

## ĐẶC ĐIỂM VẬT LÝ CỦA HỖN HỢP ĐẤT NẠO VẾT TRỘN TRO BAY

HUỶNH XUÂN THẾ, ĐỖ KIẾN TÀI, NGUYỄN NHẬT HUYỀN, NGUYỄN BÁ PHÚ\*

Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh,

\*Tác giả liên hệ: [nguyenbaphu@iuh.edu.vn](mailto:nguyenbaphu@iuh.edu.vn)

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstih.v71i5.4897>

**Tóm tắt.** Việt Nam là nước đang phát triển, do đó nhu cầu xây dựng và phát triển công nghiệp ngày một tăng. Vấn đề đang đối mặt hiện nay là (1) vật liệu đất đắp thông dụng (như cát, đất tốt) đang ngày một cạn kiệt và hạn chế khai thác do ảnh hưởng môi trường; (2) vật liệu phế thải từ các nhà máy nhiệt điện (ví dụ như tro bay) làm ảnh hưởng tới môi trường sống của con người; (3) vẫn chưa có phương án tái sử dụng nhằm giảm thiểu chi phí xây dựng và hạn chế tác động đến môi trường của đất nạo vét từ các công trình xây dựng. Việc nghiên cứu để tái sử dụng đất nạo vét là chủ đề rất được quan tâm trong và ngoài nước. Bài báo này có mục đích khảo sát đặc điểm vật lý của hỗn hợp đất nạo vét và tro bay. Kết quả nghiên cứu là khảo sát sự thay đổi đặc tính của từng vật liệu hỗn hợp tương ứng với các hàm lượng tro bay khác nhau trong hỗn hợp. Từ đó có thể đánh giá khả năng áp dụng trong công tác san lấp đất nạo vét từ vật liệu hỗn hợp.

**Từ khóa.** Đất nạo vét, tro bay, tính chất vật lý, bảo vệ môi trường

### 1 GIỚI THIỆU

Là một nước đang phát triển, nhu cầu sử dụng nhà ở và công trình giao thông ngày một tăng. Việc xây dựng trên nền đất yếu là một điều trở ngại lớn cả về kinh tế lẫn thi công. Như những đề xuất và thực thi trước kia thì để xây dựng trên nền đất yếu phải thay thế đất bằng vật liệu cứng như đá dăm, hoặc trộn vữa với đất yếu. Các biện pháp này nhìn chung chi phí rất cao. Vì thế phải có phương pháp xây dựng cải thiện đất yếu nhằm tạo ra môi trường xây dựng ổn định và tiện lợi hơn. Từ đó, nhóm nghiên cứu đã triển khai ý tưởng sử dụng vật liệu tro bay trong đất yếu để cải thiện đặc điểm cơ lý của nó.

Đất nạo vét được dùng trong nghiên cứu là đất yếu được hiểu là các loại đất có sức chống cắt nhỏ và tính biến dạng (nén lún) lớn [1]. Dấu hiệu nhận biết đất yếu dựa vào các chỉ tiêu vật lý sau: Dung trọng tự nhiên nhỏ  $\gamma_{sat} \leq 17$  (kN/m<sup>3</sup>), độ ẩm  $W \geq 50\%$ , độ sệt lớn  $B > 1$ , hệ số rỗng  $e_0 > 1$  [1, 5].

Tro bay là phần được phân loại mịn trong quá trình đốt cháy than nghiền thành bột, nó là vật liệu bị bỏ đi và rất nhiều trong các nhà máy nhiệt điện. Tro bay gồm có hai loại: một là tro bay loại F có chứa ít hơn 10% vôi (CaO) của hỗn hợp, trong thành phần của nó có thêm sắt oxit, silica thủy tinh (silic oxit), nhôm oxit và natri silicat (thủy tinh nước), hai là tro bay loại C thường có chứa hơn 10% vôi (CaO). Các hạt tro bay có dạng hình cầu, kích thước dao động từ 0.05  $\mu$ m đến 100  $\mu$ m [2-3] (TCVN 10302:2014).

Việc sử dụng tro bay trong đất yếu sẽ dẫn đến thay đổi cường độ thay đổi đáng kể. Thứ nhất, việc xây dựng công trình cầu đường sẽ không tránh khỏi các trường hợp xây dựng trên khu vực đất bị nhiễm phèn, loại đất này sẽ ngập úng vào mùa mưa và rạn nứt vào mùa khô, không thể lu lèn, đầm chặt với loại đất này. Nên nó sẽ thuộc nhóm đất nạo vét. Loại đất này chứa các ion âm  $SO_4^{2-}$  và tro bay chứa ion dương  $Ca^{2+}$  phản ứng, khử axit tạo thành muối mới và nước, làm cho đất màu mỡ hơn, có công thức hóa học  $Ca^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow CaSO_4$  [4]. Thứ hai, trong thành phần của tro bay có chứa hàm lượng CaO [2] khi gặp nước sẽ sinh ra phản ứng tạo thành chất kết tủa (có tính kiềm, là một trong những chất có trong bê tông) giúp cho sự liên kết giữa đất được chặt hơn [4]. Thứ ba, Murat [2] nhận định trong thành phần của tro bay có chứa các ion kim loại có trọng lượng riêng lớn, đồng thời các hạt rất mịn, dễ dàng len lỏi vào những khoảng trống trong đất, làm tăng trọng lượng thể tích cho đất.

