

Nghiên cứu chế tạo cát nhân tạo từ bùn không độc hại nạo vét trong TP Hà Nội - các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu GFM

Study on the production of artificial sand from non-hazardous dredged sludge in Hanoi City-factors affecting strength of material GFM

> THS PHẠM TRI THỨC¹, PGS. TS PHAN HUY ĐÔNG², THS LÊ THỊ HỒNG LĨNH³

¹Bộ môn Kỹ thuật Xây dựng, Khoa Doanh trại, Học viện Hậu cần

²Bộ môn Cơ đất, nền móng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

³Tổng Công ty tư vấn xây dựng Việt Nam - CTCP

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu đắp dạng hạt tái chế từ bùn nạo vét trong TP Hà Nội (Granular Fill Material: GFM). Từ các kết thí nghiệm trong phòng, bài báo khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu sau tái chế như: phương pháp trộn; hàm lượng xi măng và polymer; loại xi măng. Trong các thí nghiệm bùn hồ Tây (*B*) là bùn không độc hại, sau khi nạo vét được tách nước đến độ ẩm trong khoảng [*W_s*; *W_l*], sau đó tiến hành trộn với xi măng (*X*) và polymer (*P*). Sản phẩm sau trộn có dạng hạt, tuy nhiên do bùn có độ ẩm lớn nên các hạt vẫn có tính dẻo, dễ dàng trong việc chế bị các mẫu thí nghiệm. Do vậy, để đơn giản trong thí nghiệm mà vẫn đánh giá đúng các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu GFM, bài báo lựa chọn thí nghiệm nén một trục nở hông tự do để đánh giá sơ bộ chỉ tiêu cường độ của đất. Các kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp trộn có ảnh hưởng đáng kể đến sự phát triển cường độ của vật liệu GFM. Với cùng cấp phối trộn thì các mẫu trộn (*B+X*) trước, trộn *P* sau cho giá trị cường độ cao hơn so với các phương pháp trộn khác. Ngoài ra, giá trị cường độ các mẫu GFM tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng, với hàm lượng nghèo xi măng từ 5% đến 10% thì các mẫu GFM đạt cường độ q_u từ 170,8 (kPa) đến 262,05 (kPa) đáp ứng tốt yêu cầu của vật liệu đắp. Đồng thời hàm lượng các chất hoá học trong xi măng như: CaO, SO₃, Al₂O₃ cũng ảnh hưởng đáng kể đến cường độ của vật liệu GFM, các kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ của đất tỷ lệ nghịch với hàm lượng CaO và tỷ lệ thuận với hàm lượng Al₂O₃ và SO₃.

Từ khóa: Cát nhân tạo; vật liệu đắp dạng hạt (GFM); các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ.

ABSTRACTS

This paper presents the factors affecting the strength of recycled granular fill material (GFM) from dredged sludge in Hanoi city. Based on laboratory experiments, the paper investigates some factors affecting the strength of the recycled material such as: mixing method; cement and polymer content; cement type. In the experiments, West Lake sludge (*B*) is non-toxic sludge, after dredging, it is dewatered to a moisture content in the range [*W_s*; *W_l*], then mixed with cement (*X*) and polymer (*P*). The product after mixing is granular, however, due to the high moisture content of the sludge, the particles still have plasticity, which makes it easy to prepare test specimens. Therefore, to simplify the experiment while still accurately assessing the factors affecting the strength of GFM, the paper chooses a free-swelling uniaxial compression test to preliminarily evaluate the strength index of soil. The research results show that the mixing method has a significant effect on the strength development of GFM. With the same mixing ratio, the samples mixed with (*B+X*) first and *P* later gave a higher strength value than the other mixing methods. In addition, the strength values of GFM samples increase proportionally with the cement content, with a lean cement content of 5% to 10%. GFM samples achieve a strength of 170.8 (kPa) to 262.05 (kPa), well meeting the requirements of filling materials. At the same time, the content of chemical substances in cement such as CaO, SO₃, Al₂O₃ also significantly affects the strength of GFM, the experimental results show that the strength of soil is inversely proportional to the content of CaO and proportional to the content of Al₂O₃ and SO₃.

Keywords: Artificial sand; granular fill material (GFM); factors affecting strength.

