

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ KHOAN PHỤT NATRI - SILICATE ĐỂ XỬ LÝ SỰ CỐ THẤM CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

Nguyễn Văn Chính^{1,*}, Nguyễn Quang Bình¹,
Chu Việt Thức², Nguyễn Thanh Tuấn²

TÓM TẮT

Với các dạng khuyết tật thấm công trình thủy lợi (CTTL), vấn đề an toàn cho công trình được coi trọng từ lâu, nhiều biện pháp công trình đã được triển khai và đạt được những thành tựu nhất định, trong đó có giải pháp khoan phụт xử lý thấm. Các biện pháp như khoan phụт chỉ sử dụng xi măng, xi măng - bentonite trong nền có dòng chảy ngầm, dòng thấm sẽ cuốn trôi các hạt xi măng, xi măng - bentonite trước khi các hạt xi măng liên kết lại với nhau. Điều này thúc đẩy công nghệ khoan phụт hóa chất (KPHC) ra đời với ưu điểm đóng rắn nhanh ngay cả trong môi trường dòng thấm có áp với lưu lượng lớn. Trong đó vật liệu dùng cho KPHC có nguồn gốc Silicate được coi là thông dụng và hiệu quả hơn cả với đặc tính đóng rắn trong thời gian ngắn, có thể điều chỉnh từ vài giây tới vài chục giây, đồng thời vẫn đảm bảo về yêu cầu gia cố nền, cũng như độ bền của công trình. Nghiên cứu này tổng quan về các sự cố thấm và giải pháp xử lý sự cố thấm CTTL và ứng dụng công nghệ KPHC sử dụng Natri silicate. Kết quả nghiên cứu này sẽ góp phần quan trọng củng cố cơ sở lý luận cho giải pháp KPHC để triển khai áp dụng rộng rãi trong thời gian tới.

Từ khóa: Công trình thủy lợi, khoan phụт chống thấm, Silicate.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vật liệu khoan phụт chống thấm gốc xi măng cho đến nay vẫn được coi là vật liệu phổ biến nhất được sử dụng rộng rãi. Tuy nhiên, xi măng bị giới hạn bởi kích thước hạt để đi vào các vết nứt và hoạt động kém đối với các yêu cầu chống thấm trong môi trường dòng thấm có áp như đường hầm, vì vậy việc có thể đạt được độ thâm nhập tốt hơn cần giải pháp sử dụng KPHC. Thông thường, các vật liệu đặc trưng cho vữa hóa học là Natri silicate, acrylate, lignin, polyurethane, acrylamide và resin, trong đó Silicate đã được sử dụng làm vật liệu khoan phụт. Ở Thụy Điển, trong thảm họa môi trường bùng phát liên quan đến vật liệu vữa acrylamide trong đường hầm Hallandsas, tính tương thích với môi trường của vật liệu chà ron được ưu tiên cao. Trong khi các hạt nano silicate được coi là không độc hại, chủ yếu là do tính không ổn định của chúng trong nước ngầm, điều

này có tầm quan trọng hàng đầu đối với sự phát triển bền vững. Do đó, trong khoan phụт đất đá, vữa gốc hạt nano silicate được sử dụng thay thế cho vữa gốc phân tử hữu cơ vì có thể đạt được khả năng thấm thấu cao do kích thước hạt nhỏ [1, 2].

Cho đến nay công nghệ khoan phụт Silicate đã được áp dụng triển khai rộng rãi trên thế giới và đã cho thấy hiệu quả chống thấm ưu việt. Tại Việt Nam, một số công trình đã sử dụng công nghệ khoan phụт Silicate chống thấm như hệ thống cống ngăn mặn, ngọt ở Cà Mau. Tuy nhiên do là công nghệ mới, việc triển khai tại Việt Nam mới chỉ dừng lại ở giai đoạn áp dụng thí công trong một số điều kiện địa chất nền cụ thể, chưa có nghiên cứu cho các loại hình công trình thủy lợi (CTTL) khác nhau. Ở Việt Nam cũng chưa có nghiên cứu chuyên sâu nào về công nghệ khoan phụт Silicate trong công tác chống thấm có tính khẩn cấp như các sự cố thấm CTTL vào mùa lũ.

Nghiên cứu này giới thiệu công nghệ khoan phụт Silica-Sol và khả năng ứng dụng trong chống thấm CTTL. Các vấn đề nghiên cứu cần quan tâm

¹ Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

² Trường Đại học Điện lực

* Email: nguyenvanchinhcivil@gmail.com

như khả năng chống thấm của màng khoan phụt Silicate được thể hiện thông qua hệ số thấm của hỗn hợp vật liệu sau khi được hình thành bởi quá trình khoan phụt xuống nền, độ bền của vật liệu chống thấm, công nghệ và dây chuyền thi công ảnh hưởng như thế nào tới khả năng xâm nhập và hiệu quả chống thấm của vật liệu khoan phụt gốc Silicate.

2. TỔNG QUAN VỀ SỰ CỐ THẤM VÀ GIẢI PHÁP KHOAN PHỤT XỬ LÝ SỰ CỐ THẤM CHO CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

2.1. Các sự cố thấm công trình thủy lợi

Công trình thủy lợi đóng vai trò quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội của đất nước, góp phần ổn định phát triển bền vững tài nguyên nước. Tuy nhiên, phần lớn các công trình này đã trải qua nhiều năm khai thác sử dụng, đến nay có nhiều hạng mục bị hư hỏng, xuống cấp, ảnh hưởng nghiêm trọng đến kết cấu công trình, khả năng cung cấp nước phục vụ sản xuất và sự an toàn của công trình. Vì vậy, việc việc chống thấm trở nên quan trọng trong công tác đảm bảo an toàn CTTL [3].