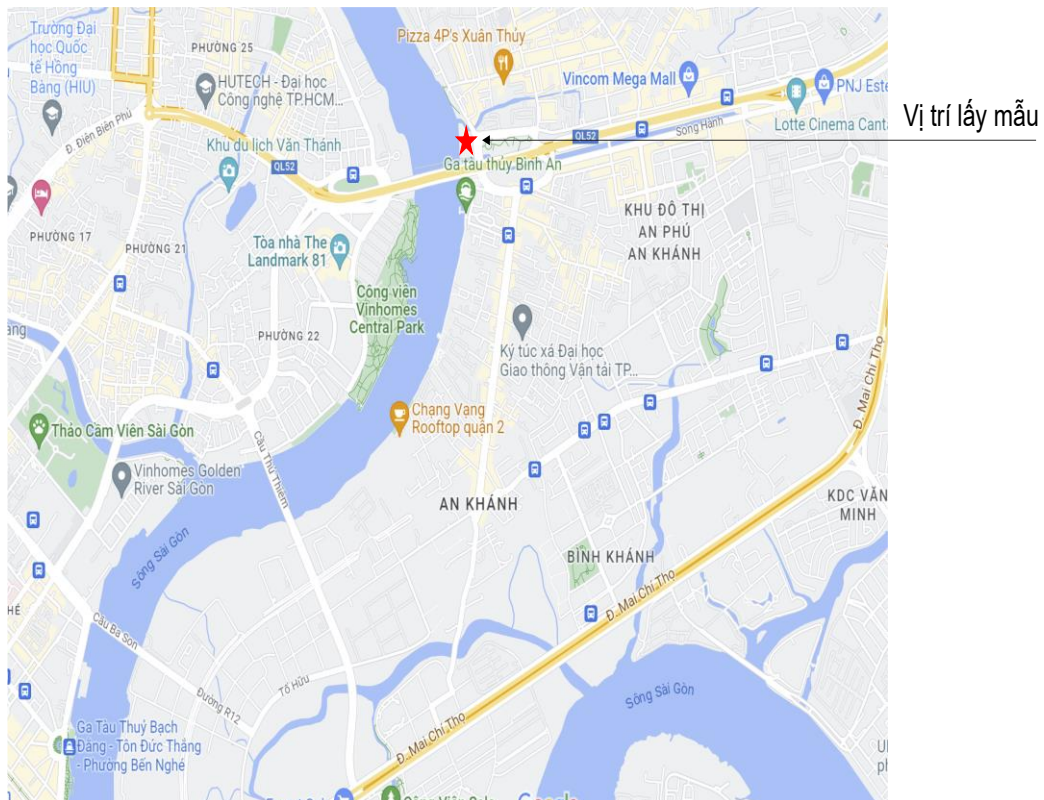
Chính vì những đặc điểm trên đã thúc đẩy nhóm nghiên cứu thực hiện khảo sát và so sánh đặc điểm vật lý của hỗn hợp đất nạo vét kết hợp tro bay với đất nạo vét qua các thí nghiệm. Vật liệu tro bay trong đất yếu theo từng cấp phối khác nhau (theo phần trăm khối lượng tro bay/đất nạo vét). Từ đó, nhóm nghiên cứu sẽ chỉ ra ảnh hưởng của tro bay đến sự thay đổi đặc điểm vật lý của hỗn hợp.

## ĐẶC ĐIỂM VẬT LÝ CỦA HỖN HỢP ĐẤT NẠO VẾT TRỘN TRO BAY

### 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### 2.1 Thiết kế thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, đất nạo vét được thu thập ở gần khu vực Cầu Sài Gòn 1 tại đầu đường Quốc Hương, Thảo Điền, Quận 2 (vị trí nơi lấy mẫu như Hình 1), dựa vào nhận định lớp đất yếu của các tài liệu tham khảo [1], tiến hành lấy mẫu tại vị trí lớp đất sâu khoảng 2.5 m so với mặt đất tự nhiên, đất được lấy lên bằng máy đào. Sau khi mẫu đất đưa về phòng thí nghiệm, đất sẽ được sàng lọc loại tạp chất, kích cỡ hạt lớn nhất là 2 mm (thu được sau khi sử dụng rây sàng).



