

TIỀM NĂNG SỬ DỤNG TRO TRẤU TRONG CẢI TẠO, XỬ LÝ ĐẤT YẾU Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

POTENTIAL USE OF RICE HUSK ASH IN SOFT SOIL IMPROVEMENT IN MEKONG DELTA

Nguyễn Thành Dương

ABSTRACT:

Rice husk ash is a residual product from burning rice husks and exists in many areas in Vietnam, especially in the Mekong Delta. It is estimated that the volume of rice husk ash in the Mekong Delta can be up to 0.9 million tons/year. Rice husk ash often contains a high content of silic dioxide (SiO_2), up to 98%. The SiO_2 component in rice husk ash can react with calcium hydroxide in the soil as pozzolanic reaction to form cementation products and enhances the soil strength. Therefore, many countries in the world have studied to use rice husk ash combined with lime or cement in the improvement of soft soil as fill material, as a foundation for construction works. This article will present some characteristics of rice husk ash, the role of rice husk ash in soft soil improvement and potential use of rice husk ash in soft soil improvement in the Mekong Delta. Research results have shown that rice husk ash has great potential for application when combined with lime or cement for soft soil improvement in the Mekong Delta.

TÓM TẮT:

Tro trấu là phụ phẩm còn lại sau khi đốt vỏ trấu và có mặt ở nhiều nơi ở Việt Nam, đặc biệt là vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Theo ước tính, khối lượng tro trấu ở vùng ĐBSCL có thể lên đến 0,9 triệu tấn/năm. Tro trấu có hàm lượng silic oxit (SiO_2) lớn, có thể đến 98%. Thành phần SiO_2 trong tro trấu có thể phản ứng với canxi hydroxit trong đất để tạo thành các sản phẩm có chất kết dính và nâng cao cường độ của đất. Chính vì vậy, nhiều nước trên thế giới đã nghiên cứu để sử dụng tro trấu kết hợp với vôi hoặc xi măng trong xử lý, cải tạo đất yếu làm vật liệu đắp, làm nền cho các công trình xây dựng. Bài báo này sẽ trình bày một số đặc điểm của tro trấu, vai trò của tro trấu trong cải tạo, xử lý đất yếu và tiềm năng sử dụng tro trấu trong cải tạo đất yếu ở vùng ĐBSCL. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra tro trấu có tiềm năng ứng dụng rất lớn khi kết hợp với vôi hoặc xi măng trong cải tạo, xử lý đất yếu vùng ĐBSCL.

TỪ KHÓA: Đất yếu, nền đất yếu, tro trấu, ĐBSCL.

Nguyễn Thành Dương

Trường Đại học Mở - Địa chất

Email: nguyenthanhduong@humg.edu.vn

Tel: 0974 952 352

1. MỞ ĐẦU

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là vùng trồng lúa gạo lớn nhất cả nước. Năm 2020, vùng ĐBSCL gieo trồng hơn 1,5 triệu ha lúa mỗi vụ, với sản lượng lúa cả năm ước đạt 24 triệu tấn.

Lúa thường được xay xát để lấy gạo tiêu dùng trong nước và xuất khẩu. Vỏ trấu là lớp ngoài cùng của hạt lúa và được tách ra trong quá trình xay xát, chiếm khoảng 20% khối lượng. Thành phần của vỏ trấu chủ yếu là chất xơ, hàm lượng

protein thấp, nên vỏ trấu không thích hợp làm thức ăn cho gia súc (Behak, 2017). Một phần vỏ trấu được đổ bỏ hoặc đốt ở ngoài môi trường, một phần được sử dụng làm nhiên liệu đốt để sấy hoa quả, sản xuất điện... Sản phẩm còn lại sau khi đốt vỏ trấu được gọi là tro trấu. Lượng tro trấu còn lại sau khi đốt vỏ trấu chiếm khoảng 20% khối lượng vỏ trấu (Jongpradist et al., 2018). Hàng năm, nếu toàn bộ vỏ trấu vùng ĐBSCL được đốt, sẽ tạo ra một khối lượng tro trấu rất lớn, khoảng 0,9 triệu tấn. Lượng tro trấu này nếu không được tái sử dụng sẽ gây tác hại rất lớn đến môi trường (đặc biệt là môi trường nước và khí) và sức khỏe con người. Chính vì vậy, việc nghiên cứu để tận dụng lượng tro trấu này là rất cần thiết.

Tro trấu chứa hàm lượng silic oxit rất cao, thường lớn hơn 60 - 70%, có thể tới 97 - 98% (Fapohunda và nnk., 2017). Thành phần oxit silic trong tro trấu có thể kết hợp với canxi hydroxit trong vôi hoặc xi măng theo phản ứng pozzolan để tạo thành các sản phẩm có tính chất kết dính và có khả năng nâng cao cường độ của đất (Behak, 2017; Yoobanpot và Jamsawang, 2014). Ngoài nâng cao cường độ của đất khi kết hợp với vôi hoặc xi măng, tro trấu có thể làm giảm tính chảy dẻo của đất và có thể dùng để cải tạo đất làm vật liệu đắp đường, đắp đê (Nguyen và Nu, 2020). Ở Việt Nam, đất yếu phân bố phổ biến ở vùng ĐBSCL (Nụ, 2014; Vũ, 2018). Trong những năm gần đây, nhu cầu xây dựng các công trình, đặc biệt là đường giao thông ở khu vực này là rất lớn. Khi xây dựng công trình trên nền đất yếu, yêu cầu phải xử lý nền đất trước khi xây dựng là rất cần thiết. Ngoài ra, nhu cầu về vật liệu đắp đường, đắp đê ở vùng này cũng rất lớn. Chính vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng tro trấu kết hợp với vôi hoặc xi măng trong xử lý, cải tạo đất yếu, nền đất yếu ở vùng này là rất cần thiết và có tiềm năng. Bài báo này sẽ trình bày đặc điểm của tro trấu; vai trò của tro trấu trong cải tạo, xử lý đất yếu; và tiềm năng ứng dụng của nó trong cải tạo, xử lý đất yếu ở vùng ĐBSCL.