1. GIỚI THIỆU

Hà Nội là thành phố lớn nhất cả nước, tập trung nhiều sông ngòi, ao hồ lớn. Hàng năm một khối lượng lớn bùn thải từ quá trình nạo vét được đổ tại các bãi chứa với diện tích chiếm chỗ đáng kể gây ô nhiễm môi trường và tốn kém trong xử lý đổ thải. Trong khi đó quá trình phát triển cơ sở hạ tầng đòi hỏi một lượng lớn vật liệu đắp, thông thường là cát. Ví dụ, dự án tuyến đường sắt đô thị số 2A (Cát Linh - Hà Đông) cần khoảng 2 triệu m³ cát san lấp, tuyến đường sắt đô thị số 3 (Nhổn - Ga Hà Nội) khoảng 3 triệu m³, tuyến đường vành đai 3 trên cao khoảng 5 triệu m³, dự án xây dựng khu đô thị mới Ciputra khoảng 4 triệu m³, dự án xây dựng khu đô thị Vinhomes Ocean Park khoảng 2 triệu m³. Lượng cát này thường được khai thác từ các mỏ cát trong núi hoặc lòng sông đã tác động nghiêm trọng đến điều kiện địa chất, môi trường sinh thái, sạt lở đất.

Hiện nay, việc nghiên cứu tái chế bùn nạo vét thành vật liệu đắp đang được nhiều nước trên thế giới từng bước nghiên cứu ứng dụng vào thực tiễn, đi đầu là Nhật Bản với các giải pháp tái chế như trộn trước (premixing method), tái chế bùn thành vật liệu nhẹ (super Geo-Material lightweight soil) [14], tái chế bùn thành vật liệu san lấp dạng đất cấp phối [12], các giải pháp này có thể tạo ra vật liệu có cường độ mong muốn. Các giải pháp đang được áp dụng đều có những ưu, nhược điểm và phạm vi áp dụng khác nhau, phù hợp với những điều kiện cụ thể của từng vùng, từng quốc gia.

Trong những năm gần đây đã có những nghiên cứu tái chế bùn thành vật liệu dạng hạt [12], đây là cơ sở khoa học quan trọng để nghiên cứu chế tạo vật liệu GFM. Đối tượng nghiên cứu của bài báo này là vật liệu đắp dạng hạt (GFM) tái chế từ bùn không độc hại nạo vét từ ao/hồ trong thành phố Hà Nội. Do vậy quy trình công nghệ và sản phẩm sau tái chế cũng phải phù hợp với điều kiện Việt Nam như: các ao/hồ nội đô với quy mô nạo vét không lớn, vị trí nạo vét không tập trung, không bố trí được mặt bằng sản xuất tại chỗ với lượng lớn mà phải đưa về các bãi chứa tập trung, nơi đặt sẵn các nhà xưởng sản xuất; phụ gia cho quá trình tái chế là xi măng PCB thương mại thông thường và polymer. Trong đó xi măng có chức năng phát triển cường độ, polymer hấp thụ nước, tạo thành các màng liên kết bao quanh các hạt sét nhỏ và xi măng tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thủy hóa xi măng, tạo thành hạt lớn có cường độ nhất định [9], [12]; bùn được sử dụng trong tái chế là bùn không độc hại từ hồ Tây và sông Nhuệ với nhu cầu nạo vét lớn, có thể tái sử dụng cho mục đích xây dựng [8].

Để chế tạo vật liệu GFM, cần một chương trình nghiên cứu toàn diện như: nghiên cứu nguyên lý chế tạo, khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tạo hạt, khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ, khảo sát các đặc tính kỹ thuật của vật liệu sau tái chế. Nguyên lý chế tạo và các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tạo hạt đã được trình bày trong nghiên cứu số [5], trong bài báo này, tác giả tiến hành các thí nghiệm trong phòng khảo sát sơ bộ các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của các mẫu vật liệu GFM.

hướng đến khả năng tạo hạt, khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ, khảo sát các đặc tính kỹ thuật của vật liệu sau tái chế. Nguyên lý chế tạo và các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tạo hạt đã được trình bày trong nghiên cứu số [5], trong bài báo này, tác giả tiến hành các thí nghiệm trong phòng khảo sát sơ bộ các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của các mẫu vật liệu GFM.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

2.1.1. Bùn sét hồ Tây, sông Nhuệ

Trong nghiên cứu này, các mẫu bùn hồ Tây và sông Nhuệ lần lượt có ký hiệu là "W" và "N" được thu thập bằng phương pháp thủ công tại các vị trí khác nhau, độ sâu lấy mẫu từ -0,6m đến -1m tính từ cao trình đáy lòng sông, lòng hồ (Hình 1, Hình 2). Mẫu bùn sau đó được lưu trữ trong thùng kín để đảm bảo hạn chế tác động của môi trường bên ngoài.

