

TƯỜNG CHỐNG THẨM XI MĂNG ĐẤT TẠO BỞI KHOAN PHỤT CAO ÁP ĐỊNH HƯỚNG

Vũ Bá Thao, Phạm Văn Minh

Viện Thủy Công

Tóm tắt: Khoan phụt cao áp định hướng (KPCADH) là một biện pháp khoan phụt cải tiến từ công nghệ khoan phụt cao áp - Jet Grouting (KPCA) bằng cách điều chỉnh hướng phụt vừa để tạo tường chống thấm xi măng đất dạng tấm. Công nghệ KPCADH được sử dụng phổ biến trên thế giới, đã đưa vào trong tiêu chuẩn phụt vừa cao áp của châu Âu - EN 12716:2001 và Trung Quốc - DL/T 5200-2004, nhưng chưa từng được áp dụng tại Việt Nam. Nhóm tác giả thông qua hơn 10 năm kinh nghiệm nghiên cứu ứng dụng công nghệ KPCA trong nước và gần đây tiếp cận công nghệ mới KPCADH ở nước ngoài, tiến hành tóm lược nguyên lý công nghệ, thông số thiết kế và thi công, phương pháp đánh giá chất lượng tường xi măng đất tạo bởi KPCADH. Kết quả sửa chữa chống thấm một đập đất ở nước ngoài bằng công nghệ này cũng được trình bày. Kinh nghiệm nước ngoài cho thấy sử dụng KPCADH chống thấm cho nền và thân đê, đập đất, hồ móng đạt hiệu quả tốt.

Từ khóa: Khoan phụt cao áp Jet Grouting, Khoan phụt cao áp định hướng, Tường xi măng đất, Xử lý thấm.

Summary: Directional Jet Grouting technique is developed on the basic of Jet Grouting technique by controlling the jetting angle to create a soil cement water-cutoff wall in a panel shape. Directional Jet Grouting technique has been used popularly in the world and introduced in the high pressure grouting standards of Europe - EN 12716:2001 and of China - DL/T 5200-2004, but not applied in Vietnam yet. Based on authors's experiences in research and application of Jet Grouting in the last decade in Vietnam, and on the successful application of Directional Jet Grouting in foreign countries, this paper aimed to make a review on principles, parameters of design and construction, evaluation methods of the quality of soil cement wall created by Directional Jet Grouting. Results on an application of this technique for permeable rehabilitation of earth dam in China are also introduced. International experiences show that Directional Jet Grouting is a proper method for seepage treatment of foundation and body of dikes, earth dams and deep excavations.

Key words: Jet Grouting, Directional Jet Grouting, Soil cement wall, Seepage rehabilitation.

1. MỞ ĐẦU

Xử lý thấm là một nội dung quan trọng trong công tác bảo trì, sửa chữa, khôi phục và nâng cao an toàn đập đất, vì thấm qua thân và nền đập là một trong những nguyên nhân chính gây nên mất an toàn đập (Đ.X. Trọng và N.T. Công, 2015). Những giải pháp truyền thống đang được sử dụng phổ biến để xử lý chống thấm cho nền và thân đê, đập gồm: tường nghiêng sâu phủ bằng đất sét, vữa địa kỹ thuật; khoan phụt truyền thống bằng vữa sét, xi

măng - sét; tường hào bằng vật liệu bentonite, đất - bentonite, đất- xi măng - bentonite, xi măng - bentonite (N.C. Thái, 2015); cọc xi măng đất (XMĐ) thi công bằng công nghệ khoan phụt cao áp Jet Grouting (KPCA) (N.Q. Dũng, 2010), v.v.... Một số giải pháp xử lý thấm hữu hiệu cho công trình thủy lợi đã được ứng dụng phổ biến ở nước ngoài như khoan phụt nứt nẻ (V.B. Thao và N.Q. Dũng, 2015), cọc đất đầm nện (N.Q. Dũng và V.B. Thao, 2015), khoan phụt cao áp định hướng, cũng

Ngày nhận bài: 25/10/2018

Ngày thông qua phản biện: 19/11/2018

Ngày duyệt đăng: 05/12/2018

đang được Viện Thủy công nghiên cứu và áp dụng.

Công nghệ khoan phụt cao áp định hướng (KPCADH) là một biện pháp khoan phụt cải tiến từ công nghệ KPCA. KPCA tạo cọc tiết diện tròn do đầu phụt vừa quay tròn 360° trong khi đó KPCADH dựa trên nguyên lý điều chỉnh góc phụt vừa trong khoảng $15-90^\circ$ để tạo khối XMD hình rẻ quạt, dạng tấm mỏng, chiều dày từ 10 cm đến 30 cm, do vậy rút ngắn thời gian phụt vừa và tiết kiệm xi măng. KPCADH tạo tường XMD chống thấm cho các công trình địa kỹ thuật đã áp dụng rộng rãi trên thế giới, được đưa vào trong tiêu chuẩn phụt vừa cao áp của châu Âu (EN 12716:2001) và Trung Quốc (DL/T 2500-2004), nhưng chưa từng được áp dụng tại Việt Nam.

