

SỬ DỤNG TRO XÍ NHIỆT ĐIỆN LÀM VẬT LIỆU SAN LẤP

TS. ĐINH QUỐC DÂN, PGS. TS. ĐOÀN THẾ TƯỜNG, KS. ĐỖ NGỌC SƠN
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Tiêu thụ và xử lý tro xỉ phát thải từ các nhà máy nhiệt điện là nhiệm vụ cần thiết hiện nay. Trong số các giải pháp khả thi, việc sử dụng tro xỉ làm vật liệu san lấp là giải pháp tiềm năng cho phép tiêu thụ khối lượng lớn tro xỉ. Trong khuôn khổ bài viết nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu đặc trưng kỹ thuật của tro xỉ tại một số nhà máy nhiệt điện đốt than. Các kết quả nghiên cứu tập trung vào đặc trưng tính chất địa kỹ thuật và giải pháp kỹ thuật nâng cao đặc tính của hỗn hợp tro xỉ. Trên cơ sở đó đánh giá điều kiện kỹ thuật áp dụng tro xỉ vào san lấp.

Từ khóa: Sản phẩm đốt than, tro xỉ nhiệt điện, vật liệu san lấp, đặc trưng cơ lý

Abstracts: Presently, the consumption and handling with coal ash from thermal power plants are becoming extremely necessary. Whithin the possible solutions, the use of coal ash as a backfill material is a potential solution for consuming the mass volume of coal ash. In this paper, the authors have researched technical features of coal ash from some thermal power plants. The research results concentrate on physical-mechanical, geotechnical characteristic properties and technical solutions to promote properties of coal ash mixture. Based on that to assess technical conditions to apply coal ash to backfill.

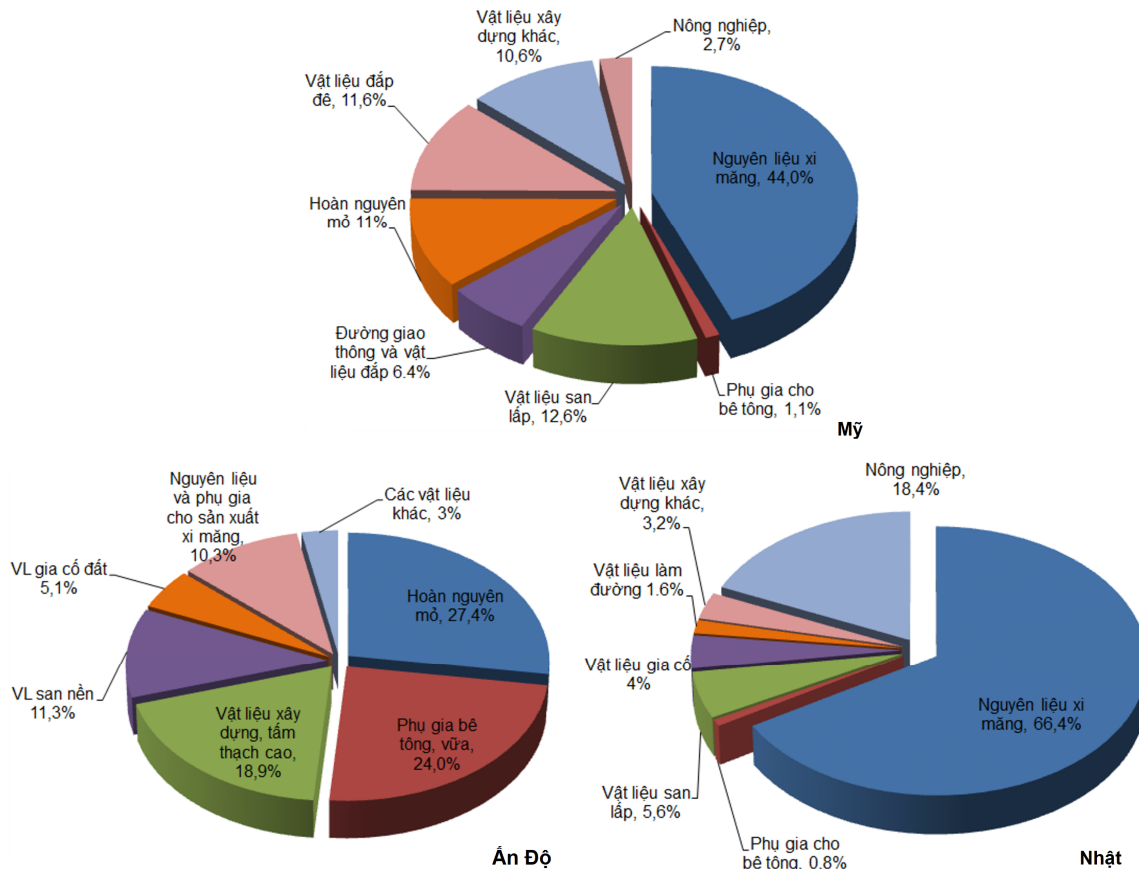
Keywords: CCPs, coal ash, filling material, mechanical property.

1. Yêu cầu tiêu thụ tro xỉ nhiệt điện đốt than

Cùng với sự phát triển kinh tế của đất nước, nhu cầu tiêu thụ điện ngày một tăng dẫn đến khối lượng tro xỉ trong hồ chứa tại các nhà máy nhiệt điện đang ngày một tăng thêm, tạo ra sức ép lớn về

diện tích tồn chứa cũng như đối với môi trường. Khối lượng tro xỉ phát thải hiện nay của cả nước khoảng 14 triệu tấn/năm [1] và con số này còn tăng theo thời gian. Tổng lượng tro xỉ nhiệt điện phát thải trên phạm vi toàn cầu vào khoảng 780 triệu tấn vào năm 2011. Mức độ tái sử dụng hiệu quả tro xỉ là 415 triệu tấn (53 % tổng sản lượng) và ở mức độ khác nhau tại mỗi quốc gia [2]. Tỷ lệ sử dụng hiệu quả lớn nhất là 96,4 % và tỷ lệ thấp nhất là khoảng 10,6 %. Sản lượng tro xỉ cũng được dự báo sẽ tăng trong những năm tới do ngành năng lượng của thế giới còn phụ thuộc nhiều vào sản lượng điện được sản xuất bằng việc đốt than. Tại Mỹ và liên Minh châu Âu EU tổng sản lượng tro xỉ hàng năm ước tính vào khoảng 115 triệu tấn, Ấn Độ khoảng 140 triệu tấn năm. Sản lượng tro xỉ tại Trung Quốc cũng tăng nhanh hàng năm và dự báo đạt 580 triệu tấn vào năm 2015 [3].

Tại một số quốc gia có nền kinh tế phát triển hay có mức độ phát thải tro xỉ nhiệt điện lớn thì tro xỉ nhiệt điện được tái sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực để tận thu tài nguyên như làm phụ gia cho xi măng, bê tông, làm vật liệu cho gạch, vữa xây không nung, cải tạo đất nông nghiệp và phần lớn phục vụ làm vật liệu xử lý nền, san lấp công trình hoặc hoàn nguyên mỏ... Theo số liệu từ hội thảo tro than thế giới năm 2013 đưa ra [4] trong hình 1, đối với lĩnh vực san lấp mức độ sử dụng ở mức khá như ở châu Âu với 18,98 %, ở Ấn Độ với 6,4 % cho đắp đường giao thông và 12,6 % cho san nền. Ở Hoa Kỳ chỉ hơn 11% được sử dụng để san lấp và thấp nhất là Nhật Bản với 5,6 %. Tuy nhiên ở một mức độ nhất định, có thể chắc chắn rằng tro xỉ nhiệt điện sử dụng với khối lượng không hề nhỏ trong san lấp ở các nước trên.



Hình 1. Tái sử dụng tro xỉ nhiệt điện tại một số quốc gia [4]

Việc thúc đẩy tiêu thụ và xử lý tro xỉ đã được đặt ra, trong khuôn khổ bài báo nhóm tác giả trình bày các nghiên cứu sử dụng tro xỉ nhiệt điện trong san lấp trên cơ sở nghiên cứu xác định các đặc trưng cơ lý của tro xỉ để đánh giá khả năng sử dụng loại tro xỉ nhiệt điện trong san lấp, đánh giá độ bền của hỗn hợp tro xỉ và xi măng với các tỷ lệ xi măng khác nhau trên các mẫu tro xỉ, mẫu tro, mẫu xỉ được lấy tại nhà máy nhiệt điện tại Việt Nam.

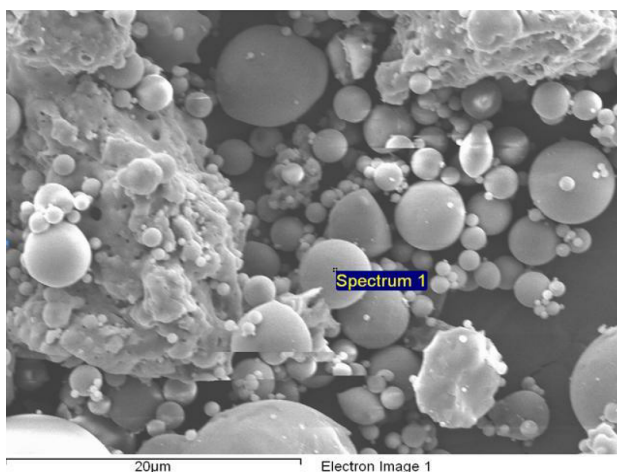
2. Đặc trưng tính chất địa kỹ thuật của tro xỉ nhiệt điện

Quá trình vận hành các nhà máy nhiệt điện đốt than đã thải ra các sản phẩm cháy từ than bao gồm tro bay và xỉ đáy. Về thành phần vật chất, tro bay là các chất vô cơ không cháy được có sẵn trong than, sau quá trình đốt biến thành vật chất cấu trúc dạng

thủy tinh và vô định hình và các dạng vô định hình có ý nghĩa lớn trong đánh giá hoạt tính của vật liệu.

