

## NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM ĐẤT BỒI LẮNG HỒ CHỨA VỪA VÀ NHỎ Ở HÀ TĨNH

Nguyễn Đình Dũng

Sở Nông Nghiệp & PTNT Hà Tĩnh

Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Cảnh Thái, Nguyễn Thái Hoàng

Trường Đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Đất bồi lắng hồ chứa nói chung và bồi lắng hồ chứa vừa và nhỏ ở Hà Tĩnh nói riêng sau thời gian đưa công trình vào khai thác sử dụng đã ảnh hưởng đến dung tích hữu ích của hồ làm giảm hiệu quả, giảm thời gian hoạt động và thay đổi chất lượng nước. Nếu coi hồ chứa là một nguồn tài nguyên thiên nhiên thì sự bồi lắng lòng hồ chính là yếu tố làm cho nguồn tài nguyên thiên nhiên này bị cạn kiệt. Nghiên cứu tận dụng đất bồi lắng lòng hồ làm vật liệu đắp mở rộng mặt đập để đảm bảo an toàn cho công trình theo tiêu chuẩn mới ngoài ý nghĩa thực tiễn về mặt khoa học còn mang lại hiệu quả kinh tế, môi trường và xã hội rất cao như: khôi phục lại thời gian khai thác, vận hành hồ, nâng dung tích hồ, sử dụng được vật liệu tại chỗ để đắp sẽ giảm giá thành và không gây ảnh hưởng đến môi trường xã hội.

**Từ khóa:** Đất bồi lắng lòng hồ, thành phần hạt, an toàn đập.

**Summary:** Sediment deposition in reservoirs after a duration of operating has affected their useful capacity, especially in the small and medium reservoirs in Ha Tinh province. This problem causes reducing the reservoirs' efficiency and operation duration, as well as changing the water quality. If reservoirs are considered as a type of natural resource, sedimentation is the main factor for its depletion. In order to cope with this problem, the research utilizes the sedimentation of the reservoir bed as a type of embankment material to widen the dam surface, an approach to ensure the constructions' safety according to the new standards. Therefore, in addition to the practical significance in scientific aspect, this research also has economic, environmental and social efficiency such as restoring the duration of reservoir's exploitation and operation, increasing reservoir capacity, reducing the cost due to the utilization of local materials for embankment, and not affecting the social environment.

**Keywords:** Sediment deposition in reservoir bed, aggregate constituent, dam safety.

### 1. GIỚI THIỆU

Hà Tĩnh có vị trí địa lý thuộc Bắc Trung Bộ, có hệ thống sông, suối nhiều nhưng ngắn và dốc, lượng nước đến hàng năm dồi dào. Đến nay, Hà Tĩnh có số lượng hồ chứa lớn thứ 3 cả nước gồm 345 hồ thủy lợi và 2 hồ thủy điện với tổng dung tích trên 785 triệu m<sup>3</sup> nước (chưa tính đến hồ

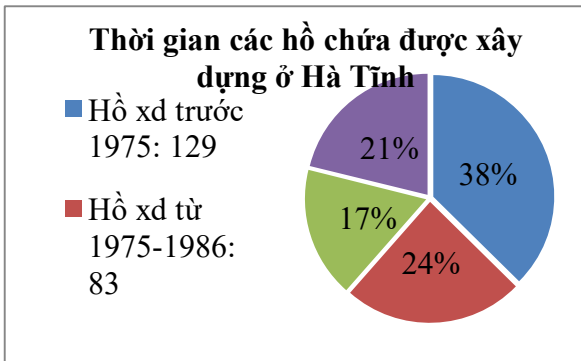
chứa nước Ngàn Trươi với dung tích 750 triệu m<sup>3</sup> và hồ chứa nước Rào Trỗ với dung tích 145 triệu m<sup>3</sup> đang trong giai đoạn chuẩn bị đưa vào khai thác sử dụng). Trong đó 2 hồ chứa có dung tích trên 100 triệu m<sup>3</sup>, 8 hồ thủy lợi và 01 hồ thủy điện có dung tích từ 10 đến 100 triệu m<sup>3</sup>, 34 hồ dung tích từ 1,0 triệu m<sup>3</sup> đến <10

Ngày nhận bài: 16/4/2020

Ngày thông qua phản biện: 11/5/2020

Ngày duyệt đăng: 02/6/2020

triệu m<sup>3</sup>, còn lại 301 hồ chứa có dung tích từ 0,05 triệu đến < 1,0 triệu m<sup>3</sup> [2]. Trong những năm vừa qua các hồ chứa này đã phát huy tối đa hiệu quả, cấp nước cho sản xuất nông nghiệp, công nghiệp, nước sạch và vệ sinh môi trường, nuôi trồng thủy sản, điều tiết lũ hạ du, cải thiện môi trường sinh thái... góp phần đặc biệt quan trọng trong phát triển kinh tế-xã hội, ổn định đời sống nhân dân.



