Cải tạo đất đá

Phạm Xuân.
Liên hiệp Khảo sát địa chất Xử lý nền móng công trình.

Giới thiệu

Trong điều kiện thiên nhiên, đất đá có thể thiếu độ chặt, độ bền và độ ổn định; thừa độ ẩm tự nhiên, độ thấm nước, độ phong phú nước, độ biến dạng và những tính chất bất lợi khác có ảnh hưởng đến các công trình được thiết kế và xây dựng. Nhằm đáp ứng yêu cầu của công tác xây dựng, cần áp dụng các biện pháp công trình, phương pháp cải thiện tính chất cơ - lý của đất đá, để cải biến lại trạng thái và tính chất của đất đá theo chiều hướng tăng độ chặt, tính liền khối, độ bền và độ ổn định, giảm độ biến dạng và độ thấm nước.

Nếu trong đá nửa cứng của nền đập được thiết kế có các khe nứt và có nguy cơ mất nhiều nước do thấm, cần áp dụng cách làm chặt nhân tạo bằng cách phụt ximăng, phụt sét, phụt bitum và làm màn chống thấm. Độ khe nứt cao có thể gây nguy cơ lún đập đang xây dựng, nên việc làm chặt nhân tạo không những làm giảm độ thấm nước, mà còn giảm độ biến dạng nữa. Nếu nền của ngôi nhà được thiết kế là loại cát không đủ chặt, xốp – để đảm bảo độ ổn định và tính lâu bền của nhà, cần áp dụng cách nén chặt và gia cố nhân tạo đối với cát như lu lèn, rung, phụt silicat và các phương pháp khác. Khi xây dựng hầm mỏ, đường hầm và công trình ngầm, đôi khi cần phải bảo vệ các công trình đó khỏi bị ngập nước, hoặc phải tạo ra cho đất chứa nước, yếu và không ổn định một độ bền và độ ổn định nào đó. Trong trường hợp như vậy, áp dụng rộng rãi cách làm đông lạnh tạm thời.

Có nhiều phương pháp cải tạo các tính chất của đất đá đã được nghiên cứu kỹ và áp dụng rộng rãi, chúng gồm phương pháp cơ học (đầm, nén chặt, rung), phương pháp vật lý (nung, làm đông lạnh, tháo khô bằng điện thấm, phụt sét, phụt bitum) và phương pháp hóa học (phụt silicat, phụt ximăng). Việc chọn phương pháp phụ thuộc vào các nhân tố sau: 1) nhóm và kiểu thạch học và trạng thái vật lý của đất đá; 2) các yêu cầu xây dựng; 3) khả năng kỹ thuật của việc áp dụng phương pháp trong những điều kiện cụ thể; 4) mức độ ích lợi về kinh tế so với các biện pháp khác có thể áp dụng để đảm bảo giải quyết được nhiệm vụ đề ra.

Cũng như phần lớn các biện pháp công trình khác, cải tạo tính chất của đất đá được thực hiện theo đồ án chuyên môn. Đồ án nêu ra luận chứng về khả năng kỹ thuật, tính hợp lý và sự ích lợi về mặt kinh tế của việc áp dụng phương pháp cho từng khoảnh xây dựng và công trình cụ thể trên cơ sở những tài liệu khảo sát địa chất công trình chi tiết.

Cải thiện các tính chất của đá cứng và nửa đá

Ngoài thành phần vật chất và cấu trúc, độ khe nứt, độ rỗng karst và mức độ phong hóa có tác dụng lớn đối với các tính chất cơ - lý của đá cứng và đá nửa cứng. Sự nứt nẻ và phong hóa làm mất tính liền khối của đá, hạ thấp độ bền và độ ổn định, làm tăng mức độ biến dạng và độ thấm nước, tạo nên tính chứa nước và phong phú nước. Các phương pháp cải tạo tính chất của đất đá thường nhằm khôi phục tính liền khối, độ chặt, độ bền và độ ổn định, giảm độ biến dạng, độ thấm nước. Các phương pháp này chủ yếu gồm phụt ximăng, phụt sét và bitum, còn phương pháp làm đông lạnh là để cải tạo tạm thời.

Phụt ximăng

Nội dung của phương pháp này là bơm nén vữa ximăng vào đá qua những hố khoan sẵn, sau khi đã dùng nước rửa kỹ. Vữa ximăng thâm nhập vào khe nứt và chỗ trống, bám chặt với đá, đông cứng lại làm cho đá có tính liên tục, chặt, ổn định, bền, đồng thời hạ thấp mức độ biến dạng và độ thấm nước. Phụt ximăng thường được áp dụng trong những trường hợp sau:

1). Để cải thiện nền thiên nhiên của nhà và công trình, trước khi xây móng, cần tiến hành phụt ximăng vào đá theo diện tích: theo đáy hố móng, tới chiều sâu phân bố của ứng suất thêm do trọng lượng công trình.