Đối với các công trình thủy lợi – thủy điện, khi xuất hiện các dấu hiệu rò rỉ thấm, hay xói, quá trình này diễn ra từ từ bởi vật liệu chính thường là vật liệu chứa hạt sét, hạt bụi, khi xảy ra xói ngầm, dòng nước sẽ lôi cuốn nhóm hạt mịn, rồi chuyển dần đến các hạt to hơn. Các biện pháp xử lý chống thấm như khoan phụt, làm tầng lọc ngược để xử lý sự cố này vì quá trình xói ngầm xảy ra từ từ. Tuy nhiên, đối với các sự cố thấm (đặc biệt là xói ngầm) ở nền công trình đê, cống, trạm bơm xuất hiện trong mùa lũ, nếu xói ngầm phát sinh ở nền công trình có thể gây ra lún nhiều, lún không đều, mất ổn định, làm biến dạng và phá hoại công trình. Do vậy, đối với những công trình này thì yếu tố quan trọng nhất là thời gian bịt miền thoát, thời gian bịt càng nhanh càng hiệu quả, mặc dù vấn đề thấm qua công trình thủy lợi là không tránh khỏi, tuy nhiên thấm phải ở mức độ cho phép. Một số hiện tượng thấm qua các dạng công trình thủy lợi điển hình cần phải xử lý, ở hệ thống đê sông Hồng, sông Thái Bình đó là: Thấm qua công trình

đập đất; thấm qua đê sông; thấm qua công trình cống...

2.2. Các giải pháp khoan phụt truyền thống xử lý sự cố thấm CTTL

Với các dạng thấm được nêu ở trên, vấn đề an toàn cho công trình đã được Việt Nam coi trọng từ lâu và nhiều biện pháp công trình đã đạt được những thành tựu nhất định, trong đó có giải pháp khoan phụt xử lý thấm.

Kỹ thuật khoan phụt cho đến nay là một trong những kỹ thuật xử lý nền móng được áp dụng rộng rãi và phổ biến nhất trong xây dựng công trình thủy lợi, thủy điện. Kỹ thuật này lấp đầy các khoảng trống trong đất đá, tăng khả năng chống thấm và cường độ khi vừa được đông cứng hoặc nén chặt đất đá. Khi phụt vừa vào môi trường đất đá rỗng xốp đồng nhất, vừa phụt có thể đẩy không khí và nước thoát ra bên ngoài [4]. Khi đưa vào đất các chất kết dính như xi măng, xi măng – bentonite, bitum... sẽ xảy ra những tương tác phức tạp về hóa lý, hóa học giữa đất và đá. Do quá trình hóa học, hóa lý xảy ra các mối liên kết kiến trúc mới được hình thành, các mối liên kết này khá bền vững, đồng thời mật độ của đất, đá tăng lên, cuối cùng tăng độ bền và độ ổn định, giảm khả năng thấm nước. Kết quả sẽ làm thay đổi về bản chất và tính chất cơ lý của đất, đá. Đảm bảo nền ổn định về mặt cường độ khi công trình chịu tải trọng ngang lớn, tạo màng chống thấm dưới nền các công trình thủy công, làm giảm tính thấm nước và áp lực đẩy nổi của nước ngầm tác dụng vào công trình.

Hiện nay, có nhiều biện pháp khoan phụt như: Khoan phụt thuận áp: Sử dụng áp lực nén để đưa chất kết dính (xi măng, đất sét, hoá chất,...) vào trong đất dưới một áp lực phù hợp; khoan phụt ép đất là sử dụng vừa phụt có áp lực, ép vừa chiếm chỗ của đất. Biện pháp này thường được sử dụng trong xử lý nền đất yếu; khoan phụt thẩm thấu là lợi dụng dòng thấm để lan tỏa/đưa chất kết dính đến vị trí cần thiết; khoan phụt kiểu tia - tạo cọc đất xi măng): Trước tiên đưa cần khoan đến đáy cọc dự kiến thì dừng lại và bắt đầu bơm vừa xi măng phụt ra thành tia ở đầu mũi khoan, vừa bơm vừa xoay cần khoan rút lên làm cho các phần

từ đất xung quanh lỗ khoan bị xói toi ra, hòa trộn với vữa phụt, sau đó đông cứng tạo thành một cọc (cột) đồng nhất. Ưu điểm là có thể được sử dụng trên hầu hết mọi nền đất yếu và cát, đất sét, sỏi; khả năng xử lý ở những chiều sâu cục bộ và chiều sâu lớn tới hơn 50 m, có thể xử lý dưới móng hoặc kết cấu hiện có mà không cần ảnh hưởng đến công trình; hiệu quả cao, ít ảnh hưởng đến môi trường; v..

2.3. Đánh giá hiệu quả các phương pháp khoan chống thấm truyền thống

Ở Việt Nam, các công nghệ khoan phụt đã được ứng dụng nhiều trong thực tiễn tại các công trình xây dựng nói chung, công trình thủy lợi nói riêng. Tuy nhiên, hầu như mới chỉ dùng xi măng làm chất kết dính là chính. Hiệu quả của phương pháp này chưa cao do bị hạn chế trong môi trường

nước có áp, có dòng chảy, đất có nhiều hữu cơ. Khoan phụt thuận áp truyền thống và khoan phụt thẩm thấu sử dụng xi măng bị hạn chế trong đất hạt mịn, đất bùn do kích thước hạt xi măng lớn. Xu hướng khắc phục những trở ngại trên là sử dụng vật liệu hóa chất tạo thành hỗn hợp có khả năng đông rắn nhanh, chống thấm tốt ngay cả đối với môi trường nền có dòng thấm áp lực cao.