Hình 1: Vị trí lấy mẫu thuộc khu vực cầu Sài Gòn 1, Quận 2

Tro bay tro bay sử dụng trong thí nghiệm này là tro bay loại C có thành phần CaO >10%, loại mịn với đường kính dao động từ 0.05  $\mu\text{m}$  đến 100  $\mu\text{m}$ , độ ẩm W% = 0% (khô hoàn toàn) được lấy từ nhà máy nhiệt điện Duyên Hải, địa chỉ tại Ấp Mù U, xã Dân Thành, Thị xã Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh. Vật liệu thí nghiệm được tập kết và được tiến hành thí nghiệm từ phòng thí nghiệm Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công Nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh. Hình dạng đất và tro bay trong phòng thí nghiệm thể hiện như Hình 2.



a. Đất nạo vét ban đầu



b. Tro bay lấy từ nhà máy nhiệt điện

Hình 2: Vật liệu thí nghiệm: đất nạo vét và tro bay

Để thí nghiệm ảnh hưởng của tro bay đến tính chất vật lý của mẫu đất, nhóm nghiên cứu thực hiện các thí nghiệm đo các chỉ tiêu vật lý cho các mẫu đất để so sánh các tính chất cơ lý của các mẫu thí nghiệm. Các mô hình thí nghiệm để so sánh bao gồm: (1) Mô hình mẫu đất đồng nhất, (2) Mô hình mẫu đất chứa 5% hàm lượng tro bay, (3) Mô hình mẫu đất chứa 10% hàm lượng tro bay, (4) Mô hình mẫu đất chứa 20% hàm lượng tro bay. Để thu được kết quả tốt nhất, nhóm thiết lập ra các yêu cầu như sau:

+ Hỗn hợp đất và tro bay phải được trộn đều và bảo quản cẩn thận. Sau khi nhóm nghiên cứu đã chuẩn bị đầy đủ các vật liệu và dụng cụ để thiết kế mẫu, bắt đầu tiến hành trộn đất và tro bay theo từng cấp phối. Dụng cụ và vật liệu chủ yếu ở đây gồm có máy trộn, tro bay, đất nạo vét sau khi được sàng lọc. Vì để hỗn hợp được trộn đều nhất có thể, nhóm nghiên cứu sẽ chia thành hai giai đoạn trộn, mỗi giai đoạn sẽ cho 50% khối lượng (khối lượng giữa đất và tro bay theo từng cấp phối trong Bảng 1). Đất yếu được trộn với độ ẩm 49.96%, tro bay được trộn ở trạng thái khô với giả thiết tro bay khô hoàn toàn.

+ Các mẫu thí nghiệm phải được thí nghiệm chung một quy trình. Việc thiết kế mẫu gồm có bốn cấp phối nên sẽ có sự phân chia giữa đất và tro bay với khối lượng khác nhau. Nhưng tổng khối lượng của hỗn hợp là đồng đều nhau, ở đây nhóm nghiên cứu khảo sát được khối lượng hỗn hợp cho vào ống mẫu là 1900 (g). Vì trong quá trình trộn đất sẽ bị hao hụt hỗn hợp do vật liệu bám lên thành của máy trộn, nên nhóm nghiên cứu đã tăng khối lượng hỗn hợp ban đầu lên 2000 (g), sau khi trộn xong ta chỉ cần lấy 1900 (g) hỗn hợp, như thế vẫn đảm bảo được tỷ lệ giữa đất và tro bay.

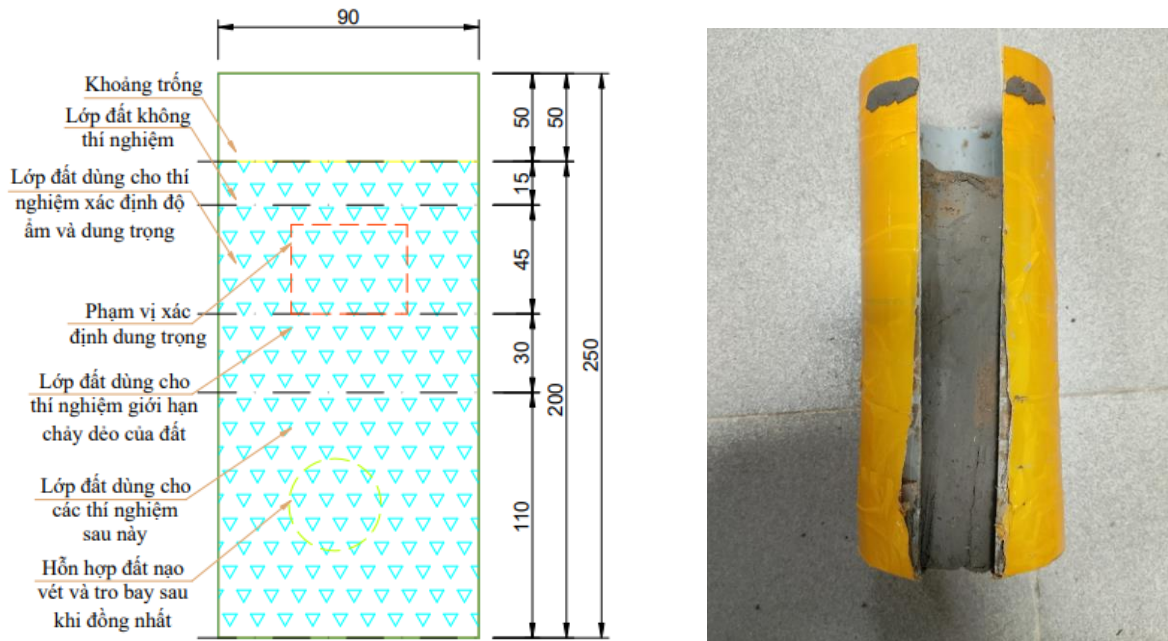
+ Sử dụng cân điện tử OHAUS RANGER-2000(R21PE) có độ sai số 0.1 (g) tương ứng mức cân 3000 (g) dùng để cân khối lượng tro bay hay đất yếu. Vệ sinh sạch sẽ mặt trên của bàn cân, đặt khay chứa vật liệu lên bàn cân và điều chỉnh giá trị khối lượng của cân về mức 0.000 (g). Tiến hành cho vật liệu lên khay chứa vật liệu để thực hiện cân lấy khối lượng. Từ các tiêu chí trên, nhóm nghiên cứu thiết kế được bốn mẫu thí nghiệm với các chi tiết được mô tả ở Bảng 1.