2). Để nâng cao mức độ ổn định của đá ở các hầm lò ngầm và ngăn dòng nước chảy tới các hầm lò đó. Còn việc phụt ximăng vào đá theo diện tích, vào phía sau lớp áo (vỏ) của hầm lò ngầm, để làm cho nó tiếp xúc chặt khít với đá xung quanh, tăng tính liền khối và mức độ ổn định của đá và cách ly nước cho hầm lò ngầm với môi trường xung quanh.

3). Để tăng độ ổn định của đá tại các mái dốc đường đào, mỏ lộ thiên và thành hố móng – cần phụt ximăng từng chỗ hoặc theo diện tích, nhằm làm cho đá có tính liền khối và ổn định.

4). Khi làm màn chống thấm, việc phụt ximăng được tiến hành xuống sâu, dọc theo một đới xác định, để cản đường vận động của nước dưới đất. Màn chống thấm dưới đập và ở các chỗ tiếp xúc của nó để phòng mất nước do thấm và giảm tác dụng đẩy nổi (phản áp) của nước ở nền công trình. Màn còn được xây dựng dọc các tuyến nhất định để để phòng nước rò ra khỏi hồ chứa, hoặc để bảo vệ hố móng, mỏ lộ thiên và các hố sâu khác khỏi chịu tác dụng của dòng nước.

Để phụt, dùng vữa ximăng có nồng độ khác nhau tùy theo mức độ nứt nẻ và mức độ karst hóa của đá, bề rộng khe nứt và kích thước các chỗ trống. Nồng độ vữa ximăng, tức là tỷ số giữa khối lượng ximăng với khối lượng nước, có thể thay đổi từ 1:1 đến 1:10-12 và thậm chí tới 1:20-25. Các khe nứt càng mảnh và kích thước chỗ trống càng bé thì vữa càng phải lỏng và trái lại, các khe nứt càng hở (hé rộng) và các chỗ trống càng to – càng phải dùng vữa đặc. Trong trường hợp thứ hai, các chất phụ gia trơ như cát, sỏi, dăm, cuội và các vật liệu khác được sử dụng khi chế bị vữa ximăng.

Ở mức độ nhất định, phạm vi áp dụng phương pháp phụt ximăng do bề rộng các khe nứt quyết định. Các khe nứt hẹp hơn 0,15mm thì không thể gắn ximăng được vì các hạt ximăng không thể thâm nhập vào những khe nứt như vậy. Vì lẽ đó, không áp dụng phụt ximăng để nén chặt đất cát. Việc chọn vữa ximăng và chế độ phụt (trị số áp lực, thời gian phụt) và phương pháp phụt (thành từng đới từ dưới lên trên hoặc từ trên xuống dưới) trong mỗi trường hợp cụ thể cần dựa theo số liệu phụt thử. Bán kính lan rộng của vữa ximăng ở trong đất và khoảng cách giữa các hố khoan được phụt phụ thuộc vào kích thước khe nứt và đặc trưng khe nứt hoặc mức độ karst hóa của đá, nồng độ vữa ximăng, trị số áp lực bơm vữa vào lỗ khoan và thời gian phụt. Tất cả các tham số đó cũng được xác định theo số liệu thí nghiệm thấm và phụt thử.

Khoảng cách giữa các lỗ khoan dùng để phụt thường là mấy mét (từ 1,5 - 2m đến 3 - 4m), còn áp lực thì từ mấy phần đến hàng chục atmospher. Chất lượng phụt ximăng và độ bền lâu của việc cải thiện các tính chất của đá phụ thuộc vào tốc độ đông kết của vữa ximăng và mức độ ổn định trong môi trường ăn mòn. Sự đông kết vữa ximăng phải xảy ra ngay sau khi nó lấp vào các khe nứt và chỗ trống trong đó. Vì vậy, để phụt vào các đá có khe nứt to và có nhiều hang hốc, cần dùng các vữa đông kết nhanh (thêm các chất phụ gia hoạt tính vào vữa ximăng). Đối với các đá có khe nứt li ti thì dùng vữa đông kết chậm. Để đảm bảo độ ổn định của ximăng trong môi trường ăn mòn, nên dùng mã hiệu thích hợp. Trong nhiều trường hợp, để tăng khả năng thâm nhập của vữa, cải thiện chất lượng của việc phụt ximăng và giảm giá thành – các vữa sét - ximăng được sử dụng.

