

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG PHÉ THẢI THẠCH CAO LÀM VẬT LIỆU SAN LẤP CÔNG TRÌNH VEN BIỂN

STUDY ON THE UTILIZATION OF GYPSUM WASTE AS BACKFILL MATERIAL FOR COASTAL CONSTRUCTION WORKS

TẶNG VĂN LÂM^{a,*}, VŨ NGỌC TRỤ^b, NGUYỄN THẾ GIANG^c, NGUYỄN SÁNG^c, BÙI THỊ THUỶ DUNG^c

^aTrường Đại học Mở - Địa chất

^bTrường Đại học Xây dựng Hà Nội

^cCông ty Cổ phần Đầu tư Trường An Hải Phòng

*Tác giả đại diện: Email: tangvanlam@humg.edu.vn

Ngày nhận 11/02/2026, Ngày sửa 27/02/2026, Chấp nhận 01/3/2026

<https://doi.org/10.59382/j-ibst.2026.vi.vol1-6>

Tóm tắt: Sự gia tăng khối lượng phế thải thạch cao DAP – Đỉnh Vũ từ quá trình sản xuất phân bón đặt ra yêu cầu cấp thiết về các giải pháp tái sử dụng hiệu quả và thân thiện với môi trường. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sử dụng phế thải thạch cao DAP – Đỉnh Vũ kết hợp với xi măng Portland hỗn hợp PCB40 và đá dăm 5,0÷20 mm để chế tạo vật liệu san lấp phục vụ các công trình lấn biển khu vực TP. Hải Phòng. Nghiên cứu được thực hiện theo phương pháp thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm với các cấp phối có hàm lượng phế thải thạch cao từ 70÷85%, xi măng từ 5÷10% và đá dăm từ 5÷25%. Các chỉ tiêu cơ lý chủ yếu được đánh giá bao gồm khả năng đầm chặt, sức chịu tải CBR tại độ chặt K95 và cường độ chịu nén ở tuổi 7 ngày và 28 ngày. Kết quả thí nghiệm cho thấy thành phần cấp phối ảnh hưởng rõ rệt đến các tính chất cơ học của vật liệu san lấp. Cường độ chịu nén của các cấp phối tại tuổi 28 ngày đạt trong khoảng 1,48÷2,88 MPa, đồng thời các giá trị CBR tại độ chặt K95 đều đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 14325:2024. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc tái sử dụng phế thải thạch cao DAP – Đỉnh Vũ làm vật liệu san lấp lấn biển là khả thi về mặt kỹ thuật.

Từ khoá: phế thải thạch cao, vật liệu san lấp lấn biển, cường độ nén, sức chịu tải CBR

Abstract: The increasing volume of DAP–Đỉnh Vũ gypsum waste generated from fertilizer production poses an urgent need for effective and environmentally friendly reuse solutions. This paper presents the results of a study on the use of DAP–Đỉnh Vũ gypsum waste combined with cement and crushed stone of 5,0÷20 mm to produce fill material for coastal reclamation works of Hai Phong city. The study was conducted through laboratory experiments with mix proportions containing 70÷85% gypsum waste, 5÷10% cement, and 5÷25% crushed stone. The main physical and mechanical properties evaluated included compaction characteristics, CBR

bearing capacity at a compaction degree of K95, and compressive strength at 7 days and 28 days. The experimental results indicate that mix composition has a significant influence on the mechanical properties of the fill material. The compressive strength of the investigated mixtures at 28 days ranged from 1,48÷2,88 MPa, while the CBR values at a compaction degree of K95 all met the technical requirements specified in TCVN 14325:2024. The results demonstrate that the reuse of DAP–Đỉnh Vũ gypsum waste as fill material for coastal reclamation is technically feasible.

Keywords: Gypsum waste, Coastal reclamation fill material, Compressive strength, CBR bearing capacity

1. Giới thiệu

Trong quá trình sản xuất phân bón Diamon Phosphate (DAP) tại Công ty Cổ phần DAP - Đỉnh Vũ tại khu công nghiệp Đỉnh Vũ (Hải Phòng), mỗi năm phát sinh một lượng lớn phế thải thạch cao. Nhà máy sản xuất phân bón DAP với công suất 330.000 tấn/năm, tổng vốn đầu tư 156,4 triệu USD, đi vào hoạt động từ năm 2009, đã thải ra khoảng 750.000 tấn bã thạch cao/năm [1, 2]. Phần lớn lượng thải này chưa được xử lý hoặc tái sử dụng hiệu quả, gây ra nhiều nguy cơ ô nhiễm môi trường nghiêm trọng (Hình 1).



