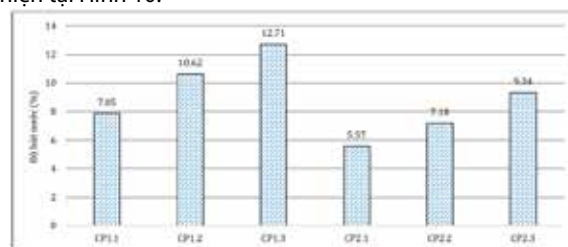
mác M5.0 có xu hướng giảm chút ít so với viên gạch mác M7.5 với cùng lượng CKD sử dụng. Nguyên nhân được giải thích là do lượng nước sử dụng khác nhau nên sẽ ảnh hưởng đến thể tích của lượng CL sử dụng, cụ thể lượng CL dùng cho mác M5.0 thường thấp hơn so với M7.5 dẫn đến KLTT của viên gạch giảm.



Hình 9. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến khối lượng thể tích và độ hút nước

3.4.2. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến cường độ nén

Đến tuổi thí nghiệm gạch được vớt ra, để ráo nước, sau đó tiến hành làm phẳng bề mặt mẫu bằng hồ xi măng, được bảo dưỡng trong điều kiện tự nhiên tối thiểu 72 giờ. Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Hình 10.



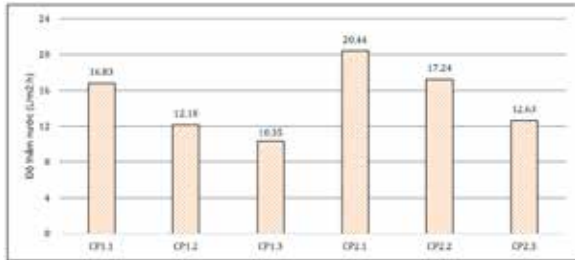
Hình 10. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến cường độ nén

Kết quả nghiên cứu cho thấy: Cường độ nén mẫu gạch bê tông của các cấp phối ở tuổi 28 ngày đều đạt yêu cầu thiết kế. Cường độ

nén của mẫu gạch tăng lên khi hàm lượng CKD tăng. Mức độ tăng đối với mác M7.5 lớn hơn so với mác M5.0. Nguyên nhân có thể được luận giải là do khi đó các hạt CL sẽ được bao bọc xung quanh bởi lớp hồ đủ dày, tạo sự liên kết tốt giữa các hạt CL, đồng thời làm giảm đáng kể độ rỗng của gạch, từ đó làm tăng cường độ nén. Điều này phù hợp với lý thuyết.

3.4.3. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến độ thấm nước

Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Hình 11 cho thấy: Các cấp phối CP1.1, CP2.1 và CP2.2 có độ thấm nước không đạt theo yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 6477:2012 ($<16 \text{ L/m}^2\cdot\text{h}$). Độ thấm nước giảm dần khi tăng hàm lượng CKD sử dụng. Nguyên nhân là do hàm lượng bột tăng sẽ làm tăng độ đặc chắc của gạch, tuy nhiên sẽ làm tăng KLTT và giá thành của sản phẩm. Kết quả nghiên cứu này hoàn toàn phù hợp với các kết quả nghiên cứu về độ hút nước và cường độ nén của gạch.

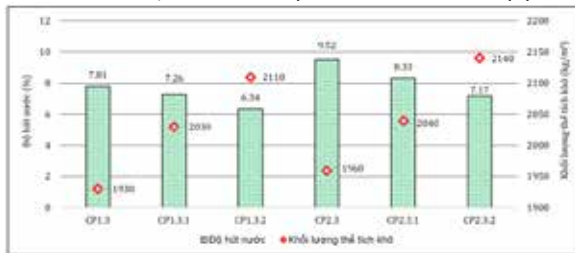


Hình 11. Ảnh hưởng của hàm lượng chất kết dính đến độ thấm nước của gạch

3.5. Ảnh hưởng tỷ lệ N/CKD đến tính chất cơ lý của gạch bê tông

3.5.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến khối lượng thể tích và độ hút nước

Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Hình 12 cho thấy: Khi giảm tỷ lệ N/CKD thì độ hút nước của gạch giảm, tuy nhiên sự khác biệt này là không lớn. Nguyên nhân là do khi giảm tỷ lệ N/CKD sẽ làm tăng độ đặc chắc của đá XM dẫn đến làm giảm độ hút nước, nhưng độ rỗng của đá xi măng nhỏ hơn nhiều do với độ rỗng tổng thể của viên gạch. Với cùng tỷ lệ N/CKD, cấp phối M7.5 sử dụng hàm lượng CKD lớn hơn sẽ có độ hút nước thấp hơn chút ít so với cấp phối M5.0.



