

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG XI HẠT LÒ CAO (GBFS) TRONG CẢI TẠO ĐẤT YẾU BẰNG PHƯƠNG PHÁP CỌC CÁT

Nguyễn Thị Thanh Nhân*, Trần Thanh Nhân, Đỗ Quang Thiên,
Trần Công Anh Thịnh, Lê Văn Đức, Phạm Thanh Phương Minh

Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: ntttnhan@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 4/5/2022; ngày hoàn thành phản biện: 9/5/2022; ngày duyệt đăng: 4/8/2022

TÓM TẮT

GBFS là sản phẩm phế thải từ các nhà máy luyện gang trong lò cao, gây ra những vấn đề bức xúc trong xã hội về ô nhiễm môi trường và diện tích đổ thải. Chính vì vậy, nghiên cứu tái sử dụng GBFS vào các lĩnh vực khác là hết sức cần thiết. Trong bài báo này, GBFS được sử dụng phối trộn với cát tự nhiên để cải tạo đất yếu bằng phương pháp cọc cát. GBFS được thay thế từ 20 ÷ 60% cát và thí nghiệm xác định cường độ kháng nén một trục nỏ hông, hệ số thấm K của mẫu phối trộn. Kết quả đã chỉ ra, GBFS thay thế 20 đến 60% cát, cường độ nén một trục tăng cao và hệ số thấm K của mẫu phối trộn giảm đạt $K = 10^{-3}$ m/s, đáp ứng TCVN 11713:2017 và hàm lượng GBFS thay thế tối ưu là 60%. Đây là cơ sở để sử dụng GBFS thay thế một phần cát trong việc xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cọc cát.

Từ khóa: Xi hạt lò cao(GBFS), phối trộn cát, cường độ nỏ hông, phương pháp cọc cát.

1. MỞ ĐẦU

Hoạt động xây dựng nước ta đã và đang đối mặt với tình trạng thiếu hụt cát nghiêm trọng. Theo quy hoạch tổng thể phát triển vật liệu xây dựng đến 2020 tầm nhìn 2030, dự báo nhu cầu cát xây dựng đến 2020 của cả nước khoảng 130 triệu m³. Tuy nhiên, theo vụ vật liệu xây dựng (Bộ Xây dựng), nhu cầu sử dụng cát hàng năm đến 2019 đã đạt ngưỡng 130 triệu m³/năm. Trước thực trạng trên, bên cạnh các quy định và quy hoạch hoạt động theo các định hướng tiết kiệm tối đa nguồn cát tự nhiên, chính phủ và địa phương đã và đang khuyến khích sử dụng vật liệu nhân tạo, đặc biệt là vật liệu tái chế nhằm bổ sung lượng thiếu hụt và từng bước thay thế cát tự nhiên trong xây dựng. Xi hạt lò cao là phụ phẩm của nhà máy luyện gang trong lò cao. Công nghệ sản xuất gang và thép theo quy trình: quặng sắt, than cốc và vôi cục được đưa vào trong lò cao, nung và dưới quá trình hóa lý phức tạp tạo thành sản phẩm gang nóng chảy, đồng thời trải qua quá trình luyện thép để tạo nên các sản phẩm thép. Sản

phẩm phụ của quá trình luyện gang thép là xỉ ở dạng nóng chảy, nhờ làm lạnh cực nhanh bằng nước áp lực cao sẽ tạo nên xỉ hạt lò cao. Hiện nay ở nước ta, có hơn 30 nhà máy luyện thép đang hoạt động và nhiều nhà máy khác đang trong giai đoạn xây dựng hoặc lập dự án. Sản lượng thép ở Việt Nam năm 2007 khoảng 12 triệu tấn/năm và dự kiến sẽ đạt khoảng 18 triệu tấn/năm vào năm 2025 [1]. Đây là nguồn vật liệu rất lớn và nếu được nghiên cứu, định hướng sử dụng hợp lý sẽ đáp ứng đáng kể nhu cầu vật liệu xây dựng cho địa phương và vùng lân cận. Việc sử dụng GBFS góp phần rất lớn trong việc giảm lượng cát xây dựng, qua đó sẽ giúp cho việc giảm lượng phát thải khí CO₂. Việc tích đọng các sản phẩm xỉ hạt lò cao chưa được tiêu thụ gây ô nhiễm môi trường đất, nước và không khí, mất diện tích lớn đổ thải.