Tro bay thường có dạng hạt hình cầu kích thước từ 0.5 μm đến 300 μm , khối lượng thể tích ở trạng thái khô xấp xỉ 450 kg/m^3 đến 700 kg/m^3 và trọng lượng riêng 1.800 kg/m^3 đến 2.300 kg/m^3 có thể lẫn các hạt than chưa cháy hết có hình dạng không xác định. Diện tích bề mặt của tro bay thay đổi từ 2.000 cm^2/gram đến 6.800 cm^2/gram .

Xỉ đáy là những hạt thô và to hơn tro bay, là thành phần không cháy thu được ở phần đáy lò thường ở dạng cục hoặc hạt có kích thước từ 0.125 mm đến 2 mm, khối lượng thể tích ở trạng thái khô xấp xỉ 700 kg/m^3 đến 900 kg/m^3 và trọng lượng riêng 2.000 kg/m^3 đến 2.600 kg/m^3 . Thông thường lượng tro bay chiếm khoảng 80 % - 90 %, còn xỉ chỉ chiếm khoảng 10 % - 20%.



Hình 2. Tro bay Quảng Ninh chụp qua kính hiển vi điện tử [5]

Tro xỉ nhiệt điện làm vật liệu san lấp trước tiên phải được phân định là chất thải không nguy hại và đáp ứng yêu cầu của TCVN 12249:2018 [6], đồng thời khi sử dụng vào bãi san lấp cần thỏa mãn các điều kiện vật liệu an toàn môi trường khác, đặc biệt là kiểm tra thỏa mãn nồng độ khí radon tại bãi san lấp theo quy định.

Bài viết này tập trung vào các đặc trưng tính chất địa kỹ thuật sẽ đánh giá khả năng về yêu cầu kỹ thuật sử dụng tro xỉ nhiệt điện làm vật liệu san lấp được xét trên cơ sở các đặc trưng tính chất vật lý, các đặc trưng tính chất cơ học và các đặc trưng về khả năng đầm chặt.

2.1 Các đặc trưng tính chất vật lý

Kết quả thí nghiệm trong phòng xác định các đặc trưng vật lý theo các tiêu chuẩn hiện hành trên các mẫu tro, xỉ và tro xỉ hỗn hợp được lấy từ các nhà máy nhiệt điện được tổng hợp với giá trị các đặc trưng vật lý của vật liệu tro xỉ hỗn hợp là giá trị trung bình của các kết quả thí nghiệm các mẫu lấy được từ các bãi lưu giữ tro xỉ của các nhà máy nhiệt điện Duyên Hải, Quảng Ninh, Sơn Động, Cẩm Phả, Uông Bí, Na Dương, Mông Dương, Vĩnh Tân. Các giá trị trong ngoặc đơn là khoảng biến đổi của các giá trị tương ứng. Riêng các giá trị các đặc trưng vật lý của vật liệu tro và xỉ là từ nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh (bảng 1).

Bảng 1. Đặc trưng vật lý của một số hỗn hợp tro xỉ nhiệt điện

STT	Đặc trưng vật lý	Tro	Xỉ	Tro xỉ
1	Thành phần hạt, %			
	+ Hạt sét < 0,005	2,2	-	4 (1,80 - 9,80)
	+ Hạt bụi 0,005-0,05	53,9	28,1	51,6 (32,1 - 70,3)
	+ Mịn 0,005-0,01	14,6	6,8	11,2 (3,8 - 17,6)
	+ Thô 0,01-0,05	39,3	21,3	39,6 (28,3 - 53,3)
	+ Hạt cát 0,05-2	43,9	56,8	48,7 (26,6 - 71,6)
	- Mịn 0,05-0,1	42,8	16,4	30,1 (4,1 - 46,5)
	- Nhỏ 0,1-0,25	0,6	13,1	6,3 (1,1 - 16,5)
	- Trung 0,25-0,5	0,3	8,3	5,5 (0,3 - 18,8)
	- To 0,5-1	0,1	7,7	4,3 (0,1 - 18,3)
- Thô 1-2	0,1	11,3	4,7 (0,2 - 26,4)	
2	Đặc trưng cấp phối hạt			
	+Hệ số đồng nhất, Cu +Hệ số cấp phối, Cs	7,2 0,8	20 0,7	8,1 (3,8 - 13,1) 0,9 (0,7 - 1,0)
3	Khối lượng thể tích hạt, g/cm ³	2,42	2,01	2,53 (2,35 - 2,69)
4	Khối lượng thể tích khô, g/cm ³			
	+Trạng thái chặt nhất +Trạng thái xốp nhất	1,44 0,95	1,44 1,01	1,27 (1,06 - 1,81) 1,01 (0,65 - 1,41)
5	Hệ số rỗng			
	+Trạng thái chặt nhất +Trạng thái xốp nhất	0,40 1,12	0,68 1,40	0,84 (0,46 - 1,34) 1,66 (0,82 - 2,62)
6	Hệ số thấm, 10 ⁻³ cm/s			2,19 - 3,18

Từ kết quả thí nghiệm các đặc trưng tính chất vật lý trên các mẫu tro xỉ, có thể thấy:

- Giá trị các đặc trưng vật lý khá phân tán giữa các nhà máy nhiệt điện, các giá trị này là hợp lý nằm trong khoảng thường thấy đã được công bố trên các nghiên cứu trong, ngoài nước và thống nhất với nhau theo các quy luật đã biết;

- Theo thành phần hạt, vật liệu tro xỉ có thể xếp vào nhóm đất bụi thô nhiều cát mịn;

- Theo giá trị khối lượng thể tích hạt, có thể thấy tro xỉ thuộc loại vật liệu nhẹ, nhẹ hơn nhiều so với vật liệu cát ($2,53 \text{ g/cm}^3$ so với $2,65 - 2,69 \text{ g/cm}^3$ của vật liệu cát). Đây là ưu điểm của vật liệu tro xỉ khi sử dụng làm vật liệu san lấp vì có trọng lượng bản thân nhẹ hơn so với các vật liệu san lấp truyền thống;

- Theo các đặc trưng cấp phối hạt, các đặc trưng vật lý ở trạng thái xốp nhất và chặt nhất, có thể đánh giá vật liệu tro xỉ có khả năng nén chặt tốt vì cấp phối hạt bất đồng nhất, cấu trúc cốt hạt dạng tinh thể cầu sẽ dễ sắp xếp khi đầm;

- Riêng đối với tro bay, diện tích bề mặt lớn có thể dẫn đến những khó khăn nhất định khi phối trộn tro bay với vật liệu khác, đặc biệt với chất kết dính là xi măng. Các hạt tro bay khô có độ phân tán lớn, mức độ hoạt động bề mặt cao khi trộn với nước thường có xu hướng hút nước tạo thành các cục, hòn phân tách khỏi xi măng đã phối trộn. Đây là đặc điểm cần lưu ý khi phải xử lý hỗn hợp tro xỉ phối trộn, thường hỗn hợp phối trộn nên được là ẩm và ủ trong khoảng thời gian nhất định để đạt độ ẩm tối ưu thay vì trộn trực tiếp với nước.

Như vậy, theo các đặc trưng vật lý lưu ý về độ hút ẩm, tro xỉ về cơ bản ứng xử như là vật liệu đất bụi thô nhiều cát mịn, nhẹ và có khả năng đầm nén.

2.2 Các đặc trưng tính chất cơ học

Các đặc trưng cơ học bao gồm các đặc trưng về biến dạng và độ bền được sử dụng để đánh giá chất lượng thể đắp với vật liệu tro xỉ. Kết quả nghiên cứu được tiến hành cùng với vật liệu tro xỉ được gia cường bằng xi măng với các tỷ lệ phối trộn khác nhau. Các mẫu tro xỉ thí nghiệm các đặc trưng cơ học được lấy tại 2 nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh và Duyên Hải. Ngoài ra, các đặc trưng cơ học còn được thí nghiệm tại hiện trường san đắp bãi thi công thử tại Quảng Ninh và Duyên Hải bằng thí nghiệm bàn nén.

a) Đặc trưng biến dạng

Tính nén lún của vật liệu tro xỉ được đặc trưng bằng thông số hệ số nén lún a_{1-2} (cm^2/kg) xác định bằng thí nghiệm nén không nở hông ở trong phòng với các trạng thái độ chặt khác nhau ($K = 0,85; 0,90$ và $0,95$ so với độ chặt tiêu chuẩn) và được phối trộn với xi măng ở các tỷ lệ khác nhau ($5 - 10 - 15 - 20$ % xi măng theo trọng lượng vật liệu tro xỉ khô) cũng như với điều kiện bảo dưỡng mẫu thí nghiệm (thí nghiệm ngay sau khi chế bị mẫu, bảo dưỡng sau 7 ngày và mẫu được bão hòa nước). Kết quả thí nghiệm được trình bày trong bảng 2.

Tính nén lún của vật liệu tro xỉ cũng được nghiên cứu xác định bằng thí nghiệm nén bàn nén hiện trường trên khối đắp vật liệu tro xỉ đầm nén. Thí nghiệm nén bàn nén tại khối đắp vật liệu tro xỉ tại nhà máy nhiệt điện Duyên Hải, cho kết quả giá trị mô đun biến dạng E trong khoảng 7,8 MPa đến 9,4 MPa ở độ chặt $K = 0,95$. Tải trọng nén thí nghiệm lên tới 500 kPa với độ lún bàn nén trong khoảng 1,29 cm đến 1,51 cm.

