

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ LOẠI PHỤ GIA ĐẾN CƯỜNG ĐỘ KHÁNG NÉN MỘT TRỤC ĐẤT BỒI LẮNG LÒNG HỒ CHỨA Ở HÀ TĨNH

Nguyễn Đình Dũng

Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng công trình NN&PTNT tỉnh Hà Tĩnh

Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Cảnh Thái, Nguyễn Thái Hoàng

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Đất bồi lắng lòng hồ có đặc điểm chung là ở điều kiện bình thường đất thường xuyên nằm trong nước. Thành phần, cấu tạo của đất bồi lắng là do xói mòn bề mặt của lưu vực, xói lở mái đất lòng hồ. Việc nạo vét đất bồi lắng tại các hồ chứa bị bồi lắng nhiều cũng như tại các hồ chứa đã đưa vào khai thác sử dụng nhiều năm là cần thiết để tăng dung tích và thời gian vận hành khai thác hồ. Tuy nhiên do đất bồi lắng lòng hồ có hàm lượng ngậm nước cao, đất bùn, mềm yếu nên vấn đề vận chuyển, đổ thải, đảm bảo môi trường, kinh tế sẽ gặp nhiều khó khăn.

Kết quả khảo sát tại 13 hồ chứa vừa và nhỏ điển hình trên địa bàn tỉnh Hà Tĩnh cho thấy đất bồi lắng lòng hồ thuộc loại đất bụi nặng pha cát, lẫn sỏi sạn, có tính dẻo, nếu được kết hợp với loại phụ gia phù hợp sẽ tạo ra được vật liệu mới có tính chất cơ lý đảm bảo an toàn về thấm, ổn định để ứng dụng thi công sửa chữa, nâng cấp đảm bảo an toàn đập theo TCVN 2816:2018. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của 3 loại phụ gia phổ biến là: tro bay, puzzolan và xi măng với các hàm lượng khác nhau đến cường độ kháng nén một trục nở hông tự do của đất bồi lắng lòng hồ chứa, từ đó phân tích lựa chọn ra loại phụ gia và hàm lượng phụ gia phù hợp.

Từ khóa: Đất bồi lắng lòng hồ, phụ gia, cường độ kháng nén nở hông tự do, an toàn đập.

Summary: Deposited sediment in reservoir has a common feature, i.e. frequently located in water under normal condition. Its composition and structure are due to the surface erosion of the catchment or the erosion along the reservoirs. The dredging of sediment deposition in reservoirs, that are heavily deposited as well as the ones had been operated for many years, is necessary to increase their capacity and operating time. However, this kind of sediment deposition has a high content of water hydration, mud and soft soil, thus the problem of transportation, disposal, environmental assurance and economy will face many difficulties.

The survey results at 13 typical small and medium reservoirs in Ha Tinh province show that the sediment deposition in these reservoir belongs to heavy dust mixed with sand and gravel, and flexible. Once combining with additives, it is appropriate to create new materials with mechanical properties to ensure safety of permeability and stability for the application of construction, repair, and upgrading to ensure the safety of the dam according to TCVN 2816: 2018. The paper presents the results of research on the effects of three popular additives, i.e. fly ash, puzzolan and cement, with different concentrations on unconfined compressive strength of the deposited sediment in reservoir. Based on these results, the analysis and selection of the appropriate additive and additive content will be made.

Keywords: Sediment deposition in reservoirs, additives, unconfined compressive strength, dam safety

1. GIỚI THIỆU

Hà Tĩnh có vị trí địa lý thuộc vùng Bắc Trung Bộ, có điều kiện địa hình, khí hậu thuận lợi cho việc xây dựng các hồ chứa. Trên toàn tỉnh hiện có 345 hồ chứa, với tổng dung tích trên 1680 triệu m³ nước. Trong đó có nhiều hồ chứa được xây dựng từ những năm 1990 trở về trước trong

bối cảnh điều kiện đất nước còn nhiều khó khăn, các tiêu chuẩn, quy phạm thiết kế, thi công chưa được ban hành một cách đầy đủ. Vì thế hiện nay có nhiều công trình bị xuống cấp, hư hỏng, cụ thể: có 218 hồ chứa mái đập thượng lưu chưa được gia cố bảo vệ; có 129 đập bị thấm thân đập, vai đập và nền đập; có 92 hồ chứa nước có