Phụt đất sét

Để làm giảm độ thấm nước của đá nứt nẻ nhiều hoặc có những hang hốc lớn (có lượng hấp thụ nước đơn vị lớn – tới 100l/ph), việc phụt ximăng có thể là không hợp lý và không có lợi. Trong trường hợp này có thể thay bằng phụt đất sét. Nội dung – bơm nén vữa sét có mật độ 1,20 - 1,40 g/cm^3 dưới áp lực 2,0 - 3,0 MPa qua các lỗ khoan vào trong đá. Dưới áp lực như vậy, nước trong vữa sét bị ép thoát ra và xảy ra sự dồn ép vật liệu sét vào trong các khe nứt và chỗ trống; tiếp đó, sự trương nở vật liệu sét sẽ còn lấp nhét khe nứt và chỗ trống được chặt hơn, làm giảm độ thấm nước của đá.

Để phụt, tốt nhất là dùng loại sét nhẹ và sét pha cát có thành phần là hydromica và kaolinit, bởi vì cần dễ thải nước. Với mục đích cải thiện và thúc đẩy nhanh quá trình lấp nhét đá, cần thêm vào vữa sét những chất ngưng keo, đồng thời cố gắng tăng áp lực khi bơm nén. Hiện nay thường thay các vữa sét bằng vữa hỗn hợp ximăng - sét, vôi sét. Dùng các vữa này không những giảm độ thấm nước của đá xuống nhiều, mà còn gắn đá lại thành một khối bền, có khả năng chịu nước lớn hơn. Với các vữa sét như vậy, có thể nhét bịt được các đá sũng nước với hệ số thấm tới 100 m/ng.đ. Chọn vữa sét, cách bố trí các lỗ khoan để làm màn chắn, màn chống thấm nước và các tham số khác đều phải dựa vào các số liệu thí nghiệm thấm thấu.

Phụt bitum nóng

Để giảm độ thấm nước của đá nứt nẻ nhiều, cũng như đá có hang hốc lớn, đá chứa nước mà trong đó nước dưới đất vận động với tốc độ lớn, áp dụng phụt ximăng và phụt sét là không hợp lý, và không có lợi. Phương pháp phụt bitum nóng mang lại kết quả tốt. Nội dung là bơm nén bitum nóng với nhiệt độ 150 - 180°C qua các lỗ khoan vào trong đá. Bitum nóng đẩy nước ra, đông lại và đá trở thành không thấm nước. Sự liên kết của bitum với các vách khe nứt và chỗ trống – do áp lực nén chặt và ma sát của nó quyết định. Để bitum đã được nấu chảy ở trên mặt đất không bị nguội khi đi qua thiết bị nối và ống phụt đã hạ xuống lỗ khoan, cần bố trí thiết bị sưởi điện cho ống phụt. Khi đó bitum được đưa vào đá ở trạng thái nóng sẽ lan được xa lỗ khoan một khoảng cách kha khá.

Bán kính lan rộng của bitum ở trong đá nứt nẻ thường không quá 1m, vì thế khi tạo màn hoặc đới chống thấm, khoảng cách giữa các lỗ khoan không được quá 0,75 - 1m. Bitum có độ nhớt cao, không lấp được các khe nứt hẹp hơn 0,2 - 1mm, nên phương pháp phụt bitum nóng không thể làm cho đá trở thành ngăn cách nước tuyệt đối. Phụt bitum nóng làm cho độ thấm nước của đá giảm xuống được nhiều và lâu, bitum lại không bị rửa trôi, ổn định trong mọi loại nước ăn mòn, ngay cả khi nước vận động với tốc độ lớn.

Làm đông lạnh nhân tạo

Cơ sở của phương pháp này là làm đông lạnh nước chứa trong đá để nén chặt và củng cố độ bền và độ ổn định của đá. Khi làm đông nước trong các khe nứt và chỗ trống của đá và nửa đá, khối băng được tạo nên sẽ lấp vào các khe nứt và chỗ trống đó và đá trở nên không thấm nước. Khi làm đông lạnh

đất loại cát và đất hòn mảnh, cũng như đất loại sét, nước trong các lỗ rỗng của chúng biến thành băng và băng gắn đất lại. Khi đó, độ bền và độ ổn định của đất tăng lên, trở thành vật liệu chịu được nước.

Nội dung phương pháp đông lạnh như sau. Khoan dọc chu vi hố móng, hầm lò và đường hầm một dãy hố cách nhau 0,8 - 1,5m, đường kính 200-250mm, sâu hơn chiều sâu cần làm đông lạnh là 3-5m. Các hố khoan có thể là thẳng đứng, xiên và trong một số trường hợp có thể là ngang. Tiến hành làm đông lạnh bằng nước muối ($CaCl_2$ NaCl, $MgCl_2$, v.v...) đến nhiệt độ 20°C và thấp hơn; cho nước muối đó tuần hoàn trong các cột đông lạnh bố trí trong các hố khoan. Nước muối được làm lạnh trong các thiết bị chuyên môn.

