

Quality control and construction technologies for seadike on soft soil foundations

Le Xuan Roanh¹

Abstract: Sea dikes and estuary dikes of Vietnam have been constructed in a long time with different quality. Most of them had constructed on the natural lines in which the foundation is very complicated. When a land is increased, a new line of dike will be relocated, that a new dike will be laid on the soft soils. The safety and economic of new dike as well as short time of construction are depended on construction method. The construction method for sea dike on soft soils with high seepage, low strength and settlement will be presented and discussed in this paper. In Vietnam, construction methods used for soft foundation will be sand- sub base, strengthening of foundation, control settlement referring to consolidation.

Key words: Soil, soft foundation, construction, sea dikes.

Khống chế chất lượng và công nghệ xử lý nền trong thi công đê trên nền đất yếu

Lê Xuân Roanh¹

Tóm tắt: Nước ta có hệ thống đê sông, đê biển được hình thành tự nhiên và nó được xây dựng qua nhiều thế hệ với chất lượng khác nhau. Phần nhiều các tuyến đê được xây dựng trên tuyến tự nhiên, điều kiện địa chất nền khác nhau. Trong khi xây mới, nhu cầu sử dụng vùng đất mới, địa chất nền thường là đất yếu. Khi thi công đê trên nền đất yếu cần có giải pháp phù hợp nhằm đảm bảo đủ độ an toàn, giá thành hạ và thời gian thi công cho phép. Bài viết này tập trung giải quyết vấn đề công nghệ xử lý khi xây dựng đê trên nền đất yếu, đất có hệ số thấm cao, sức chịu tải kém và độ lún không nhỏ. Công nghệ được áp dụng hữu hiệu hiện nay có thể kể đến các giải pháp sau: phương pháp xử lý nền bằng đệm cát, bằng gia cố vật liệu tăng khả năng chống trượt, chống lún và đắp giai đoạn tăng cố kết.

1. Mở đầu

Nước ta có đường bờ biển dài trên 3200km và có rất nhiều con sông đổ ra biển vì vậy cần phải có hệ thống đê bao, chắn nước. Theo thống kê hiện nay chúng ta đã xây dựng một hệ thống đê biển và cửa sông tương đối ổn định với chiều dài khoảng trên 2700km [5]. An toàn của các con đê này lại phụ thuộc vào chất lượng kết cấu của đê, trong đó vật liệu thân đê và nền đê là rất quan trọng. Trong quá trình quản lý đê điều cho thấy hiện tượng thấm qua nền, hiện tượng mực nước ngầm dâng cao trong thân đê, hiện tượng lún, sạt, trượt...[1,5,3] đã và đang xảy ra ở một số đoạn đê. Điều này gây nhiều khó khăn cho công tác quản lý an toàn đê. Nội dung sau đây sẽ trình bày công nghệ và phương pháp xử lý nền đê khi thi công đê trên nền đất yếu.

2. Phương pháp và nguyên lý trong xử lý nền

Hiện nay có khá nhiều giải pháp xử lý nền đắp trên đất yếu, chung quy lại có các giải pháp chính sau [2,3].

¹ A/Prof., Dr.; Faculty of Marine and Coastal Engineering, Water Resources University; 175 Tay Son, Hanoi, Vietnam; E-mail: roanh.l.x@wru.edu.vn

- Cải thiện sự ổn định của nền đắp (như làm thoải mái đắp, tăng chiều rộng đáy đê, làm bề phân áp, giảm trọng lượng khối đắp, cho nền đắp chôn sâu vào đất yếu);
- Tăng khả năng chịu tải của nền bằng thay đổi chỉ tiêu cơ lý (tăng φ , C) của đất yếu;
- Tăng nhanh tốc độ cố kết hoặc giảm độ lún tổng cộng (như làm đệm cát, cọc cát, cột đất gia cố vôi, nền cọc).