Trên thế giới, GBFS được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Tại châu Âu, Hoa Kỳ, Nhật Bản và nhiều nước tiên tiến trên thế giới, xỉ thép không được xem là chất thải nếu đã qua xử lý, tái chế, đồng thời quy định bắt buộc các công ty luyện thép phải tái chế xỉ thép, hạn chế chôn lấp và sẽ được sử dụng vào nhiều mục đích xây dựng, giao thông, nông nghiệp và công nghiệp xử lý chất thải. Việc sử dụng GBFS thay thế cốt liệu cho bê tông xi măng của Manso (2004) [2] cho thấy GBFS có thể dùng vào việc chế tạo được bê tông chất lượng cao nếu loại bỏ được độ trương nở của xỉ. Nghiên cứu Patel [3] đã chỉ ra rằng, việc thay thế cốt liệu tự nhiên bằng GBFS với hàm lượng không vượt quá 75% không gây ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất cơ bản của bê tông. Qasrawi (2009), nghiên cứu sử dụng GBFS phế thải không và có hàm lượng CaO thấp, hầu như không qua xử lý chất hoạt tính, làm cốt liệu nhỏ thay cát trong bê tông [4]. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi sử dụng xỉ thải với hàm lượng 30% - 50%, cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo của bê tông tăng tương ứng 1,2 và 1,4 lần. Ngoài ra, độ sụt của bê tông giảm xuống, còn khối lượng thể tích tăng khi hàm lượng xỉ thép sử dụng tăng lên. Nghiên cứu của Rohde và đồng nghiệp năm 2003 chỉ ra rằng [9], xỉ thép có khả năng mất ổn định dưới tác động của nước cao do trương nở. Tuy nhiên, mô-đun đàn hồi của xỉ thép được bảo quản trong môi trường ẩm khá cao, lên tới 500MPa, cao hơn đá dăm tự nhiên [4], [5]. Điều này chứng tỏ xỉ thép có thể dùng làm móng đường nếu được xử lý ẩm để giảm độ trương nở thể tích. Bên cạnh đó, do đặc điểm hạt góc cạnh và cấu trúc xốp rỗng nên GBFS có tính chất cơ lý thuận lợi hơn cát tự nhiên khi sử dụng làm vật liệu đắp nền và san lấp hay vật liệu cải tạo nền đất yếu bằng cọc cát. Các nước phát triển đã hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn quy định sử dụng vật liệu xỉ trong xây dựng và lĩnh vực địa kỹ thuật như cốt liệu cho vữa và bê tông (JIS A 5011-1, JIS A 5011-4, BS EN 15167-1, ASTM C33,...), vật liệu san lấp và nền đắp, vật liệu cốt nền đường giao thông (ASTM D5106, JIS A 5015), vật liệu cải tạo nền đất yếu bằng phương pháp cọc cát, vật liệu đắp thoát nước (JSTM H 8001) [6].

Ở Việt Nam, việc tái sử dụng các loại xỉ gang và xỉ thép đã được chính phủ thúc đẩy và nhằm thay thế các nguồn vật liệu tự nhiên (TCVN 11568: 2016; Bộ xây dựng, 2017). Các nghiên cứu về xỉ thép mới chỉ dừng ở mức độ thí nghiệm trong

phòng, còn các thử nghiệm ngoài hiện trường vẫn đang trong giai đoạn kiểm tra và còn quá sớm để đưa ra các kết luận chắc chắn. Nghiên cứu của Công ty TNHH Vật Liệu Xanh [7] cho thấy, xi thép có độ cứng, độ ma sát và khả năng chống mài mòn cao, còn chỉ số bong tróc thấp hơn nhiều so với đá. Bề mặt của xi thô, nhám và độ pH cao, dao động từ 10 - 11 nên có độ dính bám tốt với nhựa đường. Tuy nhiên, xi thép có khối lượng riêng lớn hơn 20% so với đá và khả năng hút nước cao hơn đá. Theo Trần Văn Miền [8], ở cùng một hàm lượng nhựa hấp phụ thì dung trọng của bê tông nhựa cốt liệu xi thép cao hơn đáng kể so với bê tông nhựa cốt liệu đá dăm, độ ổn định và cường độ chịu nén của bê tông nhựa cốt liệu xi thép cao hơn của bê tông nhựa cốt liệu đá dăm. Kết quả nghiên cứu của tác giả Trần Hữu Bằng [9] cho thấy, cường độ của bê tông xi măng phụ gia khoáng xi thép có tốc độ phát triển thấp hơn so với bê tông xi măng thông thường và hàm lượng phụ gia khoáng xi thép càng cao thì cường độ bê tông xi măng càng giảm. Tuy các nghiên cứu ở trên mới chỉ được thực hiện ở trong phòng thí nghiệm, nhưng đã bước đầu cho thấy được khả năng sử dụng xi thép trong lĩnh vực xây dựng công trình giao thông là rất lớn. Vì xi thép có chứa hàm lượng xi măng thấp và hàm lượng CaO cao [10] nên có thể làm việc như một chất ổn định nền. Xi thép có thể được dùng để thi công trong môi trường không thuận lợi (nền đất lầy, lún, ngập nước) hoặc thời tiết xấu (mưa). Đặc biệt tại các công trình bị ngập nước, xi thép được sử dụng để chống lầy, làm khô mặt bằng và xử lý nền đất yếu trong quá trình thi công.

Như vậy, có thể thấy trên thế giới và Việt Nam, GBFS đã được sử dụng trong nhiều lĩnh vực, tuy nhiên tính chất kỹ thuật của GBFS rất khác nhau tùy thuộc vào công nghệ luyện gang. Mặt khác, việc ứng dụng GBFS vào trong việc xử lý nền đất yếu bằng cọc cát hầu như chưa được nghiên cứu. Do vậy, bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu về việc sử dụng GBFS trong việc cải tạo đất yếu bằng phương pháp cọc cát thông qua thí nghiệm trong phòng. Từ kết quả nghiên cứu có thể đánh giá nhận định về triển vọng thay cát của GBFS trong lĩnh vực xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cọc cát.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng

Mẫu xi hạt lò cao dạng hạt (GBFS) được lấy từ bãi xi của Công ty TNHH gang thép Hưng Nghiệp Formosa Hà Tĩnh.

Mẫu cát thì lấy ngẫu nhiên tại các điểm khai thác cát xây dựng trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên Huế, đảm bảo điều kiện cát hạt to (loại cát đúc bê tông) (hình 2.1).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Mẫu xỉ hạt lò cao và cát sau khi mang về phòng thí nghiệm được phơi khô gió và lưu cẩn thận để phục vụ cho quá trình nghiên cứu.

