

CỨNG HÓA Bùn - Giải pháp hiệu quả để xử lý nền đất yếu

TS Ngô Anh Quân, GS.TS Nguyễn Quốc Dũng

Viện Thủy công

Cứng hóa bùn là một giải pháp nhằm cải thiện tính chất vật lý của bùn (cường độ nén, giới hạn chảy, giới hạn dẻo, độ nhớt, khả năng chống thấm). Công nghệ này được áp dụng rộng rãi trong xử lý bùn ở vùng đất yếu, hay xử lý bùn đất bị ô nhiễm bằng cách trộn các vật liệu kết dính hoạt hóa vào môi trường bùn (các chất ô nhiễm được cố định trong hỗn hợp rắn sẽ không thể gây hại đối với con người, vật nuôi hay cây cối). Các vật liệu áp dụng cho cứng hóa bùn thường là xi măng, vôi, thạch cao, tro bay, hỗn hợp phốt pho... Đây có thể là một ứng dụng tiềm năng để cải tạo bùn ở vùng đất yếu của Việt Nam, đặc biệt là vùng Đồng bằng sông Cửu Long, phục vụ phát triển kinh tế - xã hội nói chung, xây dựng nông thôn mới nói riêng.

Nguyên tắc cơ bản của cứng hóa bùn

Cứng hóa bùn là việc trộn vật liệu kết dính hoạt tính vào trong bùn thải, bùn nạo vét. Cứng hóa bùn bao gồm hai vấn đề, đó là “cứng hóa” và “ổn định”. “Ổn định” được hiểu là để xử lý ô nhiễm, bằng việc cố định các chất gây hại trong hỗn hợp bùn cứng hóa cũng như biến đổi các chất gây hại này sang các chất ít gây hại hơn, có độ hòa tan thấp hơn. “Cứng hóa” là sự cải thiện tính chất vật lý của bùn, các tính chất vật lý này bao gồm cường độ nén, giới hạn chảy, giới hạn dẻo, độ sệt cũng như tăng khả năng chống thấm. Mục đích của việc trộn hỗn hợp vật liệu kết dính vào bùn nhằm làm cải thiện cường độ, tính thấm và sức bền bằng cách giảm hệ số rỗng và gắn các hạt đất bùn với nhau. Khi trộn vật liệu kết dính với bùn có 3 phản ứng chính xảy ra, gồm khử nước, trao đổi ion, phản ứng keo hóa. Cường

độ của bùn sau khi được trộn sẽ tăng từ từ và chủ yếu là phụ thuộc vào phản ứng keo hóa.

Các vật liệu kết dính thường được sử dụng bao gồm xi măng Portland, bụi lò xi măng, vôi bột, đá vôi, tro bay, tro xỉ, thạch cao, hỗn hợp phốt pho và nhiều sản phẩm thương mại độc quyền khác. Do sự khác nhau về tính chất cơ lý (hàm lượng nước, giới hạn chảy, giới hạn dẻo) cũng như thành phần hóa học của các loại bùn, nên cấp phối trộn cho việc cứng hóa cần được thiết kế để phù hợp với tính chất từng loại nhằm đảm bảo yêu cầu kỹ thuật cũng như giá thành. Các vật liệu kết dính được chia làm hai loại là vô cơ và hữu cơ. Trong thực tế áp dụng, các vật liệu kết dính vô cơ thường được lựa chọn hơn do giá thành rẻ hơn nhiều so với chất kết dính hữu cơ như nhựa át phan, ure formandehyde và các chất polyme khác.

Cơ chế làm cứng và cải tạo bùn là keo tụ thông qua các phản ứng trao đổi cation và tạo ra chất kết dính C-S-H thông qua các phản ứng puzzolan trong môi trường đất bùn:



Xi măng Portland là thành phần chính trong bê tông được sử dụng trong xây dựng, vì vậy xi măng là một lựa chọn rất tốt cho quá trình đông cứng và ổn định đối với các loại bùn khác nhau. Cấp phối có thành phần xi măng là phổ biến hơn so với các chất kết dính khác. Xi măng thường được sử dụng vì: (1) trong quá trình hydrat hóa xi măng làm giảm nước tự do trong bùn, (2) giảm độ thấm do thay đổi liên kết trong bùn, (3) bao phủ các hạt bùn bằng lớp chống thấm, (4) cố định hóa học các chất gây hại trong bùn bằng giảm độ hòa tan của chúng và (5) tạo thuận lợi cho việc giảm độc tính của một số chất ô nhiễm. Hỗn hợp vật liệu trộn xi