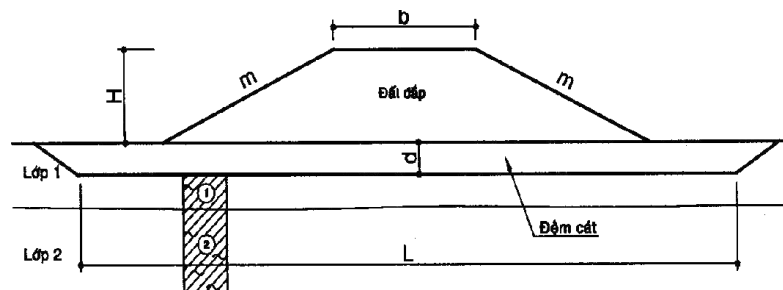
Nói chung các biện pháp xử lý nền đều có liên quan cả vấn đề ổn định và lún. Mỗi trường hợp cụ thể đều có một hoặc nhiều biện pháp xử lý thích hợp, việc chọn biện pháp nào cần phải phân tích kỹ, đầy đủ.

2.1. Xử lý nền đê bằng đệm cát [3]

Trong trường hợp có thể khi ta thay lớp đất yếu hoặc một phần lớp đất yếu nằm dưới nền móng công trình bằng đệm cát, hiệu quả mang lại sẽ là:

- Đệm cát đóng vai trò như một lớp chịu lực, có khả năng tiếp thu được tải trọng của công trình và truyền tải trọng đó xuống lớp đất chịu lực phía dưới. Cường độ kháng cắt của đất cát lớn do đó tăng khả năng chịu tải của nền.
- Cát có tính ép co thấp do đó giảm được độ lún của công trình.
- Cát có tính thấm mạnh nên nó có tác dụng tăng nhanh quá trình cố kết của nền khi chịu tải trọng ngoài.
- Tăng khả năng ổn định khi công trình có tải trọng ngang vì cát trong lớp đệm sau khi đầm chặt sẽ có lực ma sát lớn làm tăng khả năng chống trượt.

Đệm cát có cấu tạo tương đối đơn giản, nền đê được đào với chiều sâu d tương ứng với chiều dày đệm cát, hệ số mái đào phụ thuộc vào tính chất đất nền, chiều rộng đào L , sau đó đổ cát xuống và đầm chặt, với nền đê bão hòa nước cần trải thêm một lớp vải địa kỹ thuật ngăn không cho cát chìm lẫn vào đất nền. Sau khi thi công xong đệm cát tiến hành đắp đê lên trên lớp đệm cát. Mặt cắt ngang đê có chiều cao H , chiều rộng mặt đê b , hệ số mái m (xem hình).



Hình1: Xử lý nền đê bằng đệm cát

Nguyên lý làm việc: khi đắp đê trên lớp đệm cát, đệm cát đóng vai trò như một mặt thoát nước nền. Dưới tác dụng của tải trọng đất đắp nước trong lỗ rỗng nền được thoát ra qua lớp đệm cát, đất nền được nén chặt/ cố kết nhanh hơn.

Đệm cát còn đóng vai trò như một bề phân áp làm tăng sức chịu tải cho đất nền.

Phương pháp đệm cát sử dụng có hiệu quả nhất khi lớp đất yếu ở trạng thái bão hòa nước, chiều dày lớp đất yếu không lớn lắm, chênh lệch cột nước không cao và gần nơi xây dựng có sẵn vật liệu cát.

Kỹ thuật thi công đệm cát

- Chuẩn bị mặt bằng thi công tuyến đê.
- Dùng máy đào hoặc máy ủi đào móng đê với chiều sâu d thiết kế đệm cát.
- Trải một lớp vải địa kỹ thuật xuống đáy hố móng. Lớp vải địa kỹ thuật có tác dụng ngăn không cho cát chìm lẫn vào đất nền trong quá trình thi công đệm cát đảm bảo chiều dày đệm cát đúng thiết kế.
- Rải cát theo lớp thông qua việc đổ và san. Chiều dày mỗi lớp rải phụ thuộc vào thiết bị đầm nén. Nếu đầm thủ công nặng 30kg, chiều dày lớp rải khoảng 20cm. Nếu dùng đầm bàn rung thì chiều dày lớp rải khoảng 25cm. Khi đầm bánh xích, chiều dày lớp rải khoảng 30 ÷ 40cm. Còn khi đầm rung có phun nước U20, chiều dày lớp rải khoảng 100 ÷ 150cm.