2. VỎ TRẤU VÀ TRO TRẤU Ở VÙNG ĐBSCL

Theo số liệu thống kê cứ mỗi tấn lúa tạo ra khoảng 200 kg vỏ trấu (vỏ trấu chiếm khoảng 20% khối lượng thóc). Như vậy, trung bình hàng năm thế giới tạo ra khoảng 150 triệu tấn vỏ trấu, lượng trấu của Việt Nam khoảng 8,8 triệu tấn chiếm khoảng 5,87% lượng vỏ trấu thế giới. Trong đó, lượng vỏ trấu ở vùng ĐBSCL khoảng 4,8 triệu tấn, chiếm hơn 50% lượng vỏ trấu ở Việt Nam. Hiện nay, lượng trấu này vẫn chưa được tận dụng một cách hợp lý, nhất là ở những nước đang phát triển, trong đó có Việt Nam. Phần lớn vỏ trấu được đốt hoặc đổ thẳng ra hệ thống kênh mương gây ô nhiễm môi trường. Gần đây, ở Việt Nam, một lượng vỏ trấu được sử dụng trong sấy lúa gạo, sấy hoa quả và sản xuất điện. Năm 2013, Việt Nam đã xây dựng nhà máy sản xuất điện từ đốt vỏ trấu ở Long Mỹ, Hậu Giang. Đây là dự án đầu tiên trong dự án xây dựng 20 nhà máy nhiệt điện đốt bằng vỏ trấu tại các tỉnh An Giang, Kiên Giang, Hậu Giang, Đồng Tháp và Cần Thơ với tổng công suất 200 MW ("<https://canthotv.vn/viet-nam-lan-dau-co-nha-may-nhiet-dien-dot-bang-vo-trau/>"). Hiện nay, nguồn điện sinh khối, trong đó có nguồn điện từ đốt tro trấu đang được Chính phủ khuyến khích đầu tư nhằm tiêu thụ một phần phế thải nông nghiệp. Như vậy, nếu toàn bộ lượng vỏ trấu ở vùng ĐBSCL được đốt sẽ tạo ra khoảng 0,9 triệu tấn tro trấu mỗi năm. Đây là một khối lượng rất lớn và có thể gây ảnh hưởng lớn tới môi trường và sức khỏe con người nếu không được tận dụng.



Hình 1. Người dân đổ tro trấu xuống sông ở An Giang ("<https://tuoitre.vn/do-tro-trau-xuong-song-549781.htm>")

Đối với tro trấu, việc tận dụng và sử dụng nó ở vùng ĐBSCL vẫn còn hạn chế. Hiện nay, tro trấu được sử dụng chủ yếu làm phân bón trong nông nghiệp. Một phần tro trấu đã được nghiên cứu để chiết tách thành phần oxit silic tinh khiết phục vụ một số ngành sản xuất chất bán dẫn, chế tạo thủy tinh lỏng, gạch chịu nhiệt, sơn chịu nhiệt. Tuy nhiên, việc chiết tách SiO_2 tinh khiết rất tốn kém về mặt chi phí và yêu cầu tro trấu có chất lượng cao. Ngoài ra, tro trấu cũng mới đang được nghiên cứu để chế tạo vữa và bê tông cường độ cao (Ngô, 2013; Nguyễn và Lê, 2010; Trần, 2019). Do đó, ở rất nhiều nơi, tro trấu thu được từ các lò đốt, lò sấy hoa quả, nhà máy nhiệt điện thường được đổ bỏ ra môi trường (Hình 1). Chính vì vậy, việc nghiên cứu hướng sử dụng tro trấu cho các mục đích khác như sử dụng trong vữa, bê tông, trong cải tạo đất yếu, nền đất yếu là rất cần thiết.

3. ĐẶC ĐIỂM CỦA TRO TRẤU VÀ VAI TRÒ TRONG CẢI TẠO ĐẤT

3.1. Đặc điểm của tro trấu

Tro trấu xốp, nhẹ, có tỷ trọng từ 2.05 đến 2.53 và chiếm thể tích lớn nên khó vận chuyển, cất giữ (Fapohunda và nnk., 2017). Độ mịn của tro trấu phụ thuộc vào mức độ nghiền và tro trấu càng mịn thì hoạt tính pozzolan càng lớn (Antiohos và nnk. 2014, Nehdi và nnk. 2003) kết luận rằng, tro trấu có kích thước hạt nhỏ hơn $45 \mu\text{m}$. Về màu sắc, Houston (1972) đã phân loại tro trấu thành 3 loại, bao gồm tro trấu có hàm lượng carbon cao (màu đen); tro trấu có hàm lượng carbon trung bình (màu xám); tro trấu không chứa carbon (màu trắng hoặc hồng). Sự thay đổi màu sắc liên quan đến quá trình đốt (nhiệt độ và thời gian) và sự hình thành silic oxit trong tro trấu.