Bảng 1: Thành phần tro bay và đất trong hỗn hợp theo từng cấp phối

Mẫu thí nghiệm	0%	5%	10%	20%
Khối lượng đất (g)	2000	1900	1800	1600
Khối lượng tro bay (g)	0	100	200	400

Mẫu thí nghiệm được bảo quản cẩn thận. Mẫu sau khi trộn được cho vào ống đựng mẫu, sử dụng vật liệu cling film bịt hai đầu ống mẫu nhằm ngăn chặn sự thất thoát hơi nước của hỗn hợp. Ống mẫu được bảo quản kín trong phòng thí nghiệm với nhiệt độ phòng là 24<sup>0</sup>C. Để đạt được kết quả chính xác nhất, trong Hình 3 đã thể hiện từng vị trí lớp đất để dùng cho mỗi thí nghiệm trên mỗi cấp phối.

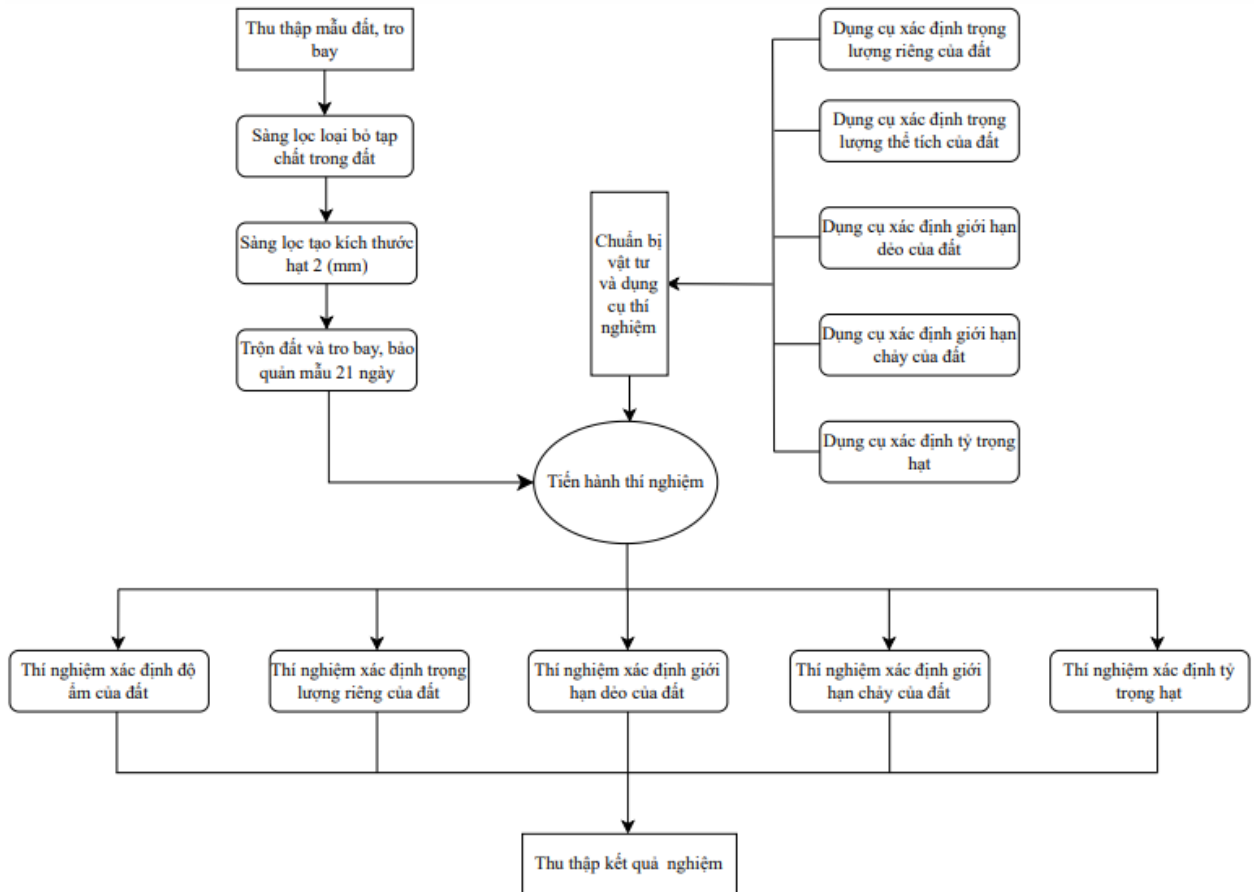
## ĐẶC ĐIỂM VẬT LÝ CỦA HỖN HỢP ĐẤT NẠO VẾT TRỘN TRO BAY



Hình 3: Chi tiết vị trí thí nghiệm và mẫu đất sau khi ủ

### 2.2 Trình tự thí nghiệm

Để tránh có sự chênh lệch kết quả, nhóm nghiên cứu đã lên ý tưởng trình tự thí nghiệm trên Hình 4. Các mẫu được thí nghiệm đồng thời trong một ngày, tránh trường hợp thí nghiệm các hỗn hợp không đồng nhất về thời gian (thời gian thí nghiệm chênh lệch lớn, ví dụ ngày trước tiên hành làm 2 mẫu đến hôm sau làm 2 mẫu còn lại), dẫn đến các mẫu thí nghiệm sau cùng sẽ khác tính chất vật lý so với thời điểm thí nghiệm các mẫu trước đó và kết quả sau cùng sẽ không chính xác. Đồng thời cứ sau mỗi lần thí nghiệm xong, nhóm nghiên cứu lập tức cân khối lượng sau cùng (đối với các thí nghiệm cần đem đi sấy khô) rồi đi sấy, việc làm này tránh trường hợp có vật liệu khác rơi vào như vậy sẽ ảnh hưởng đến kết quả. Để kết quả không bị sai lệch, nhóm nghiên cứu tiến hành lấy đất bằng cách tách ống mẫu ra sau đó dùng dao cắt đất để lấy đất ra ngoài.