Để khống chế chất lượng của khối đắp, cần phải kiểm tra chiều dày lớp rải trước khi đầm. Trong khi đầm cần điều chỉnh hướng đi của máy đầm, quãng cách giữa hai vệt đầm gần nhau phải có độ trùng 10 ÷ 20 cm. Để đảm bảo độ chặt đồng đều, hướng đầm nên thiết kế theo hai chiều vuông góc nhau, luân phiên đầm theo hai hướng này. Vận tốc lăn của đầm phụ thuộc vào trọng lượng đầm và có cài thêm bộ rung trong khi đầm hay không và độ ẩm của cát. Nếu không có bộ rung, tốc độ dịch chuyển của máy đầm thường 1,5 ÷ 4km/h.

Trường hợp khi đầm cát bão hòa nước, mực nước ngầm xấp xỉ mặt đất tự nhiên thì việc sử dụng máy đầm lăn ép, đầm chân động, đầm xung kích là không kinh tế hoặc không thực hiện được. Trong trường hợp này, người ta sử dụng đầm thủ công là rất hiệu quả. Công cụ đầm đơn giản là ‘Đòn xia’. Thiết bị là loại xia thép dài 1,3m đến 1,4 m và có 4 ÷ 6 răng, mỗi răng của xia dài 25 ÷ 30cm và rộng 2 ÷ 4cm. Trọng lượng toàn bộ của xia vào khoảng 4,4Kg. Khi thi công, lớp cát đầu tiên được rải dày hơn vào khoảng 15 ÷ 20cm so với các lớp cát tiếp theo. Chiều dày trung bình của các lớp rải 30 ÷ 35cm.

Quá trình vận hành của phương pháp xia như sau: đầu tiên nâng xia lên cao khoảng 50cm, sau đó thả rơi tự do và tiến hành lắc xia ngập sâu dần vào trong đệm cát. Mỗi lần xia lắc khoảng 16 lần, cứ một lượt dọc rồi lại một lượt ngang. Theo kinh nghiệm thi công, mỗi lớp cát rải chỉ cần xia bốn lần là đạt độ chặt trung bình.

Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng đầm nén: Khi thi công đệm cát, việc trước tiên là xác định các chỉ tiêu đầm nén. Để đánh giá chất lượng đầm nén người ta thường dựa vào hai chỉ tiêu quan trọng: độ chặt và độ ẩm đầm nén[3].

Để đánh giá độ chặt của cát trong lớp đệm, có thể dùng hệ số rỗng hoặc độ chặt tương đối D .

$$D_{ds} = \frac{e_{\max} - e_{ds}}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (1)$$

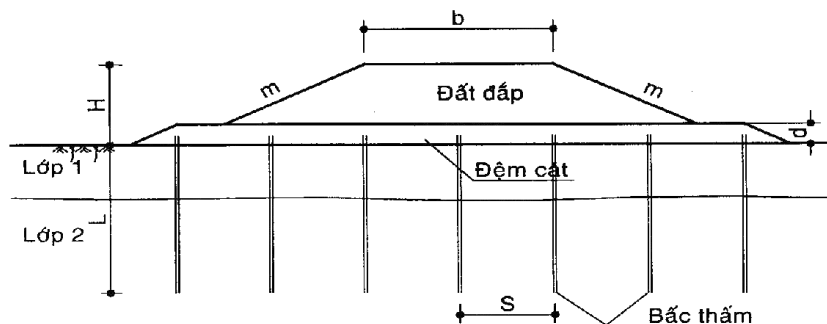
Trong đó: D_{ds} - Độ nén chặt tương đối thiết kế; e_{ds} - Hệ số rỗng nén chặt thiết kế; e_{\max} , e_{\min} - Hệ số rỗng cực đại và cực tiểu đạt trong thí nghiệm tiêu chuẩn.