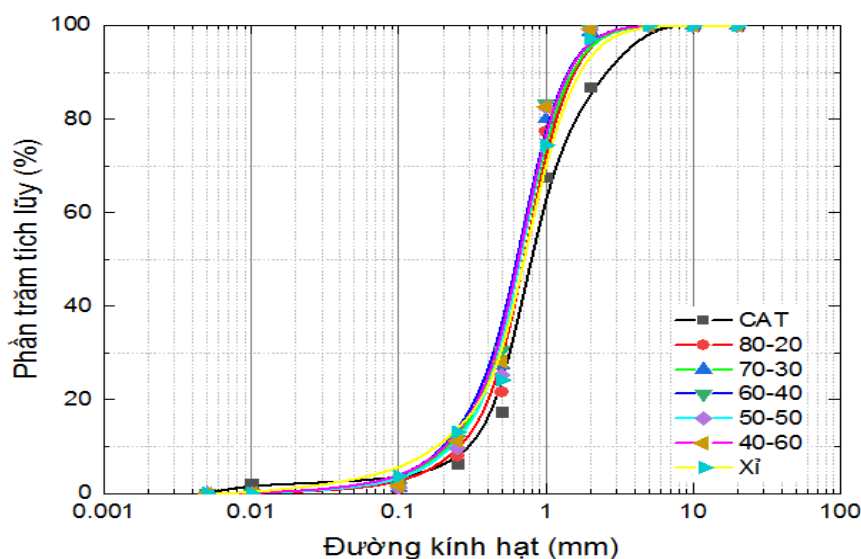
Do xỉ hạt lò cao chưa bị thủy hóa có đặc tính giống với cát (cát thô lòng sông) (hình 2.1) nên độ chặt tương đối (D_r) là thông số quan trọng quyết định đến tính chất cơ lý và là cơ sở để tính toán khối lượng mẫu phối trộn xỉ - cát phục vụ chuẩn bị mẫu thí nghiệm. Mẫu thí nghiệm trong nghiên cứu này sử dụng độ chặt tương đối $D_r = 80\%$ (ranh giới giữa kết cấu chặt vừa và chặt) là kết cấu phổ biến và ổn định của đất loại cát. Bên cạnh đó, đặc trưng vật lý và thành phần hóa học cơ bản của xỉ hạt lò cao sản xuất ở Nhật Bản và ở Việt Nam khá tương đồng nhau nên tác giả đề xuất lựa chọn cấp phối phối trộn xỉ - cát theo các tỉ lệ xỉ - cát như sau (80% - 20%; 70% - 30%; 60% - 40%; 50% - 50%; 40% - 60%) nhằm mục đích so sánh với kết quả nghiên cứu của Nhật Bản [11,12].

Khối lượng mẫu cấp phối xỉ - cát tương ứng với $D_r = 80\%$ theo 5 cấp phối lựa chọn được trình bày ở bảng 2.1

Bảng 2.1. Khối lượng xỉ - cát ($D_r = 80\%$), nước biển theo mẫu cấp phối xỉ - cát

Tỷ lệ (%) Xi - Cát	Khuôn mẫu ($V = 196,25 \text{ cm}^3$)			
	Tổng KL mẫu (g)	Xi, (g)	Cát, (g)	KL nước biển, (g)
80 - 20	315	252	63	375
70 - 30	318	223	95	378
60 - 40	325	195	130	385
50 - 50	327	163	163	387
40 - 60	328	131	197	388

Sau khi đảm bảo đủ số lượng mẫu cho từng cấp phối mẫu, bằng phương pháp chia tư lấy 2 phần đối diện để phục vụ thí nghiệm xác định tính chất cơ lý cơ bản của mẫu. Kết quả phân tích thành phần hạt và chỉ tiêu vật lý mẫu cấp phối xỉ - cát phục vụ tính toán khối lượng để chế bị mẫu được trình bày ở hình 2.1, bảng 2.2;



Hình 2.1. Biểu đồ thành phần hạt mẫu thí nghiệm

Bảng 2.2. Kết quả phân tích chỉ tiêu vật lý mẫu cấp phối xi - cát tương ứng với độ chặt tương đối $D_r = 80\%$

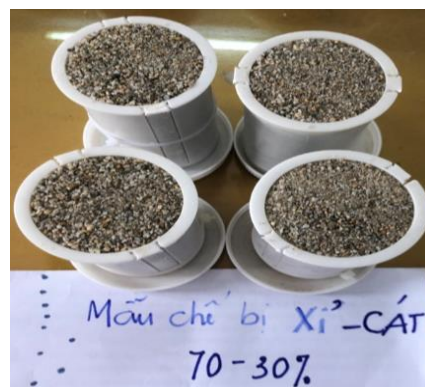
Tỷ lệ (%) Xi - Cát	Dung trọng, (g/cm ³)		Tỷ trọng Δs	Hệ số rỗng		
	γ_{cmax}	γ_{cmin}		e_0	e_{max}	e_{min}
80 - 20	1,674	1,380	2,726	0,698	0,975	0,629
70 - 30	1,680	1,425	2,695	0,662	0,891	0,604
60 - 40	1,709	1,468	2,645	0,599	0,802	0,548
50 - 50	1,718	1,480	2,633	0,582	0,780	0,533
40 - 60	1,717	1,520	2,625	0,569	0,727	0,529
100% Xi	-	-	2,790	-	1,398	0,881
100% Cát	-	-	2,661	-	0,802	0,493

Từ khối lượng khô mẫu cấp phối xi - cát đã được tính toán (bảng 2.1, hình 2.2) tiến hành đúc mẫu theo phương pháp trầm tích khô cho 5 cấp phối đã tính toán (80 - 20; 70 - 30; 60 - 40; 50 - 50; 40 - 60) (hình 2.3).

Sau khi cân mẫu xong (hình 2.2) dùng muồng đưa mẫu phối trộn xi - cát vào khuôn, trong quá trình đưa mẫu, gõ nhẹ vào thành khuôn cho khối lượng mẫu vừa đủ vào khuôn và tạo trên bề mặt khuôn là một mặt phẳng (hình 2.3).