Nhóm tác giả Viện Thủy công dựa vào kinh nghiệm nghiên cứu ứng dụng công nghệ KPCA ở Việt Nam từ năm 2004 và tiếp cận công nghệ mới KPCADH bắt đầu từ năm 2015 ở nước ngoài, tiến hành phân tích tổng hợp và giới thiệu nguyên lý công nghệ, các thông số thiết kế và thi công, phương pháp đánh giá chất lượng tường XMD tạo bởi KPCADH. Kết quả sửa chữa chống thấm của một đập đất ở nước ngoài bằng tường XMD tạo bởi KPCADH cũng được trình bày trong bài viết này.

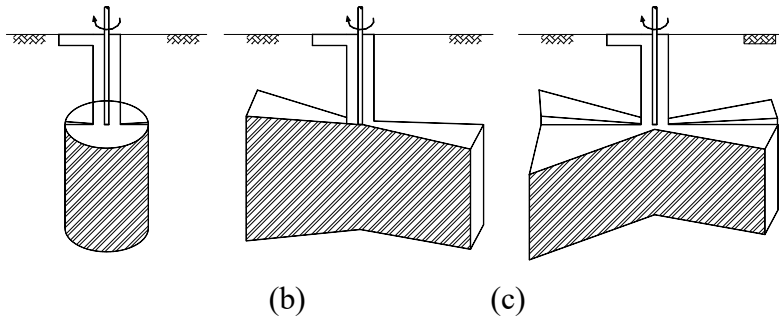
2. NGUYÊN LÝ VÀ PHẠM VI ÁP DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP KPCA TẠO TƯỜNG XMD

2.1. Nguyên lý KPCA tạo tường xi măng đất

Viện Thủy công, trong khuôn khổ nghiên cứu của một đề tài cấp quốc gia, năm 2004 đã tiếp nhận chuyển giao công nghệ KPCA từ Nhật Bản với mục đích ban đầu là làm tường chống thấm dưới đáy cống. Sự sáng tạo được ghi nhận đó là tạo nên tường chống thấm ngay dưới đáy cống, liên kết chặt chẽ với bản đáy, đảm bảo chống thấm tốt mà không ảnh hưởng đến kết cấu và quá trình vận hành công trình. Tường

XMD tạo bởi công nghệ KPCA đã mở ra một giải pháp mới để chống thấm cho công trình thủy lợi. Các công trình thử nghiệm đầu tiên tại Việt Nam áp dụng công nghệ mới này là Cống Trại tỉnh Nghệ An, cống D10 tỉnh Hà Nam, tiếp đó là đập đất hồ chứa Đá Bạc tỉnh Nghệ Tĩnh. Sau 12 năm nghiên cứu và ứng dụng, Việt Nam đã hoàn toàn làm chủ công nghệ KPCA để gia cố nền đất yếu và xử lý thấm cho cống, đê, đập và hồ móng sâu, mang lại hiệu quả cao về kinh tế và kỹ thuật. Tuy nhiên, cùng với sự phát triển khoa học kỹ thuật và yêu cầu sửa chữa chống thấm công trình địa kỹ thuật ngày càng cao, càng phức tạp, những công nghệ mới có hiệu quả kinh tế-kỹ thuật cao luôn được đề cao áp dụng.

KPCA là phương pháp tạo cọc xi măng đất bằng cách phụt vừa áp lực cao và/hoặc kết hợp với tia nước, khí áp lực cao để phá vỡ cấu trúc của đất, dung dịch vừa xi măng theo đó được trộn đều với các hạt đất đã bị “rời rạc hóa”, sau khi ninh kết tạo thành khối xi măng đất có mặt cắt ngang hình tròn hoặc dạng bản, nhằm nâng cao sức chịu tải và tăng khả năng chống thấm của nền đất. Hình dạng mặt cắt ngang của khối XMD phụ thuộc vào góc quay của đầu phụt vừa, tức là góc quay cần khoan trong quá trình phụt vừa. Nếu góc quay 360° thì tạo ra cọc tròn (Hình 1a), phương pháp này gọi là KPCA xoay tròn (KPCA XT), tại Việt Nam đang được gọi là KPCA hoặc Jet Grouting. Phương pháp khoan phụt cao áp mà góc quay được hạn chế trong một góc nhất định, từ 15° đến 90° thì tạo ra khối XMD hình rẻ quạt, dạng tấm (Hình 1b, 1c và Hình 2a, 2b), gọi là khoan phụt cao áp định hướng (KPCADH). Nhiều tấm XMD liên kết tạo thành tường chống thấm. Phương pháp khoan phụt cao áp mà góc phụt giữ cố định theo một hướng để tạo ra khối xi măng đất dạng tấm mỏng thì được gọi là khoan phụt cao áp một hướng (KPCAMH).