Độ nén chặt thân đê bằng đất quy định trong Bảng 1 sau.

Bảng 1: Quy định độ nén chặt thân đê bằng đất

Cấp công trình của đê biển	Đặc biệt và I	II và III ≥ 6m	III < 6m và IV
D_{ds}	≥ 0,65	≥ 0,62	≥ 0,60

Đệm cát sau khi được đầm nén xong có thể áp dụng một trong ba phương pháp sau đây để kiểm tra độ chặt: phương pháp cân, phương pháp dùng phao Kovalêv, và phương pháp xuyên tiêu chuẩn.



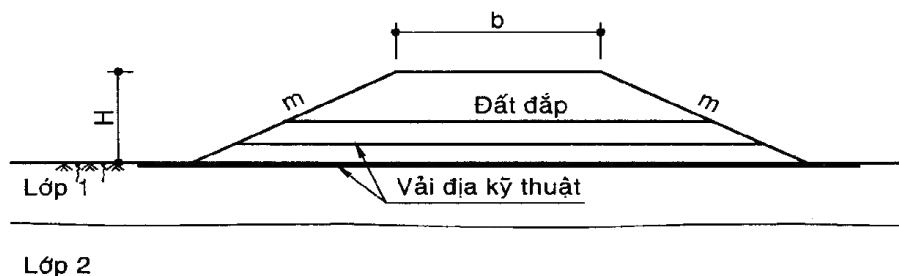
Hình 2: Xử lý nền đệm cát cộng với bắc thăm

Để tăng nhanh độ cố kết của nền, tăng khả năng thoát nước trong lớp đất nền, giảm áp lực kẽ rỗng nếu có thì giải pháp hữu hiệu là sử dụng bắc thăm, nối liền dòng thấm giữa lớp đất cần thoát nước với lớp có hệ thấm cao. Trong thi công đê, ta sử dụng bắc thăm giữa lớp đất nền là lớp đệm cát. Trong quá trình chịu tải, nước ở lớp nền được bắc thăm dẫn truyền lên lớp trên (cát đệm). Đất được cố kết nhanh hơn.

2.2 Gia cố nền bằng vật liệu có sức kéo, tăng khả năng chống trượt của khối

2.2.1 Sử dụng vải địa kỹ thuật để gia cố đê

Đối với những đoạn đê có chiều cao tương đối, xây dựng trên nền đất yếu, cần thi công trong một mùa khô có thể dùng vải địa kỹ thuật để gia cố nền và thân đê. Ta đặt các lớp vải địa kỹ thuật lên bề mặt phân cách giữa thân đê và nền đê, đồng thời đặt các lớp vải địa kỹ thuật ở các cao trình khác nhau trong thân đê nằm song song với mặt nền. Lớp vải địa kỹ thuật đặt ở mặt nền có tác dụng phân cách nền đê và thân đê, làm cho khối đất đắp không bị lún chìm vào nền, áp lực đất đắp đê phân bố tương đối đồng đều vào mặt nền tạo điều kiện cho nền cố kết từ từ. Lớp vải đặt nằm ngang trong thân đê có tác dụng phân bố áp lực đều theo từng cao trình mặt cắt ngang đê, tăng độ bền chống trượt của khối đất đắp và giảm mặt cắt ngang đê.



Hình 3: Xử lý nền bằng gia cố cốt

Kỹ thuật thi công

Chuẩn bị nền móng

Trước khi trải vải địa kỹ thuật, mặt nền phải được san hoặc lấp để đạt độ cao thiết kế và đảm bảo độ chặt yêu cầu. Bề mặt tiếp xúc với vải phải tương đối phẳng, đảm bảo cho vải tiếp xúc tốt với nền. Những vật cứng sắc nhọn phải được dọn sạch để không làm hỏng vải.

Sau khi chuẩn bị nền xong, trải vải trực tiếp lên mặt đất đã được chuẩn bị theo yêu cầu đặt vải trên. Căng các thảm vải làm cùng lúc với việc san gạt, liên kết các băng vải kỹ thuật với qua việc khâu dính. Hai mép vải trùng lên nhau từ 0,3m đến 1,0m.