Bảng 2. Giá trị hệ số nén lún a_{1-2} của vật liệu tro xỉ tại Quảng Ninh

Loại mẫu thí nghiệm		Hệ số nén lún a_{1-2} ở độ chặt của mẫu		
		K = 0,85	K = 0,90	K = 0,95
Tro xỉ 100 %	Nén ngay	0,082	0,059	0,029
	7 ngày	0,033	0,024	0,022
	Bão hòa	0,039	0,036	0,034
Tro xỉ + 5 % XM	Nén ngay	0,088	0,061	0,024
	7 ngày	0,015	0,008	0,008
	Bão hòa	0,013	0,010	0,010
Tro xỉ + 10 % XM	Nén ngay	0,037	0,031	0,019
	7 ngày	0,009	0,008	0,006

Loại mẫu thí nghiệm		Hệ số nén lún a_{1-2} ở độ chặt của mẫu		
		K = 0,85	K = 0,90	K = 0,95
	Bão hòa	0,014	0,011	0,005
Tro xỉ + 15 % XM	Nén ngay	0,023	0,016	0,011
	7 ngày	0,006	0,005	0,003
Tro xỉ + 20 % XM	Nén ngay	0,020	0,014	0,008
	7 ngày	0,006	0,005	0,006

b) Đặc trưng độ bền

Độ bền của vật liệu tro xỉ được nghiên cứu xác định bằng các thí nghiệm cắt trong phòng theo mặt phẳng định trước xác định lực dính c (Pa) và góc ma sát trong φ (độ) trên các mẫu được xử lý với xi măng ở các tỷ lệ khác nhau (5 - 10 - 15 - 20 % xi măng của trọng lượng vật liệu tro xỉ khô) ở trạng thái độ chặt khác nhau (K = 0,85; 0,90 và 0,95 so với độ chặt tiêu chuẩn).

Các mẫu thí nghiệm cắt cũng được tiến hành với 3 điều kiện bảo dưỡng (thí nghiệm ngay sau khi chế bị mẫu, bảo dưỡng sau 7 ngày và mẫu được bão hòa nước). Đối với thí nghiệm nén nở hông trong phòng xác định sức kháng nén nở hông, thí nghiệm được tiến hành với 3 điều kiện bảo dưỡng (bảo dưỡng ở 7, 14 và 28 ngày). Các kết quả thí nghiệm được trình bày lần lượt trong bảng 3 và 4.

Bảng 3. Các thông số sức kháng cắt của vật liệu tro xỉ tại nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh

Loại mẫu thí nghiệm		Sức kháng nén nở hông (kN/m^2) ở độ chặt		
		K = 0,85	K = 0,90	K = 0,95
Tro xỉ 100 %	7 ngày	3,97	6,04	8,81
	14 ngày	4,13	6,55	9,13
Tro xỉ + 5 % XM	7 ngày	53,59	64,29	82,13
	28 ngày	59,93	71,97	97,16
Tro xỉ + 10 % XM	7 ngày	63,09	138,79	175,99
	28 ngày	78,09	170,86	214,15
Tro xỉ + 15 % XM	7 ngày	88,24	178,93	249,39
	28 ngày	122,91	248,02	359,92
Tro xỉ + 20 % XM	7 ngày	149,56	190,80	296,61
	28 ngày	280,99	367,46	512,48

Bảng 4. Sức kháng nén nở hông của vật liệu tro xỉ tại nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh

Loại mẫu thí nghiệm		Lực dính c và góc ma sát trong φ của vật liệu tro xỉ ở độ chặt					
		K = 0,85		K = 0,90		K = 0,95	
		C 10^5 Pa	φ độ	C 10^5 Pa	φ độ	C 10^5 Pa	φ độ
Tro xỉ 100 %	Cắt ngay	0,145	11°02'	0,148	12°02'	0,173	16°21'
	7 ngày	0,149	11°40'	0,155	12°34'	0,180	16°50'
	Bão hòa	Tan rã		Tan rã		Tan rã	
Tro xỉ + 5 % XM	Cắt ngay	0,168	12°49'	0,172	13°05'	0,191	17°24'
	7 ngày	0,239	26°01'	0,260	35°28'	0,328	39°15'
Tro xỉ + 10 % XM	Cắt ngay	0,202	18°36'	0,221	19°01'	0,254	19°45'
Tro xỉ + 15 % XM	Cắt ngay	0,210	19°33'	0,252	20°11'	0,292	22°17'
Tro xỉ + 20 % XM	Cắt ngay	0,223	20°09'	0,267	22°32'	0,321	23°35'

Từ các số liệu đặc trưng tính chất vật lý và kết quả tính chất cơ học thể hiện trong bảng 1, 2, 3 và 4 của vật liệu tro xỉ có thể có các nhận xét như sau:

- Tro xỉ, khi không được nén chặt đầy đủ, là loại vật liệu rời, có tính chất cơ học yếu: lún nhiều với hệ số nén lún a_{1-2} lớn hơn $0,050 \text{ cm}^2/\text{kg}$, góc ma sát trong nhỏ, dưới 12° , sức kháng nén nở hông thấp, dưới 10 kN/m^2 . Giá trị sức kháng cắt và hệ số nén lún khi đầm chặt tại độ chặt yêu cầu thường thấp hơn so với các vật liệu khác.

- Tro xỉ có tính chất cơ học phụ thuộc khả năng hoạt tính và khả năng tự tăng cứng của thành phần tro bay.

- Tro xỉ tan rã trong nước dù được nén chặt ở bất cứ mức độ nào;

- Vật liệu tro xỉ, khi được nén chặt tới độ chặt $K = 0,95$ so với độ chặt tiêu chuẩn, có tính chất cơ học được cải thiện nhiều: lún ít với a_{1-2} nhỏ hơn $0,025 \text{ cm}^2/\text{kg}$, góc ma sát trong lớn hơn 16° , nhưng sức kháng nén nở hông tăng không đáng kể;

- Tính chất cơ học của vật liệu tro xỉ được cải thiện đáng kể khi gia cường bằng trộn thêm các chất liên kết vô cơ. Trong nghiên cứu này, chỉ với 5 % xi măng trộn thêm, hệ số nén lún đã giảm mạnh, chỉ còn $0,015 \text{ cm}^2/\text{kg}$ sau 7 ngày bảo dưỡng ở độ chặt $K = 0,85$ và $0,08$ ở độ chặt $0,95$; góc ma sát trong tăng đến 26° ở độ chặt $K = 0,85$ và là 39° ở độ chặt $K = 0,95$; lực dính tăng thêm gấp 2 lần và sức kháng nén nở hông tăng thêm gấp 10 lần;

- Với mục đích sử dụng vật liệu tro xỉ như là vật liệu san lấp, để đảm bảo ổn định lún, thể đắp vật liệu tro xỉ cần được nén chặt ít nhất tới độ chặt $K = 0,95$ còn để đảm bảo ổn định về cường độ, cần gia cường bằng chất liên kết, ví dụ với chất liên kết vô cơ như xi măng với hàm lượng xi măng tối thiểu là 5 %, sự khác biệt lớn của đặc trưng biến dạng khi sử dụng tỷ lệ xi măng từ 10 % trở lên. Tính chất cơ học của vật liệu tro xỉ được cải thiện rõ rệt hơn bằng cách gia cường với chất liên kết hơn là theo sự tăng độ đầm chặt của vật liệu.

2.3 Các đặc trưng tính chất đầm nén của vật liệu tro xỉ

Các đặc trưng tính chất đầm nén của vật liệu tro xỉ được nghiên cứu xác định bằng thí nghiệm đầm nén tiêu chuẩn ở trong phòng. Các thông số đặc trưng của nó bao gồm khối lượng thể tích khô lớn nhất (γ_{max} , g/cm^3) và độ ẩm tốt nhất (ω_{tu} , %) tương ứng với nó. Thí nghiệm đầm chặt tiêu chuẩn trong phòng được tiến hành với 2 loại thiết bị có công đầm nén khác nhau: Proctor tiêu chuẩn và Proctor cải tiến với mục đích xem xét khả năng chịu đầm nén của vật liệu ở các công đầm nén khác nhau. Vật liệu thí nghiệm là vật liệu tro, xỉ, hỗn hợp tro và xỉ ở tỷ lệ trộn khác nhau và vật liệu tro xỉ lấy tại bể lưu trữ của nhà máy được gia cường thêm với chất liên kết xi măng ở các tỷ lệ xi măng khác nhau (5 - 10 - 15 - 20 %).

Các bảng 5, 6 dưới đây cho các kết quả thí nghiệm nói trên với các vật liệu tro xỉ lấy tại bể chứa của nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh.

Bảng 5. Đặc trưng đầm nén của tro xỉ Quảng Ninh

Loại mẫu thí nghiệm	Kết quả thí nghiệm đầm chặt theo phương pháp			
	Tiêu chuẩn		Cải tiến	
	γ_{max} g/cm^3	ω_{tu} %	γ_{max} g/cm^3	ω_{tu} %
Tro xỉ 100 %	1,412	20,8	1,442	18,7
Tro xỉ + 5 % XM	1,423	18,9	1,457	18,0
Tro xỉ + 10 % XM	1,433	17,9	1,487	17,1
Tro xỉ + 15 % XM	1,455	17,3	1,521	16,5
Tro xỉ + 20 % XM	1,488	16,7	1,547	15,4

SỬ DỤNG KẾT CẤU TƯỜNG CHẮN TRO XỈ GIA CỐ VẢI ĐỊA KỸ THUẬT ĐỂ XÂY DỰNG BỂ CHỨA TRO XỈ TRONG CÁC NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN

TS. PHẠM QUYẾT THẮNG

University of Texas Rio Grande Valley

ThS. NGUYỄN NGỌC THUYẾT

Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Trong tình hình thực tế ở Việt Nam hiện nay, rất nhiều nhà máy nhiệt điện đang được vận hành, kèm theo đó là nhu cầu xây dựng các bãi chứa tro và xỉ thải bao gồm cả tro đáy và tro bay. Các bãi chứa hiện nay ở Việt Nam chủ yếu được bố trí thành khối đắp mái dốc tự nhiên hoặc có tường chắn. Thông thường các kết cấu tường chắn đất tương tự như sử dụng cho đường cao tốc, mố cầu, đập đất,... được sử dụng để xây dựng bể chứa tro xỉ. Tuy nhiên, cách làm này đòi hỏi chi phí xây dựng cao hơn khi sử dụng đất, đá tự nhiên làm kết cấu do phải mua và vận chuyển vật liệu đắp từ nơi khác đến. Nếu có thể sử dụng tro từ chính nhà máy nhiệt điện để xây dựng bể chứa có thể giảm rất nhiều thời gian và chi phí cho việc xây dựng bể chứa, tận dụng được tro xỉ tại chỗ và giảm thiểu tác động môi trường. Có thể thấy rằng cách làm này có rất nhiều ưu điểm nhưng cũng đòi hỏi phải xem xét cẩn thận các tiêu chí kỹ thuật liên quan. Bài báo này trình bày phương pháp số và phương pháp đơn giản hóa để thiết kế bể chứa bằng xỉ gia cố cho tro đáy và tro bay trong các nhà máy nhiệt điện, đồng thời cũng trình bày quy trình xây dựng bể chứa tro xỉ để thuận tiện cho việc áp dụng.