Bảng 1. Hàm lượng SiO_2 trong tro trấu ở một số quốc gia trên thế giới (Fapohunda và nnk., 2017)

Oxit	Quốc Gia											
	Brazil	Canada	Guyana	Ấn Độ	Iraq	Nhật Bản	Malaysia	Hà Lan	Nigeria	Thái Lan	Mỹ	Việt Nam
SiO_2	92.9	87-97	88-95	86-94	86.8	91.6	93.1	86-96	67-76	89-95	87-97	86.9
Al_2O_3	0.18	0.15-0.4	-	0.2-5.0	0.4	0.14	0.21	0.08-0.84	3-4.9	0.5-1	-	0.84
Fe_2O_3	0.43	0.16-0.4	-	0.3-2	0.19	0.06	0.21	0.03-0.73	0-0.95	2.5-2.8	0.38-0.54	0.73
CaO	1.03	0.4-0.49	0.06-1.2	0.5-2.5	1.4	0.58	0.41	0.3-1.4	1.36-6	1.0-1.3	0.25-1	1.4
K_2O	0.72	2.0-3.0	0.6-2.5	0.1-2.3	3.84	2.54	2.31	0.7-2.4	0-0.1	2.4-2.5	0.58-2	2.46
MgO	0.35	0.35-0.5	0.17-0.26	0.1-1.8	0.37	0.26	1.59	0.1-0.5	1.3-1.81	0.18-0.28	0.12-2.0	0.57
Na_2O	0.02	0.1-1.12	0-0.3	0.1-0.5	1.15	0.09	-	0.11-0.2	-	0.03-0.8	0-0.15	0.11
SO_3	0.1	0-0.24	-	-	1.54	0.52	-	-	0-0.28	-	0-1.13	-
LOI	-	4-8	-	4.62-5.3	3.3	4.2	2.36	5.14	17.78	3.5-3.7	-	5.4
SAF	93.51	87.31-97.08	88.95	86.5-95.2	87.39	91.8	93.52	87.1-97.57	70-81.85	92-98.8	87.38-97.54	88.47

*LOI: lượng mất khi nung; $\text{SAF} = \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$

Tro trấu màu càng sáng thì hàm lượng silic oxit càng cao. Nghiên cứu của Nguyen và nnk. (2020) cho thấy điều kiện thích hợp để tạo ra tro trấu có hoạt tính pozzolan cao là đốt vỏ trấu trong điều

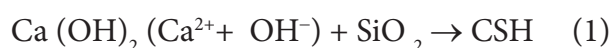
kiện kiểm soát với nhiệt độ khoảng $500^\circ\text{C} - 800^\circ\text{C}$ và thời gian đốt khoảng 1 - 4 giờ.

Về thành phần hóa học, hàm lượng silic oxit (SiO_2) trong tro trấu chiếm chủ yếu, ngoài ra còn

một số oxit khác như Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , MgO Trong đó, hàm lượng SiO_2 thường lớn hơn 60 - 70%, có thể tới 97 - 98%. Bảng 1 thể hiện hàm lượng trung bình của các oxit trong tro trấu ở một số nước trên thế giới (Fapohunda và nnk., 2017). Có thể thấy rằng, hàm lượng SiO_2 trong tro trấu ở các quốc gia khác nhau là khác nhau vì nó phụ thuộc nhiều vào quá trình đốt (nhiệt độ, thời gian, kiểu đốt...) và loại vỏ trấu. Trong đó, tro trấu có hàm lượng SiO_2 rất cao ở một số nước như Mỹ, Canada, Thái Lan và Hà Lan. Tổng hàm lượng $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ trong tro trấu dao động từ 70% đến 99%. Theo phân loại pozzolan (ASTM, C618, 2008), tro trấu được xếp vào loại pozzolan F với hoạt tính cao.

3.2. Vai trò của tro trấu trong cải tạo đất

Như trình bày ở trên, tro trấu thường có hàm silic oxit rất cao. Tro trấu được xem là một trong các phụ gia hoạt tính pozzolan có tính chất tương tự như tro bã mía, tro bay, xỉ lò cao, xỉ lò cao nghiền mịn. Trong đó, tro trấu có hàm lượng SiO_2 cao nhất nên có hoạt tính pozzolan mạnh nhất. Oxit silic (SiO_2) trong tro trấu có thể phản ứng với canxi hydroxit (Ca(OH)_2) trong đất theo phản ứng pozzolan và hình thành các sản phẩm có tính kết dính giúp gia tăng cường độ của đất cải tạo. Tuy nhiên, hàm lượng (Ca(OH)_2) trong đất thường thấp nên nếu chỉ sử dụng tro trấu thì hiệu quả nâng cao cường độ của đất cải tạo không đáng kể. Để tăng hiệu quả của tro trấu trong cải tạo đất, tro trấu thường được sử dụng kết hợp với vôi hoặc xi măng. Do thành phần CaO trong vôi, xi măng có thể phản ứng với nước trong đất tạo thành Ca(OH)_2 để tham gia phản ứng pozzolan. Sự hòa tan CaO sẽ giải phóng các ion Ca^{2+} và OH^- . Silica vô định hình trong tro trấu phản ứng với các cation Ca^{2+} để tạo thành sản phẩm xi măng canxi silicat hydrat (CSH) bao phủ và liên kết các hạt đất dẫn đến tăng cường độ và độ bền của hỗn hợp đất. Phản ứng pozzolan có thể minh họa như sau (Boateng và Skeete, 1990):



Ngoài việc nâng cao cường độ, tro trấu có thể cải thiện một số tính chất vật lý của đất yếu như

giảm độ ẩm, giảm tính dẻo. Các lỗ rỗng tổ ong trong cấu trúc tro trấu sẽ dẫn đến khả năng hấp thụ nước của tro trấu cao (Adajar và nnk, 2019). Khả năng này sẽ làm giảm hàm lượng nước của đất khi trộn tro trấu với đất. Ngoài ra, quá trình hydrat hóa có thể làm giảm hàm lượng nước (Yoobanpot và Jamsawang, 2014). Đặc tính không dính kết và sự hấp thụ nước của tro trấu có thể dẫn đến giảm chỉ số dẻo của hỗn hợp đất.