Hình 1. Bãi chứa phế thải thạch cao DAP – Đỉnh Vũ (Hải Phòng)

Thực tế cho thấy, lượng bã thải thạch cao phospho khổng lồ từ Nhà máy phân bón DAP – Đình Vũ đã và đang gây ra áp lực môi trường đáng kể đối với thành phố Hải Phòng. Loại chất thải này chứa đựng nhiều tạp chất độc hại như axit, fluor, kim loại nặng... tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm lâu dài và khó khắc phục nếu không được xử lý đúng quy trình. Nước rỉ từ bã thải có thể làm ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng nước ngầm và nước mặt khu vực ven biển. Bụi phát tán trong không khí gây ô nhiễm môi trường, tác động đến sức khỏe cộng đồng. Ngoài ra, bã thải chiếm dụng diện tích đất lớn, làm biến đổi địa hình và tiềm ẩn nguy cơ vỡ bờ bao trong mùa mưa bão, đe dọa hệ sinh thái vùng cửa biển [3, 4]. Vì vậy, việc nghiên cứu, đánh giá và tìm kiếm giải pháp tái sử dụng hợp lý lượng gypsum DAP – Đình Vũ là hết sức cấp bách, vừa nhằm giảm áp lực môi trường, vừa góp phần biến chất thải công nghiệp thành nguồn tài nguyên phục vụ phát triển bền vững (Hình 2).



Hình 2. Nghiên cứu tái sử dụng phế thải gypsum DAP – Đình Vũ làm thạch cao nhân tạo

Hải Phòng hiện là trung tâm phát triển kinh tế biển trọng điểm của vùng duyên hải Bắc Bộ, với hàng loạt dự án quy mô lớn như Khu kinh tế Đình Vũ – Cát Hải, Cảng cửa ngõ quốc tế Lạch Huyện, các khu công nghiệp ven biển (Deep C, Nam Đình Vũ, Tràng Duệ 3, Tiên Thanh, Tân Trào...) cùng các dự án chính trị – bảo vệ bờ, đô thị ven biển và hạ tầng dịch vụ hậu cần cảng. Những dự án này đòi hỏi khối lượng vật liệu san lấp cực kỳ lớn, đặc biệt là cho các công trình lấn biển, nâng nền và hạ tầng kỹ thuật ven bờ. Vì vậy có thể thấy, nhu cầu vật liệu san lấp lấn biển ở Hải Phòng rất lớn, chủ yếu đến từ các dự án trọng điểm và đang tìm kiếm nguồn cung vật liệu từ cát biển, đất đồi, đá thải mỏ và xỉ than [2, 5, 6]. Thành phố có trữ lượng cát biển tiềm năng lớn nhưng việc khai thác vẫn gặp khó khăn về thủ tục và điều kiện. Nhiều mỏ

cát biển khu vực cảng Lạch Huyện đã khai thác cạn kiệt. Các nguồn vật liệu thay thế như đất bãi bồi, đất đá thải mỏ từ Quảng Ninh, xỉ than từ Nhà máy nhiệt điện Hải Phòng, đá vôi và đá thải mỏ cũng đang được xem xét để đáp ứng nhu cầu vật liệu lấn biển của thành phố.

Theo Sở Xây dựng Hải Phòng, giai đoạn 2025-2030 nhu cầu sử dụng vật liệu san lấp phục vụ cho các công trình trọng điểm trên địa bàn thành phố là 158,874 triệu m³, trong đó đất san lấp khoảng 21,124 triệu m³ và cát san lấp khoảng 137,750 triệu m³ [5]. Tuy nhiên, nguồn vật liệu truyền thống hiện nay (cát tự nhiên, đất đồi, đá nghiền,...) đang dần cạn kiệt; các hoạt động khai thác cũng đang bị hạn chế do nguy cơ sạt lở, xói lở và xâm thực bờ biển; chi phí vận chuyển, giá thành vật liệu tăng cao, ảnh hưởng lớn đến tiến độ và tổng mức đầu tư công trình. Trong bối cảnh nguồn vật liệu san lấp tự nhiên ngày càng khan hiếm và giá thành tăng cao, việc nghiên cứu tận dụng gypsum DAP – Đình Vũ làm vật liệu san lấp thay thế là hướng đi rất khả thi, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn sâu sắc [2]. Thạch cao phospho có thành phần chính là CaSO₄·2H₂O, khối lượng thể tích tương đương đất đắp, có thể được phối trộn hoặc xử lý với vôi bột để ổn định pH, giảm độ hòa tan, đồng thời đảm bảo tính cơ học và an toàn môi trường khi sử dụng theo TCVN 14325:2024 – “Hỗn hợp thạch cao phospho làm vật liệu san lấp – Yêu cầu chung” [7, 8].

Trong bối cảnh đó, nghiên cứu này tập trung vào việc nghiên cứu sử dụng phế thải thạch cao làm vật liệu san lấp công trình ven biển và kết hợp với một số nguồn vật liệu khác như: đá dăm, xi măng, và tro bay nhiệt điện... Kết quả nghiên cứu không chỉ góp phần giải quyết bài toán quản lý phế thải công nghiệp bền vững mà còn mở ra hướng ứng dụng mới, giảm khai thác tài nguyên thiên nhiên, bảo vệ môi trường và hiện thực hóa chủ trương kinh tế tuần hoàn của Chính phủ Việt Nam [9, 10].