Abstract: This paper presents numerical and simplification methods to design a geosynthetic-reinforced ash (GRA) wall for the bottom and fly ash pond in thermal power plants. As usual, Geosynthetic Reinforced Soil (GRS) structures have also been used widely for retaining walls, highways, bridge abutments, earth dams. Although, GRS structures have been used for building ash or disposal ponds, using the ash from the thermal power plant to construct ash ponds at the same site can reduce a lot of time and expense for soil fill, transportation, and minimize environmental effects. This paper also presents a construction procedure to build a GRA pond for the convenience of application.

Keywords: Reinforced soil. Geosynthetics. Reinforcing mechanism. Volume change. Finite element analysis.

1. Đặt vấn đề

Khối đắp có cốt là vải hoặc lưới địa kỹ thuật thường được sử dụng làm tường chắn và đường dẫn của các đường cao tốc... Trên thế giới, đặc biệt tại Mỹ và Nhật Bản, loại tường này đã được ứng dụng rộng rãi và rất thành công, tuy nhiên tại Việt Nam hiện chưa được phổ biến. Trong tương lai gần, loại kết cấu này chắc chắn sẽ được áp dụng rộng hơn trong lĩnh vực giao thông, xây dựng, thủy lợi để đem lại hiệu quả kinh tế và kỹ thuật đích thực cho công việc đầu tư [17]. Một ứng dụng thể hiện tính ưu việt của loại tường này là áp dụng làm thành bể chứa tro xỉ nhiệt điện tại các nhà máy nhiệt điện mà Việt Nam là một địa chỉ phù hợp. Thứ nhất, kết cấu này có giá thành thấp, thi công đơn giản không cần công nhân kỹ thuật cao, thời gian thi công nhanh hơn nhiều so với kết cấu tường bê tông truyền thống mà vẫn đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật và tuổi thọ của công trình. Thứ hai, sử dụng chính vật liệu tro xỉ tại chỗ nên giảm thiểu chi phí cho việc mua vật liệu đắp, chi phí vận chuyển. Thứ ba, thể tích chiếm chỗ của khối đắp dạng này nhỏ so với khối đắp thông thường nên tăng được thể tích bể chứa. Các phân tích cụ thể sẽ được thể hiện trong bài báo này.

2. Cơ sở lý thuyết thiết kế kết cấu tường chắn bằng tro xỉ gia cố vải địa kỹ thuật

2.1 Nguyên lý thiết kế bể chứa tro xỉ

Bể chứa tro xỉ bao gồm thành bể và đáy bể. Thành bể trong bài toán này là tường gia cố bằng vải địa kỹ thuật (ĐKT), đáy bể được đặt trực tiếp trên nền thiên nhiên hoặc nền đã gia cố. Trong nhiều nhà máy nhiệt điện tại Việt Nam, bể chứa thường đặt tại khu vực gần núi, trong trường hợp này có thể đặt trực tiếp trên lớp đất bề mặt, đá phong hóa. Nếu đặt gần núi, vách núi thường sẽ được tận dụng làm một phần thành bể, phần còn lại có thể sử dụng khối đất gia cố bằng vải ĐKT. Trong

hiều trường hợp khác, toàn bộ thành bể được làm bằng khối đất gia cố (hình 1).



Hình 1. Cấu tạo bể chứa

Khối đất gia cố được sử dụng làm thành bể phải chịu tải trọng bản thân, tải trọng ngang của khối tro xỉ bên trong gây ra. Khi thiết kế thành bể phải đảm bảo ổn định do tải trọng ngoài gây ra như ổn định trượt cục bộ, trượt sâu, đảm bảo an toàn về cường độ nền, chuyển vị đứng và ngang, và ổn định nội tại của khối gia cố dưới tác dụng của vật liệu tro xỉ bên trong và chuyển vị của nền đất,...

2.2 Nguyên lý cơ bản của đất có cốt

Khối đất có cốt là vài địa kỹ thuật ứng xử theo nguyên lý của vật liệu composite, gồm hai thành phần là đất và cốt. Bởi vậy, nguyên lý cơ bản của đất có cốt liên quan mật thiết đến tính chất của đất và cốt. Đất có độ bền nén (khi được hạn chế nở hông) tương đối cao, trong khi đó cốt là vật liệu chịu kéo tốt và được bố trí nằm ngang để hạn chế các biến dạng theo phương ngang của khối. Nhờ đó khối đất có cốt được hạn chế chuyển vị ngang cũng như chuyển vị đứng. Kết quả là khả năng chịu lực của khối tăng lên.

Trong tường chắn, khối đất có cốt được xem như là mẫu nén 3 trục với trị số áp lực hông σ_3 :

$$\sigma_3 = K \cdot \sigma_1$$

trong đó: K - hệ số áp lực ngang của đất, nếu ở trạng thái tĩnh có thể sử dụng công thức Jaky,:

$$K_0 = (1 - \sin\phi') OCR^{\sin\phi'}$$

Hoặc ở trạng thái chủ động theo Rankine:

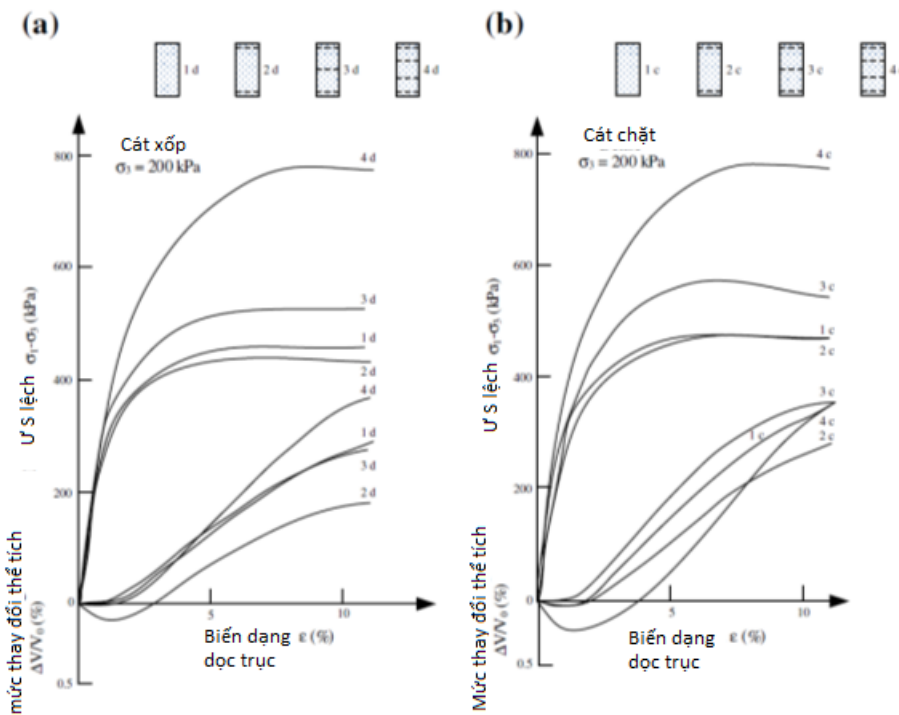
$$K = K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi'}{2}).$$

Cơ chế làm việc của khối gia cố đất-vải địa kỹ thuật đã được Brom (1997) nghiên cứu thông qua một loạt các thí nghiệm nén 3 trục cho trường hợp cát rời và cát chặt, kết quả được trình bày trong hình 2. Có thể nhận định về tính chất của khối gia

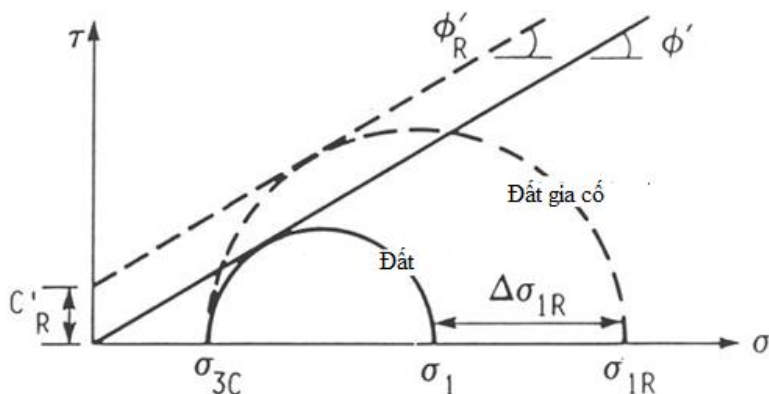
cố (composite) như sau: Khi có mặt lớp gia cường trong đất, cường độ của khối đất tăng rõ rệt. Để lý giải sự gia tăng đó, ba yếu tố được cho là tác động đến việc tăng cường độ của khối gia cố tương ứng là:

- (1) Tăng áp lực hông quy ước (theo Yang, 1972; Yang and Singh, 1974; Ingold, 1982; Athanasopoulos, 1994);
- (2) Tăng thông số cơ học của đất là lực dính quy ước (Schollosser and Long, 1972; Hausmann, 1976; Ingold, 1982; Gray and Ohashi, 1983; Maher and Woods, 1990; Athanasopoulos, 1993; Elton and Patawaran, 2004 and 2005, Pham 2009, Wu and Pham 2013);
- (3) Giảm biến dạng đứng (Basset and Last, 1978).