Phương pháp làm đông lạnh nhân tạo tạo ra được một chu vi khép kín bền và không thấm nước trong thời gian thi công xây dựng và làm công tác mỏ. Khi kết thúc các công việc này, thôi làm đông lạnh và đất đá lại tan băng bằng con đường tự nhiên hoặc nhân tạo. Đó là biện pháp gia cố tạm thời. Khi cần củng cố lâu dài đất đá, thì phải duy trì thường xuyên và lâu dài trạng thái đóng băng.

Các phương pháp cải thiện các tính chất của đất rời xốp

Các tính chất không tiện lợi của đất cát, sỏi, dăm và cuội là: 1) độ chặt kết cấu không đủ, vì xốp; 2) độ thấm nước và độ sũng nước lớn; 3) độ ổn định nhỏ, có khuynh hướng chuyển sang trạng thái chảy và bị loang ra. Tính chất này của đất rời xốp gây ra độ lún lớn và không đồng đều của công trình, phá hỏng ổn định. Đất rời xốp chứa nhiều nước, hay có dòng chảy đáng kể tới hố móng xây dựng và công trình ngầm, gây trở ngại cho thi công xây dựng và khai thác mỏ. Cải thiện tính chất của đất ấy nhằm làm tăng độ chặt và độ ổn định, giảm độ thấm nước. Các phương pháp sau đây thường được ứng dụng: 1) Tháo khô; 2) nén chặt cơ học; 3) lấp nhét và trét bịt bằng đất sét và các vật liệu khác; 4) gia cố bằng các chất phụ gia thành phần hạt; 5) gia cố bằng phụt bitum nguội, phụt ximăng, phụt nhựa tổng hợp và những vật liệu khác; 6) gia cố bằng làm đông lạnh nhân tạo.

Tháo khô

Phương pháp này dùng để 1) tăng độ ổn định của đất, để phòng sạt lở, chảy loang, trượt, phát triển quá trình tiềm thực; 2) để phòng tăng ẩm, ngập nước, hóa mặn đất khi nước ngầm dâng lên, và dưới ảnh hưởng của các nguyên nhân khác; 3) bảo vệ hố móng, hố đào, mỏ lộ thiên và hầm lò, các công trình ngầm khỏi bị nước ngầm dâng ngập; 4) bảo vệ các phần ngầm công trình khỏi tác dụng ăn mòn của nước ngầm.

Nhiệm vụ tháo khô được thực hiện bằng những rãnh thoát và những công trình hạ thấp mực nước ngầm tới độ sâu xác định, hoặc ngăn chặn dòng nước ngầm trên đường vận động. Thoát nước có thể thường xuyên và cải tạo đất lâu dài, hoặc tạm thời chỉ trong thời gian thi công – gọi là thoát nước xây dựng hoặc hạ thấp mực nước khi thi công.

Phụt ximăng

Cũng như trong đá và nửa đá, phụt ximăng được áp dụng để làm tăng độ chặt, độ bền và chủ yếu để hạ thấp độ thấm nước của đất hòn mảnh thô.

Nén chặt cơ học

Đây là một trong những phương pháp được phổ biến rộng rãi để cải thiện tính chất của đất cát, các đất hòn mảnh xốp rời và cả đất loại sét. Nội dung của phương pháp này là cho thiết bị đầm lu, hoặc đầm rung tác dụng lên đất để làm cho các hạt được sắp xếp lại chặt hơn, làm giảm được độ rỗng và làm tăng được khối lượng thể tích của cốt đất. Nhờ vậy, sức chống cắt và chống nén, tức là độ ổn định và khả năng chịu tải của đất, tăng lên. Áp dụng cách cải thiện này đối với đất rời xốp khi chuẩn bị nền cho các công trình công nghiệp và dân dụng, mặt đường và mặt sân bay, nền đắp, đê, đập, phạm vi xây thêm các đất đắp khan và đắp chìm. Đã có nhiều trường hợp áp dụng nén rung để làm tăng có hiệu quả độ chặt và độ ổn định của cát chảy.

Có thể tiến hành nén chặt đất thành từng lớp ở trên mặt, cũng có thể nén sâu, khi hạ được thiết bị nén chặt xuống độ sâu xác định ở trong đất (khi làm cọc đất, nén rung sâu), khi nén chặt đất bằng phương pháp cơ học, đặc biệt là ở thân công trình bằng đất, đưa nó tới độ chặt lớn nhất ở độ ẩm tốt nhất và tiêu phí công một cách hợp lý.