Khi thi công vật liệu đắp đầu tiên điều quan trọng là ổn định lớp đắp này, không làm vải xô dịch và hỏng vải. Để đạt được yêu cầu này sử dụng xe đổ đất loại nhẹ hoặc thi công đổ san bằng thủ công. Khi đổ đất nên đổ giạt lùi để tránh sự tiếp xúc của bánh xe lên vải. Áp dụng phương pháp đổ theo dải hẹp đối xứng từ đường trung tâm để giữ cho quá trình thi công luôn luôn có dạng chữ U. Việc thi công như vậy sẽ hạn chế được sự dịch chuyển ngang của lớp đất đắp. Việc thi công mái dốc dùng khuôn có góc phù hợp với mái dốc thiết kế.

Sau khi thi công lớp đầu tiên, lại trải vải làm như trên sau đó thi công tiếp, cứ như thế thi công đến cao trình thiết kế. Lưu ý trong quá trình thi công, người thi công phải chịu trách nhiệm đảm bảo vải không bị phá hoại khi trải vải, san cát và đầm; trong những trường hợp các thiệt hại nhìn thấy trên vải, nhà thầu phải báo ngay cho các kỹ thiết kế để có biện pháp gia cố kịp thời và ở các lớp tiếp theo.

2.2.2 Xử lý nền đê bằng bè cây [6]

Đắp đất trên bè làm bằng gỗ, trầm, tàu lá dừa, bó cành cây là một trong những phương pháp đã được sử dụng lâu đời, đã từng được sử dụng thành công trong xây dựng đê. Khi sử dụng bè cây có những tác dụng chính sau:

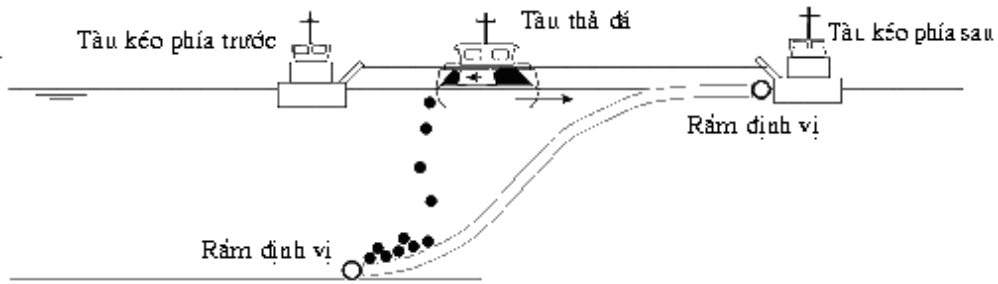
- Mở rộng diện tích truyền tải trọng, làm cho nền thiên nhiên chịu một tải trọng phân bố đều.
- Có thể ngăn không cho mặt trượt sâu xuyên qua nền đê.
- Ngăn không cho cát, đất chìm sâu vào nền đất yếu và nước cuốn trôi đất đắp.

Các loại đất mềm yếu thường có tính nén lún lớn và mực nước ngầm cao do đó sau một thời gian ngắn nền lún cố kết bè có thể chìm xuống dưới mực nước ngầm sẽ khó mực nát nên thời gian sử dụng được kéo dài đến khi nền cố kết xong. Dựa theo vật liệu sử dụng có thể chia bè thành 2 loại: Bè mềm và bè cứng.

Bè mềm được làm bằng các bó cành cây hoặc cây con như: trầm, tre, tàu lá dừa, sù vẹt có đường kính 2÷5cm thường được dùng để đắp đê lấn biển và đê quai đầm lầy. Ngoài ra bè mềm còn được dùng làm lớp lót trên nền đất yếu trước khi làm lớp đệm cát thay cho lớp vải địa kỹ thuật.

Bè cứng thường được làm bằng tre hoặc gỗ có đường kính lớn ghép lại.