Hình 12. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến khối lượng thể tích và độ hút nước

3.5.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến cường độ nén

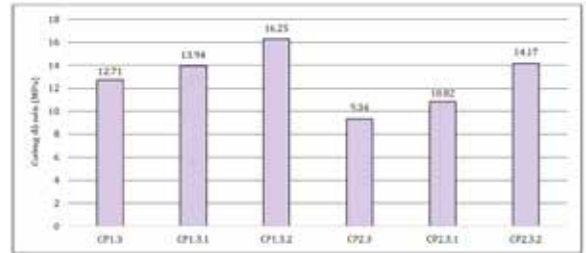
Bảng 12. Thành phần cấp phối gạch bê tông nghiên cứu cường độ và khả năng chịu nước theo thời gian

Ký hiệu	CKD	N/CKD	Thành phần vật liệu cho 1m³ (kg)					Mác thiết kế
			PGB	XM	TB	CN	N	
CP1.3	240	0,5	144	77	19	1720	120	M7.5
CP1.3.2	240	0,3	144	77	19	1850	72	
CP2.3	200	0,6	120	64	16	1763	120	
CP2.3.2	200	0,3	120	64	16	1925	60	M5.0

Bảng 13. Kết quả nghiên cứu cường độ nén và hệ số hoá mềm của gạch theo thời gian

Ký hiệu	Cường độ nén (Mpa)				Hệ số hoá mềm	
	3 ngày	7 ngày	28 ngày	90 ngày	28 ngày	90 ngày
CP1.3	9,81	11,87	12,71	14,15	0,92	0,90
CP1.3.2	13,29	15,74	16,25	18,09	0,93	0,92
CP2.3	7,76	9,11	9,34	11,88	0,90	0,88
CP2.3.2	11,55	13,95	14,17	16,53	0,91	0,91

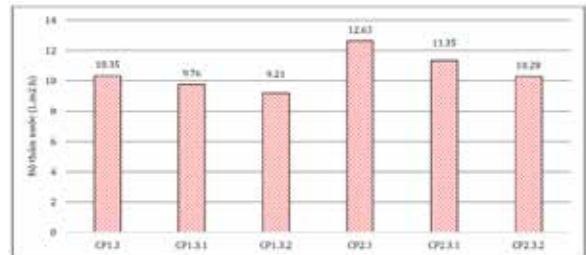
Kết quả nghiên cứu thể hiện tại Hình 13 cho thấy: Khi giảm tỷ lệ N/CKD thì cường độ nén của tất cả các cấp phối đều tăng. Cụ thể với lượng dùng chất kết dính là 240 kg/m^3 cường độ sẽ tăng từ $10 \div 28\%$ khi tỷ lệ N/CKD sử dụng giảm từ $0,5 \div 0,3\%$. Với lượng dùng chất kết dính là 200 kg/m^3 cường độ của gạch sẽ tăng từ $16 \div 52\%$ khi tỷ lệ N/CKD sử dụng giảm từ $0,6 \div 0,3\%$. Điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết. Bên cạnh đó, với việc sử dụng cùng tỷ lệ N/CKD là 0,3 thì cường độ nén của mẫu gạch thấp hơn khá nhiều so với cường độ của đá chất kết dính do cấu trúc của gạch có độ rỗng hơn rất nhiều so với cấu trúc của đá chất kết dính.



Hình 13. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến cường độ nén

3.5.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến độ thấm nước

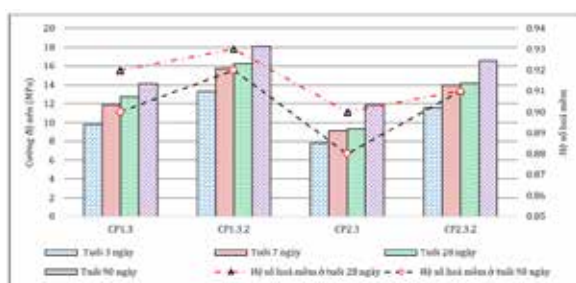
Căn cứ kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Hình 14 có thể nhận định: Khi giảm tỷ lệ N/CKD thì đều làm tăng khả năng chống thấm nước của gạch. Tuy nhiên mức độ tăng là không lớn, giá trị gia tăng này thấp hơn nhiều so với ảnh hưởng của hàm lượng CKD sử dụng. Điều này có thể được lý giải là việc giảm tỷ lệ N/CKD sẽ làm tăng độ đặc chắc của đá CKD nhưng không làm thay đổi đáng kể độ rỗng toàn phần của viên gạch, trong khi tăng hàm lượng CKD sẽ giúp giảm độ rỗng giữa các hạt CL, dẫn đến giảm độ thấm nước.