3. ỨNG DỤNG GIẢI PHÁP KPHC SỬ DỤNG NATRI SILICATE TRONG CHẤM THẨM SỰ CỐ CTTL

3.1. Giải pháp sử dụng Natri silicate trong chống thấm sự cố CTTL

Các loại vật liệu dùng để tạo vật liệu phụt hóa chất, mỗi loại có những tính chất, đặc điểm riêng mà dựa vào các ưu, nhược điểm của chúng để sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau (Bảng 1).

Bảng 1. Tính chất cơ bản của một số loại vật liệu hóa chất thông dụng

Vật liệu	Khả năng thâm nhập	Độ bền	Khả năng ứng dụng	Khả năng độc hại	Tính dễ cháy	Giá thành thi công
Silicate	H	M	H	L	N	L
Acrylate	H	M	H	M	L	H
Lignin	H		H	H	L	H
PU	M	H	M	H	H	H
Resin	L	H	M	H	M	H

Trong đó: N: không cháy (non-flame); L: thấp (Low); M: trung bình (moderate); H = Cao (high).

Bảng 2. Ứng dụng điển hình của các loại vật liệu hóa chất

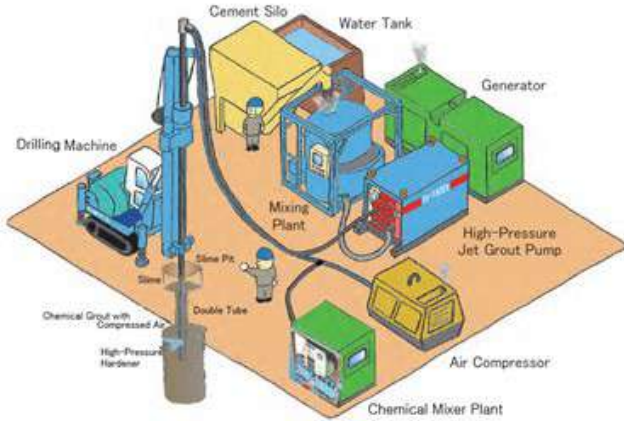
Ứng dụng	Natri Silicate	Acrylate	Lignin	PU	Resin
Tăng độ bền	C	C	C	R	R
Giảm tính thấm	C	C	C	U	R
Sửa chữa bê tông	U	U	U	C	C
Sửa chữa hệ thống thoát nước	U	U	U	C	C
Chuyên tải và chống đỡ	U	U	U	C	U
Neo công trình	R	R	R	U	C

Trong đó: C= Thường được sử dụng, U= Sử dụng, R = Ít sử dụng.

Bảng 1 và 2 cho thấy, vật liệu dùng trong KPHC có nguồn gốc Natri silicate là loại vật liệu thông dụng. Hiện nay nhu cầu cấp thiết là tìm kiếm một loại vật liệu khoan phụt thân thiện với môi trường để xử lý chống thấm nền công trình. Natri silicate ngày càng được sử dụng rộng rãi trong một số lĩnh vực khác nhau, trong đó có lĩnh vực KPHC. Việc khoan phụt các tầng có thể có các mục đích khác nhau như ổn định cát rời, chống rò rỉ,...[5].

Ưu điểm của khoan phụt Silicate là ngoài khả năng xâm nhập, còn có khả năng kiểm soát được thời gian keo hóa. Với các công nghệ khoan phụt truyền thống trước đây, khi muốn áp đặt các thông số áp lực phụt và vật liệu phụt, chủ yếu dựa vào kinh nghiệm hoặc thực nghiệm, thời gian dự kiến phụt cũng không thể dự đoán trước. Với Silica sol, thời gian keo hóa có thể kiểm soát, thời gian phụt tại một lỗ có thể thay đổi từ một vài phút đến vài giờ. Thời gian keo hóa sẽ tác động đến bán kính

xâm nhập, thời gian keo hóa ngắn thì bán kính xâm nhập ngắn và ngược lại. Tại Việt Nam, ngoài nhu cầu chống thấm khẩn cấp trong ngành thủy lợi, khoan phụt Silicate còn được áp dụng nhiều trong xây dựng các công trình ngầm. Từ năm 2019, Việt Nam bắt đầu nghiên cứu đầu tư dây chuyền và thi công thành công công nghệ khoan



Hình 1. Sơ đồ thiết bị thi công khoan phụt Silicate

Để phụt dung dịch Silicate vào nền hiện nay có 2 phương pháp: Phương pháp hai dung dịch và phương pháp một dung dịch. Phương pháp hai dung dịch còn gọi là phương pháp phụt hai bước: Trước tiên dung dịch Natri silicate được phụt vào môi trường đất, đá. Tiếp theo phụt dung dịch axit hoặc muối vô cơ. Phương pháp một dung dịch là phụt vào nền hoặc thân công trình hỗn hợp hóa chất gồm dung dịch Natri silicate và axit hoặc Natri silicate và muối vô cơ. Việc lựa chọn phương pháp khoan phụt nào phụ thuộc vào điều kiện địa hình, địa chất và nền khoa học kỹ thuật và tính kinh tế.

3.2. Cơ sở lý thuyết vữa hóa học có nguồn gốc Natri silicate

Natri silicate là một sản phẩm hóa học được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp, trong địa kỹ thuật, nó đã được dùng như một loại vữa hóa học trong nhiều thập kỷ. Natri silicate thường bao gồm silica, natri oxit và nước.