Hình 1. Hình dạng khối XMD tạo bởi các phương pháp khoan phụt cao áp khác nhau.
(a) KPCAXT; (b) KPCAMH; (c) KPCADH.



(a)

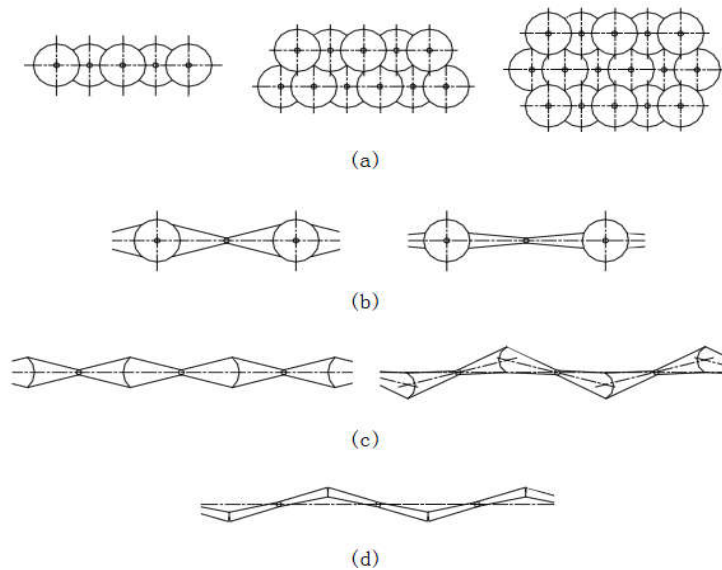


(b)

Hình 2. Hình dạng khối xi măng đất tạo bởi KPCADH. (a) Một cọc; (b) Tường xi măng đất.

Dựa vào điều kiện địa chất và yêu cầu chống thấm của công trình để lựa chọn hình thức KPCA xoay tròn (Hình 3a), KPCADH (Hình 3c), KPCAMH (Hình 3d) hoặc kết hợp các phương pháp (Hình 3b) để tạo ra các hình dạng tường chống thấm khác nhau. Các phương pháp KPCA đều có thể sử dụng phương pháp phụt là

1 pha (vữa), 2 pha (vữa và nước) hay 3 pha (vữa, nước, khí). Bán kính khoan phụt hiệu quả của các phương pháp khoan phụt KPCAXT, KPCADH, KPCAMH lần lượt tăng lên nhưng chiều dày khoan phụt hiệu quả cũng giảm dần (xem Hình 1).



Hình 3. Các hình thức kết cấu tường chống thấm xi măng đất bằng KPCA (Jet - Grouting). (a) KPCAXT; (b) Kết hợp KPCAXT và KPCADH; (c) KPCADH; (d) KPCAMH (DL/T 2500-2004).

2.2. Phạm vi áp dụng các phương pháp KPCA tạo tường chống thấm

Các yếu tố chính để lựa chọn phương pháp KPCA tạo tường chống thấm gồm: loại đất nền, áp lực thấm và chiều dài tường, độ sâu khoan phụt, lần lượt được phân tích cụ thể như sau:

Loại đất. KPCA xoay tròn và KPCAĐH với góc quay lớn phù hợp với hầu hết các loại đất. KPCAMH và KPCAĐH với góc quay nhỏ thích hợp với đất mịn và đất cát, tức là đối với loại đất dễ tạo nên khối xi măng đất.

Áp lực thấm và chiều dài tường. Khi tường xi măng đất chịu tác dụng của áp lực nước nhỏ hoặc chiều dài tường không lớn có thể lựa chọn KPCAĐH theo dạng tiếp giáp đầu cọc đối xứng hoặc không đối xứng (Hình 3c), hay KPCAMH với tiếp giáp đầu cọc kiểu không đối xứng (Hình 3d). KPCAMH tạo tấm xi măng đất chiều dày nhỏ, nếu chọn kiểu tiếp giáp đối xứng dễ gây nên tường chống thấm không kín khít.