Lấp nhét và trét bịt bằng phương pháp phụt đất sét

Các phương pháp này được áp dụng để làm giảm độ thấm nước của cát và những đất hòn mảnh rời xốp. Lấp nhét được thực hiện bằng cách phụt vữa sét, chủ yếu để nén chặt đất dăm hòn thô, đất cuội và đất tảng tròn, cũng nhằm mục đích như khi phụt sét vào đá và nửa đá. Trét bịt là rửa trôi các hạt sét phân tán mịn vào trong lỗ rỗng hoặc phủ lên mặt một lớp sét mỏng – được áp dụng để làm giảm độ thấm nước của cát. Nếu lắng đọng vật liệu sét từ nước lên bề mặt đất cát lộ trần ở vách và đáy kênh, thì khi nước thấm qua, các hạt sét sẽ bị rửa trôi vào cát và cát sẽ bị ứ tắc và trở nên không thấm nước.

Cải thiện bằng các chất phụ gia thành phần hạt

Phương pháp này được áp dụng để làm cho đất cát và đất loại sét đạt được độ chặt lớn, độ ổn định và độ bền cao khi xây dựng các công trình bằng đất, đặc biệt là lớp mặt đường và sân bay. Thực chất của phương pháp này là lựa chọn và chế bị một thành

phần hạt tốt nhất của đất, tức là thay đổi nhân tạo thành phần hạt bằng cách thêm vào các chất phụ gia hạt lớn là khung cốt (sỏi, cát thô và to), cũng như các chất phụ gia hạt mịn (cát bụi, sét) để lấp nhét. Những đất có thành phần hạt tốt nhất (chứa các hạt nhiều kích thước theo một tương quan xác định và được nén đến độ chặt lớn nhất với độ ẩm tốt nhất) đều là bền và ổn định nhất trong trạng thái khô cũng như bão hòa nước. Phương pháp này được áp dụng rộng rãi để cải thiện các tính chất của đất loại cát và đất loại sét. Trong các văn liệu chuyên môn đều có hướng dẫn phương thức chế bị các hỗn hợp tốt nhất.

Phụt bitum nguội

Phương pháp này được áp dụng để làm giảm độ thấm nước của cát, bằng cách bơm nén nhũ tương bitum qua những vòi phun đặc biệt cắm sâu trong đất. Nhũ tương bitum là vữa, gồm các hạt bitum đồng nhất phân tán mịn, có kích thước nhỏ hơn 25-40 lần so với kích thước trung bình của các hạt đất. Khi ngưng keo trong tầng cát kèm theo sự tách nước, nhũ tương lấp đầy các lỗ rỗng của cát, gắn chặt nó lại và làm giảm độ thấm nước. Phương pháp phụt bitum nguội được áp dụng chủ yếu để làm màn và tấm chắn chống thấm. Phương pháp này thích hợp với cát có hệ số thấm từ 10 đến 100 m/ng.đ. Bán kính lan rộng của nhũ tương kể từ vòi phụt đạt tới 0,5 -1,0m trong cát hạt nhỏ, 0,75 -1,25m trong cát hạt vừa và 1,25 - 2,0m trong cát hạt to.

Do đó, tùy theo thành phần của cát, khi làm màn có thể lấy khoảng cách giữa các vòi phụt từ 0,5 đến 3,0 - 3,5m. Thường áp dụng phụt bitum nguội phối hợp với phụt bitum nóng để lấp các khe nứt mảnh trong đá cứng và đá nửa cứng, làm cho đá hoàn toàn không thấm nước.

Phụt silicat hai dung dịch

Gia cố cát, làm tăng độ bền cơ học khi nén đạt 5,0 - 6,0 MPa, ổn định và không thấm nước, bằng cách nhờ các hydroxid đông cứng của acid silicic gắn kết cát lại. Với phương pháp phụt silicat hai dung dịch (chủ yếu áp dụng cho cát), bơm nén lần lượt thủy tinh lỏng (silicat natri $Na_2O.nSiO_2$) và calci chlorur ($CaCl_2$) qua những lỗ khoan phụt vào trong đất. Thủy tinh lỏng đẩy nước ra khỏi lỗ rỗng đất. Bằng cách bơm tiếp dung dịch calci chlorur, đẩy thủy tinh lỏng ra khỏi các lỗ rỗng. Các màng thủy tinh lỏng còn lại lúc đó trên mặt các hạt sẽ tham gia phản ứng với $CaCl_2$:

$$Na_2O.nSiO_2 + CaCl_2 + mH_2O \rightarrow \underbrace{nSiO_2\ (m\text{-}1)H_2O}_{\text{gel}} + Ca(OH)_2 + 2NaCl.$$

Do kết quả của phản ứng này, hydrogel của acid silicic được tạo nên; nó đông cứng dần và gắn kết cát lại. Khi bơm nén lần lượt hai dung dịch – cát được gắn kết hoàn toàn.