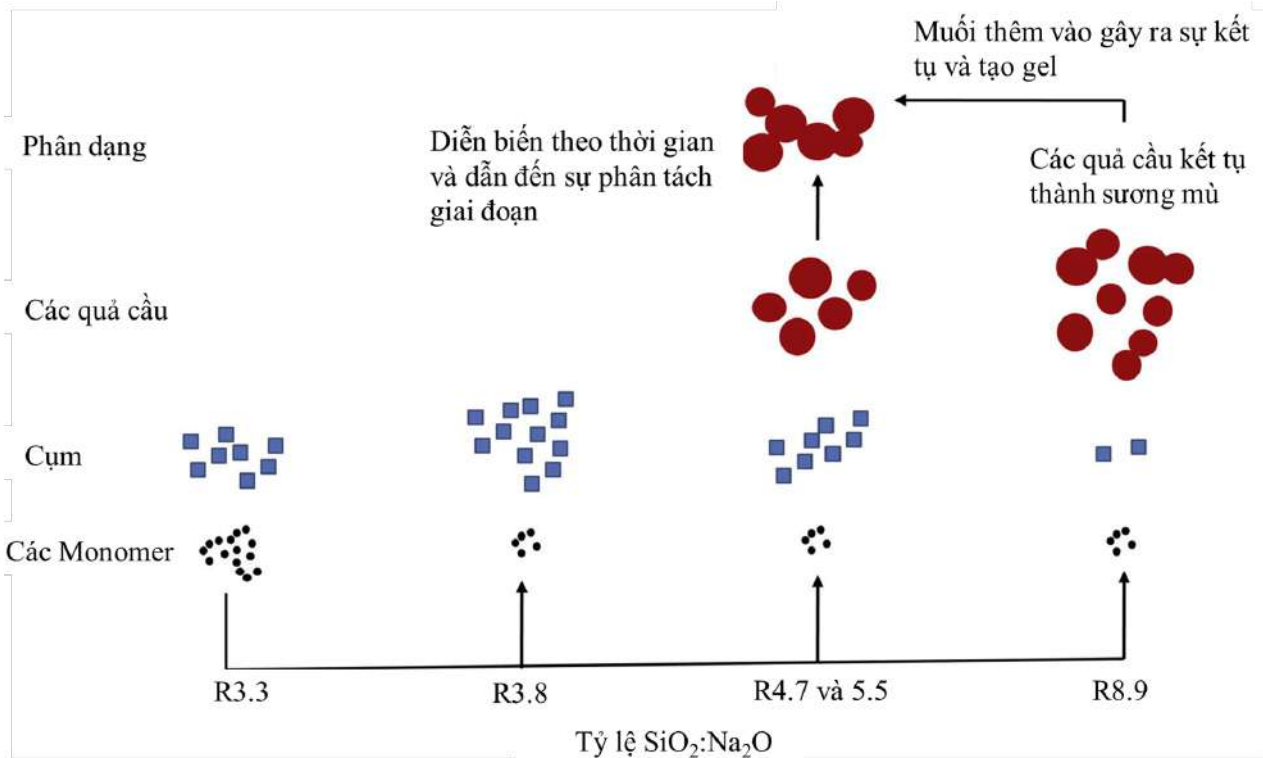
Công thức có thể được mô tả là $xSiO_2 : Na_2O$ (x: tỷ lệ mol của $SiO_2 : Na_2O$). Vì khối lượng phân tử của SiO_2 và Na_2O gần bằng nhau nên tỉ lệ phân

phụt Silicate ở một số công trình như xử lý sự cố thấm bản đáy cống T21 huyện U Minh, tỉnh Cà Mau sử dụng Thủy tinh nước có hàm lượng SiO_2 30%~50%, nồng độ Mol ~2,83 và xi măng tạo ra hiệu quả của tường chống thấm sau khi khoan phụt đạt hệ số thấm $K \leq 10^{-4}$ cm/s [6].



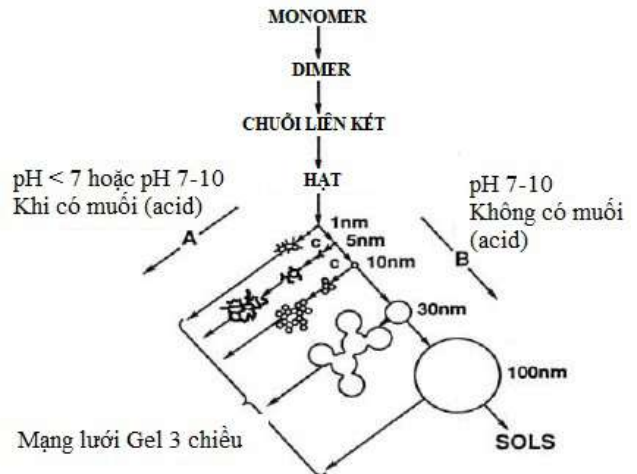
Hình 2. Xử lý cống đập xả lan ở tỉnh Cà Mau bằng khoan phụt Silicate

tử thường biểu thị tỉ lệ khối lượng của $SiO_2 : Na_2O$. Ngoài ra, bằng cách thay đổi tỷ lệ cát silicate và tro soda trong quá trình sản xuất, có thể thu được các tỷ lệ khối lượng khác nhau. Hầu hết các đặc tính của Natri silicate được xác định bởi tỷ lệ $SiO_2 : Na_2O$. Hàm lượng silicate (SiO_2) chi phối hoạt động cơ học của gel, sự gia tăng silicate dẫn đến gel mạnh hơn, ngoài ra sự trung hòa của thành phần kiềm kiểm soát hình thức của gel. Độ nhớt và mật độ silicat phụ thuộc vào tổng hàm lượng rắn ($\% SiO_2 + \% Na_2O$) [8 -10]. Nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng silicat là một hỗn hợp phức tạp của các phân tử silicat (như monome, chất dimers, trimers, oligomer, chuỗi, vòng của anion silicat, v.v.). Sự gia tăng tỷ lệ khối lượng có thể dẫn đến sự gia tăng tương ứng của kích thước phân tử. Nordstrom và cs (2013) [7] đã chứng minh rằng, tỷ lệ khối lượng ảnh hưởng đến kích thước, hình dạng, cấu trúc bên trong, sự phân bố cấu trúc phân tử và mức độ ngưng tụ Silicate. Cụ thể, các phân tử có khối lượng phân tử thấp có xu hướng giảm số lượng và Silicate bắt đầu hình thành cụm khi tỷ lệ trọng lượng tăng từ 3,30 lên 8,90 [7], [10].