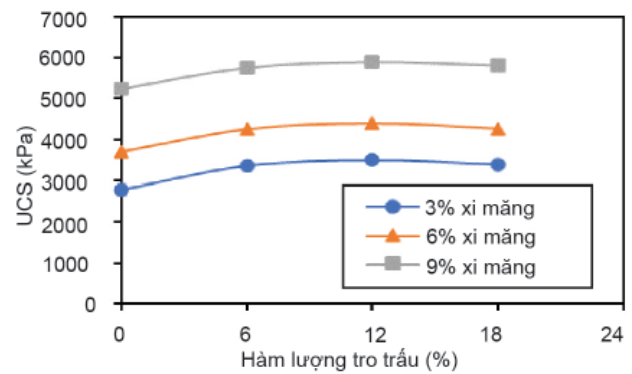
Về đặc tính đầm nén khi cải tạo đất làm vật liệu đắp, khả năng hấp thụ nước cao của tro trấu sẽ dẫn đến sự gia tăng độ ẩm tối ưu (OMC) của hỗn hợp đất. Ngược lại, do tro trấu nhẹ hơn so với đất, vôi và xi măng nên khối lượng thể tích khô tối đa (MDD) của hỗn hợp đất - tro trấu sẽ giảm khi hàm lượng tro trấu tăng. Đây là một trong những điểm bất lợi khi sử dụng tro trấu để cải tạo đất làm vật liệu đắp.

Có thể thấy, việc sử dụng tro trấu sẽ cải thiện các tính chất địa kỹ thuật của đất như giảm độ ẩm, giảm tính dẻo, tăng cường độ, độ bền. Tuy nhiên, các đặc tính địa kỹ thuật của đất như cường độ kháng nén 1 trục (UCS), CBR, và cường độ kháng cắt của hỗn hợp đất gia cố, chỉ tăng đến một giới hạn nhất định khi hàm lượng tro trấu tăng đến 1 ngưỡng nhất định. Khi hàm lượng tro trấu tăng vượt quá ngưỡng thì các thông số này sẽ giảm (Rahman, 1987; Ali và nnk. 1992, Anwar Hossain, 2011; Yoobanpot và Jamsawang, 2014). Điều này có thể được giải thích dựa trên đặc tính của tro trấu và việc hình thành phản ứng pozzolan. Vì tro trấu là một vật liệu không có hoặc có tính kết dính thấp nên khi hàm lượng tro trấu tăng thêm có thể dẫn đến giảm sự gắn kết giữa các hạt và giảm cường độ của hỗn hợp đất cải tạo. Bên cạnh đó, khi tro trấu tăng quá giá trị giới hạn, sẽ không có đủ nước cho phản ứng pozzolan và dẫn tới giảm cường độ. Tương tự như tro trấu, các phụ gia hoạt tính khác như tro bay, xỉ lò cao nghiền mịn (GGBFS) khi thêm vào hỗn hợp đất vượt quá giới hạn cũng sẽ làm giảm cường độ của hỗn hợp đất cải tạo (Sharma và Sivapullaiah, 2016; Sekhar và nnk., 2017).

4. TIỀM NĂNG SỬ DỤNG TRO TRẤU TRONG CẢI TẠO ĐẤT YẾU Ở VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Trên thế giới, tro trấu đã được nghiên cứu và sử dụng trong nhiều lĩnh vực, trong đó có việc nghiên cứu ứng dụng tro trấu để cải tạo đất. Trong đó, tro trấu có thể được sử dụng để cải tạo một số tính chất của đất như giảm tính dẻo, giảm tính trương nở, co ngót (Adajar và nnk, 2019; Alhassan, 2008; Okafor và Okonkwo, 2009; Sarkar và nnk., 2012). Tuy nhiên, việc chỉ sử dụng tro trấu sẽ không có hiệu quả cao trong việc nâng cao cường độ, độ bền của đất. Để nâng cao hiệu quả của tro trấu trong việc cải tạo đất, đặc biệt là về cường độ, tro trấu thường được sử dụng kết hợp với vôi hoặc xi măng, hoặc cả vôi và xi măng. Trong đó, việc sử dụng tro trấu kết hợp với xi măng trong cải tạo đất đã được nghiên cứu từ những năm 1980. Rahman (1987) đã sử dụng tro trấu kết hợp với xi măng từ 3 đến 9% để cải tạo đất laterit làm lớp móng đường. Kết quả nghiên cứu cho thấy, giá trị cường độ kháng nén 1 trục UCS và chỉ số CBR đạt giá trị lớn nhất khi sử dụng 12% tro trấu kết hợp với xi măng (Hình 2). Tuy nhiên, khi tăng hàm lượng tro trấu sẽ dẫn tới làm tăng độ ẩm đầm chặt tối ưu (OMC) và giảm khối lượng thể tích khô lớn nhất (MDD). Vì vậy, trên quan điểm kinh tế và kỹ thuật, Rahman đã đề nghị rằng hỗn hợp 6% tro trấu và 3% xi măng có thể được sử dụng để trộn với đất làm lớp móng dưới; 6% tro trấu và 6% xi măng phù hợp để trộn với đất làm lớp móng trên. Nghiên cứu của Alhassan và Mustapha (2007) trên đất laterit cũng cho thấy hàm lượng tro trấu tăng sẽ làm tăng giá trị OMC và giảm giá trị MDD. Về mặt cải thiện cường độ chỉ tiêu UCS và CBR của hỗn hợp đất - xi măng - tro trấu đạt giá trị lớn nhất khi hàm lượng tro trấu từ 4 đến 6%.