măng có thể xử lý được các chất gây hại vô cơ cũng như hữu cơ. Các hỗn hợp vật liệu thương mại độc quyền thường là sản phẩm trộn của các chất kết dính vô cơ hoặc hữu cơ với xi măng. Tro bay hoặc tro xỉ thường được kết hợp sử dụng với xi măng để kích hoạt phản ứng pozzolan của chúng. Bụi lò xi măng thường được sử dụng vì lý do kinh tế. Vôi bột có thể sử dụng để điều chỉnh pH hay giảm nước nhờ nhiệt lượng cao tỏa ra trong quá trình thủy hóa. Đá vôi dùng để điều chỉnh pH và tăng trọng lượng hỗn hợp.

Các công nghệ cứng hóa bùn

Các công nghệ hiện nay thường được áp dụng để cứng hóa bùn nhằm cải thiện sự gắn kết của các hạt đất gồm: công nghệ thoát lượng nước trong bùn và công nghệ trộn các vật liệu kết dính vào bùn.

Thoát nước trong bùn tự nhiên để cải tạo bùn

Giải pháp thoát nước tự nhiên: bùn được đào lên và vận chuyển đến vị trí cần sử dụng, sau đó được phơi khô và thoát nước tự nhiên. Kết quả một số nghiên cứu với giải pháp này cho thấy, sau khoảng 11 tháng, hàm lượng nước ban đầu của bùn là khoảng 115-130% giảm còn 65-75%.

Sử dụng các vật liệu thoát nước kết hợp hút chân không: phương pháp này ứng dụng cơ chế hút nước trong nền để làm tăng các chỉ tiêu cơ lý của nền, bằng cách cắm các bậc thấm thẳng đứng rồi nối với máy bơm chân không. Kết cấu thoát nước đúng thường đi cùng với việc gia tải nhằm thúc đẩy quá trình thoát nước của các loại đất yếu nhằm đẩy nhanh quá trình cố kết. Kết cấu thoát nước



Mô hình thi công gia cố đất bùn bằng thoát nước và hút chân không tại Nhật Bản.

tạo ra một “con đường” để nước thoát ra từ trong đất. Thời gian để thoát nước cho đất có thể giảm từ một vài năm xuống chỉ còn vài tháng. Việc hút chân không giúp cải thiện các tính chất cơ lý của bùn hoặc đất yếu.

Trộn vật liệu kết dính vào bùn tự nhiên

Có nhiều dạng công nghệ nhằm cải thiện tính chất cơ lý của bùn với giải pháp trộn thêm chất kết dính vào bùn tự nhiên. Các nghiên cứu này tập trung vào việc tìm kiếm các vật liệu kết dính và thiết kế các cấp phối sao cho phù hợp với từng loại bùn nạo vét của mỗi địa phương.

Trộn vật liệu kết dính bằng hệ thống bơm khí nén: công nghệ này đã được các nhà khoa học nghiên cứu năm 1998 bằng cách trộn các vật liệu kết dính với bùn trên đường ống bơm vận chuyển bằng hệ thống máy nén khí. Phương pháp này không yêu cầu lượng nước hỗ trợ bơm vào bùn chảy trong đường ống, loại bỏ sự cần thiết phải lắp đặt hệ thống xử

lý thoát nước trong khu vực san lấp. Tuy nhiên, công nghệ này có chi phí cao và đòi hỏi một thời gian dài để hỗn hợp bùn xi măng đạt được các tính chất cơ học cần thiết cho các công trình xây dựng tiếp theo.

Trộn vật liệu kết dính bằng các trạm trộn: vật liệu kết dính với các hàm lượng đã được tính toán nghiên cứu trước được đưa vào bùn tự nhiên qua các trạm trộn cưỡng bức. Phương pháp này đã được áp dụng tại nhiều công trình trên thế giới bởi nhiều nhà thầu thi công. Có thể dùng những trạm trộn di động bằng cách lắp các buồng trộn cỡ nhỏ trên các xe tải hoặc với những công trình khối lượng lớn có thể sử dụng các trạm trộn cố định để trộn vật liệu kết dính vào bùn tự nhiên.

Giải pháp trộn tại chỗ bùn cần gia cố: đây là giải pháp đáp ứng được nhiều yêu cầu của thực tế khi cần tăng khả năng chịu tải của những vùng đất yếu, vùng cần san lấp. Việc xác định tỷ lệ các thành phần chất kết dính đưa

■ Khoa học - Công nghệ và Đổi mới sáng tạo

vào xử lý được xác định từ các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm qua các thiết bị trộn nông nhằm cải thiện được tính chất cơ lý của khu vực cần gia cố, san lấp. Với các loại hình thiết bị khác nhau, vật liệu kết dính sẽ được trộn đều trong khối đất cần gia cố bằng công nghệ khô/ướt, quay/phun áp lực, khoan/cắt...