Hình 1: Số lượng các hồ chứa được xây dựng ở Hà Tĩnh theo thời gian

Phần lớn các hồ chứa trên địa bàn tỉnh Hà Tĩnh được xây dựng cách đây từ 15 đến 70 năm, có những hồ chứa có thời gian khai thác sử dụng lâu hơn, vào thời điểm đó do điều kiện kinh tế của đất nước còn gặp nhiều khó khăn, phương tiện thi công còn thiếu, yếu và lạc hậu, chủ yếu là thủ công và thủ công kết hợp cơ giới, các loại vật tư xây dựng cần thiết chưa đáp ứng được yêu cầu. Ngoài ra, các số liệu đầu vào cho tính toán thiết kế về thủy văn chưa được đầy đủ, quá trình lập hồ sơ dự án và thiết kế kỹ thuật chưa đề cập hết các trường hợp bất lợi của thiên tai, biến đổi khí hậu, các tiêu chuẩn quy phạm thiết kế thi công, hệ thống các văn bản quy phạm về quản lý chất lượng của nhà nước còn nhiều hạn chế. Bên cạnh đó các đập xây dựng đã lâu, qua nhiều năm khai thác, sử dụng chịu tác động thiên tai, kinh phí duy tu bảo dưỡng cơ bản không có nên đến nay nhiều công trình đã xuống cấp, nguy cơ mất an toàn cao. Ngoài các hồ mới được xây dựng và sửa chữa từ năm 2002 đến nay, còn lại cơ bản các hồ đã qua nhiều năm

đưa vào khai thác, lòng hồ bị bồi lắng, mái đập bị xói lở, bề rộng đỉnh đập không đảm bảo tiêu chuẩn thiết kế; thân và nền đập bị thấm; cống và tràn xả lũ bị hư hỏng [1].

Các hồ chứa ở Việt Nam nói chung và Hà Tĩnh nói riêng sau thời gian đưa vào sử dụng lòng hồ đều bị bồi lắng nhưng tốc độ khác nhau tùy thuộc vào các yếu tố địa hình, địa chất, dòng chảy và thảm phủ lưu vực.

Trên thế giới, vấn đề nghiên cứu sử dụng đất bồi lắng lòng hồ, đất bùn ở các đầm lầy, đầm phá kết hợp phụ gia để làm vật liệu thi công sửa chữa, nâng cấp đê, đập và các công trình hạ tầng kỹ thuật đã được một số nước như Nhật Bản, Mỹ, Canada, Thụy Điển nghiên cứu và đưa vào ứng dụng có hiệu quả cao [4] [5].

Ở Việt Nam đến nay chưa có nghiên cứu đáng kể nào về khả năng tận dụng đất bồi lắng hồ chứa, đầm phá để tái sử dụng cho xây dựng. Trong khuôn khổ bài báo này, nhóm tác giả sẽ trình bày kết quả nghiên cứu khảo sát phân bố, trữ lượng cũng như đặc điểm về thành phần hạt và các tính chất cơ lý của đất bồi lắng lòng hồ chứa vừa và nhỏ ở Hà Tĩnh qua đó đề xuất phương án tận dụng đất bồi lắng lòng hồ chứa làm vật liệu đắp mở rộng mặt đập để đảm bảo an toàn cho công trình theo tiêu chuẩn mới.