2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1 Vật liệu sử dụng

Vật liệu đã sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm hai thành phần chính: phế thải thạch cao thu được từ nhà máy sản xuất DAP – Đình Vũ (Hải Phòng), xi măng Poóc lăng hỗn hợp PCB40 Vicem Hải Phòng và đá dăm kích thước 5,0÷20 mm từ mỏ đá vôi Kiện Khê (Hà Nam).

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

a) Phế thải thạch cao DAP - Đình Vũ

Phế thải thạch cao DAP - Đình Vũ sử dụng trong nghiên cứu được lấy từ bãi lưu chứa của Nhà máy sản xuất DAP – Đình Vũ và đáp ứng các yêu cầu kỹ

thuật theo tiêu chuẩn TCVN 14325:2024 “Hỗn hợp thạch cao phospho làm vật liệu san lấp - Yêu cầu chung” [8] (Hình 3). Các tính chất vật lý cơ bản của phế thải thạch cao DAP - Đình Vũ được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Tính chất vật lý của phế thải thạch cao DAP - Đình Vũ

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật thí nghiệm	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm
1	Lượng hạt lọt qua sàng 0,075mm	%	87,5
2	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,32
3	Khối lượng thể tích khô	kg/m ³	1700
4	Độ pH	-	6,8
5	Hàm lượng CaSO ₄ .2H ₂ O	%	66,4
6	Chỉ số an toàn phóng xạ	-	< 1,0
7	Độ ẩm trung bình	%	17,2%



Hình 3. Phế thải thạch cao DAP - Đình Vũ

b) Xi măng Poóc lăng hỗn hợp PCB40 Vicem Hải Phòng

Xi măng Poóc lăng hỗn hợp PCB40 của Vicem Hải Phòng sản xuất đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ

thuật theo tiêu chuẩn TCVN 6260:2020 “Xi măng poóc lăng hỗn hợp” [11] (Hình 4). Các tính chất cơ, lý và hóa của loại xi măng này được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Tính chất cơ lý của xi măng Poóc lăng hỗn hợp PCB40 Vicem Hải Phòng

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật thí nghiệm	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm	Theo yêu cầu TCVN 6260:2020
1	Độ mịn, theo phương pháp Blaine	cm ² /g	3600	-
2	Khối lượng riêng	g/cm ³	3,15	-
3	Khối lượng thể tích ở trạng thái tự nhiên	kg/m ³	1350	-
4	Lượng nước tiêu chuẩn	%	29,5	-
5	Thời gian đông kết của hồ xi măng:			
	Thời gian bắt đầu	Phút	125	≥ 45
	Thời gian kết thúc	Phút	350	≤ 420
6	Cường độ nén ở các tuổi:			
	3 ngày	MPa	21,8	≥ 18
	28 ngày	MPa	48,2	≥ 40
7	Độ ổn định thể tích theo phương pháp Le Chatelier	mm	3,5	≤ 10



Hình 4. Xi măng Poóc lăng PCB40 Vicem Hải Phòng

Thành phần hóa học của phế thải thạch cao PCB40 Vicem Hải Phòng được trình bày trong DAP - Đình Vũ và xi măng Poóc lăng hỗn hợp Bảng 3.

Bảng 3. Thành phần hóa học của xi măng Poóc lăng hỗn hợp PCB40 Vicem Hải Phòng và phế thải thạch cao DAP - Đình Vũ

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	P ₂ O ₅	Hàm lượng mất khi nung
Thành phần hóa học (% theo khối lượng) của phế thải thạch cao DAP - Đình Vũ									
11,48	4,72	3,35	43,5	0,56	0,35	0,47	31,5	0,32	3,75
Thành phần hóa học (% theo khối lượng) của xi măng PCB40 Vicem Hải Phòng									
18,0	5,2	3,2	2,5	1,5	1,8	3,2	60,5	1,6	2,5

c) Cốt liệu

Cốt liệu lớn sử dụng trong chế tạo vật liệu san lấp là loại đá dăm có kích thước hạt 5,0÷20 mm (Hình 5). Đá dăm sử dụng có nguồn gốc từ mỏ đá vôi Kiện Khê-Hà Nam và thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 7570:2006 “Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật” [12].