Hình 4: Sơ đồ thiết kế, trình tự thí nghiệm của mẫu

Các thí nghiệm được tiến hành tuần tự, đầu tiên là thí nghiệm xác định độ ẩm của hỗn hợp dựa trên cơ sở TCVN 4196 - 2012, sau đó là xác định trọng lượng thể tích của hỗn hợp dựa trên cơ sở TCVN 4202-2012, tiếp đến là thí nghiệm xác định giới hạn chảy, dẻo của hỗn hợp dựa trên cơ sở TCVN 4197 – 2012 và cuối cùng là thí nghiệm xác định tỷ trọng của hạt dựa trên cơ sở TCVN 4195 – 2012, tất cả những tiêu chuẩn này được phát hành bởi Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng – Bộ Xây dựng.

Để thu thập được kết quả chính xác, nhóm nghiên cứu đã tiến hành quy trình lấy mẫu để thí nghiệm dựa trên Hình 3. Tại mỗi vị trí lớp đất trong hỗn hợp được chứa trong ống mẫu đều sẽ có mỗi đặc điểm vật lý khác nhau, vì thế không thể lấy mẫu đất tại một vị trí bất kì của hỗn hợp trong ống mẫu để tiến hành thí nghiệm, mà phải lấy mẫu đúng như trình tự trên Hình 3. Như thế mới đảm bảo được tính khảo sát và so sánh giữa các cấp phối (0% - 5% - 10% - 20%).

### 3 KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1 Chỉ tiêu vật lý trung bình của các mẫu thí nghiệm

Bảng 2 trình bày kết quả thí nghiệm của từng ống mẫu cấp phối lần lượt 0% - 5% - 10% - 20%.