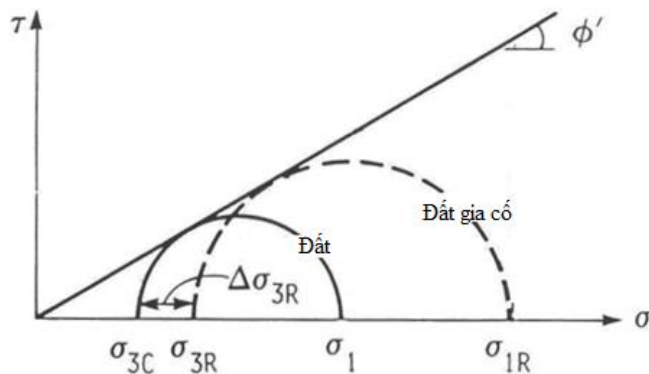
Cách xác định các thông số của khối gia cường được thể hiện trên hình 3, 4 và 5. Giá trị của áp lực hông tăng tương đương được xác định theo công thức (1), giá trị lực dính quy ước được xác định theo công thức (2) (Schollosser and Long, 1972). Thực tế là khoảng cách giữa các lớp gia cố và cường độ của khối có các lớp gia cố không phải là tuyến tính như mô tả của công thức (1) và (2). Điều này được thấy rõ qua hình 2 và kết quả đã được công bố của hàng loạt các thí nghiệm kích thước lớn [1], [14], [16], [17]. Để nâng cao tính chính xác trong việc xác định các thông số của khối đất gia cố, Pham (2009) đã đề xuất công thức (3), (4) và (5). Các công thức này đã được sử dụng trong một số hướng dẫn thiết kế của FHWA, Mỹ [1], [16].



Hình 2. So sánh hiệu quả của đất gia cố và đất không gia cố: Biểu đồ ứng suất - Biến dạng và thay đổi thể tích cho mẫu đất và đất gia cố với các lớp khác nhau với đường kính mẫu 100 mm trong trường hợp (a) đất cát rời và (b) cát chặt (Brom, [19])



Hình 3. Quan niệm về tăng lực dính quy ước (Schollosser and Long, 1972)



Hình 4. Khái niệm về áp lực hông quy ước của khối đất gia cố (Yang, 1972)

$$\Delta\sigma_{3R} = \frac{T_f}{S_v} \tag{1}$$

$$c'_R = \frac{T_f \sqrt{K_P}}{2S_v} \tag{2}$$

Schlosser and Long (1972)

$$c_R' = \frac{T_f \sqrt{K_p}}{2S_v}$$

Yang (1972)

$$\Delta\sigma_{3R} = \frac{T_f}{S_v}$$

Hausmann (1976)

$$\Delta\sigma_{3R} < \frac{T_f}{S_v}$$

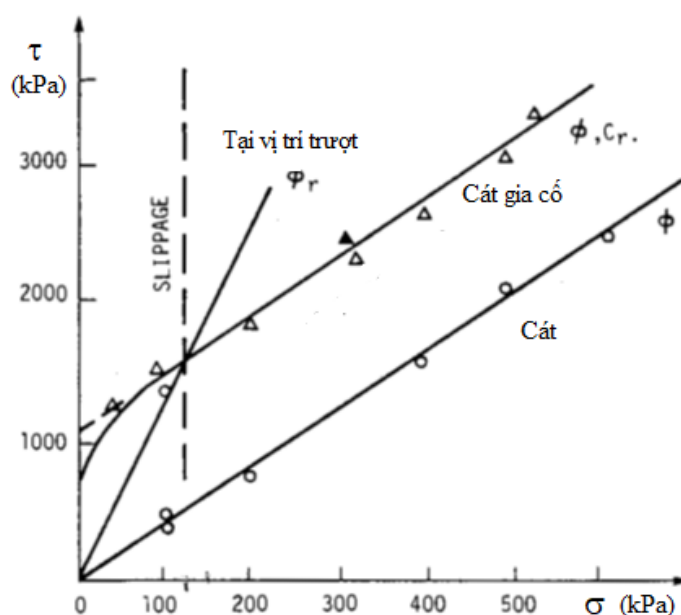
trong đó:

T_f - cường độ lớp gia cố;

S_v - khoảng cách giữa các lớp gia cố;

$\Delta\sigma_{3R}$ - áp lực hông gia tăng;

K_p - hệ số áp lực ngang bị động của đất.



Hình 5. Đường bao cường độ kháng cắt của cát và cát gia cố (Mitchell and Villet, 1987)

$$\Delta\sigma_3 = W \left(\frac{T_f}{S_v} \right) = \left[0.7 \left(\frac{S_v}{S_{ref}} \right) \right] \left(\frac{T_f}{S_v} \right) \quad (3)$$

$$C_R = \frac{\Delta\sigma_3}{2} \sqrt{K_p} + c = \left[0.7 \left(\frac{S_v}{S_{ref}} \right) \right] \frac{T_f}{2 S_v} \sqrt{K_p} + c \quad (4)$$

Cường độ yêu cầu của vải ĐKT theo công thức giải tích [14], [16], [17]:

$$T_{required} = \left[\frac{\sigma_h - \sigma_3}{0.7 \left(\frac{S_v}{6 d_{max}} \right)} \right] * S_v * F_s \quad (5)$$

T_i - cường độ vải ĐKT tại độ sâu z;

σ_h - ứng suất ngang tại z;

S_v - khoảng cách lớp vải ĐKT;

d_{max} - đường kính lớn nhất của cốt liệu tro xỉ sử dụng làm thành bể chứa;

σ_3 - ứng suất ngang ngay sau bề mặt lớp mặt tường (facing). Nếu khối GRT có mặt tường là vải cuốn thì áp dụng $\sigma_3 = 0$; nếu là gạch bê tông, $\sigma_3 = \gamma_b b \tan \delta$.

trong đó:

γ_b - dung trọng vật liệu mặt tường bê tông/gạch;

b - bề rộng tường;

δ - ma sát giữa vật gạch/bê tông với vải ĐKT có thể xác định bằng thí nghiệm cắt phẳng kích thước lớn.

$$\Delta_i = 0.5 \left(\frac{K_h (\gamma_s z_i + q) S_v - \gamma_b b S_v \tan \delta (1 + \tan \delta \tan \beta)}{K_{reinf}} \right) (H - z_i) \left[\tan \left(45^\circ - \frac{\psi}{2} \right) + \tan (90^\circ - \phi_{ds}) \right] \quad (6)$$

trong đó: H - chiều cao tường; K_h - hệ số áp lực ngang của đất; K_{reinf} - độ cứng của lớp gia cố; γ_s - trọng lượng thể tích của đất; γ_b - trọng lượng thể tích của tấm tường (gạch hoặc bê tông) nếu bề mặt là vải cuốn thì đặt trọng lượng thể tích bằng 0; δ - góc ma sát tại bề mặt tấm tường (gạch với gạch hoặc bê tông với bê tông); β - góc ma sát của đất với lưng tường; ψ - góc giãn; ϕ_{ds} - góc ma sát hữu hiệu của đất theo thí nghiệm cắt trực tiếp.

3. Ví dụ về thiết kế kết cấu bể chứa tro xỉ

Khi thiết kế thành bể chứa tro xỉ, cần tuân theo yêu cầu thiết kế tường chắn đất gia cố. Ngoài việc tính toán khả năng chịu tải của nền về cường độ và biến dạng, cần tiến hành kiểm tra ổn định trượt, lật và chuyển vị ngang của thành bể. Về lý thuyết có thể áp các phương pháp truyền thống để tính toán thiết kế tường gia cố. Trong bài báo này, việc tính toán thiết kế thành bể dựa theo FHWA (2013) hoặc (Wu and Pham, 2011) và kết hợp kiểm chứng theo phương pháp phần tử hữu hạn (Plaxis). Trong phân tích này toàn bộ các giai đoạn thi công và sử dụng được đưa vào để tính toán. Vật liệu sử dụng cho thành bể chứa như sau:

- Tro xỉ: tro xỉ nhiệt điện được lấy đại diện ngay tại nơi xây dựng bể chứa của các nhà máy nhiệt điện ở Việt Nam như Duyên Hải, Quảng Ninh, Na Dương, Sơn Động, Cẩm Phả, Uông Bí, Mông

Xác định chuyển vị ngang tại bất kỳ độ sâu z của tường gia cố có bề mặt tường bằng gạch/đá khối block hoặc vải cuốn có thể xác định theo công thức giải tích dưới đây (Pham, 2009):

Dương, Vĩnh Tân. Vật liệu này sẽ sử dụng để thay thế đất đắp thông thường. Thông số của vật liệu tro xỉ sử dụng được thí nghiệm tại phòng thí nghiệm của Viện Khoa học công nghệ xây dựng (IBST) và được thể hiện trong bảng 1 và 2;

- Vải Địa kỹ thuật: để làm lớp gia cố cho tường thành bể nên sử dụng loại sẵn có trên thị trường với thông số phù hợp cho kích thước tường mong muốn;
- Mặt tường (facing): Sử dụng gạch/khối bê tông đúc sẵn làm mặt tường hoặc dùng vải ĐKT cuốn lại để bảo vệ mặt tường (hình 6). Trong tính toán, mặt tường là gạch bê tông rỗng 50% có kích thước 400x200x200 mm;
- Phần tử tiếp xúc (Interface): Được sử dụng tại vị trí tiếp xúc giữa bề mặt tường gạch bê tông và tro xỉ đầm chặt, giữa vải địa kỹ thuật và gạch bê tông, giữa tro xỉ và vải địa kỹ thuật. Hệ số giảm cường độ dự kiến $R=0,9$;
- Để giảm thiểu sự ảnh hưởng của các yếu tố khác của đất nền tại khu vực xây dựng đến ứng xử bể chứa, giả thiết nền dưới đáy là lớp đất tốt. Trên thực tế, có thể căn cứ vào điều kiện địa chất công trình (ĐCCT) tại khu vực xây dựng để tính toán thiết kế bể chứa. Lúc này cần xác định thêm cường độ và biến dạng của nền dưới bể chứa giống như thiết kế nền dưới khối đất đắp, đê, đập hoặc móng nông.