Ngày nhận bài: 12/11/2020

Ngày thông qua phản biện: 07/12/2020

Ngày duyệt đăng: 16/12/2020

chiều rộng mặt đập từ 4 đến 6m, 210 hồ chứa nước có chiều rộng mặt đập từ 2 đến 4m, các hồ chứa còn lại có chiều rộng mặt đập nhỏ hơn 2m, thậm chí có đập chiều rộng mặt đập chỉ đạt 0,8 đến 1,0m; 141 tràn xả lũ chưa được gia cố, chiều rộng tràn hẹp không đảm bảo khả năng thoát lũ [3]

Vấn đề bồi lắng lòng hồ tại các hồ chứa ở Hà Tĩnh đã ảnh hưởng đến dung tích hữu ích của hồ, bồi lấp các cửa cống lấy nước, làm giảm hiệu quả, giảm thời gian hoạt động và thay đổi chất lượng nước [3]. Nhóm tác giả đã lựa chọn khảo sát tại 13 hồ chứa vừa và nhỏ điển hình ở trên toàn tỉnh Hà Tĩnh để tiến hành khảo sát, đánh giá tình hình bồi lắng của các hồ chứa (trong đó khảo sát 6 hồ phía Đông và 7 hồ phía Tây). Kết quả khảo sát cũng cho thấy chiều dày bồi lắng lòng hồ tăng dần từ phía bờ hồ chứa vào khu vực bụng hồ chứa. Đối với các hồ chứa ở vùng phía Tây thì chiều dày bồi lắng từ 0.3m đến 1.1m, phản ánh tương đối phù hợp với kết quả tính toán theo thiết kế. Tuy nhiên, vẫn có trường hợp đột biến khác biệt như hồ chứa nước Đập Họ, huyện Hương Khê do điều kiện thảm phủ không tốt, hoạt động của con người trong lưu vực diễn ra mạnh mẽ nên lượng bùn cát bồi lắng trong lòng hồ lớn. Các hồ chứa ở phía Đông có chiều dày bồi lắng từ 0.4m đến 3.5m, đặc biệt tại các hồ chứa có thảm phủ xấu nên lượng bùn cát bồi lắng bình quân trong lòng hồ lớn hơn nhiều so với kết quả tính toán theo thiết kế [2].

Kết quả thí nghiệm thành phần hạt của 13 hồ chứa thuộc các vùng phía Đông và phía Tây của tỉnh Hà Tĩnh cho thấy không có sự phân biệt cỡ hạt lớn giữa các hồ chứa và giữa các vị trí lấy mẫu khác nhau trong lòng hồ mà chỉ có một khác biệt nhỏ về tính dẻo của vật liệu bồi lắng giữa các hồ chứa ở phía Tây và phía Đông [2]. Theo [7] thì đất bồi lắng lòng hồ của các hồ chứa này thuộc loại đất bụi nặng pha cát, lẫn sỏi sạn, có tính dẻo với chỉ số chảy thay đổi từ 19% đến 41.76%, loại đất này không phù hợp để sử dụng làm vật liệu đắp đập theo [6]. Với mục tiêu

ứng dụng thi công sửa chữa, nâng cấp đảm bảo an toàn đập, đất bồi lắng hồ chứa cần được kết hợp với loại phụ gia thích hợp.

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của 3 loại phụ gia phổ biến là: tro bay, puzzolan và xi măng với các hàm lượng khác nhau đến cường độ kháng nén không hạn chế nở hông của đất bồi lắng hồ chứa nước Lối Đồng thuộc xã Kỳ Trinh huyện Kỳ Anh. Từ đó lựa chọn ra loại phụ gia và hàm lượng phụ gia phù hợp với đất bồi lắng hồ chứa để tạo ra loại vật liệu mới có thể ứng dụng cho công tác thi công sửa chữa, nâng cấp đảm bảo an toàn đập.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1 Một số loại phụ gia phổ biến dùng để gia cố đất