Hình 3. Sơ đồ các thành phần chính của Natri silicate ở các tỷ lệ $SiO_2:Na_2O$ khác nhau [7]

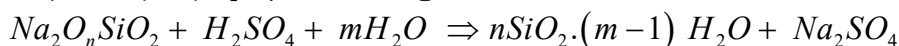
Trong lĩnh vực xử lý chống thấm gia cố đất, nền, khi nói đến TTL tức là nói đến dung dịch Natri Silicate ($Na_2O \cdot nSiO_2$). Dung dịch TTL có tỷ trọng 1,4 - 1,42 g/cm³, có độ pH là 8 - 12 nên dung dịch có tính kiềm và tan trong nước. Kích thước của các hạt lớn nhất khoảng 500 nm. Silica-sol là dung dịch chứa các hạt Colloidal silica có mật độ tập trung nhưng kích thước của các hạt vẫn giữ trong mức giới hạn. Thông thường Silica có mật độ chừng 40% và kích thước các hạt chừng 20 nm. Chúng ổn định trong dung dịch chứa nước nhờ có các cation Na_2O . Việc tạo ra Silica-sol bằng cách trộn Sodium Silicate với nước và với một axit. Khi đó dung dịch sẽ bắt đầu quá trình trao đổi ion và tính kiềm trong dung dịch sẽ giảm xuống nhanh chóng. Ở trạng thái này, các phân tử axit sẽ bắt các nanomer ion silicate. Chúng sẽ tiếp tục liên kết, biến đổi (kết nối các hạt lại với nhau) để tạo ra dung dịch Silica-sol khi độ pH, nhiệt độ và áp suất thay đổi. Có thể điều khiển quá trình polyme hóa của chúng để tạo ra sản phẩm Silica-sol theo yêu cầu sử dụng (0).



Hình 4. Quá trình Polyme hóa để thành Silica-Sol [11]

Với việc cho thêm axit hoặc muối, các hạt huyền phù sẽ kết nối tạo thành gel (A). Còn trong môi trường alkali (kiềm), các hạt sẽ kết nối và tạo ra các hạt to hơn nhưng không tạo gel được (B) [12]. Một phân tử monomer SiO_4 bắt đầu tiến về phía các phân tử khác tạo ra hạt kép (dimer) tức là monomer có 2 phần tử giống nhau. Quá trình kết hợp tiếp diễn sau đó tạo ra chuỗi liên kết và hình thành các hạt. Sau khi hình thành các hạt, có 2 khả năng tạo ra sản phẩm mới khác nhau. Khi mật độ các hạt monomer cao, trường hợp pH nhỏ hơn 7 hoặc trường hợp pH = 7 - 10 nhưng không có muối

(hoặc axit) thì các hạt kết nối và to ra về kích thước (B). Còn nếu trong môi trường có muối (hoặc axit) và pH = 7 - 10 thì các hạt sẽ không hình thành được và tạo gel (A). Quá trình (A) là quá trình mà chúng ta tạo ra vật liệu phụt như mong



Axit silisic ban đầu được tạo ra dưới dạng các hạt gel $SiO_2 \cdot 2nH_2O$.

Quá trình ngưng tụ: Khi nồng độ các hạt gel tăng lên thì từ trạng thái sol, dung dịch gel sẽ chuyển sang trạng thái gel.

Trong đó: m là số phân tử nước; n là modun silicat.

Dung dịch Natri silicate có thành phần là $Na_2O \cdot nSiO_2$, trong đó n là modun silicate.

$$n = \frac{SiO_2}{Na_2O}$$

Khi trộn dung dịch Natri silicate với dung dịch axit hoặc dung dịch muối vô cơ thì được gọi là Silica-sol. Khi phụt dung dịch Silica-sol vào đất đá nền, quá trình tạo keo sẽ đẩy nước ra khỏi các hạt đất và làm tăng tính chống thấm cho đất và cứng hóa. Vật liệu phụt này sẽ làm tăng tính dính của đất đá, làm giảm hệ số thấm và làm đất đá cứng hơn, thời gian gel hóa có thể điều chỉnh được. Thời gian gel (thời gian đông lại) là khoảng thời gian giữa đầu pha trộn của các thành phần đến thời gian hình thành Gel. Trong lĩnh vực khoan phụt vữa hóa học, kiểm soát thời gian tạo gel có tầm quan trọng, nó ảnh hưởng đến khả năng bơm phụt hay sử dụng vữa vào các mục đích khác nhau. Có thể nói thời gian gel là một tính năng đặc biệt của vữa hóa học, tùy theo mục đích cụ thể mà công dụng của nó chính là kích hoạt hoặc ức chế vữa. Các chất khác nhau, sẽ khiến cho tốc độ phản ứng xảy ra khác nhau. Tùy theo từng yêu cầu cụ thể mà có thể sử dụng các chất phản ứng khác nhau để tạo thành vữa hóa học [11].

Dựa vào các cơ sở lý luận kể trên, việc thiết kế cấp phối hỗn hợp vật liệu KPHC là cần thiết để đảm bảo các yêu cầu về tính công tác trong thi

muốn, tức là phải thêm muối (hoặc axit) vào dung dịch. Nhưng muốn sản phẩm có độ bền bề mặt cao thì các hạt tạo gel phải nhỏ và ngược lại [11].

Phản ứng của TTL với axit sunfuric:

công, thời gian gel nhanh chóng và đảm bảo khả năng gia cố nền công trình.