## 2. PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 2.1. Các đặc điểm tự nhiên ảnh hưởng đến quá trình bồi lắng lòng hồ chứa vừa và nhỏ ở Hà Tĩnh

#### a. Đặc điểm về địa hình và địa chất

Hà Tĩnh có điều kiện phân bố địa hình phức tạp với chiều ngang hẹp, có độ dốc từ Tây sang Đông, một bên là dãy núi Trường Sơn, bên đối diện là Biển Đông. Chiều theo phân bố vị trí các công trình hồ thủy lợi hiện nay thì đặc điểm địa hình, địa chất được phân thành hai vùng khá rõ: Vùng phía Tây tập trung ở các huyện Hương Sơn, Hương Khê, Vũ Quang và thượng huyện Can Lộc, Thạch Hà, Cẩm Xuyên, Kỳ Anh thuộc

dãy Trường Sơn có cấu tạo địa chất thành phần thạch học cuối kết, sạn kết, cát kết, ryolit dacit, diabaz, granofia, phiến sericit xen ít cát kết dạng quaczit, sét vôi, phiến sét silic, phiến sét, đá vôi, cát kết hạt nhỏ, các loại đất đá này có tính kết dính cao nên làm giảm khả năng xói mòn bề mặt. Vùng phía Đông là đồng bằng và ven biển xen kẽ là các đồi núi bát úp tập trung ở các huyện Nghi Xuân, Hồng Lĩnh, Đức Thọ, Lộc Hà, TP Hà Tĩnh và hạ huyện Can Lộc, Thạch Hà, Cẩm Xuyên, Kỳ Anh có cấu tạo địa chất chủ yếu là đá tảng, sỏi, sạn, cát, sét bột. ngoài ra còn có các trầm tích, sườn tích hỗn hợp bao phủ bề mặt cùng với đá gốc phong hóa mềm bở, đây là loại vật liệu thuận lợi cho quá trình xói mòn bề mặt.

### b. Đặc điểm về khí tượng

Hà Tĩnh nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, có lượng mưa trung bình hàng năm lớn, phổ biến từ 2200 đến 3300mm, có những năm lượng mưa bình quân lên tới 4500mm và thấp xuống 1300mm. Trong những năm gần đây qua số liệu đo thì mưa có xu thế giảm trong mùa khô tới 13%, tăng trong mùa mưa 19%. Lượng mưa chủ yếu tập trung vào 4 tháng từ tháng 8 đến tháng 11.

### c. Đặc điểm về thảm phủ thực vật

Nhìn chung, đối với vị trí phía Tây thuộc dãy Trường Sơn, nơi đây có hệ sinh thái và thảm

phủ thực vật tốt, rừng nguyên sinh và rừng phòng hộ được quan tâm gìn giữ, tại các vị trí rừng có khai thác thì việc trồng thay thế được quan tâm. Tuy nhiên, các khu rừng thuộc đồi núi bát úp nằm ở vị trí phía Đông có nguồn gốc là rừng nghèo, thưa thớt, đồi núi trọc chiếm chủ yếu, sự quan tâm bảo vệ, trồng mới còn hạn chế và không hiệu quả, trong khi có nhiều hoạt động khai thác khoáng sản như đá, magan, Titan...

### 2.2. Đặc điểm về phân bố và trữ lượng của đất bồi lắng lòng hồ chứa vừa và nhỏ ở Hà Tĩnh

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu đồng thời chuẩn bị dự án “Sửa chữa nâng cao an toàn đập Hà Tĩnh (WB8)” nhóm tác giả đã có cơ hội đi thực tế toàn bộ hệ thống hồ đập trên địa bàn tỉnh Hà Tĩnh. Thời gian khảo sát được lựa chọn vào tháng 7 và tháng 8 hàng năm, đây là thời gian hồ chứa vừa kết thúc các đợt mở nước tưới cho vụ hè thu và cuối mùa khô. Thời gian này các hồ chứa có mực nước trong hồ thấp nhất trong năm, là thời điểm thích hợp cho việc tiến hành khảo sát và lấy mẫu thí nghiệm.

Trong quá trình khảo sát và thu thập dữ liệu, nhóm tác giả chú trọng quan tâm đến các yếu tố đặc trưng ảnh hưởng đến vấn đề bồi lắng như: vị trí địa lý, năm xây dựng, diện tích lưu vực, đặc điểm thảm phủ thực vật, thời gian vận hành, số liệu tính toán theo thiết kế... Kết quả khảo sát được thể hiện ở Bảng 1.