Bảng 1 tổng hợp một số tính chất vật lý của các mẫu bùn được thí nghiệm theo các tiêu chuẩn như TCVN 4196:2012, TCVN 4197:2012, TCVN 8726-2012; thành phần hạt của các mẫu bùn được thí nghiệm theo TCVN 8726:2012 (Hình 3, Hình 4); kết quả thí nghiệm thành phần kim loại nặng bằng phương pháp phổ phát xạ Plasma theo tiêu chuẩn TCNB-ICP 01/04 cho thấy bùn không chứa hàm lượng kim loại nặng vượt ngưỡng cho phép theo qui chuẩn quốc gia QCVN 07:2009/BTNMT (Hình 5) [4], [6], [15].

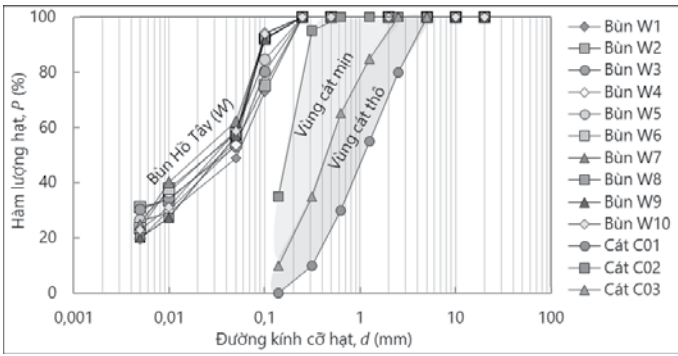


Hình 1. Công tác lấy mẫu bùn hồ Tây

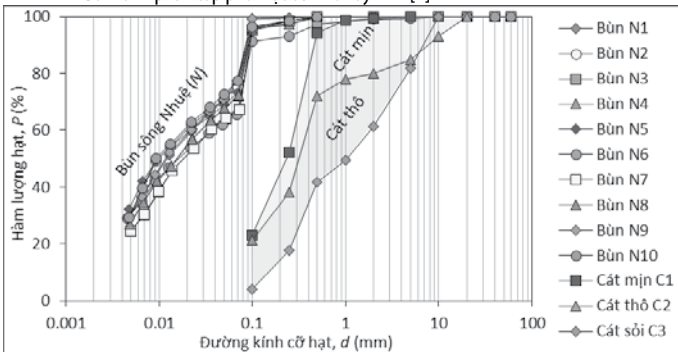


Hình 2. Lấy mẫu tại sông Nhuệ

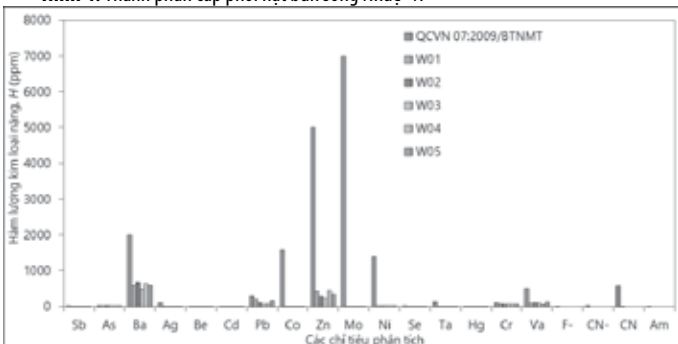
Chỉ tiêu vật lý	Số hiệu mẫu (H)		Mẫu bùn hồ Tây							
	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉	W ₁₀
Độ ẩm ban đầu, W (%)	210,9	202,5	216,3	204,1	195,4	201,5	208,7	212,3	198,6	202,7
Giới hạn chảy, W _L (%)	92,1	87,5	91	90,2	85,6	88,2	87,9	89,3	88,7	90,6
Giới hạn dẻo, W _p (%)	60,68	64,82	62,42	62,12	63,5	65,8	61,1	68,3	62,5	64,1
Hàm lượng chất hữu cơ, (%)	7,2	6,5	7,1	5,75	6,1	4,9	5,6	7,1	6,35	6,45
Khối lượng riêng (ρ), (g/cm ³)	2,51	2,52	2,52	2,51	2,54	2,53	2,54	2,56	2,55	2,55
Chỉ tiêu vật lý	Số hiệu mẫu (W)		Mẫu bùn sông Nhuệ							
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	N ₇	N ₈	N ₉	N ₁₀
Độ ẩm ban đầu, W (%)	190,5	193,7	197,2	183,5	201,9	172,8	188,7	190,6	201,3	205,6
Giới hạn chảy, W _L (%)	88,6	90,2	89,5	87,6	86,3	89,1	86,7	90,1	89,4	88,5
Giới hạn dẻo, W _p (%)	63,2	67,5	65,4	68,2	70,1	64,9	60,2	67,6	61,3	66,7
Hàm lượng chất hữu cơ, (%)	12	12	11	13,8	14,2	11,7	11,2	11,5	11,3	12,1
Khối lượng riêng (ρ), (g/cm ³)	2,6	2,52	2,41	2,48	2,52	2,62	2,51	2,61	2,58	2,6