Ứng dụng tiềm năng tại Việt Nam

Với bờ biển dài hơn 3.200 km cùng 49 cảng biển lớn nhỏ, kèm theo hệ thống sông, cửa biển phục vụ cho tàu bè vận chuyển hàng hóa, đặc biệt tại Đồng bằng sông Cửu Long giao thông trên hệ thống sông ngòi đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế. Do đó yêu cầu khai thông luồng lạch cửa sông, cửa biển và cảng biển hàng năm là rất lớn. Lượng bùn nạo vét cần được xử lý để tránh ô nhiễm môi trường là một thử thách được đặt ra trong quá trình khai thác các cửa sông, cửa biển và hải cảng. Ngoài ra, trên cơ sở kết quả của Hội nghị về phát triển bền vững Đồng bằng sông Cửu Long thích ứng với biến đổi khí hậu ngày 26-27/9/2017, Chính phủ đã ban hành Nghị quyết số 120/NQ-CP ngày 17/11/2017 về “Phát triển bền vững Đồng bằng sông Cửu Long thích ứng với biến đổi khí hậu”, trong đó có nội dung “nghiên cứu tạo nguồn vật liệu mới thay thế, phục vụ san lấp, xây dựng (hạn chế việc lấy cát từ lòng sông để tôn nền). Quy hoạch và đầu tư các khu xử lý chất thải, nước thải tập trung, hiện đại; đẩy mạnh tái chế, tái sử dụng và sản xuất năng lượng từ rác”. Do vậy, tiềm năng áp dụng giải pháp cứng hóa bùn tại Việt Nam là rất lớn, bởi đồng thời giải quyết được nhiều vấn đề đặt ra: bảo trì hệ thống giao thông đường thủy, tạo



Thí nghiệm trong phòng nén mẫu (trái) và hướng thi công tại hiện trường ở tỉnh Cà Mau (phải).

ra vật liệu mới để san nền, góp phần thích ứng với biến đổi khí hậu và xử lý môi trường.

Theo hướng này, Viện Thủy công đã có một nghiên cứu thực nghiệm về việc hóa rắn bùn nạo vét ở tỉnh Cà Mau với mục đích: tạo vật liệu đất hỗn hợp đáp ứng các yêu cầu (góc ma sát trong $\varphi > 10^\circ$; độ kết dính $C > 0,1 \text{ kg/cm}^2$, có thể thay thế được cho móng cát xây dưới nền đê theo thiết kế hiện hành; tạo vật liệu có thể được bơm đi từ 500 đến 1.000 m; giá thành sản phẩm chấp nhận được đối với bùn đã qua xử lý.

Nhóm nghiên cứu đã thực hiện thí nghiệm tại Hà Nội với mẫu bùn lấy từ tỉnh Cà Mau, tro bay ở Trà Vinh, vôi lấy tại Thái Bình và các phụ gia hóa học. Sau thử nghiệm trong phòng thí nghiệm, nhóm nghiên cứu đã áp dụng tại công trường xây dựng trong Khu công nghiệp Khánh An, tỉnh Cà Mau. Kết quả ứng dụng ban đầu tại hiện trường cho thấy, có thể tạo ra một loại vật liệu sử dụng bùn nạo vét thay thế phục vụ cho việc san lấp, xây dựng (hạn chế việc

lấy cát từ lòng sông để tôn nền); giảm thiểu được xói lở bờ sông, bờ biển hiện nay ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long do khai thác cát quá giới hạn; giải quyết được chỗ đổ thải bùn nạo vét trên địa bàn các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long hàng năm (hiện tại các dự án nạo vét đang phải đắp bù đất cho người dân để lấy chỗ xả bùn thải).

Những kết quả ban đầu cho thấy, phương pháp cứng hóa bùn có thể giải quyết vấn đề nền đất yếu, bùn nạo vét ở Đồng bằng sông Cửu Long hàng năm; các sản phẩm hình thành này có thể là sẽ là một nguồn nguyên liệu tiềm năng trong khu vực để san lấp và xây dựng các cơ sở hạ tầng phục vụ phát triển kinh tế - xã hội nói chung, xây dựng nông thôn mới nói riêng.