3.3. Tình hình nghiên cứu sử dụng Silicate làm vật liệu chống thấm

Tausch và Peremba (1979) [1] thử nghiệm trên cát được trộn với gel natri aluminat hàm lượng 10% Natri silicate và đưa ra kết luận rằng, hàm lượng Natri silicate trong gel yếu nên khoảng 10% thể tích (tốt hơn 15%), để tạo gel bền về tính thấm. Độ thấm không đổi khoảng 10^{-7} m/s đạt được sau khoảng 2 tuần. Gradient thủy lực không được vượt quá 40 (gel yếu 15% natri silicate có thể ổn định ở gradient lên đến 200).

Kết quả nghiên cứu của Guobing Hu năm (2009) [13] đã chỉ ra rằng, khi mô đun nước thủy tinh lớn, hàm lượng SiO_2 cao, thời gian đông kết ngắn và độ bền của hỗn hợp cao; khi mô đun nước thủy tinh nhỏ, hàm lượng SiO_2 thấp, thời gian đông kết tương đối dài và độ bền thấp. Khi các điều kiện khác giống nhau, thời gian đông kết được rút ngắn khi nồng độ vữa xi măng tăng lên.

Nghiên cứu của Zhao Peng (2016) [14] tại đại học Sơn Đông – Trung Quốc thử nghiệm hỗn hợp dùng cho khoan phụt có tỷ lệ nước/xi măng từ 0,5 - 1, tỷ lệ Silicate/xi măng từ 0,3 - 1 cho kết quả thí nghiệm thời gian gel ban đầu từ 0 - 25 giây, thời gian kết thúc quá trình gel từ 25 - 50 giây.

Debao Hu (2013) [15] qua quá trình đo thời gian đông kết của vữa cho thấy, tỷ lệ nước - xi măng quá nhỏ, tỷ lệ khối lượng nhỏ, thời gian tạo gel ngắn, bán kính khuếch tán nhỏ, dễ gây tắc đường ống, trong khi tỷ lệ nước-xi măng quá lớn, thời gian đông kết cuối cùng quá lâu thì cũng không nên sử dụng làm tỷ lệ trộn trong quá trình thi công. Nghiên cứu này chỉ ra rằng tỷ lệ nước xi măng và thủy tinh lỏng – xi măng là 0,5 : 1 sẽ phù hợp nhất để khoan phụt gia cố nền.

3.4. Khả năng ứng dụng phương pháp khoan phụt Silicate để xử lý khẩn cấp sự cố thấm công trình thủy lợi

3.4.1. Đối với công trình đập đất, hồ chứa

Ở Việt Nam hiện có khoảng 6.648 hồ chứa thủy lợi, trong đó có 702 hồ chứa lớn. Hồ chứa nước thủy lợi đóng vai trò quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội của đất nước, góp phần ổn định, phát triển bền vững tài nguyên nước. Tuy nhiên, phần lớn các đập tạo hồ chứa thủy lợi đều là đập đất, xây dựng từ những năm 70 - 80 của thế kỷ trước. Do hạn chế về kỹ thuật và vốn đầu tư, tuổi đời quá lâu nên đã xảy ra hoặc tiềm ẩn nguy cơ xảy ra sự cố. Hiện cả nước có khoảng 1.200 hồ chứa bị hư hỏng xuống cấp, chỉ tính riêng trong năm 2017, đã xảy ra sự cố ở 23 hồ, đập trên địa bàn 11/45 tỉnh có hồ. Như đã đề cập ở trên, nguyên nhân về xây dựng (do công nghệ hay do kỹ thuật) là một trong những lý do cần nghiên cứu, đánh giá hiện tượng xói ngầm của các đê/đập ở Việt Nam.

Thống kê trên thế giới cho thấy, sự phá hoại các đập vật liệu địa phương thường ở ba dạng chính là: Xói mặt, xói ngầm và mất ổn định (phá hoại) kết cấu hoặc tổng hợp các nguyên nhân trên. Trong số các dạng trên thì sự phá hoại do xói ngầm (dòng thấm) chiếm đến xấp xỉ 40%, xói mặt chiếm khoảng 34% tổng các vụ vỡ đê/đập trên thế giới [16]. Nguyên tắc chung trong thiết kế màn khoan phụt chống thấm là tạo ra một vùng phụt vữa có hệ số thấm thấp và liên kết với các bộ phận chống thấm và bộ phận khác của công trình. Vì những lý do trên mà giải pháp KPHC dùng Natri silicate sẽ mang tới giải pháp tạo màng chống thấm hiệu quả trước khi thi công gia cố nền và chống thấm bằng những giải pháp khác mang tính bền lâu, được áp dụng tại các vị trí sửa chữa đập đất, nền đập đất trong khu vực dòng thấm có áp.

3.4.2. Đối với công trình cống dưới đê, cống vùng triều

Theo báo cáo của Bộ Nông nghiệp và PTNT, hạn hán làm cho mực nước trong kênh phía đồng xuống thấp, trong khi tình trạng triều cường và nước biển dâng do biến đổi khí hậu làm cho mực nước thượng lưu dâng cao, điều này đã tạo chênh lệch cột nước thượng, hạ lưu lớn. Qua một thời gian sử dụng thấy rằng, nền một số cống vùng