Hình 3. Thành phần cấp phối hạt bùn hồ Tây "W" [4]



Hình 4. Thành phần cấp phối hạt bùn sông Nhuệ "N"



Hình 5. Hàm lượng Kim loại nặng mẫu đất bùn hồ Tây [6], [15]

2.1.2. Phụ gia xi măng và polymer

Xi măng Portland thương mại thông thường được sử dụng làm phụ gia trong cải tạo bùn [1], [10], [12]. Hình 7 trình bày một số hợp chất hóa học chính có trong một loại xi măng PCB thương mại, được xác định theo TCVN 141:1998 [4].

Bảng 2. Mẫu GFM khảo sát ảnh hưởng của phương pháp trộn

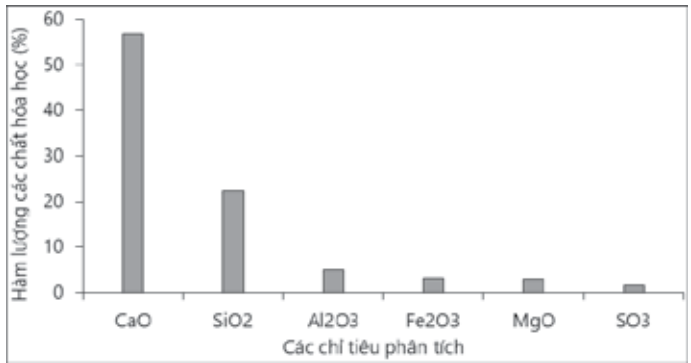
Hàm lượng bùn ướt, B (%)	Hàm lượng xi măng so với bùn ướt, X (%)	Hàm lượng polymer so với bùn ướt, P (%)	Phương pháp trộn	Thời gian bảo dưỡng, t (ngày)
100	15	0,3	Trộn bùn với xi măng và polymer cùng lúc	7; 14; 28
			Trộn bùn với xi măng trước, trộn polymer sau	
			Trộn bùn với polymer trước, trộn xi măng sau	

Bảng 3. Mẫu GFM khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng xi măng và polymer

Hàm lượng bùn ướt, B (%)	Hàm lượng xi măng so với bùn ướt, X (%)	Hàm lượng polymer so với bùn ướt, P (%)	Phương pháp trộn	Thời gian bảo dưỡng kín, t (ngày)	Số lượng mẫu
100	5; 10; 15; 20	0,1; 0,2; 0,3; 0,4	Trộn bùn, xi măng trước, trộn polymer sau	7; 14; 28	16

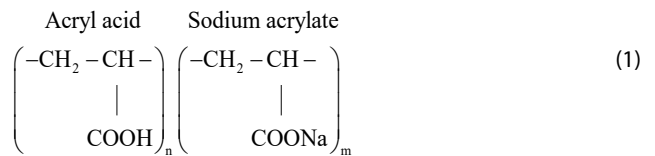
Bảng 4. Mẫu GFM khảo sát ảnh hưởng của loại xi măng

Hàm lượng bùn ướt, B (%)	Hàm lượng xi măng so với bùn ướt, X (%)	Thời gian bảo dưỡng kín, t (ngày)	Số lượng mẫu ứng với 9 loại PCB
100	5; 10; 15	28	27



Hình 6. Các chất hóa học chính trong mẫu xi măng [4]

Phụ gia polymer sử dụng trong nghiên cứu này là một loại polymer axit acrylic dạng bột, có tính dẻo dính và hút nước cao (Hình 7), công thức 1 trình bày gốc hóa học của một loại polymer tiêu biểu.



Hình 7. Một loại polymer phổ biến trong cải tạo đất

2.2. Phương pháp thí nghiệm

Phương pháp trộn mẫu tham khảo phụ lục D tiêu chuẩn TCVN 9403-2012, Phương pháp thí nghiệm nén 1 trục nở hông tự do theo tiêu chuẩn ASTM D2166, phương pháp xác định thành phần hạt theo tiêu chuẩn TCVN 8726:2012.