Hình 6. Bề mặt tường bằng gạch/đá và cuốn bằng vải ĐKT

3.1 Dữ liệu bài toán

Các thông số của tính toán thành bể chứa sử dụng phần mềm Plaxis 2016 như sau:

- Đất gia cố là tro xỉ nhiệt điện không trộn xi măng ($\varphi = 12,5^0$; $C' = 15.5 \text{ kN/m}^2$; $\psi = 0$) hoặc trộn xi măng 5% có chỉ tiêu (bảng 2) $\gamma_{\text{unsat}} = 14,42 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{\text{sat}} = 17,12 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 35,5^0$; $C' = 26 \text{ kN/m}^2$; $\psi = 5,5^0$; $E = 30000 \text{ kPa}$; $\nu = 0,25$; $R=0,9$;
- Cốt gia cố được sử dụng loại có lực kéo cho phép T_a , khoảng cách giữa các lớp cốt gia cố là S_v , chiều dài L. Trong bài toán này, $T_a = 70 \text{ kN/m}$; $EA=1000 \text{ kN/m}$; Khoảng cách thông thường cho bài toán này là $S_v = 0,2\text{m}; 0,4\text{m}; 0,6\text{m}$ và $0,8\text{m}$; Chiều dài của vải địa kỹ thuật bằng chiều rộng của tường đối với tường có bề mặt là gạch bê tông hoặc bằng chiều rộng tường cộng thêm chiều dài vải địa kỹ thuật cuốn mặt tường;
- Chiều cao của tường H: lớn nhất tương ứng với hai lần chiều rộng thành bể chứa (có thể chọn L/H khoảng 0,6 theo FHWA; hoặc 0,7 theo ASSHTO). Để lựa chọn một giải pháp thiết kế tối ưu, có thể khảo sát ảnh hưởng của từng thông số một đến ứng xử của tường, cách làm được áp dụng là thay đổi giá trị của thông số đó, trong khi đó các thông số khác được giữ cố định (Nguyen and Pham, 2016). Trong ví dụ này chọn $H=8\text{m}$, $L=5,4\text{m}$. Trong trường

hợp chọn chiều dài vải ĐKT dài hơn 0.7 H, ứng xử của tường gần như không thay đổi (Nguyen and Pham, 2016).

Tro xỉ được chứa trong hồ sau lưng tường (cùng loại tro xỉ với thành tường) có chỉ tiêu: Lấy tương đương tro xỉ gia cố hoặc có thể lấy giảm đi do lớp vật liệu tro xỉ này không được đầm chặt. Quy trình đắp tính toán dựa trên quá trình sử dụng khai thác. Ở đây, giả định tro xỉ nhiệt điện tự nhiên (không gia cố) được đổ trực tiếp vào trong bể theo từng lớp. Cụ thể trong bài toán này, tro xỉ được đổ từ 4 lớp, mỗi lớp dày 2m.

Sau khi khảo sát sơ bộ dựa trên công thức giải tích (5) để tính cường độ lớp gia cố (Pham 2009, Wu and Pham 2013), lựa chọn các thông số của tường bể chứa như sau: chiều cao tường $H= 8\text{m}$, chiều rộng $5,4\text{m}$, khoảng cách giữa các lớp gia cố $S_v=0,4\text{m}$. Kết quả tính toán cho thấy, với khoảng cách lớp gia cố $S_v = 0,4\text{m}, 0,6\text{m}$ và $0,8\text{m}$; tường cao $H=8\text{m}$; thông số lớp tro xỉ như trên với $d_{\text{max}} = 30\text{mm}$, cường độ vải địa kỹ thuật lớn nhất tương ứng là $66,7 \text{ kN/m}$, $147,5 \text{ kN/m}$ và $292,7 \text{ kN/m}$. Như vậy, căn cứ trên điều kiện thực tế cho sử dụng lựa chọn $H=8\text{m}$, khoảng cách các lớp gia cố $S_v= 0,4\text{m}$ và cường độ vải địa kỹ thuật tối thiểu 70kN/m (Amaco 4x4).

Bảng 1. Thông số tro xỉ làm vật liệu xây dựng bể chứa

STT	Đặc trưng vật lý	Tro	Xi	Tro xỉ
1	Thành phần hạt, %			
	Hạt sét <0,005	2,2	-	4 (1,8-9,8)
	Hạt bụi 0,005-0,05	53,9	28,1	51,6 (32,1-70,3)
	Mịn 0,005-0,01	14,6	6,8	11,2 (3,8-17,6)
	Thô 0,01-0,05	39,3	21,3	39,6 (28,3-53,3)
	Hạt cát 0,05-2	43,9	56,8	48,7 (26,6-71,6)
	Mịn 0,05-0,1	42,8	16,4	30,1 (4,1-46,5)
	Nhỏ 0,1-0,25	0,6	13,1	6,3 (1,1-16,5)
	Trung 0,25-0,5	0,3	8,3	5,5 (0,3-18,8)
	To 0,5-1	0,1	7,7	4,3 (0,1-18,3)
Thô 1-2	0,1	11,3	4,7 (0,2-26,4)	
2	Đặc trưng cấp phối hạt			
	Hệ số đồng nhất, Cu	7,2	20	8,1 (3,8-13,1)
	Hệ số cấp phối Cs	0,8	0,7	0,9 (0,7-1,0)
3	Khối lượng thể tích hạt, g/cm ³	2,42	2,01	2,53 (2,35-2,69)
4	Khối lượng thể tích khô, g/cm ³			
	Trạng thái chặt nhất	1,44	1,44	1,27 (1,06-1,81)
	Trạng thái xốp nhất	0,95	1,01	1,01 (0,65-1,41)
5	Hệ số rỗng			
	Trạng thái chặt nhất	0,40	0,68	0,84 (0,46-1,34)
	Trạng thái xốp nhất	1,12	1,40	1,66 (0,82-2,62)
6	Hệ số thấm, 10 ⁻³ cm/s			2,19-3,18

Bảng 2. Các thông số sức kháng cắt của vật liệu tro xỉ tại nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh

Loại mẫu thí nghiệm		Lực dính c và góc ma sát trong ϕ của vật liệu tro xỉ ở độ chặt					
		K = 0,85		K = 0,90		K = 0,95	
		c, (10 ⁵ Pa)	ϕ , (°)	c, (10 ⁵ Pa)	ϕ , (°)	c, (10 ⁵ Pa)	ϕ , (°)
Tro xỉ	Cất ngay	0,145	11°02'	0,148	12°02'	0,173	16°21'
	7 ngày	0,149	11°40'	0,155	12°34'	0,180	16°50'
	Bào hòa	Tan rã		Tan rã		Tan rã	
Tro xỉ và 5 % xi măng	Cất ngay	0,168	12°49'	0,172	13°05'	0,191	17°24'
	7 ngày	0,239	26°01'	0,260	35°28'	0,328	39°15'
Tro xỉ và 10 % xi măng	Cất ngay	0,202	18°36'	0,221	19°01'	0,254	19°45'
Tro xỉ và 15 % xi măng	Cất ngay	0,210	19°33'	0,252	20°11'	0,292	22°17'
Tro xỉ và 20 % xi măng	Cất ngay	0,223	20°09'	0,267	22°32'	0,321	23°35'

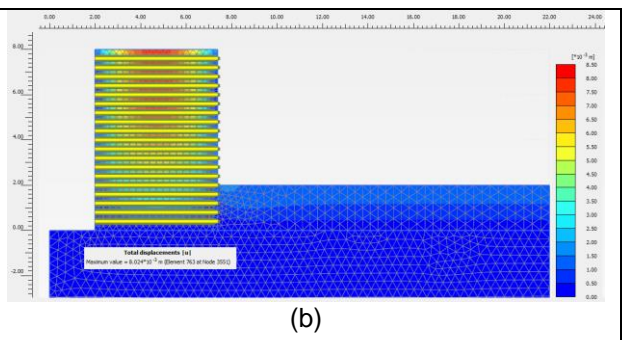
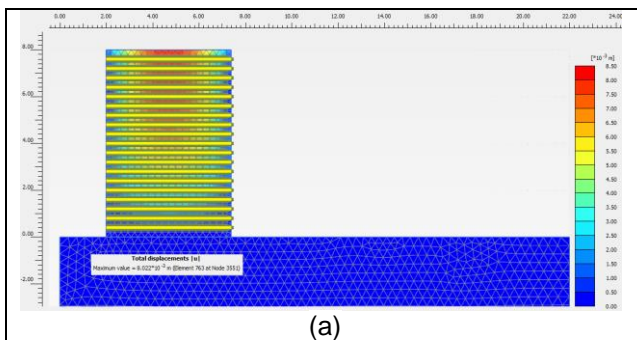
3.2 Phân tích kết quả tính toán theo Plaxis