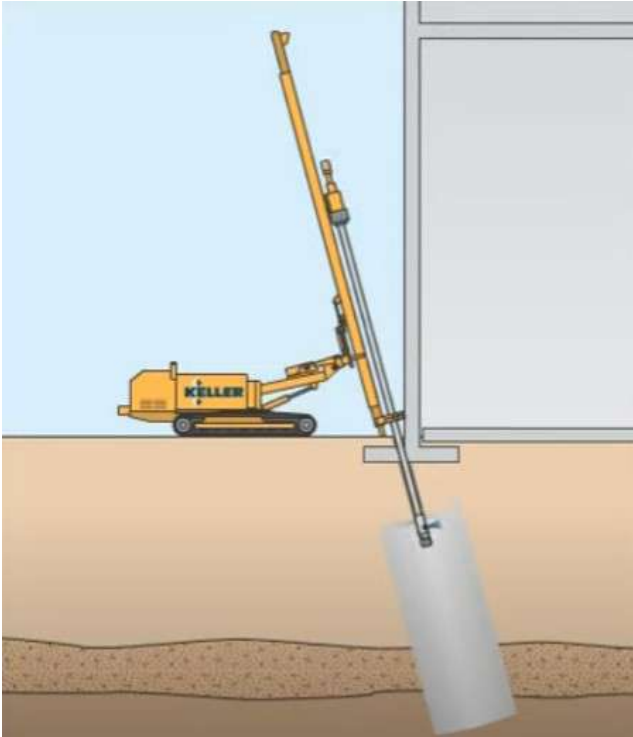
triều đang xảy ra hiện tượng ruồng đáy. Sự cố này rất nguy hiểm nếu không được xử lý kịp thời có thể gây mất an toàn công trình. Mặt khác do cống bị xói ngầm đáy và mang cống nên nước biển dễ dàng đi qua đáy cống vào trong đồng làm cho tình hình nhiễm mặn tiến sâu hơn ảnh hưởng rất lớn đến tình hình sản xuất nông nghiệp.

Vì vậy, sự cố này cần được xử lý cấp bách để đảm bảo an toàn cho công trình và ổn định đời sống, sản xuất của nhân dân trong vùng. Tuy nhiên, đối với các cống có dạng kết cấu nhẹ như đập xà lan, thành cống, bản đáy cống mỏng, nếu sử dụng khoan phụt áp lực cao sẽ có nguy cơ đẩy nổi toàn bộ cống cao lên và gây nứt gãy thành cống, bản đáy cống. Vì vậy, đề xuất phương pháp khoan phụt bằng vật liệu sử dụng xi măng + hóa chất có kiểm soát áp lực thấm. Việc ứng dụng công nghệ mới trên thế giới vào thực tiễn Việt Nam giúp chúng ta rút ngắn thời gian nghiên cứu, kịp thời giải quyết các vấn đề bức xúc trong sản xuất, là một công nghệ mới có nhiều triển vọng và áp dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng công trình thủy lợi, nhất là để xử lý chống thấm, sửa chữa nền công trình. Việc áp dụng các giải pháp khoan phụt truyền thống trong điều kiện nền có dòng thấm có áp sẽ khó đạt được hiệu quả cao, vì vậy việc áp dụng công nghệ mới sử dụng giải pháp KPHC là cần thiết.

3.4.3. Đối với việc thi công hố móng công trình

Với độ sâu ngày càng tăng của hố móng công trình và sự thay đổi điều kiện địa chất công trình, các địa tầng yếu hoặc có hại (nước vữa, cát trôi, bùn thải) thường xuyên gặp phải và dễ dẫn đến sập mái, hang động và biến dạng các cột chống vĩnh cửu, do đó gây khó khăn cho việc xây dựng công trình. Các mối nối, đứt gãy và cấu trúc địa chất kém xung quanh cung cấp các mạch nước ngầm, điều này thường dẫn đến sự gia tăng đột ngột của các thấm họa về mỏ và nước, đồng thời mang lại những thách thức cho tiến độ và an toàn xây dựng. Công nghệ khoan phụt vữa hóa chất trở thành phương pháp chính để kiểm soát sự cố công trình do thấm, đặc biệt giúp đẩy nhanh tiến độ thi công khi các phương pháp truyền thống gây tốn kém về thời gian và chi phí xây dựng. Phương pháp KPHC đáp ứng được yêu cầu gần như ngay tức thời sự rò rỉ nước vào trong hố móng thi công.

Vữa Silicate-cement sử dụng xi măng và thủy tinh lỏng làm vật liệu vữa, có đặc tính khác phục sự xáo trộn của đất do gia cố vữa và giảm sự cố kết, lún nhanh chóng. Nó đông đặc và có thể đạt được độ đông kết ban đầu trong thời gian ngắn, vì vậy có thể tăng cường và gia cố đất. Khi vữa lấp đầy các khoảng trống trong đất đến một mức độ bão hòa nhất định, nó sẽ khuếch tán dần ra dưới tác dụng liên tục của áp suất, tiếp tục lấp đầy các khoảng trống, ép chặt đất xung quanh và tách thành các phần đất yếu, tạo thành một mạng lưới đan chéo. Phần thân được đông cứng giúp tăng cường mô đun nén, độ chặt của đất, đồng thời cải thiện khả năng chịu lực. Vữa Silicate-cement có thể đóng vai trò gia cố và tăng cường trong thời gian ngắn, kiểm soát hiệu quả sự sụt lún của kết cấu nền và giảm độ lún cuối cùng.



Hình 5. Giải pháp khoan phụt Silicate-cement gia cố móng công trình

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Nghiên cứu đã tổng quan được các dạng sự cố thấm của CTTL và sự cần thiết của việc khoan phụt chống thấm, đã trở thành yêu cầu hết sức quan trọng trong xây dựng các CTTL. Các công nghệ khoan phụt đã giải quyết được vấn đề chống thấm cho công trình thủy lợi và triển khai ứng dụng hiệu quả cho các công trình ở Việt Nam, tuy

nhiên vấn đề chống thấm khẩn cấp thì chưa có giải pháp hữu hiệu nào được xử lý.