Vật liệu trộn gồm có: bùn ướt có độ ẩm trong khoảng giới hạn chảy, dẻo [W_p; W_l], xi măng và polymer. Các cấp phối mẫu vật liệu GFM như các bảng: Bảng 2, Bảng 3, Bảng 4.

Các mẫu GFM sau khi trộn được bảo quản trong thùng xốp kín để tránh tác động của môi trường bên ngoài, thực hiện thí nghiệm nén 1 trục nở hông để theo dõi các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của mẫu như Hình 8

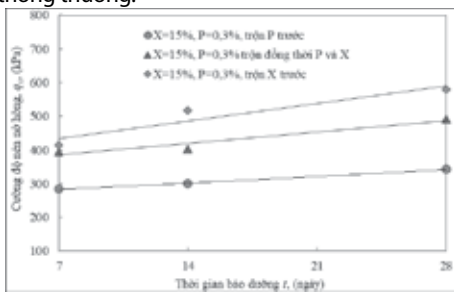


Hình 8. Thí nghiệm nén nở hông các mẫu R-GFM

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của phương pháp trộn đến cường độ của vật liệu GFM

Hình 9 trình bày ảnh hưởng của phương pháp trộn đến sự phát triển cường độ của 3 mẫu GFM có cùng cấp phối trộn (B:X:P)=(100:15:0,3)% nhưng phương pháp trộn khác nhau, theo dõi sự phát triển cường độ theo thời gian bảo dưỡng ở $t = 7; 14; 28$ ngày. Kết quả cho thấy theo thời gian bảo dưỡng cường độ của tất cả các mẫu đều tăng, tuy nhiên cường độ tăng mạnh ở 7 ngày đầu tiên và giảm dần ở các ngày tiếp theo, điều này được lý giải do quá trình thủy hóa xi măng diễn ra mạnh mẽ nhất ở những ngày đầu, các sản phẩm thủy hóa của xi măng chiếm chỗ các lỗ rỗng, liên kết với nhau tạo ra khung kết cấu đặc chắc của vật liệu GFM [3]. Kết quả cũng cho thấy, phương pháp trộn có ảnh hưởng đáng kể đến sự phát triển cường độ của vật liệu GFM. Giá trị cường độ nén nở hông trung bình q_u ở 28 ngày tuổi có sự thay đổi theo phương pháp trộn. Trong đó các mẫu theo phương pháp trộn xi măng và polymer đồng thời cho giá trị cường độ trung bình 430,7 (kPa); các mẫu theo phương pháp trộn bùn, polymer trước, trộn xi măng sau cho giá trị cường độ trung bình thấp hơn so với phương pháp trộn đồng thời, khoảng 309,1 (kPa) giảm khoảng 39,3%; các mẫu theo pháp trộn bùn, xi măng trước, trộn polymer sau cho giá trị cường độ trung bình cao hơn so với phương pháp trộn đồng thời, khoảng 503,5 (kPa), tăng 16,9%. Như vậy khi thi công tái chế vật liệu GFM nên lựa chọn phương pháp trộn bùn và xi măng trước, trộn polymer sau thay vì phương pháp trộn đồng thời. Phương pháp này cho giá trị cường độ cao hơn đáng kể, hạn chế của phương pháp này là thời gian trộn kéo dài hơn phương pháp trộn thông thường.

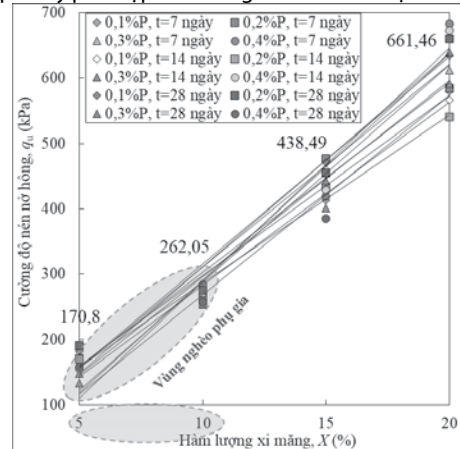


Hình 9. Ảnh hưởng của phương pháp trộn tới sự phát triển cường độ

3.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng xi măng, polymer đến cường độ của vật liệu GFM