Hình 2.2. Mẫu sau khi cân cho vào hộp để chuẩn bị đúc mẫu



Hình 2.3. Ảnh chụp mẫu sau khi chế bị vào khuôn

Mẫu sau khi chế bị được bảo quản và nhẹ nhàng đưa vào bình thủy hóa đã chuẩn bị đánh dấu tên mẫu sẵn. Dung dịch thủy hoá là nước biển lấy tại biển Thuận An, tỉnh Thừa Thiên Huế đảm bảo cách xa cửa sông và thời điểm lấy nước biển là ngày 28/7/2020 (thời điểm này sau nắng nóng kéo dài nhằm đảm bảo độ mặn của nước biển) theo TCVN 5998:1995 [13], sau đó dùng phễu rót nước biển đã cân từ từ vào bình thủy hóa vặn chặt nắp bình, dùng băng keo để quấn thật kĩ nắp đây, sau đó dùng túi nilon bọc kín và dùng dây rút cột chặt. Những mẫu thủy hoá ngoài trời được để ngay tại sân thượng tầng 3 khu nhà A1 - Trường đại học Khoa Học Huế, được bảo vệ cẩn thận và thủy hóa theo thời gian quy định (bảng 2.3; hình 2.4 và 2.5)



Hình 2.4. Ảnh chụp mẫu khi cho nước biển vào hộp đựng mẫu



Hình 2.5. Ảnh chụp mẫu được thủy hóa ở điều kiện nhiệt độ ngoài trời

Mẫu thủy hóa ở điều kiện ngoài trời (kí hiệu BT), ứng với 1 cấp phối có 13 mẫu bao gồm: 0 ngày (2 mẫu), 14 ngày (2 mẫu), 28 ngày (2 mẫu), 56 ngày (3 mẫu) và 112 ngày (4 mẫu). Như vậy, số lượng mẫu được nghiên cứu trong môi trường nước biển ở điều kiện ngoài trời được thực hiện trong đề tài này gồm 65 mẫu (tương ứng với 5 cấp

phối (%) xỉ - cát: 80 - 20; 30 - 70; 60 - 40; 50 - 50; 40 - 60. Kế hoạch thủy hóa mẫu trong môi trường nước biển ở điều kiện nhiệt độ ngoài trời cho một cấp phối mẫu được trình bày ở bảng 2.3.

Bảng 2.3. Kế hoạch thủy hóa mẫu phối trộn xỉ - cát trong môi trường nước biển ở điều kiện ngoài trời

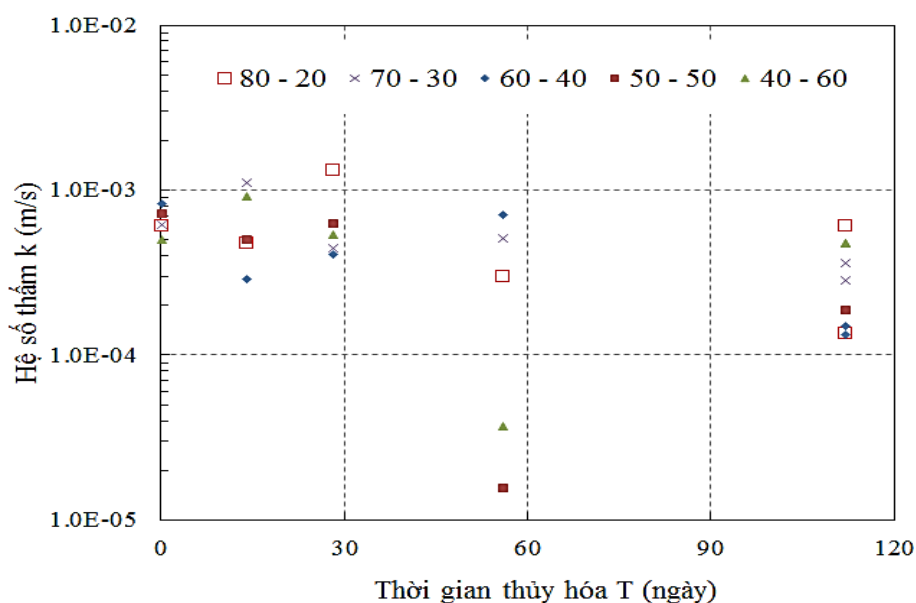
Thời gian thủy hóa (ngày)	0	14	28	56	112
Tên mẫu	BT 1; BT 2	BT 3, BT 4	BT 5, BT 6	BT 7, BT 8, BT 9	BT 10, BT 11, BT 12, BT 13
Ngày bắt đầu thủy hóa	29/03/ 2021	29/03/ 2021	29/03/ 2021	29/03/2021	29/03/2021
Ngày kết thúc thủy hóa	29/03/ 2021	03/04/ 2021	17/04/ 2021	24/05/2021	13/07/2021

Đến thời gian thủy hóa mẫu theo kế hoạch (bảng 2.3), mẫu được lấy ra để ráo nước, tiến hành thí nghiệm mẫu để xác định cường độ kháng nén nở hông (q_u) và hệ số thấm (k). Thí nghiệm nén nở hông với tốc độ 1 mm/ phút đến khi mẫu phá hủy theo tiêu chuẩn ASTM D2166 [14]. Thí nghiệm thấm theo phương pháp hạ mực nước (JGS0311).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thí nghiệm thấm bằng phương pháp hạ thấp mực nước

Cùng với sự gia tăng thời gian thủy hóa, độ bền nén của mẫu xỉ tăng lên do hợp chất thủy hóa liên kết các hạt xỉ có trong hỗn hợp mẫu và tích tụ trong lỗ rỗng của mẫu sẽ làm giảm độ thấm nước. Tuy nhiên, do đối tượng nghiên cứu của đề tài là hỗn hợp xỉ hạt lò cao phối trộn cát nên đối với cát không có đặc tính thủy hóa, do đó tính thấm k tăng lên phụ thuộc vào tỷ lệ phối trộn cát. Kết quả thí nghiệm thấm của hỗn hợp phối trộn xỉ - cát được biểu diễn ở biểu đồ hình 3.2.