Hình 14. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/CKD đến độ thấm nước

3.6. Cường độ nén và khả năng chịu nước của gạch theo thời gian

Các cấp phối sử dụng cho nghiên cứu này được thể hiện tại Bảng 12. Thí nghiệm cường độ nén được thực hiện ở tuổi 3 ngày, 7 ngày, 28 ngày và 90 ngày. Khả năng chịu nước được đánh giá ở tuổi 28 ngày và 90 ngày. Khả năng chịu nước của gạch được đánh giá thông qua hệ số hoá mềm. Kết quả nghiên cứu được thể hiện tại Bảng 13 và Hình 15.



Hình 15. Cường độ nén và hệ số hoá mềm theo thời gian

Kết quả nghiên cứu cho thấy: không có sự phát triển cường độ nhiều ở khoảng thời gian từ 7 ngày đến 28 ngày. Ở tuổi 90 ngày cường độ của mẫu gạch bê tông tăng từ 10 ÷ 15% so với cường độ ở tuổi 28 ngày. Như vậy có thể thấy với thạch cao gần như không còn phát triển cường độ ở tuổi này, nên với môi trường bảo dưỡng ngâm nước tiêu chuẩn, XM có trong thành phần CKD vẫn tiếp tục phát triển cường độ, đồng thời phản ứng pozolanic giữa CH và TB vẫn diễn ra. Đây là nguyên nhân chính làm cho cường độ của gạch bê tông vẫn phát triển theo thời gian. Mức độ phát triển cường độ của gạch bê tông sử dụng tỷ lệ N/CKD thấp có xu hướng thấp hơn so với khi sử dụng tỷ lệ N/CKD cao. Bên cạnh đó ở tuổi 90 ngày mẫu gạch bê tông vẫn duy trì được hệ số hoá mềm cao (>0,88). Điều này chứng tỏ trong môi trường bão hoà nước, chất kết dính thạch cao hỗn hợp có trong thành phần gạch vẫn làm việc rất ổn định, không có dấu hiệu suy giảm rõ rệt cường độ theo thời gian. Kết quả nghiên cứu này hoàn toàn tương đồng với kết quả nghiên cứu về cường độ và khả năng bền nước của chất kết dính thạch cao PG hỗn hợp ở tuổi dài ngày. Tuy nhiên khi sử dụng tỷ lệ N/CKD thấp (0,3) thì ngoài việc cho cường độ nén, độ thấm nước cao hơn thì gạch bê tông cũng có hệ số hoá mềm cao hơn so với khi sử dụng tỷ lệ N/CKD là 0,5 (với mức M7.5) và 0,6 (với mức M5.0).

4. KẾT LUẬN

- Hoàn toàn có thể sử dụng phế thải thạch cao PG tại Đình Vũ kết hợp với XM và TB để chế tạo gạch bê tông có cường độ nén, độ hút nước và độ thấm nước đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6477:2016 đối với mức M7.5 và M5.0. Tỷ lệ thành phần CKD hợp lý gồm: PGB:XM:TB = 60:32:8 theo khối lượng, hàm lượng CKD lựa chọn để chế tạo gạch bê tông đạt mức M7.5 là 240 kg/m³, mức M5.0 là 200 kg/m³.

- Tăng hàm lượng CKD sử dụng hoặc giảm tỷ lệ N/CKD đều làm giảm độ hút nước của gạch bê tông, trong đó mức độ giảm độ hút nước do tăng lượng dùng CKD lớn hơn so với khi giảm tỷ lệ N/CKD. Cùng với đó, tăng lượng CKD sẽ làm giảm KLTT của gạch, đặc biệt với lượng dùng CKD là 240 kg/m³ với mức M7.5 và 200 kg/m³ với mức M5.0 đều có thể chế tạo được gạch bê tông có KLTT nhỏ hơn 2000 kg/m³.