Độ sâu khoan phụt. Độ sâu khoan phụt nhỏ hơn 20 m, nằm trong nền cát sỏi có thể lựa chọn KPCAĐH với tiếp giáp đầu cọc kiểu đối xứng hay kiểu không đối xứng; nếu tiếp giáp đầu cọc kiểu đối xứng thì góc quay không nhỏ hơn 60° , tiếp giáp đầu cọc kiểu không đối xứng góc quay không nhỏ hơn 30° . Độ sâu khoan phụt từ 20 m đến 30 m nên lựa chọn KPCA xoay tròn, KPCAĐH với một hoặc hai hàng cọc xi măng. Độ sâu khoan phụt lớn hơn 30 m nên lựa chọn KPCA xoay tròn, KPCAĐH với hai hoặc ba hàng cọc xi măng.

Ngoài những yếu tố nêu trên, nên căn cứ vào ưu nhược điểm để so sánh lựa chọn công nghệ KPCA xoay tròn và KPCAĐH tạo tường chống thấm như sau:

Tường xi măng đất tạo bởi công nghệ KPCA XT. Ưu điểm: (1) chiều dày của tường tương đối lớn (có thể đến 1,2 m) nên chịu áp lực nước tốt và tăng cường ổn định cho nền; (2) chống thấm tốt. Nhược điểm: (1) lượng dùng xi măng lớn, chi phí cao; (2) phá bỏ khó khăn, lượng phá vỡ lớn; (3) công nghệ phức tạp, thiết bị chiếm không gian lớn, thao tác khó khăn.

Tường xi măng đất tạo bởi công nghệ KPCA ĐH. Ưu điểm: (1) lượng dùng xi măng nhỏ chỉ bằng 1/5 lần lượng xi măng dùng trong công nghệ KPCA, chi phí thấp; (2) chiều dày của tường nhỏ (lớn nhất đạt đến 0,3 m), lượng phá bỏ nhỏ; (3) công nghệ thi công đơn giản, thao tác thuận tiện, thiết bị chiếm không gian nhỏ. Nhược điểm: (1) chiều dày của tường nhỏ, tăng cường ổn định cho nền không đáng kể; (2) Chống thấm kém. Công nghệ KPCAĐH có thể đạt hệ số thấm $K \leq 10^{-5}$ cm/s, chiều dày tường chống thấm nhỏ.

3. XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG KPCA

Theo kinh nghiệm tổng kết từ nhiều công trình KPCAĐH tại Trung Quốc, tiêu chuẩn DL/T 2500-2004 đưa ra quan hệ giữa hệ số thấm, cường độ kháng nén của khối tường xi măng đất và loại đất nền như thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Các chỉ tiêu của tường xi măng đất tạo bởi KPCA

Loại đất	K (cm/s)	R_n^{28} (MPa)	Ghi chú
Đất mịn	$i \times 10^{-6}$	0,5 - 3,0	$i=1-9$. Hệ số thấm K là chỉ tiêu thí nghiệm hiện trường, cường độ kháng nén R_n^{28} là chỉ tiêu thí nghiệm trong phòng. Phương pháp phụt đơn và hai pha chọn giá trị K nhỏ, R lớn; phương pháp phụt ba pha chọn giá trị K lớn, R nhỏ.
Đất cát	$i \times 10^{-6}$	1,5 - 5,0	
Sỏi sạn	$i \times 10^{-5} - i \times 10^{-6}$	3,0 - 10	
Sỏi thô	$i \times 10^{-4} - i \times 10^{-5}$	3,0 - 12	

Quy trình thi công tường xi măng đất bằng công nghệ KPCA định hướng về cơ bản chỉ khác KPCA xoay tròn là thiết bị máy phụt vữa cao áp có thêm cơ cấu điều chỉnh hướng phụt. KPCA xoay tròn đã được sử dụng thành thực tại nước

ta nên bài viết này không đi sâu giới thiệu chi tiết về các bước thi công, mà chỉ phân tích tổng hợp các tham số thi công (Bảng 2) và các giải pháp xử lý các vấn đề trong quá trình thi công của KPCA định hướng (Bảng 3).