Ali và nnk (1992) đã nghiên cứu sử dụng tro trấu kết hợp xi măng để cải tạo đất tàn tích phong hóa từ đá granit làm vật liệu đắp ở Malaysia. Trong nghiên cứu này, hàm lượng xi măng sử dụng từ 3 đến 9%, hàm lượng tro trấu từ 0 đến 18%. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cường độ kháng nén 1 trục



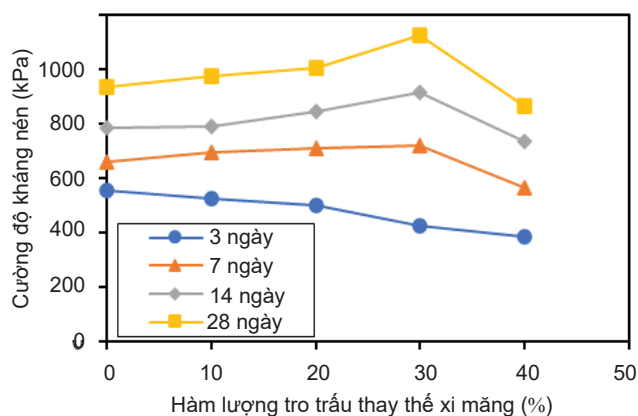
Hình 2. Cường độ kháng nén của hỗn hợp đất - xi măng - tro trấu ở 28 ngày tuổi (Rahman, 1987)

đạt giá trị lớn nhất khi sử dụng 6% tro trấu, khi hàm lượng tro trấu lớn hơn 6%, giá trị UCS giảm dần. Tuy nhiên, khi hàm lượng tro trấu tăng dần thì giá trị OMC tăng dần, giá trị MDD giảm dần. Cũng với mục đích cải tạo đất tàn tích làm vật liệu đắp bằng việc sử dụng kết hợp xi măng và tro trấu, nghiên cứu của Basha và nnk (2005) cho thấy tro trấu có khả năng cải thiện đáng kể tính dẻo của đất, đặc biệt với hàm lượng tro trấu từ 10 - 15%. Ngoài ra, với hàm lượng xi măng từ 6 - 8%, tính dẻo của đất cũng được cải thiện đáng kể. Về khả năng đầm chặt, khi tăng hàm lượng tro trấu sẽ làm tăng giá trị OMC và giảm giá trị MDD. Chỉ số CBR đạt giá trị lớn nhất và tăng đến 60% khi sử dụng 4% xi măng kết hợp với 5% tro trấu. Khi sử dụng 8% xi măng, chỉ số CBR đạt giá trị lớn nhất với 20% tro trấu (tăng 53%). Về mặt cường độ, hàm lượng tro trấu từ 15 đến 20% là phù hợp để tăng giá trị UCS của hỗn hợp đất - xi măng. Nhìn chung, hàm lượng xi măng từ 6 - 8%, tro trấu từ 15 - 20% là thích hợp để cải tạo đất tàn tích về mặt tính dẻo và cường độ.

Nghiên cứu của Anwar Hossain (2011) cho thấy hỗn hợp xi măng lò bụi (cement kiln dust-CKD) và tro trấu có thể sử dụng cải tạo đất loại sét yếu để xây nhà và nền đường ở khu vực nông thôn với chi phí xây dựng thấp. Theo đó, sự kết hợp của tro trấu với xi măng lò bụi từ 0 đến 20% có thể cải thiện đáng kể các chỉ tiêu cơ học như cường độ kháng nén, kháng kéo, mô đun đàn hồi, chỉ số CBR, và độ bền chống chịu nước. Tỷ lệ CKD/tro trấu càng lớn thì khả năng cải thiện cường độ và độ bền càng lớn. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng,

hỗn hợp đất - xi măng - tro trấu có chỉ số CBR lớn hơn 80% có thể được sử dụng để đúc thành khuôn phục vụ xây dựng nhà ở vùng nông thôn. Roy (2014) cũng đã nghiên cứu sử dụng hỗn hợp xi măng và tro trấu để cải tạo đất sét yếu làm vật liệu xây dựng đường và cho thấy hỗn hợp 10% tro trấu và 6% xi măng là phù hợp để nâng cao cường độ kháng nén UCS và chỉ số CBR.

Ngoài việc sử dụng tro trấu kết hợp với xi măng để cải tạo đất làm vật liệu đắp, móng đường hoặc xây dựng nhà, tro trấu cũng có thể được sử dụng để thay thế một phần xi măng trong cải tạo nền đất yếu bằng phương pháp trộn sâu. Nghiên cứu của Yoobanpot và Jamsawang (2014) đã đánh giá cường độ kháng nén và sự phát triển của cường độ kháng nén bằng việc sử dụng tro trấu để thay thế một phần xi măng với hàm lượng từ 10 đến 40%. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng ở 7 đến 28 ngày tuổi, với hàm lượng thay thế xi măng từ 10 đến 30%, cường độ kháng nén tăng dần và khi hàm lượng thay thế xi măng lớn hơn 30% cường độ kháng nén giảm. Cường độ kháng nén của hỗn hợp đạt giá trị lớn nhất khi thay thế 30% xi măng bằng tro trấu và ở 28 ngày tuổi, nó tăng khoảng 20% so với chỉ sử dụng xi măng. Ngược lại, ở 3 ngày tuổi, cường độ kháng nén của hỗn hợp đất - xi măng - tro trấu nhỏ hơn cường độ của hỗn hợp đất - xi măng và có xu hướng giảm khi hàm lượng tro trấu tăng (Hình 3). Điều này chứng tỏ sự có mặt của tro trấu đã làm chậm sự phát triển cường độ kháng nén ở thời kỳ đầu, đặc biệt ở thời gian bảo dưỡng nhỏ hơn 3 ngày. Kết quả