Phương pháp này được áp dụng có hiệu quả nhất đối với cát có hệ số thấm nước từ 2 đến 80m/ng.đ. Khi cát có độ thấm nước nhỏ hơn, thì dùng phương pháp phụt silicat một dung dịch. Bán kính lan rộng của sự gắn kết khi phụt silicat hai dung dịch phụ thuộc vào độ thấm nước của cát, thường thay đổi từ 0,25m đến 1,0m. Xuất phát từ các giới hạn đó, định được khoảng cách giữa các lỗ khoan phụt. Phương pháp phụt silicat vào cát được áp dụng rộng rãi để làm tăng khả năng chịu lực trong nền công trình, để nâng cao độ ổn định trong các hầm lò, cũng như khi làm vật chắn và màn chống thấm.

Phương pháp cải thiện tính chất của đất mềm dính

Đất sét có những tính chất bất lợi đối với xây dựng (độ bền ít, khả năng chịu tải thấp và độ biến dạng lớn), chủ yếu là do độ ẩm cao, độ chặt ít và độ sệt không ổn định gây nên. Đất loại sét hoàng thổ không chịu được nước và có khuynh hướng lún khi bị tẩm ướt. Phương pháp cải thiện tính chất của đất này đều nhằm giảm độ ẩm, tăng độ bền, độ ổn định, giảm độ biến dạng, kể cả độ lún ướt.

Để thay đổi các tính chất của đất loại sét theo phương hướng cần thiết, các phương pháp sau đây hay được dùng: 1) tháo khô bằng điện thẩm; 2) gia cố bằng điện hóa; 3) phụt silicat một dung dịch; 4) gia cố bằng nhiệt và 5) nén chặt bằng cọc đất. Hai phương pháp đầu được áp dụng chủ yếu cho đất loại sét yếu có độ ẩm cao và độ sệt không ổn định, còn những phương pháp khác được dùng để cải thiện các tính chất của hoàng thổ. Ngoài ra, đối với loại đất sét, khi sử dụng chúng để làm nền của các công trình bằng đất, đường, sân bay, còn áp dụng các phương pháp nén chặt cơ học, cải thiện bằng chất phụ gia thành phần hạt, hoặc dùng cách làm đông lạnh nhân tạo để gia cố tạm thời.

Tháo khô bằng điện thẩm

Tháo khô bằng điện thẩm là một trong những phương pháp có hiệu quả để tháo khô đất loại sét mềm bão hòa nước như sét, sét pha cát, cát pha sét, cát mịn và cát nhỏ, tức là những đất thấm nước và thấm nước yếu trong điều kiện thường, thực tế là không có tính thải nước. Nội dung của điện thẩm như sau – cắm hai điện cực vào đất loại sét và cho dòng điện một chiều chạy qua, nước bắt đầu vận động tới cực âm, vì các phân tử nước phần lớn đều có điện dương. Hiện tượng này gọi là điện thẩm, vì sự vận động về một phía của nước qua môi trường có lỗ xảy ra dưới tác dụng của hiệu thế dòng điện.

Khi điện thẩm, từ đất không chỉ tách ra nước bất động và nước mao dẫn tự do, mà còn tách cả một phần nước liên kết vật lý. Do vậy, độ rỗng có hiệu của đất tăng lên và độ thấm nước cũng tăng lên 10-12 lần ở sét pha cát, tới 100 lần ở sét. Khi tháo khô

đất loại sét bằng điện thẩm, dùng ống chống của lỗ khoan làm cực âm. Khi bơm hút nước tập trung ra khỏi lỗ khoan – độ ẩm của đất giảm xuống, độ chặt và độ ổn định tăng lên. Khi điện thẩm, phát triển hiện tượng điện chuyển, tức là sự vận động của các hạt sét và keo tích điện âm về cực dương và các quá trình hóa-lý khác. Khi nước chuyển từ cực dương tới cực âm, các ion khác nhau bị hòa tan trong đó cũng được mang đi, kể cả các ion trao đổi thuộc các lớp mặt của nước liên kết vật lý. Do đó, trong đới cực dương thấy có sự tách ra và tích lũy lại các muối khó hòa tan; những muối này có tác dụng nén chặt và gắn kết đất. Sự gia cố như vậy đối với đất lan dần từ cực âm tới cực dương.

Do đó, khi tháo khô bằng điện thẩm, xảy ra đồng thời sự nén chặt và gia cố đất, tăng độ bền và độ ổn định. Các quá trình này đều không thuận nghịch; đất vẫn giữ nguyên các tính chất đã có, kể cả sau khi ngừng tác dụng của dòng điện một chiều.

Để tính toán lưu lượng nước được tách ra khi điện thẩm, sử dụng phương trình Helmholtz.

$$Q = s\frac{\xi DE}{4\pi\eta L}$$

trong đó: Q – lượng nước do quá trình điện thẩm chuyển đi trong một đơn vị thời gian, cm^3/s;

s - tổng diện tích tiết diện ngang của các mao quản, cm^2;

ξ - thế điện động; D – hằng số điện môi của nước;

η - hệ số nhớt của nước, *poise* (Pz);

E - hiệu thế giữa các điện cực;

L - khoảng cách giữa các điện cực.