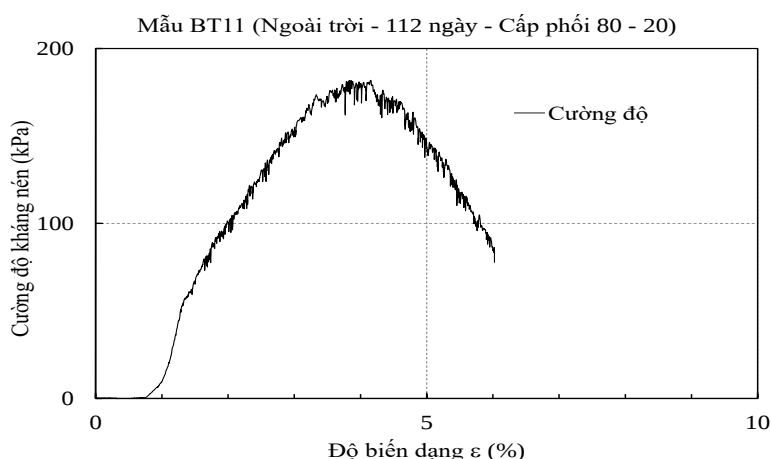
Hình 3.2. Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm về hệ số thấm k (m/s) mẫu thủy hóa BT theo thời gian thủy hóa ở điều kiện nhiệt độ ngoài trời

Từ hình vẽ 3.2 dễ dàng nhận thấy đối với các cấp phối mẫu phối trộn theo (%) xỉ - cát thì hệ số thấm K khá cao dao động từ 10^{-2} đến 10^{-3} m/s khi thời gian thủy hóa từ 0 đến 28 ngày do khoảng thời gian này mẫu xỉ chưa được thủy hóa, các hạt xỉ chưa tạo ra các hợp chất thủy hóa nên chưa gắn kết các hạt xỉ với nhau, lúc này tính thấm của mẫu phối trộn gần giống như là tính thấm qua cát hạt thô. Tuy nhiên khi thời gian thủy hóa đạt từ 28 đến 112 ngày thì tính thấm giảm đến 10^{-3} đến 10^{-4} m/s. Chứng tỏ mẫu thủy hóa càng lâu thì khả năng thấm càng giảm, tức khả năng thoát nước của mẫu giảm dần, lúc này mẫu trở nên rắn chắc hơn và cứng hơn do hợp chất thủy hóa liên kết các hạt xỉ có trong mẫu phối trộn, làm giảm độ lỗ rỗng lại do đó tính thấm giảm theo.

Tính thấm của cấp phối mẫu % xỉ - cát (60 - 40 và 50 - 50) cho sự biến động tính thấm khá ổn định, hệ số thấm $K = 10^{-3}$ m/s, điều này hoàn toàn phù hợp với yêu cầu về vật liệu cát làm cọc - giếng cát (theo TCVN 11713:2017) [15].

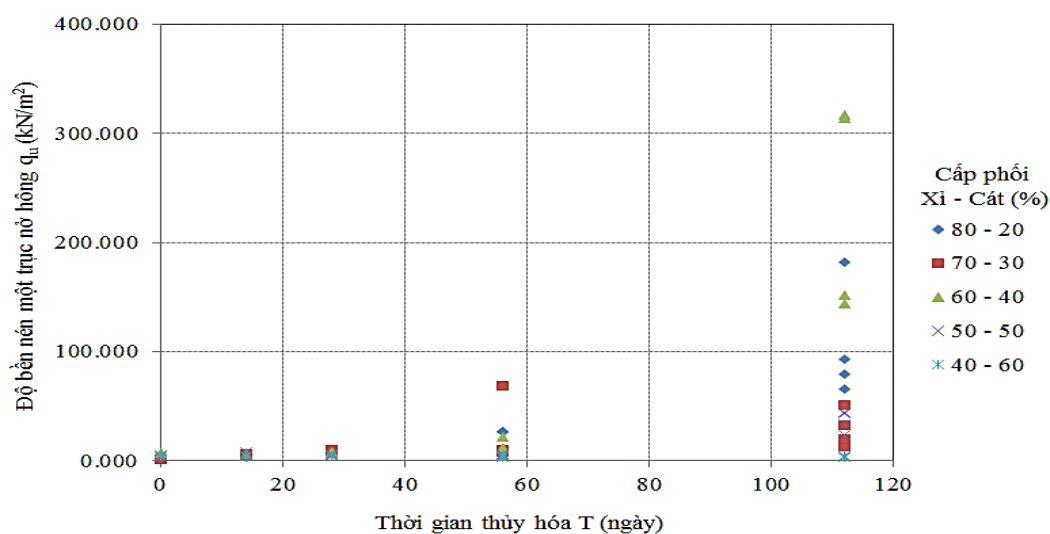
3.2. Kết quả thí nghiệm cường độ kháng nén 1 trục nở hông (q_u , kG/cm²)

- Trong quá trình thí nghiệm nén 1 trục nở hông độ biến dạng được biểu diễn theo tốc độ 1%/1 phút tương đương 1mm/1 phút. Vì vậy, cường độ kháng nén của mẫu tăng theo độ biến dạng trong giai đoạn tiến hành phá hủy và đạt giá trị cao nhất trước khi giảm xuống trong giai đoạn sau phá hủy (hình 3.3). Tương tự, kết quả thí nghiệm nén 1 trục nở hông cho các mẫu phối trộn xỉ - cát theo các cấp phối còn lại cũng cho kết quả thể hiện như biểu đồ hình 3.3.