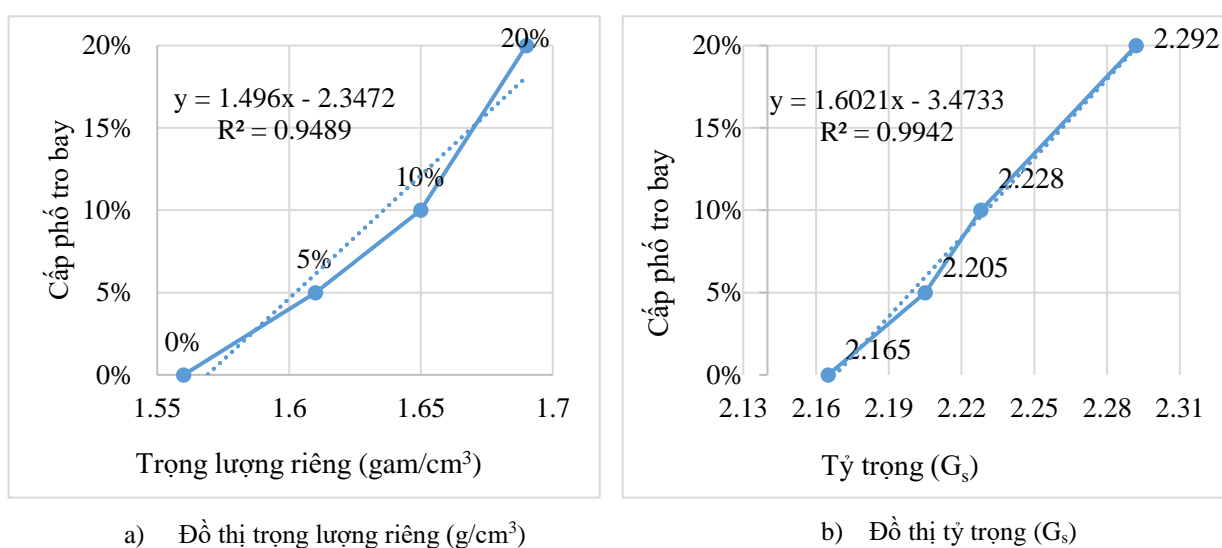
## ĐẶC ĐIỂM VẬT LÝ CỦA HỖN HỢP ĐẤT NẠO VẾT TRỘN TRO BAY

Bảng 2: Tính chất vật lý của mẫu đất đất cấp phối 0% - 5% - 10% - 20%

Số thứ tự	Cấp phối	Trọng lượng riêng ( $g/cm^3$ )	Độ ẩm $W(\%)$	Giới hạn dẻo $W_L(\%)$	Giới hạn chảy $w_L(\%)$	Tỷ trọng $G_s$
1	0%	1.56	49.96	31.07	53.36	2.165
2	5%	1.61	45.72	28.01	51.02	2.205
3	10%	1.65	43.23	25.39	46.44	2.228
4	20%	1.69	36.58	23.07	42.92	2.292

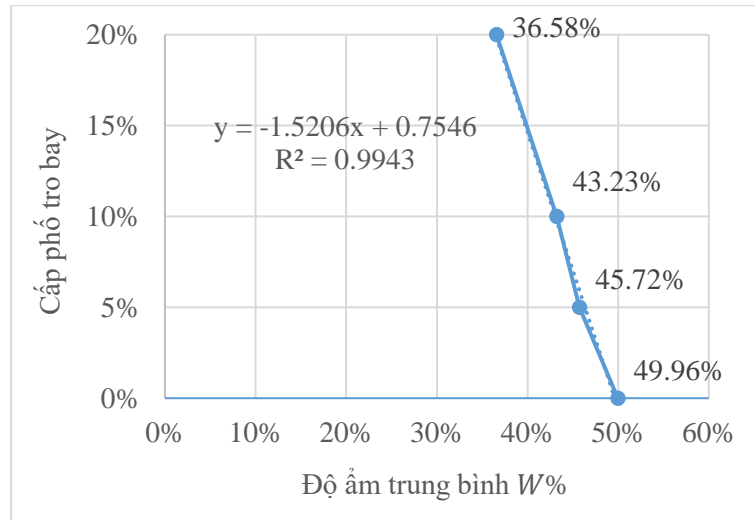
### 3. 2 Thiết lập đồ thị và so sánh chỉ tiêu vật lý trung bình

Từ Bảng 2, thiết lập đồ thị chỉ tiêu vật lý trung bình của mẫu hỗn hợp cấp phối 0% - 5% - 10% - 20%. Trong Hình 5, nhóm nghiên cứu nhận thấy đồ thị dung trọng riêng và tỷ trọng riêng ( $G_s$ ) có xu hướng tăng lên, điều đó nói lên trong các hạt đất có nhiều lỗ rỗng, do đó khi có sự kết hợp với tro bay (tro bay là loại vật liệu mịn dạng hình cầu, kích thước khoảng 0.05  $\mu m$  đến 100  $\mu m$ ) thì chúng sẽ len lỏi vào các khoảng trống trong đất, dẫn đến cùng một thể tích nhưng khối lượng của các cấp phối lại khác nhau [2, 6]. Ở thí nghiệm này, nhóm nghiên cứu dừng lại cấp phối 20% và thu được giá trị trọng lượng riêng là lớn nhất. Cũng không phải vì thế mà ta tiếp tục tăng thêm tro bay, để đảm bảo mẫu có tốt hơn hay không ta cần xét tiếp thêm các tính chất vật lý bên dưới.



Hình 5: Đồ thị trọng lượng riêng và tỷ trọng của hỗn hợp

Trong Hình 6, nhóm nghiên cứu nhận thấy đồ thị độ ẩm trung bình của các cấp phối có xu hướng giảm xuống. Bởi vì (1) tro bay là các hạt loại mịn, hút nước, và hầu như khô hoàn toàn ( $W\% = 0\%$ ). Nên khi cho tro bay vào hỗn hợp thì nó lập tức cân bằng với độ ẩm trong đất yếu, đồng thời (2) cấp phối tăng thì khối lượng tro bay sẽ tăng, ngược lại khối lượng đất yếu sẽ giảm xuống để đảm bảo tỷ lệ trong Bảng 1 (đất yếu chứa nước, khi khối lượng đất yếu giảm thì khối lượng nước trong đất sẽ giảm theo). Cả hai yếu tố này sẽ làm cho hỗn hợp có thành phần tro bay cao hơn sẽ có độ ẩm thấp hơn.