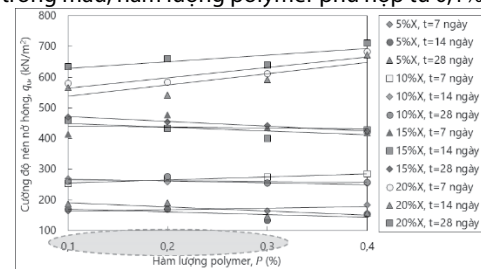
Hình 10 trình bày ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ của vật liệu GFM. Với 16 mẫu vật liệu GFM được khảo sát ở các thời gian $t = 7; 14; 28$ ngày. Trong thí nghiệm này có 2 yếu tố chính ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu GFM, đó là: hàm lượng xi măng và thời gian bảo dưỡng. Trong 7 ngày đầu bảo dưỡng có ảnh hưởng mạnh mẽ nhất đến sự phát triển cường độ của vật liệu GFM vì đây là khoảng thời gian xi măng thủy hóa mạnh mẽ nhất. Kết quả thí nghiệm cho thấy, hàm

lượng xi măng có ảnh hưởng rất lớn đến cường độ của vật liệu GFM. Giá trị cường độ trung bình của các mẫu GFM tương ứng với hàm lượng xi măng 5%, 10%, 15%, 20% lần lượt là 170,88 (kPa); 262,05 (kPa); 438,49 (kPa); 661,46 (kPa). Điều đó cho thấy với hàm lượng nghèo xi măng từ 5% đến 10%, các mẫu GFM đạt cường độ khá tốt trên 150 (kPa), có thể được sử dụng làm vật liệu đắp cho các dự án đòi hỏi cường độ thiết kế thấp, kết quả này phù hợp với các nghiên cứu đã được công bố [13].



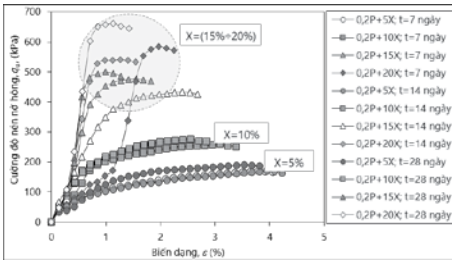
Hình 10. Ảnh hưởng của xi măng đến sự phát triển cường độ của vật liệu GFM

Hình 11 trình bày ảnh hưởng của polymer đến cường độ của vật liệu GFM. Kết quả thí nghiệm cho thấy hàm lượng polymer không có ảnh hưởng nhiều đến sự phát triển cường độ của các mẫu GFM. Điều này được lý giải do polymer có ảnh hưởng nhiều nhất khi bùn có độ ẩm lớn, lúc này polymer có tác dụng như chất keo tụ làm giảm nước, khi trộn xảy ra quá trình hóa của polymer, tạo ra các màng keo bao bọc các hạt bùn sét nhỏ, xi măng và nước tạo thành các hạt có kích thước lớn hơn, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thủy hóa xi măng, điều này đã được báo cáo trong các nghiên cứu [12], [16]. Như vậy, ở đây polymer có chức năng chính là tạo hạt cho hỗn hợp sau khi trộn, cường độ phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng xi măng trong mẫu, hàm lượng polymer phù hợp từ 0,1% đến 0,3%.

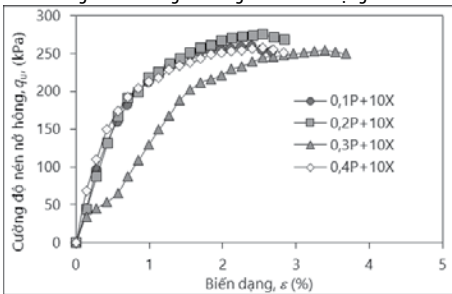


Hình 11. Ảnh hưởng của polymer đến cường độ của vật liệu GFM

Hình 12 trình bày ảnh hưởng của xi măng đến quan hệ ứng suất - biến dạng của các mẫu GFM trong thí nghiệm nén một trục nở hông. Kết quả thí nghiệm cho thấy có hàm lượng xi măng có ảnh hưởng lớn đến quan hệ ứng suất - biến dạng của vật liệu GFM. Biến dạng của mẫu tăng nhanh chóng ở giá trị áp lực nén thấp đối với các mẫu có hàm lượng xi măng 5%. Cường độ mẫu tăng lên và biến dạng giảm dần khi tăng hàm lượng xi măng lên 10; 15; 20%. Đặc biệt khi hàm lượng xi măng ở 15% đến 20%, mẫu có hiện tượng phá hoại đột ngột, tại thời điểm phá hoại áp lực khá lớn trong khi đó biến dạng khá nhỏ. Do vậy cần lựa chọn hàm lượng xi măng hợp lý để ứng xử cơ học của vật liệu GFM phù hợp với vật liệu đắp hoặc làm nền công trình, đảm bảo yêu cầu về kinh tế, giảm giá thành trong sản xuất. Cũng như các đặc trưng cơ học khác thì polymer không có ảnh hưởng nhiều đến quan hệ ứng suất - biến dạng của các mẫu vật liệu GFM mà chỉ có ảnh hưởng nhiều đến khả năng tạo hạt (Hình 13)