a) Tro bay

Tro bay là bụi khí thải dưới dạng hạt mịn thu được từ quá trình đốt cháy nhiên liệu than đá trong các nhà máy nhiệt điện chạy than, là phế thải thoát ra từ buồng đốt qua ống khói nhà máy. Tro bay được tận thu từ ống khói qua hệ thống nồi hơi tinh luyện loại bỏ bớt các thành phần than (cacbon) chưa cháy hết. Thành phần của tro bay thường chứa các silic oxit, nhôm oxit, canxi oxit, sắt oxit, magie oxit và lưu huỳnh oxit, ngoài ra có thể chứa một lượng than chưa cháy. Nhiều nghiên cứu trên thế giới cũng như trong nước đã chỉ ra những ưu điểm của tro bay khi sử dụng để gia cố đất như: tăng dung trọng khô lớn nhất; giảm độ ẩm tối ưu; giảm hệ số thấm và tăng cường độ của đất [10, 13, 14].

a) Puzzolan

Puzzolan được phân chia làm hai loại theo nguồn gốc như sau:

Puzzolan tự nhiên: là sản phẩm của các quá trình hoạt động địa chất nội sinh và ngoại sinh như: tro, tuf, thủy tinh núi lửa, diatomit, trepel, opoka và một số sản phẩm có nguồn gốc biến chất hoặc phong hoá khác.

Puzzolan nhân tạo: là những loại nguyên liệu sau khi đã được xử lý kỹ thuật thích hợp sẽ có đủ tính chất đặc trưng của puzzolan như: tro bay, xỉ than, gạch nung nhẹ lửa, vv...

Một số tác dụng của puzzolan khi sử dụng để gia cố đất như: làm tăng thêm hàm lượng hạt thô khi đất có hàm lượng sét lớn; Puzzolan có các thành phần SiO_2 vô định hình (SiO_2 kết tinh có hoạt tính rất thấp), Al_2O_3 và Fe_2O_3 hoạt tính, các ion này có tác dụng trao đổi ion với hạt sét và vì thế có tác dụng hóa cứng đất, tạo cấu trúc kết tinh làm tăng độ dính kết và cường độ đất gia cố [11, 13].

c) Xi măng

Xi măng là chất kết dính vô cơ, là các chất có dạng hạt mịn mà khi nhào trộn chúng với nước hoặc các dung môi khác sẽ tạo thành hỗn hợp dẻo và xảy ra quá trình đông cứng để chuyển hỗn hợp sang trạng thái rắn chắc đồng thời phát triển cường độ. Trong quá trình thủy phân, các chất kết dính vô cơ có khả năng liên kết với các vật liệu rời thành một khối cứng chắc.

Phương pháp sử dụng xi măng gia cố đất đã và đang được các nước trên thế giới đánh giá cao, đặc biệt là tại Nhật Bản, Trung Quốc và các nước Bắc Âu [5]. Ở Việt Nam, xi măng cũng được áp dụng để gia cố nền đất yếu cho nhiều công trình quan trọng. Theo một số kết quả thí nghiệm, mẫu đất được gia cố bằng xi măng có cường độ kháng nén không hạn chế nở hông lớn hơn mấy chục đến hàng trăm lần đất tự nhiên, tuy nhiên kết quả này phụ thuộc vào nhiều thành phần và điều kiện của đất [1]

2.2 Quy trình chế tạo mẫu đất gia cố

Mẫu được chế bị theo [8], ngoài ra có tham khảo [12] của Nhật Bản, bảo dưỡng trong điều kiện bão hòa.

Kích thước mẫu: Mẫu thí nghiệm được chế bị ở độ ẩm tối ưu và hệ số đầm chặt $K = 0,95$. Mẫu có dạng hình trụ tròn với đường kính 39mm và chiều cao 80mm.

Mẫu được chế bị từ các mẫu đất nguyên trạng được lấy từ Hồ Lối Đồng. Đất trước khi thí

nghiệm được xác định khối lượng thể tích tự nhiên theo phương pháp dao vòng và độ ẩm theo phương pháp sấy khô.

Khối lượng phụ gia trộn cho một khối lượng đất được tính theo (kg/m^3), là lượng phụ gia cho vào đất tính theo khối lượng thể tích tự nhiên của đất, được xác định theo công thức:

$$G = (m \cdot t) / \gamma_w$$

Trong đó: G – Khối lượng phụ gia cần trộn (kg);

m – Khối lượng của đất ướt (kg);

t – Hàm lượng trộn (kg/m^3);

γ_w – Khối lượng thể tích tự nhiên (t/m^3);

Lượng nước trộn: phụ thuộc vào hàm lượng nước/phụ gia (N/PG), nếu $N/PG=1/1$ (khối lượng nước trộn bằng khối lượng phụ gia).