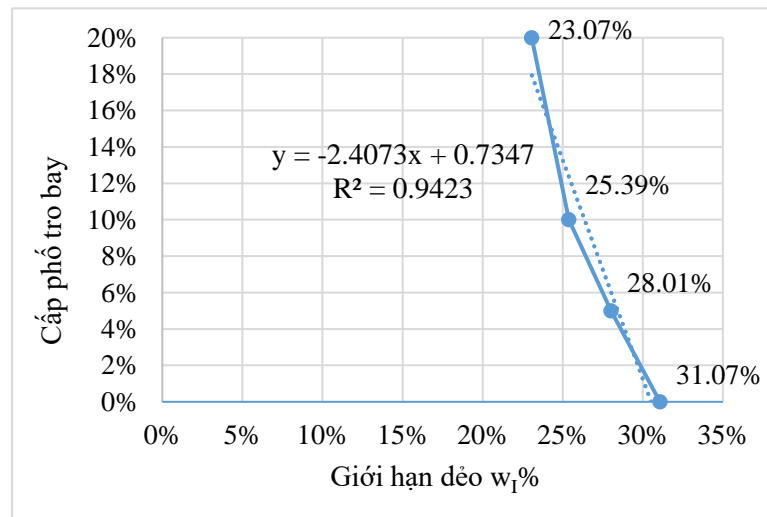


Hình 6: Đồ thị độ ẩm W%

Trong Hình 7, nhóm nghiên cứu nhận thấy giới hạn dẻo trung bình của các cấp phối có xu hướng giảm dần. Trong TCVN: 4197 – 2012 đã thiết lập công thức xác định giới hạn dẻo ( $w_1$  %) như sau:

$$w_1\% = \frac{m_1}{m_2} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó:  $m_1$  là khối lượng nước bay hơi sau khi sấy khô hoàn toàn,  $m_2$  là khối lượng đất sau khi sấy khô. Dựa vào kết quả của Hình 6, nhận thấy khi hàm lượng tro bay càng lớn thì độ ẩm trong hỗn hợp càng giảm, điều này sẽ xảy ra tương tự đối với giới hạn dẻo. Nhóm nghiên cứu lấy khối lượng hỗn hợp sau khi lần đất đạt đến trạng thái giới hạn dẻo là 10 (g) đối với bốn hỗn hợp, vì hỗn hợp có tro bay càng nhiều thì độ ẩm càng thấp, áp dụng công thức (1) thu được kết quả tại Hình 7.



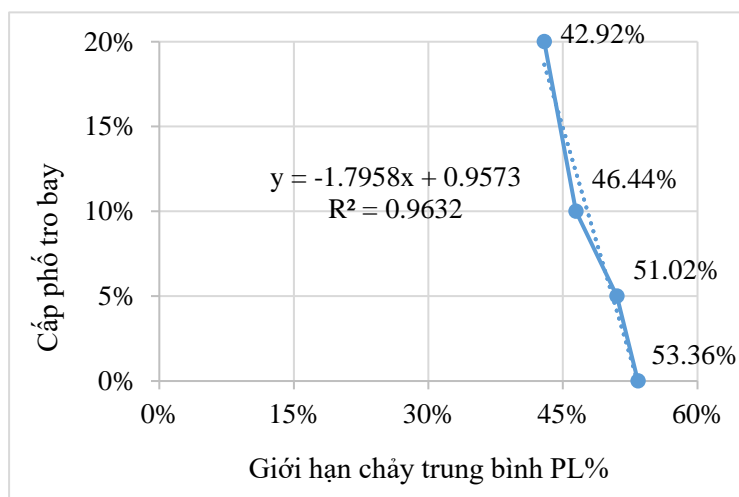
Hình 7: Đồ thị giới hạn dẻo  $w_1$  %

Dựa trên cơ sở TCVN: 4197 – 2012 đã trình bày cách xác định giới hạn chảy của đất bằng dụng cụ Casagrande ứng với số lần đập cần thiết trong khoảng 12 đập đến 35 đập để rãnh khép lại 13 mm thì dừng được tiến hành 4 lần liên tiếp sau đó thu về kết quả trung bình. Vì để kết quả được chính xác nhất, nhóm nghiên cứu đã phân chia bốn cấp phối với từng số lần đập khác nhau được thể hiện trong Bảng 3 và kết quả sau cùng được thể hiện dưới Hình 8.

## ĐẶC ĐIỂM VẬT LÝ CỦA HỖN HỢP ĐẤT NẠO VẾT TRỘN TRO BAY

Bảng 3: Quy định số lần đập của 4 cấp phối

	Số lần đập thứ nhất	Số lần đập thứ hai	Số lần đập thứ ba	Số lần đập thứ tư
Bốn cấp phối 0% - 5% - 10% - 20%	15	20	25	30



Hình 8: Giới hạn chảy  $w_L$  %

### 3.2 Đánh giá và thảo luận hỗn hợp đất nạo vét kết hợp tro bay cấp phối 0% - 5% - 10% - 20%

Trong phần này, nhóm nghiên cứu tiến hành đánh giá ảnh hưởng của tro bay trong đất nạo vét theo từng cấp phối, để nhận thấy sự thay đổi của từng hỗn hợp mẫu thì nhóm nghiên cứu đã tiến hành so sánh các chỉ tiêu vật lý của mẫu không có tro bay và mẫu có tro bay dựa vào kết quả của Mục 3.2. Kết quả cho thấy hỗn hợp có thành phần tro bay càng lớn (0% - 5% - 10% - 20%) thì đặc điểm vật lý sẽ thay đổi hiệu quả hơn so với đất yếu không có tro bay.