**Bảng 1: Kết quả nghiên cứu trữ lượng đất bồi lắng các hồ chứa vừa và nhỏ ở Hà Tĩnh**

TT	Tên hồ chứa	F <sub>lưu vực</sub> (km <sup>2</sup> )	Thảm phủ	Dung tích (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Năm xây dựng	Chiều dày bồi lắng (m)	F <sub>lòng hồ</sub> (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Hiện trạng công trình		Số liệu thiết kế tính toán	
								Thời gian vận hành (năm)	KL bồi lắng 10 <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	T (năm)	KL bồi lắng 10 <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )
<b>Các hồ chứa ở vùng phía Đông</b>											
1	Phú Tân	0.8	xấu	200	1983	0.6-3.0	16	33	<b>28.8</b>	50	16.3

TT	Tên hồ chứa	F <sub>lưu vực</sub> (km <sup>2</sup> )	Thảm phủ	Dung tích (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Năm xây dựng	Chiều dày bồi lắng (m)	F <sub>lòng hồ</sub> (10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Hiện trạng công trình		Số liệu thiết kế tính toán	
								Thời gian vận hành (năm)	KL bồi lắng 10 <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	T (năm)	KL bồi lắng 10 <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )
2	Thiên Tượng	2.2	Xấu	1.200	1995	0.2-1.2	25	21	17.5	50	18.8
3	Xanh Nước	1.15	Xấu	300	1980	0.3-1.5	36	36	32.4	50	27.6
4	Khe Lau	2.68	TB	700	1980	0.2-1.0	30	36	18.0	50	22.0
5	Khe Hao	1.17	TB	1.800	1996	0.2-0.8	40	20	20.0	50	28.1
<b>Các hồ chứa ở vùng phía Tây</b>											
1	Đập Họ	2.94	Xấu	1.600	1975	0.4-2.0	56	41	67.2	50	62.8
2	Đập Làng	1.45	Khá	2.800	1968	0.2-1.0	84	48	50.4	50	45.1
3	Chà Chạm	1.6	Khá	660	1977	0.2-1.0	20	39	12.0	50	11.4
4	Khe Cò	8.0	Tốt	3.400	1966	0.3-1.1	120	50	84.0	70	127
5	Cao Thắng	6.6	Tốt	2.700	1996	0.2-0.6	90	20	36.0	50	34.3
6	Cầu Trắng	1.2	Tốt	350	1974	0.2-0.8	15	42	7.5	50	
7	Khe Bò	6.5	Tốt	800	1986	0.2-0.7	60	30	27.0	50	49.4

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 vì hồ này có điều kiện thảm phủ không tốt, hoạt động của con người trong lưu vực diễn ra mạnh mẽ. Chiều dày đất bồi lắng có vùng lên tới 3.0 m. Trong khi đó 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 thì tốc độ bùn cát bồi lắng

bình quân lớn hơn nhiều so với kết quả tính toán theo thiết kế.

### 2.3. Đặc điểm về thành phần hạt và các tính chất cơ lý của đất bồi lắng lòng hồ chứa vừa và nhỏ ở Hà Tĩnh

Đất bồi lắng lòng hồ có đặc điểm chung là ở điều kiện bình thường đất thường xuyên nằm trong nước. Cấu tạo của đất bồi lắng ngoài các thành phần do xói mòn bề mặt của lưu vực, xói lở mái đất lòng hồ thì đất còn được tạo nên bởi những thành phần phong hóa sinh vật do xác động, thực vật lâu ngày trong lòng hồ và trên lưu vực bị phân hủy. Thành phần hạt của đất cơ bản là hạt cát, hạt bụi và hạt sét; đất có tính dính,

tính dẻo, khả năng trương nở và ép co rất lớn, tính thấm nước nhỏ,... cường độ của đất thay đổi nhiều khi độ ẩm thay đổi.

Để nghiên cứu tính chất của đất bồi lắng lòng hồ thì phương pháp lấy mẫu thí nghiệm phải được lựa chọn để các mẫu cho kết quả phản ánh cơ bản các chỉ tiêu cần nghiên cứu. Vì vậy, tại mỗi hồ nhóm tác giả tiến hành lấy tổ hợp các mẫu trong đó số mẫu nguyên dạng và mẫu không nguyên dạng lớn hơn hoặc bằng 3. Mẫu thí nghiệm được tiến hành lấy tại 03 vị trí là ngay trước đập, giữa lòng hồ và phía thượng lưu lòng hồ. Số lượng và phương pháp lấy mẫu được tổng hợp ở Bảng 2.