- Hàm lượng CKD tăng từ 160-240 kg/m³ hoặc giảm tỷ lệ N/CKD đều giúp cải thiện cường độ nén của gạch. Tuy nhiên hiệu quả cải thiện cường độ nén khi tăng lượng dùng CKD sẽ cao hơn so với việc hạ tỷ lệ N/CKD.

- Cường độ của mẫu gạch bê tông ở tuổi 90 ngày vẫn tiếp tục tăng từ 10÷15% so với cường độ ở tuổi 28 ngày. Đồng thời sau 90 ngày ngâm nước, mẫu gạch bê tông vẫn duy trì được khả năng chịu nước tốt thông qua hệ số hoá mềm cao (>0,88), giá trị này không suy giảm nhiều so với ở tuổi 28 ngày.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. V. Volzhensky, Y. M. B., Kolokolnikov, B. T. Mineral binders. Moscow, Stroyizdat, 1973.
- [2] Văn Viết Thiên Ân. Nghiên cứu ảnh hưởng của thạch cao Phospho từ nhà máy sản xuất phân bón DAP thay thế thạch cao tự nhiên đến các tính chất của xi măng và bê tông. Đề tài Bộ GD&ĐT, mã số B2017-XDA-14, 2019.

[3] B. Rajkovic Milos and V. Toskovic Dragan. Investigation of the possibilities of phosphogypsum application for building partitioning Walls-elements of a prefabricated house. Acta Periodica Technologica, Issue 33, pp. 71-92, 2022.

[4] Trịnh Thị Châm, Tạ Văn Luân, Khổng Thị Giang. Nghiên cứu sử dụng PG của công ty DAP Đình Vũ làm vật liệu san nền. Hội thảo Viện Vật liệu xây dựng, 2017.

[5] Trịnh Thị Châm và cộng sự. Nghiên cứu sử dụng thạch cao từ nhà máy phân bón DAP và thạch cao FGD làm nguyên liệu sản xuất tấm thạch cao thông thường. Báo cáo tổng kết đề tài Bộ xây dựng, mã số RD 117-16TX, 2019.

[6] Nguyễn Thế Hân. Nghiên cứu chế tạo chất kết dính thạch cao hỗn hợp cường độ cao và chịu nước trên cơ sở phế thải photphogypsum. Luận văn cao học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2019.

[7] K. Kover. Strength and water absorption for gypsum-cement-silicafume blends of improved performance. Advances in Cement Research, vol 10, pp. 81-92, 1998.

[8] M. Al-Oudat, A.S. Baydoun and A. Mohammad "Effect of enhanced UV-B on growth and yield of two Syrian crops wheat (Triticum durum var. Horani) and broad (Vicia faba) under field conditions. Environ. Exp. Bot, 40, pp. 11-16, 1998.

[9] M. Sindhuja, E. V. Chandrasekhar, K. rajasekhar. Investigation on Permeability Characteristics of Phosphogypsum Based Concrete. Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), vol 13, Issue 6, Ver. V, pp. 191-193, 2016.

[10] Marek Zielinski. Utilization of phosphogypsum in the aspect of environmental protection. Czasopismo Przemysl Chemiczny, 85 (7), pp. 478-482, 2006.

[11] Nguyễn Minh Ngọc. Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ xử lý chất thải GYP nhà máy DAP để sản xuất thạch cao dùng trong xây dựng. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 2016.

[12] Nurhayat Degirmencia, Arzu Okucub and Ayse Turabib. Application of phosphogypsum in soil stabilization. Building and Environment, 42, pp. 3393-3398, 2007.

[13] S. Manjit and G. Mridul. Study on anhydrite plaster from waste phosphogypsum for use in polymerrised flooring composition. Construction and Building Materials, 19 (1), pp. 25-29, 2005.

[14] Trần Ngọc Thúy. Nghiên cứu xử lý bã thải GYP của nhà máy DAP làm vật liệu xây dựng. Luận văn cao học, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2018.

[15] Trần Đức Trung, Tống Tôn Kiên. Nghiên cứu chế tạo chất kết dính thạch cao chịu nước, cường độ cao từ thạch cao phospho. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, ISSN 2615-9058, số 17(2V), tr. 166-179, 20.23.

[16] Trần Đức Trung và cộng sự. Nghiên cứu chế tạo tấm thạch cao chịu nước, cường độ cao sử dụng phế thải thạch cao Phospho và thạch cao FGD ứng dụng trong thi công trang trí ngoại thất công trình. Báo cáo tổng kết đề tài Bộ Xây dựng, mã số RD43-22, 2024.