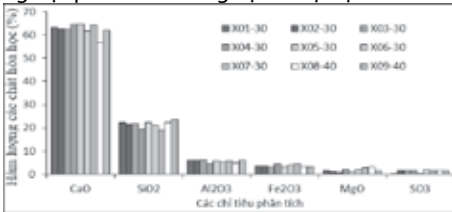
Hình 12. Ảnh hưởng của xi măng đến ứng suất - biến dạng các mẫu GFM



Hình 13. Ảnh hưởng của polymer đến ứng suất - biến dạng các mẫu GFM

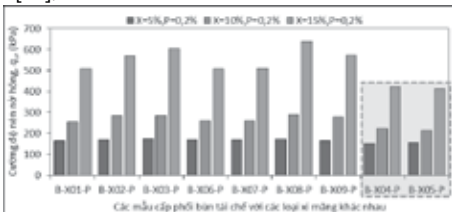
3.3. Kết quả ảnh hưởng của loại xi măng đến cường độ của vật liệu GFM

Hình 14 trình bày một số thành phần hóa học chính trong xi măng, được xác định theo TCVN 141:1998 [12]. Một số hợp chất hóa học trong xi măng như: CaO, SO₃, Al₂O₃ có ảnh hưởng lớn đến cường độ của vật liệu sau tái chế, xi măng có hàm lượng CaO thấp, hàm lượng SO₃ và Al₂O₃ cao thì có lợi trong việc phát triển cường độ của vật liệu sau tái chế [7].



Hình 14. Hàm lượng các chất hóa học chính trong các mẫu xi măng

Hình 15 trình bày ảnh hưởng của loại xi măng đến cường độ nén một trục nén của vật liệu GFM. Kết quả cho thấy, cường độ của mẫu GFM gần như không thay đổi khi hàm lượng xi măng dưới 5%, giá trị cường độ cũng không phụ thuộc vào loại xi măng, tức là không phụ thuộc vào các thành phần hóa học trong có trong xi măng. Khi hàm lượng xi măng từ 10% đến 15% thì cường độ của vật liệu GFM có sự thay đổi đáng kể tùy thuộc vào loại xi măng. Hàm lượng CaO trong xi măng càng cao thì cường độ vật liệu GFM càng giảm và ngược lại, thể hiện ở các mẫu xi măng X03, X08, X04, X05. Hàm lượng Al₂O₃, SO₃ trong xi măng càng lớn thì cường độ của vật liệu GFM càng cao, thể hiện ở các mẫu xi măng X02, X03, X08, X09, điều này phù hợp với các nghiên cứu tại Nhật Bản [14].



Hình 15. Ảnh hưởng của loại xi măng đến cường độ nén một trục nén của vật liệu GFM

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả trộn thử trong phòng thí nghiệm, bài báo đã đánh giá sơ bộ một số yếu tố ảnh hưởng đến cường độ của vật liệu GFM như: phương pháp trộn, thời gian bảo dưỡng, hàm lượng xi

măng và polymer. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

Cường độ các mẫu GFM tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng. Cường độ phát triển mạnh nhất trong 7 ngày đầu tiên do đây là khoảng thời gian xi măng thủy hóa mạnh nhất.

Với cùng một tỷ lệ trộn, phương pháp trộn (bùn + xi măng) trước, trộn polymer sau thì hiệu quả về mặt cải thiện cường độ tốt hơn các phương pháp trộn khác.

Khi hàm lượng nghèo phụ gia xi măng từ 5% đến 10% cho giá trị cường độ khá cao từ 170,88 (kPa) đến 262,05 (kPa), đáp ứng tốt yêu cầu của vật liệu san lấp.

Khi hàm lượng xi măng từ 15% đến 20% thì cường độ mẫu tăng mạnh và nhanh chóng bị phá hoại trong khi biến dạng rất nhỏ. Tuy nhiên khi sử dụng hàm lượng nghèo phụ gia xi măng từ 5% đến 10% thì quan hệ giữa cường độ và biến dạng của mẫu phù hợp với sự làm việc của đất khi chịu tác dụng của tải trọng.