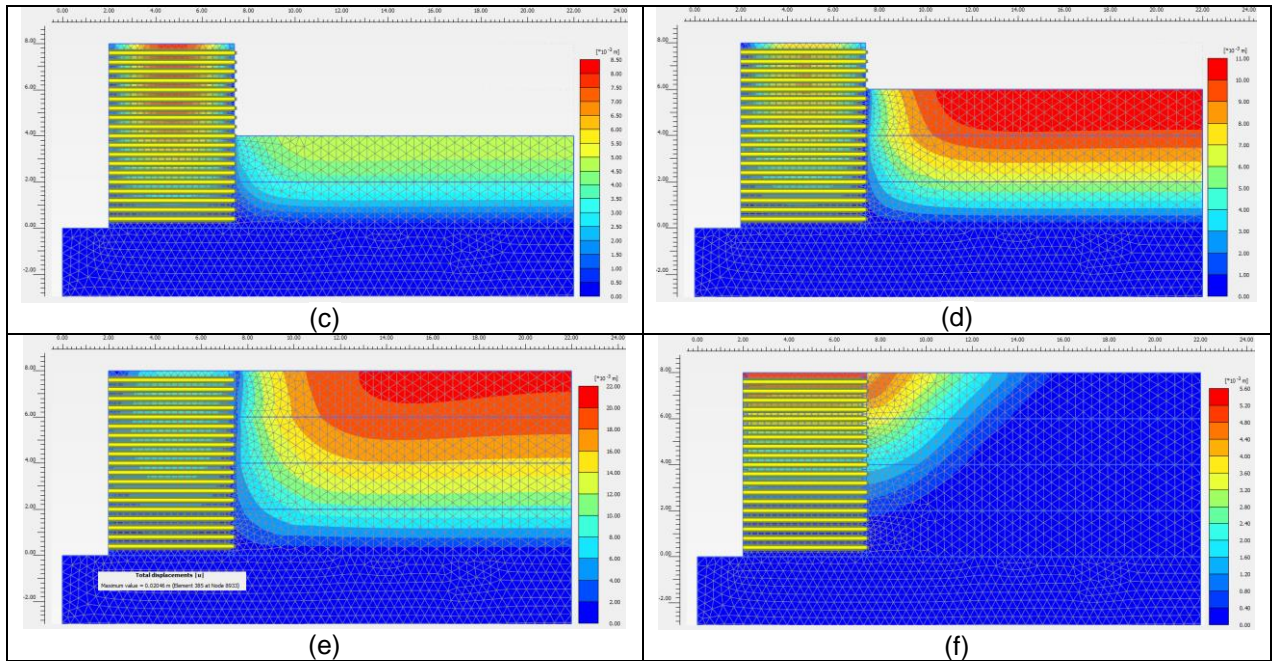
a. Mặt tường bằng tám bê tông

Với sự có mặt của lớp vải địa kỹ thuật, chiều cao của tường có thể tăng lên và có thể sử dụng tường thẳng đứng hoặc độ dốc của tường 5° so với phương đứng. Như vậy có thể tiết kiệm đáng kể vật liệu làm tường đồng thời làm tăng dung tích bể chứa trên cùng một diện tích xây dựng. Nếu tường bể chứa làm thành mái dốc như đê đập thì lượng vật liệu sử dụng rất lớn và giảm thể tích chứa do chân tường cần đủ rộng để ổn định. Ví dụ tường thành bể chứa cao 10m và mặt tường rộng 6m để phương tiện có thể di chuyển bên trên, thì bề rộng đáy tường dày cỡ 46 m đến 50 m. Nếu sử dụng tường gia cố, diện tích mặt cắt ngang của tường chỉ bằng 20 đến 25% so với mái dốc thông thường. Do vậy, sử dụng tường gia cố có thể tiết kiệm đến 80% thể tích vật liệu và tăng dung tích bể chứa trên cùng một diện tích xây dựng.

Như đã biết, hiệu quả chính của lớp gia cố là tăng cường độ của khối đất/tro xỉ dưới tác dụng của ngoại lực, tăng chiều cao tường, giảm chiều rộng đáy,... Lớp gia cố không những làm giảm biến dạng ngang của khối gia cố còn làm giảm đáng kể độ lún. Tuy cùng loại vật liệu là tro xỉ, nhưng biến dạng của tường tro xỉ gia cố nhỏ hơn nhiều so với tro xỉ làm vật liệu thải trong hồ chứa (hình 7 - lượng tro xỉ trong hồ bằng chiều cao của tường nhưng độ lún gấp 2 lần: độ lún của tường gia cố 9mm, còn của lớp tro xỉ thải là 20 mm). Chuyển vị ngang lớn nhất 10mm.

Trên thực tế, vật liệu chứa trong bể thường được đổ trực tiếp không lu lèn như khi xây dựng thành bể, nên độ lún thực tế sẽ lớn hơn. Tuy nhiên, việc này không ảnh hưởng đến sự làm việc của thành bể khi vật liệu trong bể gần giống như ngoại lực tác dụng và thành bể được cấu tạo đủ khả năng chịu các loại vật liệu tro xỉ khác nhau.



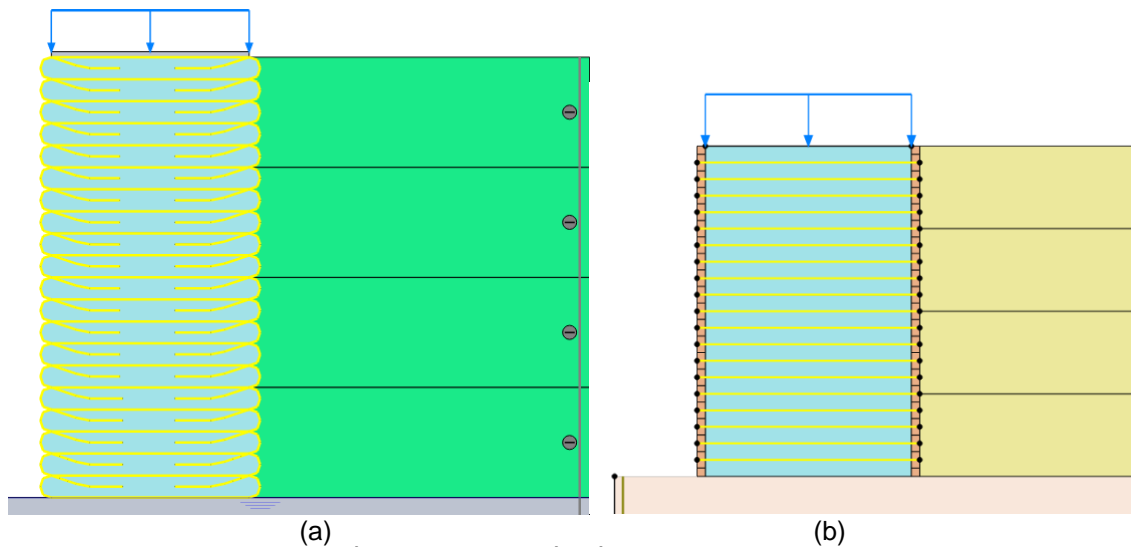


Hình 7. Kết quả tính theo Plaxis: (a) – (e): Biểu đồ biến dạng của tường trụ xi gia cố và khối trụ xi bên trong hồ chứa khi chiều cao lượng trụ xi trong hồ bằng 0, 1/4, 1/2, 3/4 và 1 H (H chiều cao của tường); và (f): Dạng mặt trượt của thành tường bể chứa xác định theo hệ số giảm cường độ (c-phi reduction)

b. Mặt tường bằng vải địa kỹ thuật

Trong nhiều trường hợp nếu không cần quan tâm đến thẩm mỹ và để giảm chi phí về vật mặt tường, có thể sử dụng mặt tường bằng vải địa kỹ thuật cuốn lại (hình 10) thay thế mặt

tường bằng gạch bê tông. Trong trường hợp này, nên thiết kế độ dốc của mặt tường không nhỏ hơn 5° so với phương đứng. Sơ đồ tính toán các loại tường này được giới thiệu trong hình 8.



Hình 8. Sơ đồ tính (a) tường cuốn bề mặt và (b) tường gạch bê tông

4. Quy trình thi công tường có cốt gia cố làm thành bể chứa

Quy trình thi công tường thành bể: Thi công tường gia cố làm thành bể, giả thiết đáy bể là nền đất tự nhiên. Tường chắn gia cố bằng vải

địa kỹ thuật được thi công theo các bước như sau:

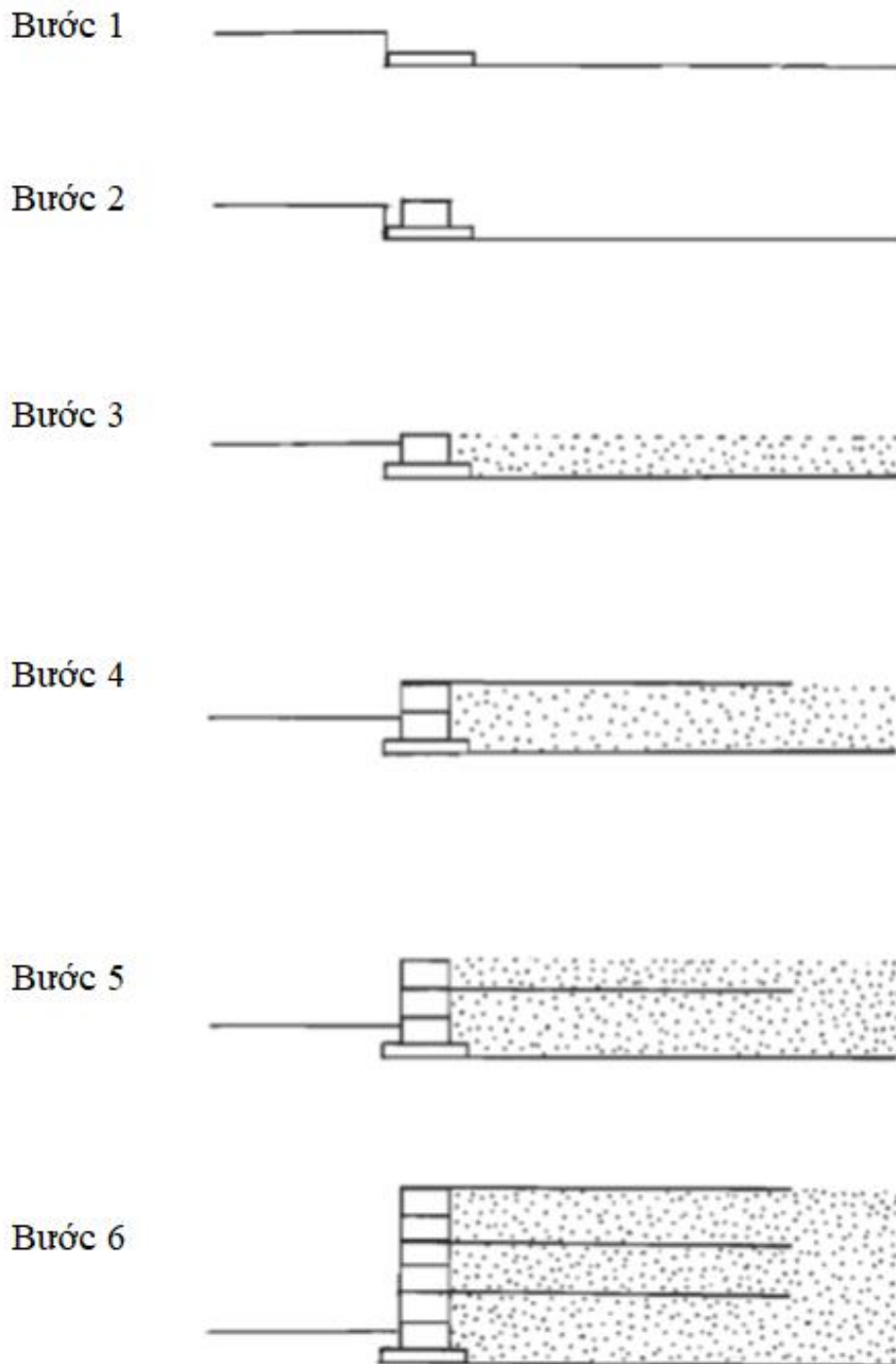
- 1- Trải vải ĐKT trên nền thiên nhiên đã được làm phẳng mặt tương đối;
- 2- Đặt gạch bê tông tại 2 mặt tường, khoảng cách bằng chiều rộng tường;