Phương pháp đắp đê trên bè có ưu điểm là thi công đơn giản, trọng lượng nhẹ do đó ở những nơi có sẵn vật liệu làm bè thì đây chính là phương án khả thi. Đối với nền có mực nước ngầm không cao thì có thể đặt trực tiếp mảng liên kết xuống mặt nền bằng thủ công. Trường hợp mực nước ngầm trên nền cao thì việc thi công đưa mảng liên kết vào nền phức tạp hơn. Người ta chế tạo mảng liên kết trên bãi, sau đó sử dụng sức kéo của xà lan để lôi mảng ra vị trí cần hạ chìm. Việc hạ chìm được thực hiện từ một đầu của mảng. Đường biên của mảng được khóa lại bởi dầm cứng nên người ta hạ một đầu mảng xuống nhờ liên kết của dầm biên, sau đó thả đá lên mảng và đánh chìm dần dần cho đến hết mảng.



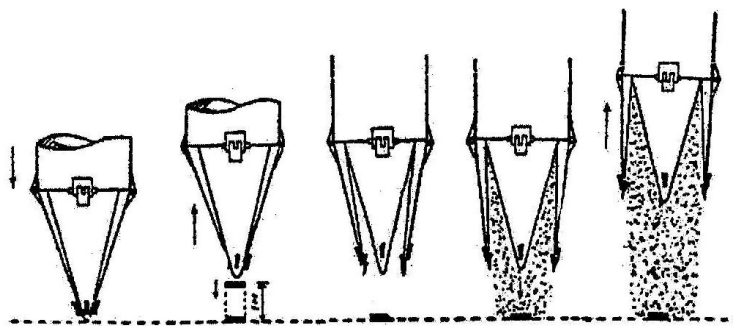
Hình 4: Hạ mông gia cố vào mặt nền



Hình 5: Thi công mông gia cố nền bằng tre

2.3. Xử lý nền bằng đệm cọc cát

Nén chặt đất bằng cọc cát là một phương pháp có hiệu quả để tăng tốc độ cố kết, là bố trí trong nền đất mềm yếu các thiết bị thoát nước dưới dạng đường thấm thẳng đứng. Hệ thống các đường thấm thẳng đứng thường được bố trí trong nền đất yếu trước khi đắp đất. Cọc cát là một giải pháp tạo nên đường thấm thẳng đứng. Cọc cát là cọc được tạo nên bằng cát. Đóng một ống thép rỗng bịt đáy vào trong đất sau đó nhổ ống lên và cho cát vào đầm chặt sẽ tạo nên cọc cát.



Hình 6: Nguyên lý thi công cọc cát

Thi công cọc cát gồm những bước sau đây:

- Chuẩn bị mặt bằng thi công tuyến đề;
- Dùng các tấm chống lầy và ray để vận chuyển máy khi đóng cọc;

- Dùng búa đóng cọc và hai ống thép đường kính 40cm, dài 4,5m nặng 450kg, mũi nhọn của ống thép có 4 cánh lắp bản lề. Để nén chặt cát trong cọc dùng 2 chày đầm bằng sắt dài 4m, đường kính 35cm, hai kích 50T để phòng khi rút ống không lên trong quá trình thi công.

Trình tự thi công như sau:

- Trước tiên di chuyển máy đóng cọc đến vị trí thiết kế, kê đệm cho máy cân bằng và vững chắc, điều chỉnh cho tim búa trùng với tim cọc, tiếp theo dùng tời của búa dựng ống lên để mũi nhọn ống thép đúng với tim cọc.

- Hạ búa chặn trên đầu ống, điều chỉnh cho ống thép thẳng đứng rồi bắt đầu hạ búa đóng cọc tới cao trình thiết kế; kéo cọc lên 1m để 4 cánh mũi cọc mở ra, đổ cát xuống, dùng tời của búa kéo chày đầm lên cho vào ống thép và hạ búa đóng 3 lần lên chặt cát, sau đó buộc chày đầm vào búa để kéo búa lên, tời thì dùng để kéo ống thép lên. Tiếp tục kéo ống thép lên 1m đổ cát vào ống thép; hạ chày đầm và búa đóng 3 lần để nén chặt cát. Tiếp tục kéo ống lên 1m nữa, đổ cát; hạ búa đóng như trước, cứ như thế kéo ống lên, nhồi đầy cát và dùng chày đầm chặt cọc cát.