**Bảng 2: Số lượng và phương pháp lấy mẫu tại hiện trường**

TT	HỒ chứa	Địa điểm	Thời gian nghiên cứu	Mức nước hồ	Mẫu không nguyên dạng	Mẫu nguyên dạng	Phương pháp lấy mẫu
Các hồ chứa nằm ở vị trí phía Đông							
1	Phú Tân	Hạ Kỳ Anh	8/2015 và 8/2016	Cơ bản kiệt nước	03	06	Đào, ép Ống, khoan
2	Thiên Tượng	Hồng Lĩnh	8/2016	Đạt mức nước chết	03	03	Đào, ép Ống
3	Xanh Nước	Nghi Xuân	8/2016	Đạt mức nước chết	03	03	Đào, ép Ống
4	Khe Lau	Cẩm Xuyên	8/2016	Đạt mức nước chết	03	03	Đào, ép Ống
5	Khe Hao	Lộc Hà	8/2016 và 8/2017	Cơ bản kiệt nước	03	03	Đào, ép Ống
Các hồ chứa nằm ở vị trí phía Tây							
1	Đập HỌ	Hương Khê	8/2016 và 8/2017	Cơ bản kiệt nước	09	06	Đào, ép Ống
2	Đập Làng	Hương Khê	8/2016 và 8/2017	Đạt mức nước chết	03	03	Đào, ép Ống
3	Chà Chạm	Hương Khê	8/2016 và 8/2017	Đạt mức nước chết	03	03	Đào, ép Ống



TT	HỒ chứa	Địa điểm	Thời gian nghiên cứu	Mức nước hồ	Mẫu không nguyên dạng	Mẫu nguyên dạng	Phương pháp lấy mẫu
4	Khe Cò	Hương Sơn	8/2016	Đạt mức nước chết	03	03	Đào, ép Ống
5	Cao Thắng	Hương Sơn	8/2016	Đạt mức nước chết	03	03	Đào, ép Ống
6	Cầu Trắng	Thạch Hà	8/2016	Đạt mức nước chết	03	03	Đào, ép Ống
7	Khe Bò	Kỳ Anh	8/2016	Đạt mức nước chết	03	0	Đào



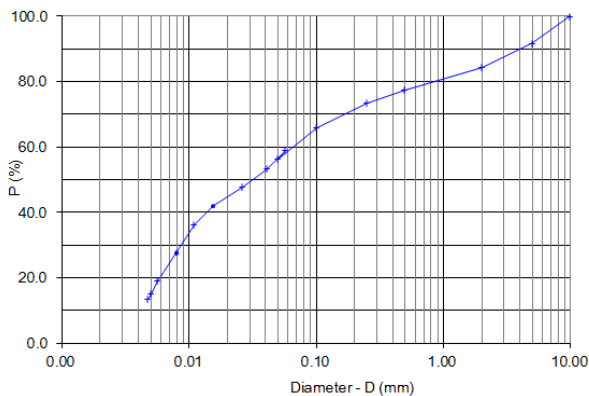
Hình 2: Lấy mẫu ở lòng hồ Đập Họ, Hương Khê và Hồ Phú Tân, Kỳ Anh

Kết quả thí nghiệm về thành phần hạt và một số chỉ tiêu cơ bản của các mẫu được thể hiện ở Bảng 3.

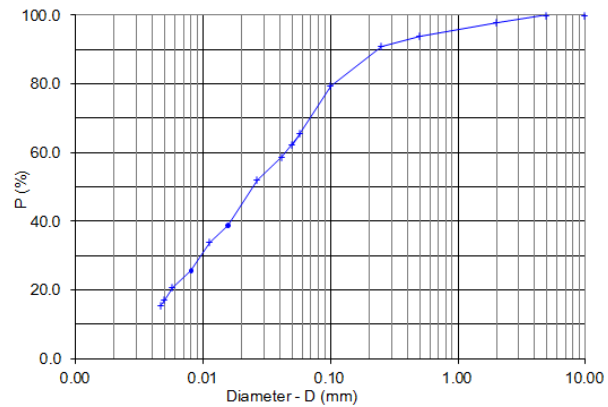
**Bảng 3: Kết quả thí nghiệm xác định thành phần hạt và một số chỉ tiêu cơ bản**