Khối lượng của hỗn hợp phụ gia – đất:

$$G = \gamma_k (1 + w + 0,01t) V$$

Trong đó: t - hàm lượng phụ gia %;

V – tổng thể tích của số lượng mẫu cần chế bị cho mỗi hàm lượng.

Quy trình chế tạo mẫu đất gia cố:

- Xác định khối lượng đất cho khối lượng mẫu thí nghiệm, khối lượng phụ gia, khối lượng nước;

- Cho lượng đất đã được cân đưa vào máy trộn đánh tan đất

- Cho 1/2 lượng nước và 1/2 lượng phụ gia vào thùng trộn, trộn khoảng 5 phút, tiếp đến dùng bay đánh tan đất trộn. Cho tiếp lượng đất và phụ gia còn lại vào trộn tiếp 5 phút sau đó dùng bay đánh lại đất, tiếp tục dùng máy trộn đánh khoảng 3 phút cho tới khi đất và phụ gia thật đều mới dừng.

- Cân lượng đất cho từng mẫu để chế bị;

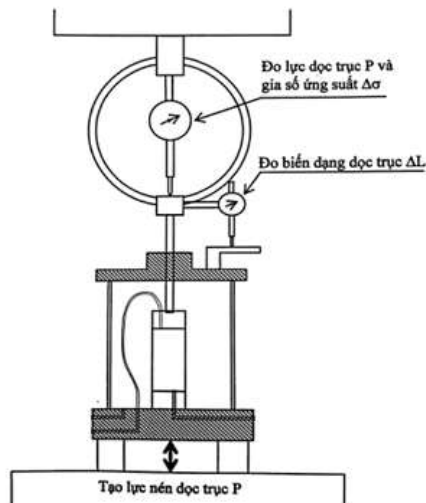
- Cho hỗn hợp vào khuôn thành 3 lớp (khuôn vỏ mẫu đã được làm sạch, đánh ký hiệu và bôi dầu róc khuôn), dùng que có đầu được mài tròn hình viên đạn, đầm, xọc từ ngoài vào trong theo hình xoắn ốc, lớp đầu tiên xuống tận đáy mẫu,

các lớp tiếp theo sâu vào lớp trước từ 10-15mm, sau đó dùng lực vỗ, vỗ mạnh cho đến khi thấy hết bọt khí trong đất. Tiếp tục tiến hành với các lớp tiếp theo cho đến khi lượng đất chứa đầy khuôn.

- Dùng bay miết thật kỹ sao cho bề mặt mẫu thật phẳng và không còn tồn tại bọt khí.

- Mẫu sau khi chế bị được bảo dưỡng trong điều kiện dưỡng ẩm khoảng 8 đến 12 tiếng khi mẫu đã khô bề mặt và phát triển cường độ tương đối cứng, sau đó mẫu được bảo dưỡng trong điều kiện bão hòa, nước dùng để bão hòa mẫu là nước máy thông thường.

2.3 Phương pháp thí nghiệm



Hình 2.1: Sơ đồ thí nghiệm nén một trục nở hông tự do

a) Dụng cụ thí nghiệm:

- Thiết bị nén: Kích gia tải thủy lực có thể khống chế tốc độ gia tải.

- Dụng cụ đẩy mẫu: Có khả năng đẩy mẫu từ ống lấy mẫu với tốc độ không đổi và không gây ra sự xáo động đáng kể cho mẫu.

- Dụng cụ đo biến dạng dài comparator có độ nhạy là 1mst, dài đo đến 20.000mst.

b) Trình tự thí nghiệm:

- Đặt mẫu vào giữa tâm bàn nén dưới của máy nén. Khi bàn nén trên tiến gần mẫu, điều chỉnh bộ hình cầu để cho tiếp xúc đều.

- Chính đồng hồ đo biến dạng về 0.

- Điều chỉnh tốc độ biến dạng của máy về 0,2 mm/phút. Ghi lại số liệu biến dạng của mẫu thí nghiệm và vòng lực ở cùng thời điểm.