- Sau khi thực hiện xong cọc cát, cần tiến hành kiểm tra xác định trọng lượng thể tích, hệ số rỗng của đất, cũng như các chỉ tiêu cơ lý cần thiết khác ở khoảng cách giữa các cọc cát. Những trị số này yêu cầu phải phù hợp với các số liệu tính toán trong thiết kế.

Khoảng cách giữa các cọc cát:

$$L = 1,904d_c \sqrt{(1 + e_o) / (e_o - e_{nc})} \quad (2)$$

Trong đó:

d_c - đường kính cọc cát

e_o - Hệ số rỗng của đất thiên nhiên trước khi nén cát

e_{nc} - Hệ số rỗng của cọc cát

Chiều sâu chôn cọc cát:

Chiều sâu tại đó ứng suất $\sigma_z \leq 0,5 \sigma_{dn}$

$$\sigma_{dn} = \gamma_{tn} \cdot Z \quad (3)$$

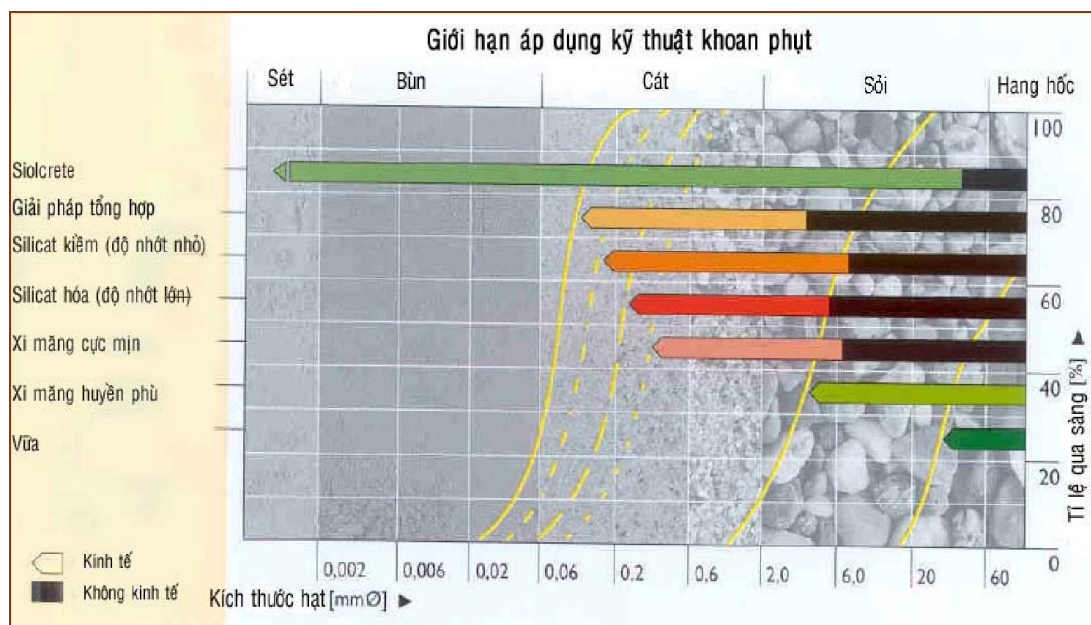
Z - Chiều sâu tính ứng suất.