Polymer có chức năng chính là tạo hạt, do vậy với hàm lượng nghèo phụ gia thì polymer không có ảnh hưởng đáng kể đến cường độ của mẫu GFM. Hàm lượng polymer từ 0,1% đến 0,3% là phù hợp cho tái chế, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật của vật liệu đắp và giảm giá thành trong sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 141:1998. Xi măng - phương pháp phân tích hóa học. Hà Nội, 1998.

[2]. Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 11832:2017 gia cố nền đất yếu, phương pháp gia cố toàn khối, Hà Nội, 2017, 4-9.

[3]. Nguyễn Trọng Dũng, Mô hình tính toán mức độ thủy hóa các chất kết dính thành phần trong hồ xi măng, Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững, Hà Nội, 2018, 119-123.

[4]. Phạm Tri Thức, Huy Đông Phan, Thị Thanh Thủy Nguyễn, Nghiên cứu ảnh hưởng của loại xi măng đến sự phát triển cường độ và hình thành cấu trúc vi mô của vật liệu san lấp tái chế từ bùn nạo vét ao/hồ trong TP Hà Nội, Hội thảo quốc tế kỷ niệm 60 năm thành lập Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng Việt Nam, Hà Nội, 2023, 493-500.

[5]. Phạm Tri Thức, Phan Huy Đông, Lê Thị Hồng Linh, Nghiên cứu chế tạo cát nhân tạo từ bùn không độc hại nạo vét trong TP Hà Nội - nguyên lý chế tạo và các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tạo hạt, Tạp chí Xây dựng Việt Nam số 2 (02-2024) (ISSN 2734-9888), Hà Nội, 2024, 101-105.

[6]. Phan Huy Đông, Nghiên cứu một số đặc tính lý hóa của mẫu bùn nạo vét khu vực Hà Nội và Đề xuất giải pháp tái chế bùn thành vật liệu thi công đắp nền, Tạp chí Xây dựng Việt Nam, số 9-2017, Hà Nội, 2017, 263-266.

[7]. Phan Huy Đông, Nghiên cứu trên mô hình thực nghiệm xử lý bãi chôn lấp bùn nạo vét phục vụ cho công tác tái chế bùn, Tạp chí Xây dựng Việt Nam, Hà Nội, 2017.

[8]. Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Báo cáo đánh giá tác động môi trường Dự án nạo vét bùn, bổ cấp nước và xây dựng cột phun nước cho Hồ Tây, Hà Nội, 2017.

[9]. Trần Quốc, Đạt, Minh Nguyễn Thanh, and Dương Trọng Kiến, Đánh giá vai trò của phụ gia Polymer trong việc gia cố đất bằng xi măng để nâng cao sức chịu tải nền đường sắt, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải 72(5), Hà Nội, 2021, 660-671.

[10]. Ayeldeen, Mohamed, Yuki Hara, Masaki Kitazume, and Abdelazim Negm, Unconfined Compressive Strength of Compacted Disturbed Cement-Stabilized Soft Clay, International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering 2(4). doi: 10.1007/s40891-016-0064-4, 2016, 1-10.

[11]. Dong, Phan Huy, Kimitoshi Hayano, Yoshiaki Kikuchi, Hidenori Takahashi, and Yoshiyuki Morikawa, Deformation and Crushing of Particles of Cement Treat Granulate Soil, Soils and Foundations 51(4). doi: 10.3208/sandf.51.611, 2011, 611-624.

[12]. HAYANO, Kimitoshi, Hiromoto YAMAUCHI, Kota SASAKI, and Keisuke Fujishima, fundamental study on a new granulation method with the process of crumbling partially-cemented liquid muds. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. C (Geosphere Engineering) 70(4). doi: 10.2208/jscejge.70.424, 99-103.

[13]. K. H. Head, MA (Cantab), C. Eng, FICE, FGS (1994), Permeability, Shear Strength and Compressibility Tests, Manual of Soil Laboratory Testing, Vol 2. Whittles Publishing.

[14]. M.Kitazume, The Pneumatic Flow Mixing Method, Tokyo, 2018, 24-55.

[15]. Thuc, Phạm Tri, and Phan Huy Dong, Reusability of Muds Dredged from Lakes in Hanoi City from Its Geotechnical Engineering Characteristics, Lecture Notes in Civil Engineering 54. doi: 10.1007/978-981-15-0802-8_128, Hà Nội, 2020, 805-810

[16]. Wang Yanjie, Zhongjian Yang, Fuqiang Zhu, Yue Ma, Jincheng Ren, Study on the Dewatering Effect of In-Situ Dredged Mud Under the Combined Action of Flocculant-Absorbent, Lecture Notes in Civil Engineering 230 LNCE. doi: 10.1007/978-981-16-9963-4_19, 2022.