Hình 5. Đá dăm từ mỏ đá Kiện Khê (Hà Nam)

Tính chất cơ lý và thành phần hạt của đá dăm sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Tính chất cơ lý của đá dăm

STT	Chỉ tiêu kỹ thuật thí nghiệm	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm	Theo TCVN 7570:2006
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,70	-
2	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1550	-
3	Độ hở giữa các hạt cốt liệu	%	42,6	-
4	Hàm lượng hạt thoi dẹt	%	13,5	< 15
5	Hàm lượng bùn, bụi, sét	%	0,60	≤ 3,0 tùy thuộc mục đích sử dụng
6	Lượng sót sàng tích lũy trên các sàng có kích thước lỗ sàng:			
	20 mm	%	6,5	0÷10
	10 mm	%	57,7	40÷70
	5 mm	%	92,8	90÷100

2.2 Cấp phối thí nghiệm

Để nghiên cứu khả năng sử dụng phế thải thạch cao làm vật liệu san lấp công trình ven biển, trong bài viết này đã sử dụng các hàm lượng nguyên vật liệu như sau:

- Hàm lượng phế thải thạch cao DAP – Đình Vũ thay đổi trong khoảng 70%, 75%, 80% và 85%;

- Hàm lượng xi măng Poóc lăng hỗn hợp PCB40 Vicem Hải Phòng thay đổi từ 5,0% đến 10%;

- Hàm lượng đăm dăm kích thước 5,0-20 mm thay đổi trong khoảng 5,0%, 10%, 15%, 20% và 25%;

Cấp phối vật liệu san lấp lấn biển từ phế thải thạch cao đã được trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5. Cấp phối vật liệu san lấp lần biển sử dụng phế thải thạch cao DAP – Đình Vũ

STT	Ký hiệu cấp phối	Phế thải thạch cao DAP – Đình Vũ (%)	PCB40 Vicem Hải Phòng (%)	Đá dăm kích thước 5,0 ÷ 20 mm (%)
1	70TC5XM25D	70	5	25
2	70TC10XM20D	70	10	20
3	75TC5XM20D	75	5	20
4	75TC10XM15D	75	10	15
5	80TC5XM15D	80	5	15
6	80TC10XM10D	80	10	10
7	85TC5XM10D	85	5	10
8	85TC10XM5D	85	10	5

2.3 Phương pháp nghiên cứu

Để đánh giá tính chất cơ lý của các cấp phối vật liệu san lấp, trong nghiên cứu này sử dụng các phương pháp thí nghiệm như sau:

- Các tính chất của hỗn hợp thạch cao làm vật liệu san lấp được xác định theo yêu cầu kỹ thuật của TCVN 14325:2024;

- Các tính chất cơ lý của xi măng Poóc lăng hỗn hợp được xác định theo yêu cầu kỹ thuật của TCVN 6260:2020;

- Các tính chất cơ bản của đá dăm từ đá vôi được xác định theo yêu cầu kỹ thuật của TCVN 7572:2006;

- Mô đun đàn hồi của vật liệu san lấp lần biển được xác định theo yêu cầu của tiêu chuẩn ngành 22TCN211-06.

Hỗn hợp phế thải thạch cao, xi măng và đá dăm được nhào trộn trên hệ thống máy trộn trực vít với công suất 50 m³/giờ để thu được sản phẩm là vật liệu san lấp lần biển (Hình 6).



Hình 6. Hệ thống máy trộn trực vít

Hỗn hợp vật liệu san lấp được chế tạo theo quy trình trộn hai giai đoạn. Trước hết, phế thải thạch cao được đưa vào máy trộn cùng đá dăm và trộn khô nhằm bảo đảm phân bố đồng đều trong khối cốt liệu. Sau đó, xi măng được bổ sung theo hàm lượng thiết kế và tiếp tục trộn đến khi thu được hỗn hợp đồng nhất. Hỗn hợp sau khi hoàn thành được vận chuyển về kho chứa của nhà máy để lưu trữ tạm thời, chờ tích lũy đủ khối lượng theo yêu cầu để cung cấp cho các đơn vị thi công sử dụng trong công tác san lấp (Hình 7).



Hình 7. Mẫu vật liệu san lấp lần biển từ phế thải thạch cao

Các cấp phối được thiết kế nhằm đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng phế thải thạch cao DAP-Đình Vũ, xi măng và đá dăm 5,0÷20 mm đến các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu san lấp.

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả thí nghiệm của vật liệu san lấp lần biển từ phế thải thạch cao được trình bày trong Bảng 6.