Bảng 2. Các thông số thi công thường dùng trong KPCA tạo tường chống thấm

Thông số		Đơn vị	PP 1 pha	PP 2 pha	PP 3 pha
Nước	Áp lực	MPa			35 – 40
	Lưu lượng	L/phút			70 – 80
	Số lượng đầu phụt	Cái			2
	Đường kính đầu phụt	Mm			1,7 – 1,9
Khí	Áp lực	MPa		0,6 – 0,8	0,6 – 0,8
	Lưu lượng	m ³ /phút		0,8 – 1,2	0,8 – 1,2
	Số lượng đầu phụt	Cái		1 hoặc 2	2
	Đường kính đầu phụt	mm		1,0 – 1,5	1,0 – 1,5
Vữa	Áp lực	MPa	25 – 40	25 – 40	0,2 – 1,0
	Lưu lượng	L/phút	70 – 100	70 – 100	60 – 80
	Khối lượng riêng	g/cm ³	1,4 – 1,5	1,4 – 1,5	1,5 – 1,7
	Số lượng đầu phụt	Cái	2 hoặc 1	2 hoặc 1	2
	Đường kính đầu phụt	Mm	2,0 – 3,2	2,0 – 3,2	6 – 12
	Khối lượng riêng vữa hồi quy	g/cm ³	≥ 1,3	≥ 1,3	≥ 1,2
Tốc độ nâng cần v	Tầng đất mịn	cm/phút	10 – 20		
	Tầng đất cát	cm/phút	10 – 25		
	Tầng dăm sỏi	cm/phút	8 – 15		
	Tầng sỏi vụn	cm/phút	5 – 10		
KPCA XT	Tốc độ	vòng/phút	(0,8 – 1,0)v		
KPCA ĐH	Tốc độ quay cần (vòng/phút)		(0,8 – 1,0)v		
	Góc quay	Đất mịn, cát	15 ⁰ – 30 ⁰		
		Dăm sỏi	30 ⁰ – 90 ⁰		

Bảng 3. Một số vấn đề thường gặp trong KPCA tạo tường chống thấm

Vấn đề thường gặp	Nguyên nhân	Phương pháp xử lý
Khoan lỗ khó khăn	Gặp phải chướng ngại vật trong nền đất	Loại bỏ chướng ngại vật
	Gặp phải nền đất sét chặt	Khoan phụt nước
	Gặp phải nền đất mịn, cát chặt	Thay đổi mũi khoan, khoan phụt nước
Gián đoạn phụt	Bơm cao áp bị tắc	Loại bỏ chướng ngại vật

vữa	Đường ống bị tắc	Loại bỏ chướng ngại vật
Vữa trào ngược	Lượng vữa phụt lớn hơn yêu cầu thực tế	Giảm đường kính đầu phụt, tăng áp lực phụt
Vữa không trào ngược	Trong nền đất có hang rỗng	Tăng nồng độ vữa phụt, giảm tốc độ rút cần
Cường độ cọc không đồng đều	Rút cần phụt nhanh, phương pháp phụt và loại máy không phù hợp với điều kiện địa chất	Lựa chọn phù hợp loại máy và phương pháp phụt, phụt lặp lại và tăng đường kính cọc

4. ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG TƯỜNG XI MĂNG ĐẤT

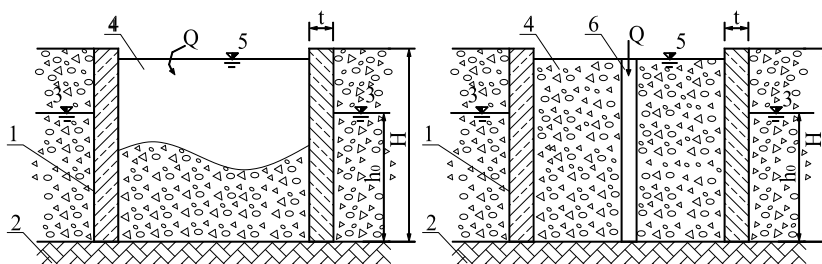
Hai phương pháp phổ biến để đánh giá chất lượng tường xi măng đất là đào giếng thí nghiệm và ép nước thí nghiệm (Hình 4).

Đào giếng thí nghiệm. Đào giếng (Hình 4b) nhằm kiểm tra hình dạng, độ kín khít của tường chống thấm. Phương pháp đào giếng và khoan

lỗ thí nghiệm chỉ là phương pháp kiểm tra ngẫu nhiên, rất khó để phản ánh đầy đủ chất lượng tổng thể của các cọc xi măng đất. Nếu cần thiết, phải kết hợp với các phương pháp khác như: đào, lấy mẫu, khoan đúng tâm lấy mẫu, địa vật lý, thí nghiệm thấm, kiểm tra quy trình thi công, phân tích hiệu quả tổng thể, v.v... để từ đó đánh giá chất lượng cọc xi măng đất.



(a)



(b)

(c)

Hình 4. Đào giếng đổ nước thí nghiệm. 1- giếng quay bằng tường xi măng đất; 2- tầng không thấm; 3- mực nước ngầm; 4- giếng đào; 5- mực nước ổn định trong giếng; 6- lỗ khoan.

Đổ nước thí nghiệm. Thí nghiệm đổ (hút) nước tiến hành bên trong giếng đã đào sẵn, đáy giếng được đào đến tầng thấm nước. Khoan một lỗ thí nghiệm đúng tâm giếng (Hình 4c) có đường kính đủ lớn và độ sâu lỗ ngang với đáy tường xi măng (không được vượt qua đáy tường), sau đó cho đường ống lọc vào để thí nghiệm thấm. Vì độ sâu đào giếng có giới hạn nên việc kiểm tra trực tiếp tại hiện trường hay lấy mẫu thí nghiệm chỉ là phương pháp trợ giúp. Diện tích giếng không nên nhỏ quá, sẽ làm ảnh hưởng đến kết

quả thí nghiệm.