- Tiếp tục gia tải cho đến khi tải tác dụng giảm trong khi biến dạng vẫn tăng hoặc khi biến dạng tương đối đạt đến 15%.



Hình 2.2: Thiết bị và mẫu thí nghiệm

c) Tính toán kết quả thí nghiệm

Tính biến dạng dọc trục tương đối, ε_1 đến 0.1% cho một cấp tải nào đó như sau:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (1)$$

Trong đó:

L = sự thay đổi chiều dài của mẫu được đọc từ đồng hồ đo biến dạng, mm;

L_0 = chiều dài ban đầu của mẫu, mm.

Tính diện tích mặt cắt ngang trung bình A cho một cấp tải nào đó như sau:

$$A = \frac{A_0}{(1 - \varepsilon_1)} \quad (2)$$

Trong đó:

A_0 = diện tích mặt cắt ngang trung bình ban đầu, mm²;

ε_1 = biến dạng tương đối ở cấp tải tính.

Tính ứng suất nén, σ đến ba số có nghĩa hoặc đến 1 kPa cho một cấp tải như sau:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

Trong đó:

P = tải trọng, kN;

A = diện tích mặt cắt ngang trung bình tương ứng m^2 .

Kết quả thí nghiệm được tính trung bình từ 3 mẫu thử, khi kết quả tính toán của một mẫu thử vượt quá $\pm 15\%$ trị số bình quân của các mẫu thì lấy trị số của 2 mẫu còn lại, nếu không được 2 mẫu thì phải làm lại thí nghiệm.

2.4 Tổng hợp và phân tích kết quả thí nghiệm

a) Tổng hợp kết quả thí nghiệm

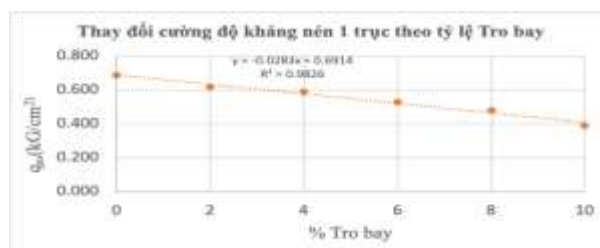
Kết quả thí nghiệm nén một trục nở hông tự do của các mẫu đất chế bị với các hàm lượng phụ gia khác nhau được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1: Bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định cường độ kháng nén một trục nở hông tự do

Stt	% Phụ gia	q_u (kG/cm ²) - Phụ gia Tro bay	q_u (kG/cm ²) - Phụ gia Puzzolan	q_u (kG/cm ²) - Phụ gia Xi măng
1	0	0.69	0.69	0.69
2	2	0.62	0.65	1,10
3	4	0.59	0.50	1,36
4	6	0.53	0.37	1,90
5	8	0.48	0.18	2,25
6	10	0.39	0.15	2,74

b) Phân tích kết quả

- Tro bay

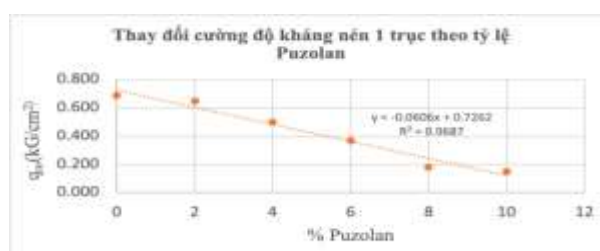


Hình 2.3: Quan hệ giữa cường độ kháng nén 1 trục nở hông tự do và hàm lượng Tro bay

Kết quả thí nghiệm cho thấy khi gia cố đất bồi lắng bằng phụ gia tro bay thì cường độ kháng nén 1 trục nở hông tự do giảm xuống, tỷ lệ giảm gần như tuyến tính với hàm lượng phụ gia.

Với hàm lượng tro bay là 10% thì cường độ kháng nén 1 trục q_u giảm chỉ còn 56,5% so với lúc chưa gia cố.