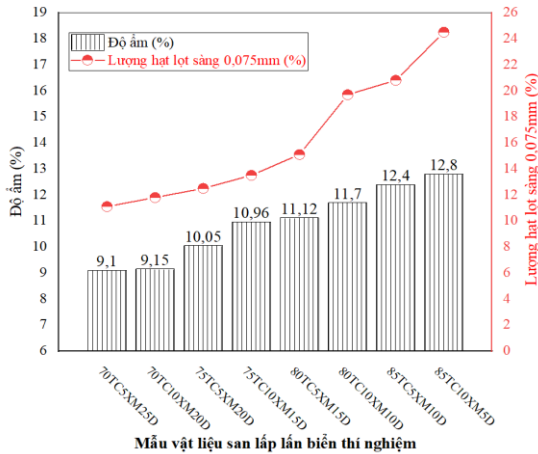
Bảng 6. Cấp phối vật liệu san lấp lần biển sử dụng phế thải thạch cao DAP – Đình Vũ

STT	Ký hiệu cấp phối	Độ ẩm (%)	Lượng hạt lọt sàng 0,075mm (%)	Sức chịu tải CBR (%) tại độ chặt K95		Cường độ chịu nén (MPa) tại các tuổi:		Mô đun đàn hồi E (MPa) tại tuổi 28 ngày
				ở 7 ngày	ở 28 ngày	7 ngày	28 ngày	
1	70TC5XM25D	9,10	11,1	45,1	90	1,20	2,64	385,0
2	70TC10XM20D	9,15	11,8	40,9	85	1,35	2,88	345,8
3	75TC5XM20D	10,05	12,5	25	74	1,12	1,92	312,8
4	75TC10XM15D	10,96	13,5	23,9	72,5	1,25	2,05	333,5
5	80TC5XM15D	11,12	15,1	18,5	60	0,90	1,60	224,5
6	80TC10XM10D	11,7	19,7	15,4	58	0,98	1,68	227,1
7	85TC5XM10D	12,40	20,8	14,7	43	0,75	1,48	209,3
8	85TC10XM5D	12,80	24,5	12,8	37,6	0,60	1,50	210,0

Từ kết quả thí nghiệm trong Bảng 6 có thể thấy được các tính chất của hỗn hợp vật liệu từ phế thải thạch cao DAP – Đình Vũ, xi măng và đá dăm 5,0÷20 mm đã đáp ứng các yêu cầu chung của hỗn hợp thạch cao Phospho làm vật liệu san lấp theo TCVN 14325:2024.

3.1 Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải thạch cao DAP-Đình Vũ, xi măng và đá dăm 5,0÷20 mm đến độ ẩm và lượng lọt sàng 0,0075 mm của vật liệu san lấp lần biển

Từ số liệu trong Bảng 6, có thể thấy độ ẩm và lượng lọt sàng 0,0075 mm của vật liệu san lấp lần biển phụ thuộc nhiều vào hàm lượng của nguyên vật liệu sử dụng. Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải thạch cao DAP-Đình Vũ, xi măng và đá dăm 5,0÷20 mm đến độ ẩm và lượng lọt sàng 0,0075 mm của vật liệu san lấp lần biển được trình bày chi tiết trên Hình 8.



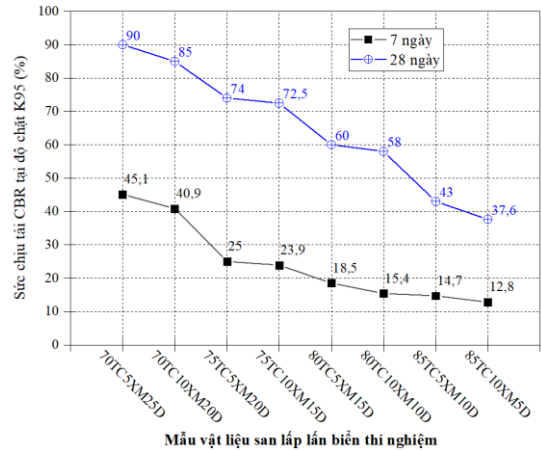
Hình 8. Độ ẩm và lượng lọt sàng 0,0075 mm của vật liệu san lấp lần biển

Từ Hình 8 có thể thấy, do phế thải thạch cao DAP-Đình Vũ có độ ẩm lớn, trung bình khoảng 17,2% (Bảng 1). Vì vậy khi hàm lượng phế thải thạch cao tăng từ 70% đến 85% thì độ ẩm của mẫu thí nghiệm đã tăng từ 9,1% lên 12,8%.

Bên cạnh đó, do phế thải thạch cao có kích thước hạt rất mịn, lượng lọt qua sàng 0,075 mm lên đến 87,5% (Bảng 1). Bên cạnh đó, đá dăm sử dụng có thành phần hạt thô, kích thước từ 5,0 mm đến 20 mm. Vì vậy, khi tăng thạch cao từ 70% đến 85% và tương ứng lượng đá dăm giảm từ 25% xuống 5%, hỗn hợp vật liệu san lấp lần biển có lượng hạt lọt sàng 0,075 mm đã tăng từ 11,1% lên đến 24,5%. Đây là sự thay đổi lớn, phản ánh rõ ảnh hưởng của hàm lượng hạt mịn trong phế thải thạch cao và xi măng sử dụng trong nghiên cứu. Tuy nhiên, giá trị thành phần hạt mịn thu được khi sử dụng đến 85% phế thải thạch cao vẫn đáp ứng yêu cầu trong TCVN 14325:2024.