TT	HỒ chứa	Sạn sỏi (%)	Cát (%)	Bụi (%)	Sét (%)	WL	PI
I	Kết quả thí nghiệm các hồ ở phía Đông						
1	Xanh Nước	2.4	43	35	18	31	11
2	Phú Tân	10	54	12	22	35	15
3	Thiên Tượng	6.6	28	42	22	41	13
4	Khe Lau	25	39	17	16	30	9
5	Khe Hao	2.2	38	41	16	29	9
II	Kết quả thí nghiệm các hồ ở phía Tây						
6	Khe Cò	1.9	31	45	20	33	11
7	Đập Làng	18	45	23	12	39	13

TT	Hồ chứa	Sạn sỏi (%)	Cát (%)	Bụi (%)	Sét (%)	WL	PI
8	Chà Chạm	1.3	40	51	7	19	6
9	Cầu Trắng	15	30	38	14	25	10
10	Khe Bò	2.6	49	27	19	36	11
11	Cao Thắng	6.2	50	31	11	22	6



Hình 3: Đường cấp phối hạt hồ Cầu Trắng



Hình 4: Đường cấp phối hạt hồ Khe Hao

Kết quả thí nghiệm 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.

Theo [2] thì thành phần đất bồi lắng ở cả 2 vị trí phía Tây và Đông đều là loại đất bụi bình thường pha cát, lẫn sỏi sạn, có tính dẻo với chỉ số chảy thay đổi từ 22.85% đến 41.76%.

Cấu tạo địa chất của đất bồi lắng lòng hồ tương đối đồng nhất, tuy nhiên khoảng 0.3m trên cùng là đất bùn sét có lẫn sỏi, sạn và cát, trong khi các lớp đất ở dưới cơ bản là bùn, sét mịn có màu đen.

### 3. KẾT LUẬN

Kết quả khảo sát, nghiên cứu các hồ ở Hà Tĩnh cho thấy đất bồi lắng một số hồ chứa đã làm giảm dung tích trữ nước, chất lượng nước; có hồ bùn cát còn lấp đầy cửa cống gây khó khăn cho quá trình vận hành, khai thác, dễ mất an toàn. Việc nạo vét đất bồi lắng lòng hồ phải thực hiện; tuy nhiên, việc xử lý đồ thải sẽ gặp rất

nhều khó khăn về bảo vệ môi trường và giá thành vận chuyển.

Nghiên cứu, tận dụng đất bồi lắng lòng hồ làm vật liệu đắp mở rộng mặt đập để đảm bảo an toàn cho công trình theo tiêu chuẩn mới ngoài ý nghĩa thực tiễn về mặt khoa học còn mang hiệu quả kinh tế, môi trường và xã hội rất cao như: khôi phục lại thời gian khai thác, vận hành hồ, nâng dung tích hồ, sử dụng được vật liệu tại chỗ để đắp sẽ giảm giá thành và không gây ảnh hưởng đến môi trường xã hội.

Kết quả thí nghiệm cho thấy thành phần chủ yếu của đất bồi lắng lòng hồ thuộc loại đất bụi bình thường 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.

Tiếp tục nghiên cứu các tính chất đặc biệt của đất bồi lắng lòng hồ kết hợp với các phụ gia thích hợp để tạo ra vật liệu đảm bảo yêu cầu kỹ thuật sửa chữa, nâng cấp đập đóng vai trò hết sức quan trọng đối với những hồ chứa khan hiếm về vật liệu đất đắp như ở phía Đông của

Hà Tĩnh.

**LỜI CẢM ƠN:** Bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ của đề tài ĐTĐL.CN-04/16, “Nghiên

cứu công nghệ phát hiện sớm nguy cơ sự cố đê sông, đập đất, đập đá, đập bê tông trọng lực và đề xuất giải pháp xử lý”. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Sở Nông nghiệp và PTNT - *Hồ sơ thiết kế các hồ chứa Hà Tĩnh WB8*.
- [2] TCVN 8217: 2009 Đất xây dựng công trình thủy lợi – phân loại.
- [3] Ủy Ban nhân dân tỉnh Hà Tĩnh - *Tài liệu về công trình thủy lợi Hà Tĩnh*.
- [4] 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), p 95-112.
- [5] 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.