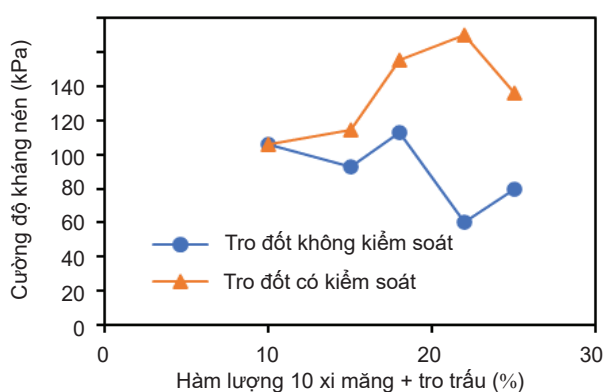
Hình 3. Cường độ kháng nén của hỗn hợp đất-xi măng-tro trấu (Yoobanpot và Jamsawang, 2014)

của nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng sự phát triển cường độ kháng nén theo thời gian và ảnh hưởng của tro trấu đến sự gia tăng cường độ là do sự hình thành các sản phẩm kết dính như CSH (Calcium Silicate Hydrate) và CH (Calcium Hydroxide).

Gần đây, Jongpradist và nnk (2018) đã sử dụng kết hợp tro trấu với xi măng để nâng cao cường độ của hỗn hợp đất - xi măng trong cải tạo đất bằng phương pháp trộn sâu đất - xi măng. Nhóm tác giả đã sử dụng hàm lượng tro trấu từ 5 đến 35% kết hợp với hàm lượng xi măng từ 10 đến 30% và chế bị mẫu ở các độ ẩm khác nhau từ 130% đến 200%. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng tro trấu có thể làm tăng cường độ của hỗn hợp đất - xi măng lên đến hơn 100% tùy thuộc vào tỷ lệ trộn và độ ẩm. Ở tất cả các tỷ lệ trộn, cường độ kháng nén sẽ giảm khi độ ẩm mẫu ban đầu tăng. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng nếu hàm lượng xi măng từ 20% trở lên thì việc sử dụng 35% tro trấu vẫn có thể làm tăng cường độ kháng nén của hỗn hợp đất - xi măng. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả cũng đã so sánh hiệu quả của việc sử dụng tro trấu và tro bay kết hợp với xi măng và chỉ ra rằng tro trấu sẽ hiệu quả hơn tro bay khi hàm lượng tro trấu sử dụng lớn hơn 15%. Điều này chứng tỏ tro trấu phù hợp hơn trong việc nâng cao cường độ của hỗn hợp đất - xi măng so với tro bay.

Tại Việt Nam, trong lĩnh vực cải tạo đất yếu, nền đất yếu, việc sử dụng tro trấu kết hợp với vôi, xi măng còn hạn chế. Nghiên cứu của Nguyễn và Đỗ (2008) về kết hợp phụ gia tro trấu với vôi và xi măng trong cải tạo đất sét pha amQ_2^{2-3} ở Cần Thơ dựa trên việc phân tích cường độ kháng nén một trục và mô đun đàn hồi của các mẫu: Đ (đất) + 5%XM (xi măng) + 5%T (tro trấu); Đ + 7%XM; Đ + 7%XM + 5%T + 2%V (vôi) cho thấy, hàm lượng Đ + 7%XM + 5%T + 2%V có hiệu quả cao nhất cả về cường độ kháng nén một trục và mô đun đàn hồi. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, số lượng tổ hợp mẫu còn hạn chế, kết quả nghiên cứu chưa phân tích được ảnh hưởng của tro trấu đến sự phát triển cường độ của hỗn hợp đất - xi măng - vôi theo thời gian. Phạm và Tran (2020) đã nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện đốt tro trấu đến khả năng gia cố, cải tạo đất sét pha yếu ở ngoại thành Hà Nội bằng phương pháp trộn vôi.

Kết quả nghiên cứu cho thấy điều kiện đốt có thể ảnh hưởng đến hoạt độ pozzolan của tro trấu. Trong điều kiện đốt đơn giản (không kiểm soát nhiệt độ) hoạt độ pozzolan thấp, tuy nhiên khi kết hợp với vôi vẫn có khả năng nâng cao cường độ của đất. Nghiên cứu của Nguyen và Nu (2020) cho thấy tro trấu thu được từ đốt vỏ trấu trong điều kiện kiểm soát nhiệt độ và thời gian đốt khi kết hợp với xi măng có khả năng cường độ của đất cao hơn so với tro trấu thu được từ đốt vỏ trấu ngoài không khí (không kiểm soát nhiệt độ và thời gian đốt). Theo đó, với 12% tro trấu đốt có kiểm soát khi trộn vào hỗn hợp đất +10% xi măng có thể nâng cao cường độ kháng nén đến hơn 50% (Hình 4).