3.2 Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải thạch cao DAP-Đình Vũ, xi măng và đá dăm 5,0÷20 mm đến sức chịu tải CBR tại độ chặt K95 của vật liệu san lấp lần biển

Kết quả thí nghiệm sức chịu tải CBR của các cấp phối tại độ chặt K95 được trình bày trong Bảng 6 và Hình 9. Kết quả cho thấy giá trị CBR của vật liệu san lấp lần biển phụ thuộc vào thành phần cấp phối, chịu ảnh hưởng đồng thời của hàm lượng phế thải thạch cao DAP-Đình Vũ, xi măng và đá dăm 5,0÷20 mm.



Hình 9. Sức chịu tải CBR tại độ chặt K95 của mẫu vật liệu san lấp lần biển

Đối với các mẫu có hàm lượng phế thải thạch cao 70%, giá trị CBR đạt mức cao nhất. Cụ thể, mẫu 70TC5XM25D có giá trị CBR đạt 45,1% ở tuổi 7 ngày và tăng lên 90% ở 28 ngày, trong khi mẫu 70TC10XM20D đạt 40,9% ở tuổi 7 ngày và 85% ở 28 ngày. Khi tăng hàm lượng phế thải thạch cao lên 75%, giá trị CBR giảm xuống còn 25,0÷23,9% ở 7 ngày và 72,5÷74,0% ở 28 ngày.

Xu hướng giảm CBR tiếp tục rõ rệt khi hàm lượng phế thải thạch cao tăng lên 80% và 85%. Đối với nhóm mẫu 80TC, giá trị CBR ở 7 ngày chỉ còn 18,5÷15,4%, tương ứng với 60÷58% ở 28 ngày. Nhóm mẫu có hàm lượng phế thải thạch cao 85% cho giá trị CBR thấp nhất, dao động từ 12,8÷14,7% ở 7 ngày và 37,6÷43,0% ở 28 ngày.

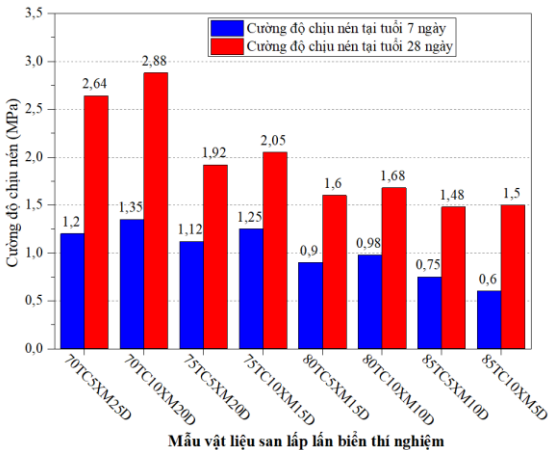
Kết quả trên cho thấy việc tăng hàm lượng phế thải thạch cao và giảm hàm lượng đá dăm làm suy giảm khả năng chịu tải của vật liệu, do phế thải thạch cao có thành phần hạt mịn, khả năng chịu lực thấp, trong khi đá dăm 5,0÷20 mm đóng vai trò cốt liệu khung, quyết định khả năng phân bố và truyền tải trọng trong thí nghiệm CBR. Đồng thời, giá trị CBR tăng đáng kể theo tuổi mẫu, phản ánh vai trò của xi măng trong việc tăng cường liên kết và ổn định cấu trúc vật liệu theo thời gian. Kết quả thu được trong

nghiên cứu này cũng tương tự trong các nghiên cứu về việc sử dụng hỗn hợp thạch cao làm vật liệu san lấp, làm nền đường và làm phụ gia cho xi măng [13, 14, 15].

Tuy nhiên, tất cả các cấp phối nghiên cứu đều có giá trị CBR tại độ chặt K95 đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 14325:2024, cho thấy phế thải thạch cao DAP – Đình Vũ hoàn toàn có thể được tái sử dụng làm vật liệu san lấp cho các công trình lấn biển khi được phối trộn hợp lý.

3.3 Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải thạch cao DAP-Đình Vũ, xi măng và đá dăm 5,0÷20 mm đến cường độ chịu nén của vật liệu san lấp lấn biển

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của các cấp phối tại tuổi 7 ngày và 28 ngày được trình bày trong Bảng 6 và Hình 10. Kết quả cho thấy cường độ chịu nén của vật liệu phụ thuộc rõ rệt vào thành phần cấp phối và tuổi mẫu.