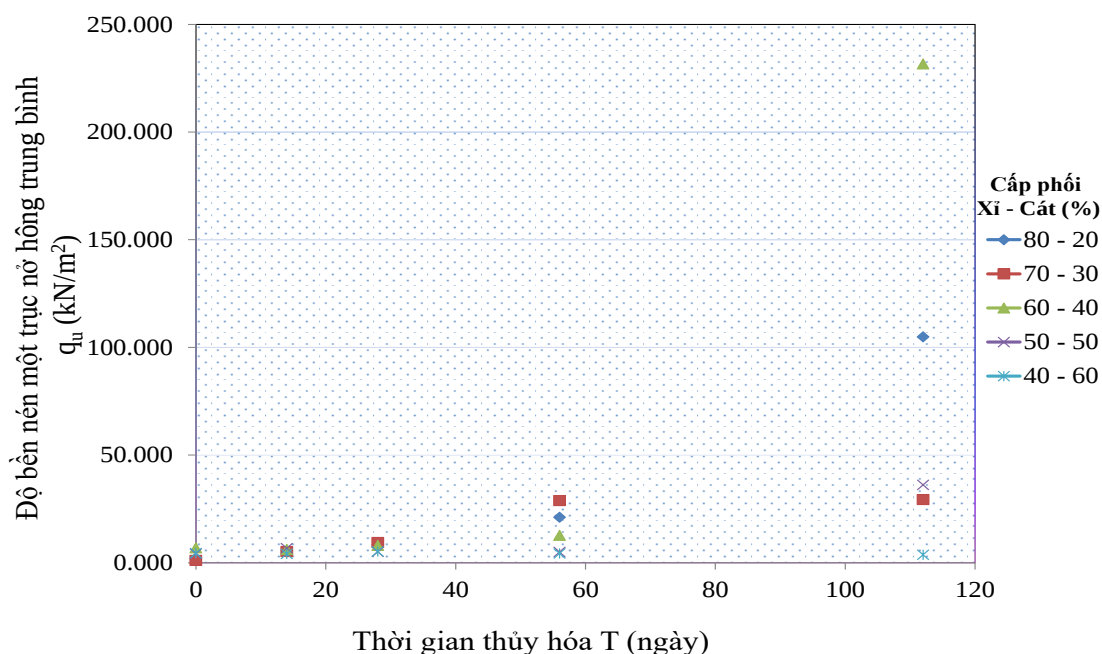
Hình 3.3. Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm cường độ kháng nén nỏ hồng q_u (kPa) mẫu BT11 thủy hóa 112 ngày ở điều kiện nhiệt độ ngoài trời.

- Kết quả thí nghiệm tiến hành nén 1 trục nỏ hồng được thực hiện đối với 5 cấp phối mẫu thủy hóa ở các mốc thời gian 0 ngày, 14 ngày, 28 ngày, 56 ngày và 112 ngày trong môi trường nước biển ở điều kiện nhiệt độ ngoài trời được trình bày ở hình 3.4 và hình 3.5.



Hình 3.4. Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm cường độ kháng nén nỏ hồng q_u (kN/m²) mẫu thủy hóa BT ở điều kiện nhiệt độ ngoài trời.

- Dựa vào kết quả của biểu đồ (hình 3.4 và 3.5), cho thấy cường độ kháng nén nỏ hồng q_u (kPa) của các mẫu phối trộn xi - cát theo các cấp phối thủy hóa trong môi trường nước biển điều kiện nhiệt ngoài trời tăng dần theo thời gian thủy hóa (ngày/đêm) và biểu đồ có xu hướng đi lên.



Hình 3.5. Biểu đồ thể hiện kết quả thí nghiệm cường độ kháng nén nở hông trung bình q_u (kN/m²) mẫu thủy hóa BT ở điều kiện nhiệt độ ngoài trời.

Cụ thể:

- Cường độ kháng nén nở hông q_u của 5 cấp phối mẫu phối trộn xi - cát thủy hóa trong khoảng thời gian từ 0 đến 28 ngày rất bé, q_u dao động từ 1,054 đến 9,407 kN/m².
- Cường độ kháng nén nở hông q_u của 5 cấp mẫu phối trộn xi - cát thủy hóa trong khoảng thời gian từ 28 đến 56 tăng vừa, q_u dao động từ 4,268 đến 28,826 kN/m².
- Cường độ kháng nén nở hông q_u của 5 cấp mẫu phối trộn xi - cát thủy hóa trong khoảng thời gian từ 56 đến 112 tăng mạnh, q_u dao động từ 9,669 đến 231, 586 kN/m².

Kết quả thí nghiệm trên hoàn toàn phù hợp với kết quả nghiên cứu của Matsuda và cộng sự (2015 và 2016) [11,12] chỉ ra rằng thành phần hóa học cơ bản của GBFS gồm CaO (vôi), SiO₂ (Silica), Al₂O₃ (nhôm oxit) và MgO (magiê oxit)) nên khi tiếp xúc với môi trường ẩm tự nhiên, GBFS và GBFS phối trộn cát dễ dàng thủy hóa. Hợp chất thủy hóa đóng vai trò như xi măng gắn kết các hạt xi và vật liệu, giúp hình thành và tăng dần cường độ của BGFS và GBFS phối trộn cát theo thời gian mà không cần phụ gia.