Qua sự khảo sát ban đầu thì đất nạo vét có độ ẩm lớn là 50%, khi có sự xuất hiện của tro bay thì lập tức độ ẩm trong hỗn hợp bắt đầu giảm xuống, nguyên nhân là bởi các hạt tro bay ở dạng khô vì thế khi có tro bay nó sẽ cân bằng độ ẩm trong hỗn hợp và độ ẩm có xu hướng giảm hơn khi tăng hàm lượng tro bay trong mẫu.

Sau khi thu thập kết quả thí nghiệm xác định trọng lượng riêng và tỷ trọng riêng của hỗn hợp, nhóm nghiên cứu nhận thấy khi tăng hàm lượng tro bay lần lượt theo từng cấp phối thì kết quả độ thị giữa trọng lượng và tỷ trọng riêng của hỗn hợp đều tăng. Thứ nhất (1) thành phần của tro bay bao gồm  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_2$  và một lượng than chưa cháy dưới dạng khô hoàn toàn và có tính hút ẩm cao [4] vì thế khi cho tro bay vào đất nạo vét, tro bay lập tức hút nước trong đất nạo vét đến khi tro bay được bão hòa (làm cho chiều cao hỗn hợp ban đầu bị giảm xuống). Thứ hai (2) vì là tro bay có dạng mịn, khi cho tro bay vào đất nạo vét (hỗn hợp được trộn đều) thì nó sẽ chiếm chỗ vào các khoảng trống trong đất nạo vét. Qua hai lập luận trên sẽ làm cho trọng lượng và tỷ trọng riêng của hỗn hợp có xu hướng tăng dần lần lượt từ cấp phối 0% - 5% - 10% - 20%.

## 4 KẾT LUẬN

Sau khi đánh giá và thảo luận về các thí nghiệm xác định đặc điểm vật lý đất yếu kết hợp tro bay cấp phối 0% - 5% - 10% - 20%. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi thêm tro bay vào trong đất yếu thì các tính chất vật lý của hỗn hợp thay đổi theo từng hàm lượng tro bay trong đất. Cụ thể kết quả thí nghiệm cho thấy trọng lượng riêng và tỷ trọng hỗn hợp đất nạo vét và tro bay tăng tuyến tính, trong khi đó độ ẩm các giới hạn giảm tuyến tính theo hàm lượng tro bay.



## LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin cảm ơn Trường Đại học Công Nghiệp TP. Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí nghiên cứu qua Đề tài nghiên cứu cấp trường của Sinh viên với Mã số 22/2SVXD01.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Quang Hộ, Công trình trên đất yếu. NXB Đại học Quốc Gia thành phố Hồ Chí Minh, 2004.
- [2] Murat, A. O., Improvement in Bearing Capacity of a Soil by Addition of Fly Ash, *Procedia Engineering* 143:498-505, 2016.
- [3] Ahmaruzzaman, M., A review on the utilization of fly ash, *Progress in Energy and Combustion Science*, 2010. 36:327 – 363.
- [4] Nguyễn Thành Dương, Tiềm năng sử dụng tro trấu trong cải tạo, xử lý đất yếu ở đồng bằng sông Cửu Long, 2021. *Hội thảo Khoa học Quốc tế Phát triển Xây dựng bền vững trong điều kiện Biến đổi khí hậu khu vực đồng bằng Sông Cửu Long SCD20*.
- [5] Châu Ngọc Ân. Nền móng công trình. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp.HCM, 2022.
- [6] Nguyễn Hồng Trường, Nguyễn Hữu Thái, Nghiên cứu đánh giá độ cố kết của nền đất yếu được gia tải trước kết hợp thoát nước thẳng đứng. *Tạp chí khoan học công nghệ Thủy lợi* 39, 2017.
- [7] Horne, M. R., The consolidation of a stratified soil with vertical and horizontal drainage, *Int. J. Mech. Sci.*, (6) 187–197, 1964.
- [8] Abid, M. M. and Pyrah, I. C., Consolidation behavior of finely laminated clays, *Comput. Geotech.*, 307–323, 1991.

## PHYSICAL CHARACTERISTICS OF DREDGING SOIL REINFORCED WITH FLY ASH

XUAN THE HUYNH, KIEN TAI DO, NHAT HUYEN NGUYEN, BA-PHU NGUYEN\*

*Faculty of Civil Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City*

\* *Corresponding author: nguyenbaphu@iuh.edu.vn*

**Abstract.** Vietnam is a developing country, and as such, the demand for construction and industrial development is increasing. Current issues include: (1) Depletion of alluvial soil materials, such as sand and fertile soil, which hinders resource exploitation due to its adverse environmental impact; (2) Detrimental effects on the human living environment caused by waste from thermal power plants, such as fly ash; (3) Lack of an established reuse plan to minimize construction costs and mitigate the negative environmental impact of dredged soil from construction activities. Research on the reuse of dredged soil is of interest to both domestic and foreign researchers. This article aims to investigate the physical properties of a mixture of dredged soil and fly ash. The research results will explore the changes in the properties of each mixed material corresponding to different fly ash contents in the mixture. This evaluation aims to determine the applicability of using mixed materials to fill dredged soil in construction projects.

**Keywords.** Dredged soil, fly ash, physical properties, environmental protection

*Received on 25-10-2023*

*Revised on 02-01-2024*