Hình 10. Cường độ chịu nén tại tuổi 7 ngày và 28 ngày của mẫu thí nghiệm

Tại tuổi 7 ngày, cường độ chịu nén của các mẫu dao động trong khoảng 0,60÷1,35 MPa. Các mẫu có hàm lượng phế thải thạch cao 70% cho giá trị cường độ cao nhất, trong đó mẫu 70TC10XM20D đạt 1,35 MPa, cao hơn so với mẫu 70TC5XM25D đạt 1,20 MPa. Khi tăng hàm lượng phế thải thạch cao lên 75%, cường độ chịu nén giảm xuống còn 1,12÷1,25 MPa. Đối với các nhóm mẫu có hàm lượng phế thải thạch cao 80% và 85%, cường độ chịu nén ở 7 ngày giảm rõ rệt, chỉ còn 0,75÷0,98 MPa và thấp nhất là 0,60 MPa đối với mẫu 85TC10XM5D.

Tại tuổi 28 ngày, cường độ chịu nén của các mẫu tăng đáng kể so với 7 ngày, phản ánh quá trình phát triển cường độ theo thời gian dưỡng hộ. Giá trị cường độ chịu nén tại 28 ngày dao động trong khoảng 1,48÷2,88 MPa. Các mẫu có hàm lượng phế thải thạch cao 70% tiếp tục cho cường độ cao nhất,

với giá trị đạt 2,64 MPa đối với mẫu 70TC5XM25D và 2,88 MPa đối với mẫu 70TC10XM20D. Khi tăng hàm lượng phế thải thạch cao lên 75%, cường độ chịu nén giảm xuống còn 1,92÷2,05 MPa. Đối với các nhóm mẫu có hàm lượng phế thải thạch cao 80% và 85%, cường độ chịu nén tại 28 ngày giảm xuống còn 1,48÷1,68 MPa, trong đó nhóm mẫu thí nghiệm chứa 85% cho giá trị thấp nhất.

So sánh giữa các cấp phối ở cùng hàm lượng phế thải thạch cao cho thấy hàm lượng xi măng có ảnh hưởng rõ rệt đến cường độ chịu nén của vật liệu. Các cấp phối sử dụng 10% xi măng luôn cho cường độ chịu nén cao hơn so với các cấp phối chỉ sử dụng 5% xi măng, cả ở tuổi 7 ngày và 28 ngày. Điều này cho thấy vai trò của xi măng trong việc tạo liên kết giữa các hạt mịn của phế thải thạch cao với cốt liệu đá dăm, hình thành cấu trúc vật liệu đặc chắc và ổn định hơn. Xu hướng giảm cường độ chịu nén khi tăng hàm lượng phế thải thạch cao và giảm hàm lượng đá dăm là do phế thải thạch cao có kích thước hạt mịn, chủ yếu đóng vai trò vật liệu lấp đầy, không có phản ứng thủy hóa với nước, trong khi đá dăm 5,0÷20 mm là thành phần tạo khung chịu lực chính [15, 16]. Việc giảm hàm lượng cốt liệu thô làm suy giảm khả năng truyền và phân bố ứng suất trong mẫu vật liệu, dẫn đến cường độ chịu nén giảm.

So sánh với yêu cầu kỹ thuật đối với vật liệu san lấp theo TCVN 14325:2024 và các nghiên cứu đã công bố, kết quả thí nghiệm cho thấy tất cả các cấp phối nghiên cứu đều đáp ứng yêu cầu về cường độ chịu nén. Trong đó, các cấp phối có hàm lượng phế thải thạch cao từ 70÷80%, kết hợp với 5÷10% xi măng và 10÷25% đá dăm, cho cường độ chịu nén tương đối cao, phù hợp cho ứng dụng làm vật liệu san lấp lấn biển.

4. Kết luận

Tên cơ sở nghiên cứu thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm có thể cho thấy hàm lượng phế thải thạch cao DAP – Đình Vũ, xi măng và đá dăm kích thước 5,0÷20 mm có ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất cơ lý chủ yếu của hỗn hợp vật liệu san lấp lấn biển. Từ các kết quả thu được, rút ra một số kết luận chính như sau:

- Phế thải thạch cao DAP – Đình Vũ có thể sử dụng làm vật liệu san lấp lấn biển khi được phối trộn hợp lý với xi măng và đá dăm 5,0÷20 mm. Vật liệu sau phối trộn có khả năng đầm chặt tốt và đáp ứng

yêu cầu về sức chịu tải CBR tại độ chặt K95;

- Thành phần đá dăm 5,0 ÷ 20 mm có ảnh hưởng rõ rệt đến sức chịu tải CBR của vật liệu san lấp, đóng vai trò bộ khung cốt liệu chịu lực, quyết định khả năng phân bố tải trọng của vật liệu. Bên cạnh đó, các cấp phối vật liệu san lấp sử dụng hàm lượng xi măng cao hơn cho giá trị CBR lớn hơn trong cùng điều kiện thành phần thạch cao và đá dăm. Điều này cho thấy vai trò của xi măng trong quá trình kết dính thành phần đá dăm và phế thải thạch cao lại với nhau để tạo ra khối vật liệu đồng nhất;