Hình 4. Cường độ kháng nén của hỗn hợp đất - xi măng - tro trấu ở 28 ngày tuổi (Nguyen và Nu, 2020)

Từ các nghiên cứu trên cho thấy, tro trấu khi kết hợp với vôi hoặc xi măng có hiệu quả rất lớn trong cải tạo, xử lý đất yếu, nền đất yếu và đã được ứng dụng ở một số nước trên thế giới. Tại Việt Nam, vùng ĐBSCL có nguồn tro trấu rất dồi dào; đất yếu có bề dày lớn và phân bố rộng. Theo Vũ (2018), vùng ĐBSCL được hình thành bởi các trầm tích trẻ có tuổi Holocen phân bố hầu khắp trong vùng, có chiều dày lớn, phân bố đen xen, đặc biệt là các khu vực cửa sông, ven biển. Hơn nữa, nhu cầu về vật liệu đắp và xây dựng các công trình, đặc biệt là đường giao thông trong những năm tới ở vùng này rất lớn. Theo quy hoạch được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt, vùng ĐBSCL sẽ hình thành tuyến cao tốc Bắc - Nam phía Đông và phía Tây cùng với 3 tuyến cao tốc khu vực phía Nam (Bạc Liêu - Rạch Giá - Hà Tiên, Cần Thơ

- Cà Mau và Châu Đốc - Cần Thơ - Sóc Trăng) với tổng chiều dài gần 1000 km (<https://nhandan.vn/tin-tuc-xa-hoi/dieu-chinh-quy-hoach-cac-tuyen-cao-toc-vung-dong-bang-song-cuu-long-637911/>). Một trong những biện pháp xử lý, gia cố nền đất yếu khi xây dựng các công trình ở vùng ĐBSCL hay được sử dụng là cọc đất - xi măng. Tuy nhiên, hàm lượng hữu cơ lớn và độ pH thấp của đất ở vùng này ảnh hưởng rất nhiều đến chất lượng gia cố nền bằng cọc đất - xi măng. Ngoài ra, đất yếu ở vùng ĐBSCL thường nhiễm muối, nhiễm phèn nên cũng ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng gia cố nền. Do đó, việc gia cố nền bằng cọc đất - xi măng ở vùng này nên sử dụng kết hợp với các phụ gia như Rovo, thủy tinh lỏng để nâng cao hiệu quả gia cố, xử lý nền (Vũ, 2018). Ngoài các phụ gia như Rovo, thủy tinh lỏng, kết quả nghiên cứu của Jongpradist và nnk (2018), Duong và Nu (2020) cho thấy, tro trấu có thể nâng cao đáng kể cường độ kháng nén của hỗn hợp đất-xi măng. Chính vì vậy, tro trấu có rất nhiều tiềm năng để ứng dụng trong cải tạo, xử lý đất yếu, nền đất yếu ở vùng này. Tro trấu kết hợp với vôi hoặc xi măng có thể được sử dụng theo 2 hướng: 1) Cải tạo đất yếu (sét dẻo chảy, chảy, bùn) làm vật liệu xây dựng để đắp nền đường, đắp đê; 2) Cải tạo nền đất yếu bằng các phương pháp như cọc đất - xi măng - tro trấu, cọc đất - vôi - tro trấu để làm nền cho các công trình xây dựng như đường giao thông, nhà xưởng, nhà máy... Ngoài ra, tro trấu có thể dùng để thay thế một phần xi măng trong cải tạo, xử lý nền đất yếu bằng cọc đất - xi măng. Việc sử dụng kết hợp tro trấu với vôi hoặc xi măng trong cải tạo, xử lý đất yếu, nền đất yếu sẽ góp phần tận dụng nguồn tro trấu dư thừa, giúp giảm ô nhiễm môi trường và đồng thời có thể giúp giảm lượng dùng xi măng trong cải tạo, xử lý đất yếu, nền đất yếu và giảm giá thành xây dựng công trình.

5. KẾT LUẬN

Kết quả tổng hợp và nghiên cứu rút ra một số kết luận sau:

Lượng tro trấu ở vùng ĐBSCL rất lớn có thể lên đến 0.9 triệu tấn/năm, chiếm hơn 50% lượng

tro trấu cả nước và việc tận dụng nguồn tro trấu này trong lĩnh vực xây dựng như cải tạo đất yếu, nền đất yếu vẫn còn hạn chế.

Tro trấu thường nhẹ, xốp và dễ gây ô nhiễm môi trường nước, không khí. Tuy nhiên, tro trấu có hàm lượng SiO_2 lớn và có khả năng kết hợp với vôi hoặc xi măng để cải tạo, nâng cao các tính chất xây dựng của đất yếu, nền đất yếu. Hiện nay, nhu cầu về vật liệu đắp cũng như cải tạo nền đất yếu ở vùng ĐBSCL rất lớn. Chính vì vậy, việc sử dụng tro trấu kết hợp với vôi hoặc xi măng để cải tạo đất yếu làm vật liệu đắp, cải tạo nền đất yếu làm nền cho các công trình xây dựng có tiềm năng rất lớn.