Phương pháp kiểm tra hiệu quả tổng thể của tường xi măng đất chống thấm đối với công trình khoan phụt cho nền dề, đập gồm: (1) Bố trí ống đo áp phía hạ lưu để quan trắc và so sánh với mực nước phía thượng lưu; hoặc (2) Bố trí lưu lượng kế để quan trắc lưu lượng thấm qua đập trước và sau khi thi công cọc xi măng đất, từ đó phân tích đánh giá hiệu quả của tường xi măng đất. Đối với khoan phụt cho thân và nền công trình tạm như dề vây. Có thể đào hố để

xác định lưu lượng thấm, kiểm tra điểm tập trung nước, từ đó phân tích đánh giá hiệu quả của tường xi măng đất.

5. VÍ DỤ CÔNG TRÌNH THỰC TẾ

5.1. Giới thiệu công trình

Đập Thanh Hà ở tỉnh Hắc Long Giang, Trung Quốc. Tổng dung tích hồ là 3,055 triệu m³, công trình chính của đập gồm đập đất, tràn xả lũ và cống lấy nước. Chiều dài đập là 310 m, cao 15 m, tràn dài 37 m, cống dài 42 m. Đập Thanh Hà được xây dựng năm 1958, do nhân dân và quân đội cùng nhau xây dựng, chất lượng công trình tương đối kém, mặc dù trong quá trình vận hành đã có nhiều lần nâng cấp sửa chữa nhưng không giải quyết được hiện tượng thấm qua thân đập. Tháng 3 năm 2008 đã sử dụng phương pháp KPCADH chống thấm cho thân đập và thu được hiệu quả rất tốt. Trước khi khoan phụt hệ số thấm thân đập là

5.2. Trình tự thi công

Trình tự thi công. Trình tự thi công của công nghệ KPCADH bao gồm: bố trí lỗ khoan, khoan

tạo lỗ, trộn vữa, phụt vữa, kết thúc phụt vữa. Thiết bị khoan phụt bao gồm: máy khoan, máy phụt, máy trộn vữa, máy bơm nước áp lực, máy nén khí, máy bơm vữa.

Bố trí lỗ khoan và khoan tạo lỗ. Bố trí lỗ khoan được chia ra làm 3 giai đoạn. Giai đoạn 1 bố trí lỗ dẫn hướng, cứ 30 m theo phương dọc đập bố trí một lỗ dẫn hướng, lợi dụng lỗ dẫn hướng này để lấy mẫu thí nghiệm xác định các thông số như: loại đất, sự thay đổi tầng đất, độ mất vữa, độ sâu của nền và các thông số khác. Giai đoạn 2 bố trí lỗ thí nghiệm, dựa vào báo cáo địa chất, tình hình khi khoan lỗ dẫn hướng trước đó và hồ sơ thiết kế để bố trí lỗ thí nghiệm nhằm xác định khoảng cách cọc và các thông số phụt. Giai đoạn 3 bố trí lỗ khoan phụt, lỗ dẫn hướng và lỗ khoan phụt có thể trùng nhau. Công trình Thanh Hà bố trí 9 lỗ khoan dẫn, 9 lỗ khoan thí nghiệm và 210 lỗ khoan phụt (bao gồm lỗ khoan dẫn và lỗ khoan thí nghiệm), các lỗ khoan phụt cách nhau 1,5 m, đường kính lỗ khoan là 130 mm, khoan sâu vào lớp đất cứng là 1 m, độ sâu thực tế của lỗ khoan vượt qua độ sâu thiết kế là 0,3 m.

Bảng 5. Các thông số thi công

Thông số	Đơn vị	Giá trị cho phép	Thực tế sử dụng
Áp lực nước	MPa	35 - 40	38
Lưu lượng nước	L/phút	70-80	75
Áp lực khí	MPa	0,6-0,8	0,75
Lưu lượng khia	L/phút	0,8-1,2	1,0
Áp lực vữa	MPa	0,2-1,0	0,4
Lưu lượng vữa	L/phút	60-80	75
Khối lượng thể tích vữa	g/cm ³	1,5-1,7	1,65
Tốc độ nâng cần phụt	cm/phút	8-15	8-12
Góc quay cần phụt	Độ	15-30	22
Tốc độ quay cần phụt	Lần/phút	0,6-0,8	0,6-0,8

Tạo vữa. Công nghệ KPCADH sử dụng dung dịch vữa xi măng. Loại xi măng sử dụng là xi măng Portland, tỷ lệ nước trên xi là 1,2:1 – 0,8: 1, khối lượng thể tích vữa là 1,55 đến 1,7

g/cm³. Quá trình trộn và lọc vữa chia làm hai cấp. Vữa được trộn trong thùng trộn cấp 1 không nhỏ hơn 90s và được dẫn qua hệ thống lọc cấp 1 sang thùng trộn cấp 2. Sau khi vữa

trộn xong ở thùng trộn cấp 2 vừa được lọc lại lần nữa với mắt sàng 2mm và đưa vào sử dụng.