- Cường độ chịu nén của vật liệu tăng theo tuổi mẫu, thể hiện rõ qua kết quả thí nghiệm tại tuổi 7 ngày và 28 ngày. Hàm lượng xi măng và đá dăm có ảnh hưởng lớn đến cường độ chịu nén, trong khi phế thải thạch cao với thành phần hạt nhỏ mịn chủ yếu đóng vai trò vật liệu điền đầy và làm đặc chắc vi cấu trúc vật liệu;

- Tất cả các cấp phối nghiên cứu đều có giá trị sức chịu tải CBR tại độ chặt K95 và cường độ chịu nén đều đạt yêu cầu theo TCVN 14325:2024, đáp ứng tiêu chí kỹ thuật đối với hỗn hợp vật liệu thạch cao sử dụng làm vật liệu san lấp;

- Kết quả nghiên cứu cho thấy việc tái sử dụng phế thải thạch cao DAP – Đình Vũ làm vật liệu san lấp lấn biển là khả thi về mặt kỹ thuật và hiệu quả kinh tế, góp phần giảm thiểu khối lượng chất thải công nghiệp cần xử lý, tiết kiệm tài nguyên và mang lại hiệu quả kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam.

Lời cảm ơn

Bài báo được sự hỗ trợ nguồn nguyên vật liệu của Công ty Cổ phần Đầu tư Trường An Hải Phòng. Nhóm nghiên cứu chân thành cảm ơn Công ty Cổ phần Đầu tư Trường An Hải Phòng và nhóm Bê tông Xanh Trường Đại học Mở - Địa chất đã hỗ trợ trong quá trình thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lan Cường, Tạp chí Diễn đàn Doanh Nghiệp (2025), *Lời giải cho xử lý bã thải của DAP-Đình Vũ*. <https://diendandoanhnghep.vn/loi-giai-cho-xu-ly-ba-thai-cua-dap-dinh-vu-10154502.html>.
- [2] Châm T. T., Luân T. V., Giang K. T. (2017). *Nghiên cứu sử dụng PG của công ty DAP - Đình Vũ làm vật liệu san nền*. Hội thảo Viện Vật liệu xây dựng.
- [3] Ngọc N. M. (2016). *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.
- [4] Thuý T. N. (2018). *Nghiên cứu xử lý bã thải GYPS của nhà máy DAP làm vật liệu xây dựng*. Luận văn cao học, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [5] Hoàng Phong, Báo Nông nghiệp và Môi trường (2025), Hải Phòng giải quyết nguồn vật liệu xây dựng cho các dự án trọng điểm. <https://nongnghiepmoitruong.vn/hai-phong-giai-quyet-nguon-vat-lieu-xay-dung-cho-cac-du-an-trong-diem-d773439.html>
- [6] Thuý T. N. (2018). *Nghiên cứu xử lý bã thải GYPS của nhà máy DAP làm vật liệu xây dựng*. Luận văn cao học, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [7] Ho Viet Thang, Ngo Hoang Lan Anh, Nguyen Thi Ngoc Hien (2025). *Reuse of phosphogypsum as a sustainable retarder in PCB40 cement production*. *Journal of Materials & Construction*. <https://vjol.info.vn/index.php/jomc/article/view/124017>.
- [8] TCVN 14325:2024, “*Hỗn hợp thạch cao phospho làm vật liệu san lấp - Yêu cầu chung*”. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [9] Quyết định 1260/QĐ-BXD (2023). *Sử dụng bã thải thạch cao phospho làm vật liệu san lấp và nền đường*. Bộ Xây dựng, Việt Nam.
- [10] Tin báo Hải Phòng (2024). *Nghiệm thu giai đoạn nhiệm vụ hoàn thiện công nghệ xử lý bã thải thạch cao phospho tại DAP – Đình Vũ*. <https://baohaiphong.vn/nghiem-thu-giai-doan-nhiem-vu-hoan-thien-cong-nghe-xu-ly-ba-thai-thach-cao-phospho-502395.html>.
- [11]. TCVN 6260:2020, “*Xi măng poóc lăng hỗn hợp*”. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [12]. TCVN 7570:2006, “*Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*”. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [13]. Quang, N. V. (2016). *Nghiên cứu chế biến phế thải phosphogypsum làm phân bón và phụ gia cho xi măng*. Luận án tiến sĩ, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [14]. Ân V. V. T. (2019). *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 Giáo dục và Đào tạo, mã số B2017-XDA-14.
- [15]. Men J., Li Y., Cheng P., Zhang Z. (2022), *Recycling phosphogypsum in road construction materials and associated environmental considerations: A review*. *Heliyon*, 8(5), e09442. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09442>.
- [16]. Rashad A. M. (2017), *Phosphogypsum as a construction material*. *Journal of Cleaner Production*, 166, 732–743. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.049>.