Vì vậy, nghiên cứu đã đánh giá hiệu quả chống thấm của công nghệ KPHC được ra đời để giải quyết bài toán đóng rắn nhanh ngay cả trong môi trường dòng thấm có áp. Sản phẩm của KPHC mang lại hiệu quả về kinh tế, kỹ thuật khi đảm bảo yêu cầu chống thấm khẩn cấp bởi đặc tính đóng rắn trong thời gian nhanh chóng, có thể từ vài giây tới vài chục giây, đồng thời vẫn đảm bảo về yêu cầu gia cố nền, cũng như độ bền của công trình. Tuy nhiên, ở Việt Nam chưa có tiêu chuẩn cơ sở - định mức để áp dụng, chưa có nghiên cứu về nội dung này, vì vậy kết quả nghiên cứu này sẽ làm tiền đề cho việc nghiên cứu, thiết kế công nghệ khoan phụt và công nghệ vật liệu khoan phụt ứng dụng cho thi công chống thấm khẩn cấp các CTTL, công trình dân dụng và giao thông.

4.2. Kiến nghị

Kết quả nghiên cứu này sẽ góp phần quan trọng củng cố cơ sở lý luận cho giải pháp KPHC để triển khai áp dụng rộng rãi trong thời gian tới. Tuy nhiên để triển khai ứng dụng đại trà tại Việt Nam cần những nghiên cứu chuyên sâu hơn về công nghệ khoan phụt, quy trình thi công, vật liệu khoan phụt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. R. Tausch and A. Peremba (1979). *Chemical Grouting*. New York: Marcel Dekker.
2. Nguyễn Quốc Dũng (2010). *Hoàn thiện công nghệ khoan phụt vữa áp lực cao (Jet Grouting) nhằm tăng khả năng chống thấm cho công trình thủy lợi*. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.
3. Nguyễn Cảnh Thái, Bùi Văn Trường (2020) *Khoan phụt chống thấm công trình thủy lợi*. Nhà Xuất bản xây dựng.
4. Nguyễn Quốc Dũng (2019). “Công nghệ khoan phụt hóa chất để chống thấm,” Hà Nội. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.
5. Vũ Bá Thao (2020). “Công nghệ khoan phụt nút nê thủy lực chống thấm đập đất,” *Vietnam Acad. Water Resour.*, no. July.
6. L. E. Sverdrup, A. E. Kelley, M. Weideborg, K. E. Ødegård, and E. A. Vik (2000). “Leakage of chemicals from two grouting agents

- used in tunnel construction in Norway: Monitoring results from the tunnel Romeriksporten,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 34, no. 10, pp. 1914–1918.
7. J. Funehag (2007). “Grouting of fractured rock with silica sol; Grouting design based on penetration length,” *Chalmers Univ. Technol.*, 2007.
8. J. Nordstrom, A. Sundblom, G. V Jensen, J. S. Pedersen, A. Palmqvist, and A. Matic (2013). “Silica/alkali ratio dependence of the microscopic structure of sodium silicate solutions,” *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 397.
9. G. S. Littlejohn, M. Concannon, and R. H. Wright (1997). “Engineering properties of silicate-R100 ester chemical grout,” *Gr. Eng.*, pp. 36–40.
10. PQ-Corporation (2004). “Sodium and Potassium silicates.
11. M. McDonald, L. X, and S. T (2017). “Stabilization of Geomaterials using an Innovative Form of Sodium Silicate,” in *GEO-OTTAWA 2017 Conference*.
12. R. K. Iler (1979). *The Chemistry of Silica*. John Wiley & Sons, USA.
13. G. Hu (2009). “Effect of Admixture on Solidified Character of Admixture for Cement-Sodium Silicate Slurry,” *Bull. Chinese Ceram. Soc.*, vol. 33, no. 7.
14. Zhao Peng (2016). “An Introduction to Chemicals for Grouting of Soils,” in *Continuing Education and Development*, Inc. 9 Greyridge Farm Court Stony Point.
15. D. B. Wu, W. Wan, and X. Jiang (2013). “The Basic of Performance of Cement-Silicate,” *J. Hunan Institute Eng.*, vol. 23, no. 1.
16. U. Schuler and J. Brauns (1997). “The safety of geotechnical filters,” *Hydropower Dams*, vol. 6.

DESIGN OF SILICA SOL-CEMENT MIXTURE FOR TREATMENT OF SEEPAGE PROBLEMS OF IRRIGATION WORKS

**Nguyen Van Chinh¹, Nguyen Quang Binh¹,
Chu Viet Thuc², Nguyen Thanh Tuan¹**

¹*Hydraulic Construction Institute, Vietnam Academy for Water Resources, Hanoi, Vietnam*

²*Faculty of Construction Engineering, Electric Power University*

Summary

Aiming at the types of leakage diseases in water conservancy projects, people have been considering the safety of the project for a long time, and have taken many construction measures, and achieved certain results, including problem solving. Measures such as drilling, using only cement, cement-bentonite have subsurface flow in the background, seepage will wash away the cement, cement-bentonite particles before bond together. This facilitates chemical grouting techniques, which have the advantage of rapid solidification even in pressurized seepage flow environments. This facilitates chemical grouting techniques, which have the advantage of rapid solidification even in pressurized seepage flow environments. Of these, materials for silicate-based chemical grouts are considered to be more popular and effective than phenolic, aminoplast, chrome lignin, and acrylamide-based materials. This article summarizes the leakage problems and solutions of water conservancy projects and the application of water glass chemical drilling technology. The research results of this paper will make an important contribution to strengthen the theoretical basis of chemical grouting fluid and its wide application in the future.

Keywords: *Irrigation works, Drilling for waterproofing, Natri silicate.*

Người phản biện: PGS.TS. Bùi Văn Trường

Ngày nhận bài: 28/7/2023

Ngày thông qua phản biện: 28/8/2023

Ngày duyệt đăng: 5/9/2023