- Puzzolan

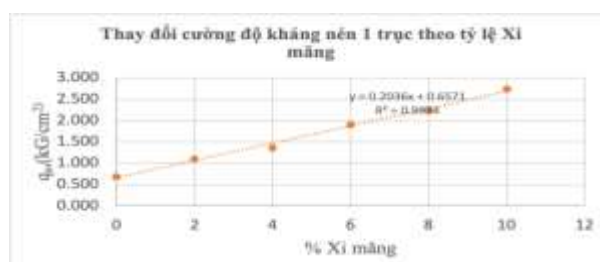


Hình 2.4: Quan hệ giữa cường độ kháng nén 1 trục nở hông tự do và hàm lượng Puzzolan

Kết quả thí nghiệm cho thấy khi gia cố đất bồi lắng bằng phụ gia Puzzolan thì cũng như Tro bay, cường độ kháng nén 1 trục nở hông tự do của mẫu đất giảm xuống, tỷ lệ giảm gần như tuyến tính với hàm lượng phụ gia, tuy nhiên tỷ lệ giảm nhiều hơn so với phụ gia Tro bay

Với hàm lượng Puzzolan là 10% thì cường độ kháng nén 1 trục q_u giảm chỉ còn 20% so với lúc chưa gia cố.

- Xi măng



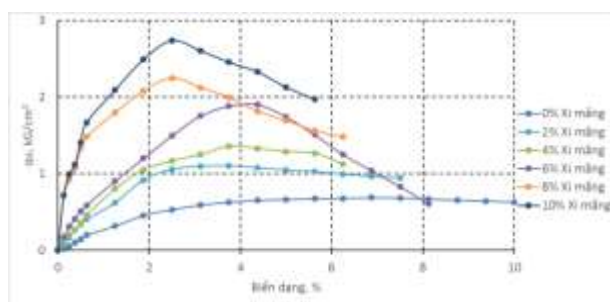
Hình 2.5: Quan hệ giữa cường độ kháng nén 1 trục nở hông tự do và hàm lượng Xi măng

Kết quả thí nghiệm cho thấy khi gia cố vật liệu đất bồi lắng bằng phụ gia Xi măng thì cường độ chịu nén tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng Xi măng.

Với hàm lượng xi măng là 10% thì cường độ kháng nén 1 trục q_u tăng lên gấp 3.97 lần so với giá trị ban đầu. Với hàm lượng xi măng là 6% thì cường độ kháng nén 1 trục q_u tăng 2.77 lần.

Như vậy có thể thấy trong 3 loại phụ gia đã thí nghiệm thì chỉ có xi măng làm tăng cường độ của đất bồi lắng lòng hồ Lối Đồng. Tuy nhiên, nếu sử dụng hàm lượng xi măng lớn để tăng cường độ ngoài việc không hiệu quả về kinh tế còn làm cho vật liệu thu được rất giòn, dễ xuất hiện các vết nứt khi có biến dạng nhỏ [16, 17], loại đất này không phù hợp để làm vật liệu đắp các lớp chống thấm cho đập đất.

Để lựa chọn hàm lượng xi măng phù hợp cần phân tích thêm đặc trưng về biến dạng của đất được gia cố, mô đun biến dạng của đất được gia cố phải xấp xỉ bằng mô đun biến dạng của đất đắp đập. Từ mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của mẫu đất trong thí nghiệm nén nở hông tự do (hình 2.5) ta xác định được mô đun biến dạng E_{50} của mẫu đất gia cố như sau (Bảng 2).



Hình 2.6: Mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng trong thí nghiệm nén nở hông tự do của các mẫu gia cố xi măng với các hàm lượng khác nhau

Bảng 2: Giá trị mô đun biến dạng E_{50} với

các hàm lượng xi măng khác nhau

Stt	% Xi măng	E_{50} (kG/cm ²)
1	0	18,97
2	2	48,96
3	4	56
4	6	63,97
5	8	143,85
6	10	167,36

Theo [4] giá trị mô đun biến dạng của vật liệu đắp đập của nhóm các hồ được khảo sát nằm trong khoảng từ 50 kG/cm² đến 70 kG/cm², như vậy xét về đặc trưng biến dạng thì hàm lượng xi măng 2%, 4% và 6% đều phù hợp. Tuy nhiên, với hàm lượng xi măng là 2% và 4% thì cường độ kháng nén một trục nở hông chỉ tăng lần lượt là 1.59 và 1.97 thấp hơn nhiều so với mức tăng 2.77 của hàm lượng 6%.

Tổng hợp các kết quả thu được, nhóm nghiên cứu đề xuất hàm lượng xi măng tối ưu đối với đất bồi lắng hồ chứa ở Hà Tĩnh là 6%.