Khi tháo khô bằng điện thẩm, biến đổi phương trình này đi, biểu thị dưới dạng sau đây:

$$Q = K_{đt}.A$$

trong đó Q – lượng nước được tách ra do điện thẩm trong một đơn vị thời gian t;

A – lượng điện, tính bằng *coulomb*, trong thời gian đó;

$K_{đt}$ – hệ số điện thẩm, bằng $\frac{\xi De}{4\pi\eta}$, trong đó

e- điện trở suất của đất, $\Omega.cm$.

Phương pháp tháo khô, và ở một mức độ nhất định là gia cố điện thẩm, được phổ biến rộng rãi trong thực tế xây dựng.

Gia cố bằng điện hóa

Gia cố đất loại sét bằng điện hóa cũng dựa vào hiện tượng điện thẩm. Khi tháo khô bằng điện thẩm, phát sinh các quá trình hóa - lý, kèm theo sự tách ra các muối khó hòa tan có tác dụng nén chặt và gắn kết đất. Để tăng cường các quá trình này và nâng cao hiệu suất của chúng, một phương pháp đã được đề xuất và truyền bá rộng rãi, dựa trên sự áp dụng phối hợp dòng điện và dung dịch hóa chất được đưa vào trong đất. Việc đưa vào đất các dung dịch muối khác nhau, thủy tinh lỏng, hợp chất polimer, được thực hiện qua những lỗ khoan phụt đặc biệt ở đới cực dương. Do có hiệu thế của dòng điện từ cực dương đến cực âm, các dung dịch được lan rộng. Khi chúng tác dụng qua lại với đất, cũng như sự phát triển của các quá trình trao đổi, điện phân và tháo khô, xảy ra sự nén chặt và gắn kết đất; độ bền, độ chịu nước và độ ổn định của đất tăng lên. Để tránh tạo ra trong đất những đới có độ nén chặt và cùng cố khác nhau, ở khoảng không gian giữa các điện cực, cần dùng tác dụng ngắt quãng của dòng điện với các xung luôn luôn thay đổi dấu.

Phụt silicat một dung dịch

Phương pháp này được áp dụng chủ yếu để gia cố hoàng thổ. Nó dựa trên tác dụng qua lại của thủy tinh lỏng (có thêm dung dịch NaCl 2,5%) được bơm nén vào trong đất với các muối calci hòa tan ($CaSO_4.2H_2O$, $CaCO_3$) thường có trong đất. Khác với phụt silicat hai dung dịch, trong phương pháp này, vai trò của dung dịch thứ hai, mà khi tác dụng với nó, gel của acid silicic được tách từ thủy tinh lỏng ra, thì do bản thân đất đảm nhiệm.

$$Na_2O.nSiO_2 + CaSO_4.2H_2O + mH_2O \rightarrow \underbrace{nSiO_2\,(m\text{-}1)H_2O}_{\text{gel}} + NaSO_4 + Ca(OH)_2$$

Việc thêm NaCl vào thủy tinh lỏng làm tăng độ hòa tan của các muối calci trong đá, đặc biệt là thạch cao, và chính vậy mà đảm bảo được sự lắng cặn nhanh chóng hơn cho gel acid silicic – có tác dụng gắn kết đất. Đất trở nên chịu nước, không thấm nước, bền (độ bền nén R_n đạt tới 6kG/cm²) và không còn ướt nữa.

Với phương pháp phụt silicat một dung dịch, bán kính gia cố phụ thuộc vào độ thấm nước của đất, thay đổi từ 0,2 đến 1,0m. Khi gia cố hoàng thổ, đôi khi dùng cách làm nền được silicat hóa dưới dạng từng cột riêng lẻ, tức là cọc, thay cho việc phụt silicat liên tục.

Gia cố bằng nhiệt

Phương pháp này được áp dụng để gia cố hoàng thổ và làm mất tính chất lún ướt. Có hai cách để thực hiện gia cố bằng nhiệt. Theo phương pháp thứ nhất, bơm nén không khí để nung đến 600 - 800°C ở các thiết bị chuyên môn vào trong các lỗ khoan đặc biệt. Với phương pháp thứ hai, tiến hành đốt nhiên liệu (khí, dầu xola, dầu mỏ, than đá, than cốc) trực tiếp trong lỗ khoan. Để tăng cường sự thấm của các sản phẩm cháy và không khí nóng vào trong đất, giữ ở đó một áp lực thừa (tới 2-3 atm). Để giữ được áp lực này, phải đóng kín miệng lỗ khoan lại. Cách đốt thứ hai khi gia cố bằng nhiệt được coi là đơn giản hơn và có lợi hơn về mặt kinh tế.