- Từ đồ thị (hình 3.4, 3.5) cho thấy có thể lựa chọn cấp phối mẫu phối trộn 60% xi - 40% cát thay thế vật liệu 100% cát trong cải tạo đất bằng phương pháp cọc cát đảm bảo điều kiện về tính thấm cũng như về cường độ chịu tải rất tốt của đất tương ứng với mốc thời gian thủy hóa 112 ngày.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

GBFS chưa được Hydrat hóa được trộn với cát tự nhiên với tỷ lệ trộn nằm trong khoảng từ 20% đến 60% và các mẫu GBFS trộn cát được bảo dưỡng trong nước biển ở nhiệt độ ngoài trời trong khoảng thời gian từ 0 ngày đến 112 ngày. Sau đó xác định tính thấm, cường độ kháng nén 1 trục nở hông tự do cho thấy:

- Tính thấm của GBFS tăng đáng kể tương ứng tỷ lệ trộn % xi - cát (50 - 50; 60 - 40) đạt 10^{-3} m/s, hoàn toàn đáp ứng vật liệu thay thế cát trong cải tạo đất bằng phương pháp cọc cát theo TCVN 11713:2017 [15].

- Đối với thời gian thủy hóa đối ngắn ($t \leq 56$ ngày), tỷ lệ trộn cát cao hơn, khả năng thủy hóa càng thấp, lúc này cường độ kháng nén 1 trục thay đổi không đáng kể.

- Khi thời gian thủy hóa vượt quá 112 ngày, khả năng Hydrat hóa và cường độ kháng nén một trục tăng và tăng mạnh đối với hỗn hợp mẫu có tỷ lệ phối trộn % xi - cát tương ứng là 60% xi - 40% cát và giảm mạnh khi tỷ lệ phối trộn xi giảm xuống còn 40%.

- Có thể lựa chọn cấp phối mẫu phối trộn 60% xi - 40% cát thay thế vật liệu 100% cát trong cải tạo đất bằng phương pháp cọc cát đảm bảo điều kiện về tính thấm ($K = 10^{-3}$ m/s) cũng như về cường độ kháng nén 1 trục rất tốt ($q_u = 231,6$ kN/m²) của hỗn hợp phối trộn xi - cát khi thời gian thủy hóa đạt > 100 ngày.

4.2. Kiến nghị

- Do mẫu phối trộn xi - cát càng thủy hóa trong thời gian dài thì khả năng thoát nước của mẫu trở nên khó, mẫu trở nên rắn chắc và cứng hơn, chính vì thế mà cường độ kháng nén và tính thấm của một số cấp phối mẫu phối trộn có sự phân tán mạnh và sai số tương đối cao ở một số mốc thời gian (56, 112 ngày).

- Tiếp tục nghiên cứu một cách có hệ thống các chỉ tiêu về thành phần hóa của hỗn hợp mẫu phối trộn, tận dụng được nguồn thải của quá trình luyện kim góp phần thay thế nguồn vật liệu xây dựng đang ngày càng cạn kiệt bảo vệ môi trường.

- Bước đầu nghiên cứu sử dụng xỉ hạt lò cao có thể thay thế cho cát lòng sông phục vụ làm vật liệu thay thế cho cát trong phương pháp cọc cát đầm chặt, làm tăng cường độ bền của nền đất cần cải tạo, đồng thời làm tăng tính thấm khi phối trộn cát.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo được thực hiện dưới sự tài trợ kinh phí của đề tài Khoa học và Công nghệ cấp Đại học Huế “Nghiên cứu phối trộn xỉ lò cao với cát tự nhiên làm vật liệu cải tạo nền đất bằng phương pháp cọc cát”, mã số DHH2021 - 01 - 185 năm 2021 theo hợp đồng số 13/HĐ - 2021.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Quyết định số 145/2007/QĐ-TTg ngày 4/9/2007 của Thủ tướng Chính phủ về việc “*Phê duyệt quy hoạch phát triển ngành thép Việt Nam giai đoạn 2007 - 2015, có xét đến năm 2025*”.
- [2]. J.M. Manso, J.J. Gonzalez, J.A. Polanco (2004), *Electric arc furnace slag in concrete*, *Journal of materials in civil engineering* 16(6) 639-645.
- [3]. J.P. Patel (2008), *Broader use of steel slag aggregates in concrete*, Master Thesis, Cleveland State University.
- [4]. H. Qasrawi (2014), *The use of steel slag aggregate to enhance the mechanical properties of recycled aggregate concrete and retain the environment*, *Construction and Building Materials* 54 298-304.
- [5]. L. Rohde, W. P. Nunez and J. A. P. Ceratti (2003), *Electric Arc Furnace Steel Slag*, *Transportation Research Record* 1819, Transportation Research Board, Washington, D.C. pp. 201-207.
- [6]. Trần Thanh Nhân, Nguyễn Lê Phú Hải, Trần Xuân Thạch, Đỗ Quang Thiên, Nguyễn Thị Thanh Nhân, Nguyễn Thị Thủy, Hồ Trung Thành, Lê Duy Đạt, Trần Thị Ngọc Quỳnh. “*Nghiên cứu sự biến đổi tính chất cơ lý theo thời gian và môi trường thủy hóa nhằm định hướng sử dụng hợp lý xỉ hạt lò cao tại Hà Tĩnh*”. Đề tài cấp tỉnh Hà Tĩnh 2019.
- [7]. Công ty TNHH Vật Liệu Xanh (2012), *Dự án đầu tư nhà máy sản xuất vật liệu xây dựng từ xỉ lò điện hồ quang tại Khu công nghiệp Phú Mỹ I, huyện Tân Thành, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu*.
- [8]. Trần Văn Miên, Công ty TNHH Lê Phan (2011), *Sử dụng xỉ thép làm cốt liệu thay thế đá dăm làm bê tông asphalt ứng dụng làm lớp áo đường trong công trình giao thông*, Đề tài khoa học công nghệ cấp TP. Hồ Chí Minh.
- [9]. Trần Hữu Bằng (2011), *Nghiên cứu sử dụng phụ gia khoáng xỉ thép trong bê tông xi măng*, Luận văn Thạc sỹ khoa học kỹ thuật, Trường Đại học GTVT.
- [10]. Australasian Slag Association, *A guide to the use of iron and steel slag in roads*, Available at <http://www.asa-inc.org.au/knowledge/technical-literature/technical-guides>.
- [11]. Hiroshi Matsuda, Tran Thanh Nhan. Shear strength and permeability of Granulated blast furnace slag mixed with marine sand from low to high mixing ratio. The 3rd International Conference on Geological and Geotechnical Engineering in Response to Climate Change and Sustainable Development of Infrastructure (VIETGEO 2016). ISBN:978-604-62-6726-3.
- [12]. Matsuda, H., Kitayama, N., Ando, Y. and Nakano, Y. (1998). *Effective utilization of granulated blast furnace slag in geotechnical engineering*. *Ground Engineering*, 16: 33-40.
- [13]. Bộ Khoa học và Công nghệ (1995). TCVN 5998:1995; ISO 5667-9: 1992: *chất lượng nước - lấy mẫu - hướng dẫn lấy mẫu nước biển*. Hà Nội, 1995.
- [14]. ASTM D2166 / D2166M, “*Phương pháp thử tiêu chuẩn cho cường độ nén không giới hạn của đất kết dính*”
- [15]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2017). TCVN 11713:2017: *Gia cố nền đất yếu bằng giếng cát - Thi công và nghiệm thu*. Hà Nội, 2017.