Phụt vữa cao áp. Sử dụng phương pháp phụt vữa cao áp 3 pha. Quá trình phụt vữa diễn ra sau khi kiểm tra các lỗ khoan đã đảm bảo điều kiện kỹ thuật. Thi công phụt chia làm 2 đợt, đợt thứ nhất phụt hàng lỗ khoan I, đợt thứ hai phụt hàng lỗ khoan II. Trước khi phụt phải phụt thử trên mặt đất để kiểm tra: thiết bị và đường ống dẫn nước, khí, vữa; các thông số thiết kế; đồng thời điều chỉnh hướng phụt và góc quay. Các thiết bị hoạt động tốt mới hạ đường ống phụt vào lỗ phụt đến độ sâu thiết kế. Phụt vữa trước khi phụt nước và khí. Khi khối lượng riêng của vữa trào ra khỏi miệng lỗ phụt là $1,2 \text{ g/cm}^3$ thì nhắc cần phụt lên đoạn phụt tiếp theo. Khi đang thi công mà bị gián đoạn phải tiến hành phụt lại để đảm bảo cho tường không bị khuyết tật, phần tiếp nối giữa hai đoạn cọc không được nhỏ hơn 50 cm, thông số thi công xem Bảng 5.

Kết thúc phụt. Khi nâng đầu phụt cách mặt đất khoảng 40 cm thì dừng phụt theo thứ tự dừng phụt nước và khí sau đó dừng phụt vữa. Do trong thân tường có chứa bọt khí, lúc khi vữa cố kết làm cho vữa dính tường bị lõm xuống vì vậy cần bổ sung thêm vữa đến miệng lỗ phụt thì dừng lại. Mỗi lỗ khoan sau khi phụt xong cần phải rửa sạch vữa còn sót lại trong đường ống để đề phòng bị tắc cho công tác phụt tiếp theo.

5.3. Kiểm tra chất lượng KPCADH

Trong quá trình thi công KPCADH phải kiểm tra và khống chế chất lượng xi măng, dung dịch vữa phụt một cách nghiêm ngặt. Sau khi kết thúc phụt cần đánh giá và kiểm tra chất lượng chống thấm của tường bằng các phương pháp như: đào hố, khoan lấy mẫu, đào giếng giếng, v.v...

Đào hố kiểm tra. Căn cứ vào vị trí biên của tường cọc xi măng để đào hố kiểm tra với độ sâu từ 2 m đến 2,5 m. Kiểm tra trực tiếp chất

lượng và khoảng cách lượt phụt thứ nhất và thứ hai, chiều rộng tiếp giáp. Tại các vị trí khác nhau khoan tạo lỗ để kiểm tra độ dày và cường độ của tường. Đập Thanh Hà đã đào kiểm tra 5 đoạn tổng chiều sâu đào là 27 m.

Khoan lấy mẫu kiểm tra. Sau khi hoàn thành KPCADH 14 ngày thì tiến hành khoan lấy mẫu đúng tâm tường để kiểm tra. Công tác khoan như sau: khoan hai điểm đúng tâm hai cọc tiếp giáp nhau và một điểm chính giữa phần nối tiếp giữa hai cọc. Lựa chọn vị trí khoan bất kỳ để lấy mẫu thí nghiệm thấm. Mỗi một đơn nguyên công trình cần bố trí một điểm kiểm tra. Đập Thanh Hà bố trí 5 vị trí kiểm tra, số lượng mẫu kiểm tra là 38 mẫu.

Đào giếng giếng thí nghiệm. Đào giếng giếng thí nghiệm sau khi đã kết thúc quá trình phụt 7 ngày, vị trí giếng nên bố trí ở nơi có tầng đất phức tạp, lượng mất vữa nhiều, có khả năng bị

Đào giếng giếng thí nghiệm, đường kính không nhỏ hơn 3 m^2 , trong đất cuội sỏi không nhỏ hơn 4.5 m^2 . Đập Thanh Hà bố trí tổng 2 giếng, kết quả kiểm tra thấm cho thấy hệ số thấm thu được là $K = 1.48 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$, nhỏ hơn hệ số thấm thiết kế $i \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ ($i=1-9$), chất lượng thỏa mãn điều kiện thiết kế.