Thực tế chứng tỏ gia cố đất bằng nhiệt được lan ra cách lỗ khoan 1,0 - 1,2m. Để lan ra một khối liền đất gia cố, khoảng cách giữa các lỗ khoan không được lớn hơn 2,0m. Có thể bố trí các lỗ khoan như thế nào để sự gia cố đất không tạo thành khối liên tục – áp dụng cách làm nền dưới dạng từng cột đất bị nung đốt.

Nén chặt bằng cọc đất

Nén chặt bằng cọc đất là một trong những dạng nén chặt cơ học. Áp dụng phương pháp này để làm tăng khả năng chịu lực của hoàng thổ trong nền công trình và làm mất tính lún ướt. Thực chất của phương pháp này là bố trí những lỗ khoan theo cự ly nhất định, rồi lấp đất vào đó và nén chặt bằng đầm nặng, rơi từ một độ cao. Nếu độ ẩm tự nhiên của đất được nén chặt nhỏ hơn độ ẩm tốt nhất, thì thêm nước vào đất. Khi đầm, đất ở bên trong và xung quanh lỗ khoan, cũng như giữa các lỗ khoan đều được nén chặt. Đất thuộc cọc, cũng như đất giữa các cọc đều mất lỗ rỗng rất lớn, vốn là đặc điểm của hoàng thổ, tăng độ chặt và khả năng chịu lực, không còn tính lún ướt nữa. Thường bố trí cọc đất trong nền theo trình tự bàn cờ, để đảm bảo được sự nén chặt của đất giữa các cọc. Muốn vậy, phải tiến hành thí nghiệm trước việc nén chặt đất sẽ dùng.

Các phương pháp cải tạo tính chất của đất rời xốp và đất mềm dính ở trên mặt

Loại đất này thường được dùng làm vật liệu xây dựng cho những công trình bằng đất (đập, đê, nền đường), làm vật liệu xây dựng đường khi làm lớp mặt đường và sân bay, các đường băng, cùng các khoảng rộng để cất cánh và hạ cánh. Phải có các yêu cầu đặc biệt đối với đất. Đất phải có độ chặt và độ ổn định đầy đủ khi chịu tác dụng của tải trọng động và nhân tố khí hậu bên ngoài. Đất phải có sức kháng cao đối với tải trọng ngoài, không bị biến dạng quá giới hạn cho phép, không tan rã và không trương nở khi bị ẩm ướt, không đông nở khi đóng băng, không bị tơi ra và không tạo ra quá nhiều bụi khi ở trạng thái khô.

Khi làm các lớp mặt đường và sân bay, chỉ cần cải thiện tính chất tới những chiều sâu không lớn, các phương pháp được áp dụng ở đây được liệt vào phương pháp nông (trên mặt), ngược lại với các phương pháp sâu – thường được áp dụng với những dạng xây dựng khác. Dùng các phương pháp nông, cải tạo được các tính chất của đất trong điều kiện thế nằm tự nhiên, cũng như khi phá hoại thế nằm và kết cấu tự nhiên. Chung quy, có hai nhóm phương pháp: 1) điều hòa trạng thái vật lý của đất và 2) cải biến tính chất của đất bằng cách cho chất phụ gia vào.

Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu

Trong mấy chục năm gần đây ở một số nước, thí dụ Thái Lan, các biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng đã được áp dụng rộng rãi:

1. Cải tạo đất bằng thiết bị tiêu nước thẳng đứng;
2. Cải tạo đất bằng cọc vật liệu rời (cát, sỏi);
3. Phương pháp trộn vôi, ximăng dưới sâu;
4. Khối đắp, tường chắn đất ổn định cơ học;
5. Công nghệ mới xử lý nền đất yếu bằng vải địa kỹ thuật và bấc thấm.

Nhiều phương pháp mới này đã và đang được ứng dụng khá phổ biến ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

Bergado D.T., Chai J.C., Anfaro M.C., Balasubramariam A.S., 1994. Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng. *NXB Giáo dục*. 196 tr. Nguyễn Uyên, Trịnh Văn Cương dịch.

Nguyễn Viết Trung (Chủ biên), Nguyễn Phương Duy, Nguyễn Duy Lâm, 1998. Công nghệ xử lý nền đất yếu (bằng) vải địa kỹ thuật và bấc thấm. *NXB Giao thông Vận tải*. 264 tr. Hà Nội.

Банник Г. И., 1976. Техническая мелиорацияя грунтов. Изд. 2-е, перерб. и доп. Объединение "*Вища Школа*". 304 стр., Киев.

Ломтадзе В. Д., 1970. Инженерная геология. Инженерная петрология. "*Недра*". 526 стр. Ленинград.