UTILISATION OF GRANULATED BLAST FURNACE SLAG (GBFS) FOR SOFT SOIL IMPROVEMENT BY SAND COMPACTION PILE METHOD

Nguyen Thi Thanh Nhan*, Tran Thanh Nhan,
Tran Cong Anh Thinh, Le Van Duc, Pham Thanh Phuong Minh

University of Sciences, Hue University

*Email: nttanh@husc.edu.vn

ABSTRACT

GBFS is a waste product from cast iron smelters in blast furnaces, causing pressing problems in society regarding environmental pollution and waste area. Therefore, the study of reusing GBFS in other areas is necessary. In this article, GBFS is used in combination with natural sand to improve soft soil using the sand compaction pile method. GBFS was replaced from 20 ÷ 60% sand and the Unconfined Compressed Strength Test, the permeability test were conducted on the mixing sample. The results indicated that as GBFS replaced from 20 to 60% of the sand, the unconfined compressive strength and permeability of the mixing samples increased. The permeability decrease to reach $K = 10^{-3}$ m/s, met TCVN 11713:2017. The optimal replacement GBFS content obtained was 60%. This is the basis for using GBFS to replace a part of the sand in the treatment of weak ground with the sand compaction pile method.

Keywords: Granulated blast furnace slag(GBFS), sand mixing, unconfined compressive strength, sand pile method.



Nguyễn Thị Thanh Nhân sinh năm 1978 tại Thừa Thiên Huế. Bà tốt nghiệp đại học chuyên ngành Địa chất công trình năm 2000 và Thạc sĩ khoa học ngành Địa chất học năm 2004 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Bà nhận bằng Tiến sĩ (Kỹ thuật) ngành Kỹ thuật đại chất tại Đại học Mỏ Địa chất Hà Nội năm 2015. Hiện bà giảng dạy tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Đất đá xây dựng, địa động lực công trình và vật liệu tái chế.



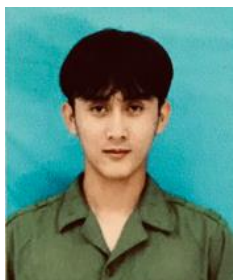
Trần Thanh Nhân sinh năm 1981 tại Quảng Nam. Ông tốt nghiệp đại học chuyên ngành Địa chất công trình năm 2003 và Thạc sĩ khoa học ngành Địa chất học năm 2007 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Ông nhận bằng Tiến sĩ ngành Địa kỹ thuật xây dựng tại Đại học Yamaguchi, Nhật Bản và nghiên cứu Sau tiến sĩ tại đây từ tháng 6 đến tháng 11/2015. Từ tháng 01/2016 đến tháng 3/2017, ông là Phó Giáo sư dự khuyết (Assistant Professor) tại Đại học Yamaguchi. Hiện ông là Phó Giáo sư chuyên ngành Địa kỹ thuật, công tác tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Cơ học đất yếu dưới tải trọng tĩnh và động; Sử dụng xi măng và xi thép làm vật liệu xây dựng.



Trần Công Anh Thịnh sinh ngày 18/12/1998 tại Thừa Thiên Huế. Năm 2020, anh tốt nghiệp cử nhân ngành Kỹ thuật Địa chất Trường Đại học Khoa học; từ năm 2020 đến nay anh là học viên cao học ngành Kỹ thuật Địa Chất tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Đất đá xây dựng và vật liệu tái chế.



Lê Văn Đức sinh ngày 12/11/2000 tại Thừa Thiên Huế. Từ năm 2019 đến nay, anh là sinh viên ngành Kỹ thuật địa chất tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Đất đá xây dựng và vật liệu tái chế.



Phạm Thanh Phương Minh sinh ngày 04/08/2001 tại Thừa Thiên Huế. Từ năm 2019 đến nay, cô là sinh viên ngành Kỹ thuật địa chất tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Đất đá xây dựng và vật liệu tái chế.