3. KẾT LUẬN

Trên cơ sở các kết quả thí nghiệm nén một trục nở hông tự do của các mẫu đất bồi lắng được lấy ở hồ chứa nước Lối Đồng, huyện Kỳ Anh, thuộc tỉnh Hà Tĩnh, được gia cố với 3 loại phụ gia khác nhau là tro bay, puzzolan và xi măng với các hàm lượng khác nhau có thể rút ra các kết luận sau:

- Trong 3 loại phụ gia được sử dụng thì chỉ có xi măng làm tăng cường độ của đất bồi lắng lòng hồ, cường độ kháng nén tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng.
- Khi hàm lượng xi măng lớn hơn hoặc bằng 8%, mẫu đất gia cố có mô đun biến dạng lớn, không phù hợp làm vật liệu đắp đập.
- Hàm lượng xi măng tối ưu để gia cố đất bồi lắng lòng hồ được nhóm nghiên cứu đề xuất là 6%, với hàm lượng này cường độ kháng nén một trục nở hông tự do tăng so với ban đầu 2.77 lần.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đâu Văn Ngọ (2009), “Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ xi măng đất”, Science & Technology Development, Vol 12, No.05-2009.
- [2] Nguyễn Đình Dũng, Nguyễn Cảnh Thái, Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Thái Hoàng (2020), “Nghiên cứu đặc điểm đất bồi lắng hồ chứa vừa và nhỏ ở Hà Tĩnh”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, số 60, pp. 99-105.
- [3] Ủy Ban nhân dân tỉnh Hà Tĩnh - Tài liệu về công trình thủy lợi Hà Tĩnh.
- [4] Sở Nông nghiệp và PTNT - Hồ sơ thiết kế các hồ chứa Hà Tĩnh WB8.
- [5] Thái Hồng Sơn, Trịnh Minh Thụ, Trịnh Công Vần (2014). “Lựa chọn hàm lượng xi măng và tỷ lệ nước - xi măng hợp lý cho gia cố đất yếu vùng ven biển Đồng bằng Sông Cửu Long”, Tạp chí khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường, số 44.
- [6] TCVN 8216-2018 : Công trình thủy lợi – thiết kế đập đầm nén.
- [7] TCVN 8217-2009 : Đất xây dựng công trình thủy lợi – Phân loại.
- [8] TCVN 9403-2012: Gia cố nền đất yếu bằng trụ đất xi măng.
- [9] ASTM D2166: Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.
- [10] Chang A.C., Lund L.J., Page A.L., Warneke J.E., (1977), “Physical properties of flyash-amended soils”, J. Environ. Qual. 6 (3), pp. 267–270.
- [11] D. L. Mfinanga and M. L. Kamuhabwa (2008), “Use of Natural Pozzolana in Stabilising Lightweight Volcanic Aggregates for Roadbase Construction”, Int. J. Pavement Eng., vol. 9, no. 3, pp. 189–201.
- [12] JGS 0821-2000 : Standardization of the molding procedures for stabilized soil specimens as used for QC/QA in Deep Mixing application.8
- [13] Harichane, Khelifa Ghrici, Mohamed Kenai, Said Grine, Khaled (2011), “Use of natural pozzolana and lime for stabilization of cohesive soils”, Geotechnical and Geological Engineering. Vol.29, pp. 759-769.
- [14] Kalra N., Joshi H.C., Chaudhary A., Choudhary R., Sharma S.K., (1997), “Impact of flyash incorporation in soil on germination of crops”, Bioresource Technol. 61, pp. 39–41.
- [15] Kalra N, Harit R.C, Sharma S.K (2000), “Effect of flyash incorporation on soil properties of texturally variant soil”, Bioresource Technol. 75, pp. 91–93.
- [16] S. Tani (2005), “Applicability of cement-stabilized pond-mud soil for irrigation dam repair”, Bulletin of National Research Institute of Agricultural Engineering, Issue 40 (2005), pp. 95-112.
- [17] S. Tani, S. Fukushima, A. Kitajima, and K. Nishimoto (2006), “Applicability of Cement-Stabilized Mud Soil as Embankment Material”, Journal of ASTM International 3, no. 7: 1-21.