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Adajar, M. N. Q., Aquino, C. J. P., dela Cruz II, J. D., Martin, C. P. H. và Urieta, D. K. G., Investigating the effectiveness of rice husk ash as stabilizing agent of expansive soil. *International Journal of GEOMATE* 16, 33–40, 2019.
- [2] Alhassan, M., Potentials of Rice Husk Ash for Soil Stabilization. *Tech. Rep. 5*, 2008.
- [3] Alhassan, M., Mustapha, A.M., Effect of rice husk ash on cement stabilized laterite. *Leonardo Electron. J. Pract. Technol.* 11, 47–58, 2007.
- [4] Ali, F.H., Adnan, A., Choy, C.K., Geotechnical properties of a chemically stabilized soil from Malaysia with rice husk ash as an additive. *Geotech. Geol. Eng.* 10, 117–134, 1992.
- [5] Antiohos, S.K., Papadakis, V.G., Tsimas, S., Rice husk ash (RHA) effectiveness in cement and concrete as a function of reactive silica and fineness. *Cem. Concr. Res.* 61, 20–27, 2014.
- [6] Anwar Hossain, K.M., Stabilized soils incorporating combinations of rice husk ash and cement kiln dust. *J. Mater. Civ. Eng.* 23, 1320–1327, 2011.
- [7] ASTM, C618., Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete, in: American Society of Testing and Materials. West Conshohocken Pennsylvania, USA, 2008.
- [8] Basha, E.A., Hashim, R., Mahmud, H.B., Muntohar, A.S., Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement. *Constr. Build. Mater.* 19, 448–453, 2005.
- [9] Behak, L., Soil Stabilization with Rice Husk Ash. Chapter 3 in *Rice-Technology and Production*, 2017.
- [10] Boateng, A.A., Skeete, D.A., Incineration of rice hull for use as a cementitious material: The Guyana experience. *Cem. Concr. Res.* 20, 795–802, 1990.
- [11] Fapohunda, C., Akinbile, B., Shittu, A., Structure and properties of mortar and concrete with rice husk ash as partial replacement of ordinary Portland cement—A review. *Int. J. Sustain. Built Environ.* 6, 675–692, 2017.
- [12] Houston, D.F., Rice hulls. In: *Rice: Chemistry and Technology* [WWW Document]. URL https://books.google.com.vn/books/about/Rice.html?id=QcxnQgAACAAJ&redir_esc=y, 1972
- [13] <https://canhotv.vn/viet-nam-lan-dau-co-nha-may-nhiet-dien-dot-bang-vo-trau/>.
<https://nhandan.vn/tin-tuc-xa-hoi/>.
- [14] <https://tuoitre.vn/do-tro-trau-xuong-song-549781.htm>.
- [15] <https://nhandan.vn/tin-tuc-xa-hoi/dieu-chinh-quy-hoach-cac-tuyen-cao-toc-vung-dong-bang-song-cuu-long-637911/>.
- [16] Jongpradist, P., Homtragoon, W., Sukkarak, R., Kongkitkul, W., Jamsawang, P., Efficiency of rice husk ash as cementitious material in high-strength cement-admixed clay. *Adv. Civ. Eng.* 2018.
- [17] Findings Prepared for the National Lime Association, 1999.
- [18] Nehdi, M., Duquette, J., El Damatty, A., Performance of rice husk ash produced using a new technology as a mineral admixture in concrete. *Cem. Concr. Res.* 33, 1203–1210, 2003.
- [19] Ngô, V. T., 2013. Nghiên cứu ảnh hưởng của tro trấu và phụ gia siêu dẻo tới tính chất của hồ, vữa và bê tông. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, No. 3+4.
- [20] Nguyen, D.T., Nguyen, N.T., Pham, H.N.T., Phung, H.H., Van Nguyen, H., Rice husk ash and its utilization in soil improvement: An overview. *J. Min. Earth Sci.* Vol 61, 1–11, 2020.
- [21] Nguyen, D.T., Nu, N.T., Effect of different types of rice husk ash on some geotechnical properties of cement-admixed soil. *Iraqi Geol. J.* 1–12, 2020.
- [22] Nguyễn, T. S, Lê, T. H., 2010. Bê tông cát sử dụng phụ gia tro trấu cho các vùng thiếu đá dăm. *Tạp chí GTVT*, 8/2010.

- [23] Nụ, N.T., Nghiên cứu đặc tính địa chất công trình của đất loại sét yếu am Q_2^{2-3} phân bố ở các tỉnh ven biển đồng bằng sông Cửu Long phục vụ xử lý nền đường. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mở - Địa chất, 2014.
- [24] Okafor, F.O., Okonkwo, U.N., Effects of rice husk ash on some geotechnical properties of lateritic soil. *Niger. J. Technol.* 28, 46–52, 2009.
- [25] Pham, V.P., Tran, T.V., Rice Husk Ash Burnt in Simple Conditions for Soil Stabilization, in: *Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development*. Springer, pp. 717–721, 2020.
- [26] Rahman, M.A., Effects of cement-rice husk ash mixtures on geotechnical properties of lateritic soils. *Soils Found.* 27, 61–65, 1987.
- [27] Roy, A., Soil stabilization using rice husk ash and cement. *Int. J. Civ. Eng. Res.* 5, 49–54, 2014.
- [28] Sarkar, G., Islam, M.R., lamgir, M., Rokonzaman, M., Interpretation of rice husk ash on geotechnical properties of cohesive soil. *Glob.J.Res. Eng.* 12, 2012.
- [29] Sekhar, D.C., Nayak, S., Preetham, H.K., Influence of granulated blast furnace slag and cement on the strength properties of lithomargic clay. *Indian Geotech. J.* 47, 384–392, 2017.
- [30] Sharma, A. K., Sivapullaiah, P. V., Ground granulated blast furnace slag amended fly ash as an expansive soil stabilizer. *Soils and Foundations*, 56(2), 205-2012, 2016.
- [31] Trần, H. B., Nghiên cứu vật liệu nano SiO₂ điều chế từ tro trấu và silica Fume làm phụ gia cho bê tông xi măng trong xây dựng đường ô tô khu vực miền Tây Nam Bộ. Luận văn tiến sĩ kỹ thuật, 2019.
- [32] Vũ, N. B., Nghiên cứu ảnh hưởng đặc tính xây dựng của đất loại sét yếu vùng đồng bằng sông Cửu Long đến chất lượng gia cố nền bằng xi măng kết hợp với phụ gia trong xây dựng công trình. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, 2018.
- [33] Yoobanpot, N., Jamsawang, P., Effect of cement replacement by rice husk ash on soft soil stabilization. *Kasetsart J.-Nat. Sci.* 48, 323–332, 2014.