6. KẾT LUẬN

Bài viết tổng hợp các nội dung về nguyên lý công nghệ, thông số thiết kế và thi công, phương pháp đánh giá chất lượng tường XMD tạo bởi KPCADH. Các số liệu tổng hợp có ý nghĩa lớn trong việc nghiên cứu áp dụng một công nghệ mới - KPCADH để chống thấm đê, đập và hố móng ở nước ta.

So với KPCA xoay tròn (Jet Grouting) để tạo tường chống thấm, KPCADH có ưu điểm thi công nhanh, lượng dùng vữa xi măng ít, chi phí thấp. KPCADH có ưu điểm nổi trội là tạo được tường chống thấm xi măng đất trong nền đất cát thô, cuội, sỏi – đó là loại đất nền Jet Grouting

hiện chưa khắc phục được. Cần căn cứ vào yêu cầu thiết kế của tường chống thấm như hệ số thấm, chiều dài, chiều sâu tường, loại đất nền để luận chứng lựa chọn phương pháp KPCA phù hợp.

Có thể tận dụng hệ thống thiết bị KPCA Jet Grouting hiện có tại Việt Nam để thực hiện công nghệ KPCADH bằng cách gia công thêm bộ phận điều chỉnh hướng phụt, hoặc thay thế

khác như máy bơm vữa cao áp, máy bơm nước cao áp, máy nén khí, máy trộn vữa v.v... có thể đồng thời sử dụng cho Jet Grouting và KPCADH.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được sự hỗ trợ của Đề tài độc lập cấp quốc gia: “Nghiên cứu xây dựng mô hình thu và lưu giữ nước phục vụ cấp nước sạch hiệu quả cho vùng khô hạn khan hiếm nước Ninh Thuận - Bình Thuận”, mã số: ĐTDL-CN.63/15.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đinh Xuân Trọng, Nguyễn Thành Công. Xử lý thấm qua đập đất: hiện trạng - kiểm soát hay ngăn chặn?. Tạp chí Tài nguyên nước, Số 2, 04-2016, 56-61.
- [2]. EN 12716:2001, Execution of special geotechnical works-Jet grouting. 16 April 2001.
- [3]. DL/T 2500-2004, 水电水利工程高压喷射灌浆. 中华人民共和国电力行业标准, 1/4/2005. Tiêu chuẩn kỹ thuật khoan phụt cao áp cho công trình Thủy lợi Thủy điện DL/T 5200-2004. Tiêu chuẩn ngành điện lực Cộng hòa Nhân dân Trung Hoa.
- [4]. Nguyễn Cảnh Thái. Giải pháp tường hào bentonite chống thấm thân và nền đập. Hội thảo KHCN phục vụ dự án WB8. Hà nội, 12-2015.
- [5]. Nguyễn Quốc Dũng, Vũ Bá Thao. Giới thiệu công nghệ tường tâm bằng đất đầm nén để chống thấm cho hồ chứa vừa và nhỏ. Hội thảo KHCN phục vụ dự án WB8. Hà nội, 12-2015.
- [6]. Nguyen Quoc Dung. Application cases and successful experience of Jet grouting method in Vietnam. Proceeding of HanoiGeo2010 conference: Geotechnics for Sustainable Development. Hanoi, 2010.
- [7]. Vũ Bá Thao, Nguyễn Quốc Dũng. Giới thiệu Tiêu chuẩn khoan phụt chống thấm đập đất. Hội thảo KHCN phục vụ dự án WB8. Hà nội, 12-2015.
- [8]. 王其升. 高压摆喷灌浆技术在围堰防渗中的应用. 岩石力学与工程学报, 2004-23(2), pp 5248-5252. Vương Cơ Thăng. Ứng dụng công nghệ khoan phụt định hướng cao áp chống thấm cho đê quai. Tạp chí Cơ học đá và Công trình, 2004 -23(2), pp 5248-5252.
- [9]. 蒋友清, 熊伟光. 高压摆喷注浆在长沙堤防建设中的应用. 湖南地质, 2001(2):126-130. Tường Hữu Thanh, Hùng Vĩ Quang. Ứng dụng công nghệ khoan phụt định hướng cao áp trong xây dựng đê Trường Sa, 2001(2): 126-130.
- [10]. 吕福财, 周建华. 高压摆喷灌浆技术在清河水库土坝防渗工程中的应用. 中国新技术新产品, 2008 (11): 29. Lã Phúc Tài, Châu Kiến Hoa. Ứng dụng công nghệ khoan phụt định hướng cao áp chống thấm cho đập đất Thanh Hà. Sản phẩm công nghệ mới Trung Quốc, 2008 (11): 29.