3- Đổ tro xỉ làm vật liệu san lấp dày từ 0,2m đến 0,3m lên trên lớp vải ĐKT nằm trong khu vực gạch bê tông;

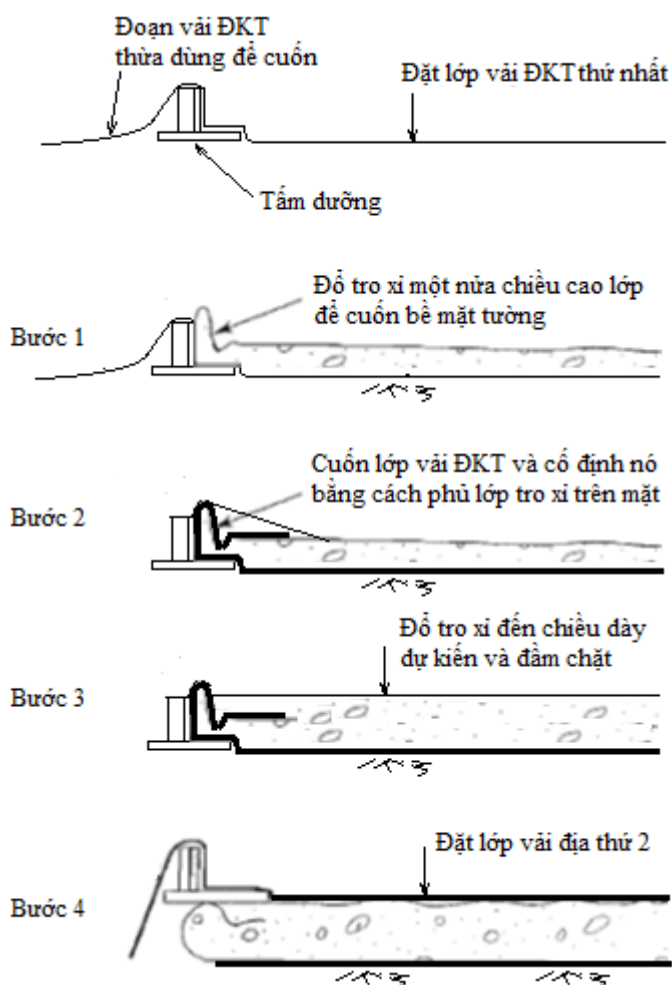
4- Đầm chặt theo từng lớp để đạt độ chặt $K=0,9$ như thiết kế; tiếp tục đổ tro xỉ sao cho sau khi đầm chặt chiều dày của lớp là S_v ;

5- Trải lớp vải ĐKT thứ 2, và tiếp tục lặp lại theo các bước trên cho đến khi đạt độ cao thiết kế.

Quy trình thi công của loại tường này được thể hiện trên hình 9. Trong trường hợp sử dụng tường cuốn bề mặt, có thể tham khảo quy trình thi công theo hình 10.



Hình 9. Các bước thi công tường chắn bề mặt bằng gạch hoặc khối bê tông



Hình 10. Các bước thi công tường chắn bề mặt bằng cuốn bằng vải ĐKT

5. Kết luận và kiến nghị

Việc sử dụng thành bể chứa tro xỉ là tường tro xỉ nhiệt điện gia cố vải địa kỹ thuật (cho các loại mặt tường) hoặc lưới địa kỹ thuật (trong trường hợp bề mặt tường là gạch bê tông) thay thế tường chắn đất thông thường đem lại hiệu quả đáng kể. Cụ thể:

- Sử dụng tro xỉ lấy trực tiếp từ nhà máy nhiệt điện hoặc tro xỉ trộn 5% xi măng để làm thành bể sẽ giảm đáng kể chi phí vận chuyển vật liệu thành tường là đất/đá từ nơi khác tới;
- Với sự có mặt của lớp vải địa kỹ thuật, chiều cao của tường có thể tăng lên và có thể sử dụng tường thẳng đứng hoặc độ dốc của tường 5° so với phương đứng (nếu mặt tường được cuốn bằng vải ĐKT). Như vậy có thể tiết kiệm đáng kể vật liệu làm tường đồng thời làm tăng dung tích hồ chứa trên cùng một mặt bằng xây dựng. Nếu tường bể chứa thông thường cấu tạo như mái dốc của đê đập thì lượng vật liệu sử dụng rất lớn và giảm thể tích chứa do chân tường cần đủ rộng để ổn định. Ví dụ tường

thành bể chứa cao 10m và mặt tường rộng 6m để phương tiện có thể di chuyển bên trên, thì đáy tường dày cỡ 46 m đến 50 m. Nếu sử dụng tường gia cố, diện tích mặt cắt ngang của tường chỉ bằng 20 đến 25% so với mái dốc thông thường. Do vậy, sử dụng tường gia cố có thể tiết kiệm 75% đến 80% thể tích vật liệu và tăng dung tích bể chứa trên cùng 1 diện tích xây dựng;

- Tường có cốt có độ bền cao, đơn giản, dễ thi công, thời gian thi công nhanh, nếu được sử dụng làm bể chứa tro xỉ sẽ đem lại hiệu quả lớn về kinh tế, kỹ thuật và môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Adams, M., Nicks J., Stabile T, Wu J, Schlatter W, and Hartmann J. (2011). Geosynthetic Reinforced Soil Integrated Bridge System Interim Implementation Guide FHWA-HRT-11-027.

[2] Athanasopoulos, G.A. (1994). "On the Enhanced Confining Pressure Approach to the Mechanics of

- Reinforced Soil". *Geotechnical and Geological Engineering*, 12, 122-132.
- [3] Athanasopoulos, G.A. (1993). "Effect of Particle Size on the Mechanical Behavior of Sand-Geotextile Composite." *Geotextiles and Geomembranes*, 12, 255-273.
- [4] Bassett, A.K. and Last, N.C. (1978). "Reinforcing Earth below Footings and Embankments". *Proc. Of the ASCE Spring Convention and Exhibit, Pittsburgh, PA*.
- [5] Broms, B. (1977), Triaxial tests with fabric-reinforced soil. Proceedings, international conference on use of fabrics in geotechnics, *L'Ecole nationale des ponts et chaussees, vol. III, Paris, France, 1977, pp. 129–133 (1977)*.
- [6] Đinh Quốc Dân, Đoàn Thế Tường, Đỗ Ngọc Sơn, Nguyễn Thị Thanh Thủy, "Đặc tính kỹ thuật của tro xỉ nhiệt điện khi làm vật liệu san lấp thay thế vật liệu truyền thống", *Hội nghị khoa học quốc tế Kỷ niệm 55 năm ngày thành lập Viện KHCN Xây dựng*.
- [7] Elton, D. J. and Patawaran, M. A. B. (2004). "Mechanically Stabilized Earth Reinforcement Tensile Strength from Tests of Geotextile-Reinforced Soil." *Journal of the Transportation Research Board, No. 1868, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 81-88*.
- [8] Elton, D. J. and Patawaran, M. A. B. (2005). "Mechanically Stabilized Earth (MSE) Reinforcement Tensile Strength from Tests of Geotextile Reinforced Soil". *A Report to the Alabama Highway Research Center, Auburn University, 77 pages*.
- [9] Gray, D.H. and Ohashi, H. (1983). "Mechanics of fiber reinforcement in sand". *ASCE, Journal of Geotechnical Engineering*, 109, 335-353.
- [10] Hausmann, M.R. (1976). "Strength of Reinforced Earth". *ARRB Proc., Vol. 8*.
- [11] Ingold, T.S. (1982). "Reinforced Earth". *Thomas Telford Ltd, London*.
- [12] Maher, M.H. and Woods, R.D. (1990). "Dynamic Response of Sand Reinforced with Randomly Distributed Fibers". *ASCE, Journal of Geotechnical Engineering*, 116, 1116-1131.
- [13] Nguyễn Thị Ngân và Phạm Quyết Thắng (2016) "Phân tích các thông số ảnh hưởng đến ứng xử của tường chắn đất có cốt", *Tạp chí khoa học kỹ thuật, số 4, 71-79*.
- [14] Pham, Q. T. (2009), Investigating Composite Behavior of Geosynthetic Reinforced Soil Mass, *PhD Thesis, University of Colorado*.
- [15] Schlosser, F., Long, N. (1972). "Comportement de al terre armée dans les ouvrages de soutènement". *In: Proceedings of the European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol. 1. Madrid, pp. 299–306*.
- [16] Wu J.TH, Pham QT, Adams M., (2013), Composite Behavior of Geosynthetic Reinforced Soil Mass, *FHWA-HRT-10-077*.
- [17] Wu, T.H.J. and Pham, Q. T. (2013) "Load-carrying capacity and required reinforcement strength of closely-spaced soil-geosynthetic composites". *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 139(9), pp. 1468–1476*.
- [18] Wu, J.T.H. (1994), Design and Contruction of Simple, Easy and Low cost Retaining Walls, Colorado Transportation Institute, Report CTI-UCD-1-94.[19] Yang, Z. (1972). "Strength and Deformation Characteristics of Reinforced Sand". *PhD. Thesis, University of California at Los Angeles, CA, 236 pages*.
- [19] Yang, Z. and Singh, A. (1974). "Strength and Deformation Characteristics of Reinforced Sand". *International Meeting on Water Resources Engineering, Los Angeles, CA*.

Ngày nhận bài: 06/3/2019.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 28/3/2019.