2.4. Xử lý nền bằng cố kết vật liệu

Trong trường hợp yêu cầu thời gian thi công nhanh, sức chịu tải lớn các giải pháp trên không đáp ứng yêu cầu này thì người ta có thể sử dụng phương pháp cố kết nền bằng vật liệu dính kết. Đặc điểm của phương pháp này là cứng hóa nền bằng chính vật liệu của nền thông qua gia cường chất keo kết. Công nghệ ra đời từ những năm 70 của thế kỷ trước. Công nghệ được nâng cấp theo thời gian: công nghệ 1 pha, 2 pha và 3 pha; và đến nay được áp dụng khá hiệu quả trong xử lý nền đường, xử lý chống thấm, gia tăng khả năng chịu tải của nền. Nguyên lý của phương pháp là: dưới tác dụng của áp lực dòng tia rất cao các phần tử đất xung quanh lỗ khoan bị xói toai ra và hoà trộn với vữa phụt, sau khi đông cứng tạo thành một khối đồng nhất gọi là Soilcrete [7].

Cường độ chịu nén của Soilcrete từ 20 ÷ 250 kg/cm², phụ thuộc vào loại đất nền. Nếu nền bùn sau khi gia cố có thể đạt 20 ÷ 50 kg/cm². Công nghệ gia cố bằng keo kết vật liệu

nguyên bản của nền còn có tên là phương pháp trộn sâu. Phạm vi áp dụng của nó là rất rộng. Điều này được thể hiện ở sơ đồ sau.



Hình 7: Phạm vi ứng dụng hiệu quả của các loại công nghệ khoan phụt.

2.5 Giải pháp thi công phân chia giai đoạn đắp hợp lý để tăng cường độ kết của nền

Đối với những con đê không cao, thời gian thi công cho phép kéo dài thì có thể áp dụng giải pháp gia tăng dần cường độ nén của nền để tăng dần tính ép co, tăng cường độ kết của nền và chính khối vừa đắp xong.

Thông thường nên chia chiều cao đê thành giai đoạn thi công, mỗi giai đoạn lại chia ra các đợt nhỏ trong năm để nâng dần chiều cao. Có thể chia ra thành 2÷3 lớp trong một mùa thi công. Phương pháp này đã được áp dụng tại đồng bằng sông Cửu Long khá hiệu quả.

3. Không chế và kiểm tra độ chặt của nền

3.1. Không chế chất lượng của khối đắp

Do yêu cầu về phòng lún, có thể cả yêu cầu thấm với trường hợp cá biệt, việc không chế độ chặt của khối đắp là việc rất quan trọng. Trong thiết kế cần chọn độ đầm chặt hợp lý. Sau đó người thi công và giám sát thực hiện yêu cầu này.

Độ chặt của đất nền được xác định thông qua hệ số đầm chặt. Chỉ tiêu độ chặt phụ thuộc vào thành phần hạt cấu thành nên loại đất sử dụng. Nếu đất dính thông thường độ đầm chặt yêu cầu $k > 0,95$. Nếu đất cát độ chặt lấy theo Bảng 1 trên.

3.2 Kiểm tra độ đầm chặt của khối đắp

Kiểm tra độ đầm chặt của khối đắp được xác định thông qua dung trọng khô. Việc xác định dung trọng khô của khối đắp ổn định có thể sử dụng phương pháp dao vòng cổ điển, phương pháp bình rót cát, phương pháp đo bằng máy phóng xạ. Nếu khối đắp độ ẩm cao, đặc biệt bão hòa nước, khối đắp sâu, trong trường hợp này sử dụng đo xuyên tiêu chuẩn[3].

4. Kết luận

Đê biển được xây dựng theo tuyến, bám theo đường bờ tự nhiên, thông thường đặt trên nền đất mới, khả năng chịu tải của nền là kém. Để kết cấu đê ổn định dưới tác động của tải trọng, nền cần được xử lý chống lún, trượt và có thể cả chống thấm. Phương pháp xử lý đệm cát sử dụng cho nền mà lớp bóc bỏ nông, dưới lớp đất yếu thay thế là lớp tương đối khô. Nếu tầng đất yếu sâu hơn thì phương án cọc cát mang hiệu quả cao (thông thường từ 4 ÷ 10m sâu). Nền là sét pha, chiều cao đê không quá 5,0m có thể sử dụng phương pháp gia cố vải địa kỹ thuật, gia cố bè mảng sát nền. Trường hợp đất nền yếu, độ sệt $B > 0,75$ thì nên sử dụng phương pháp đắp phân đoạn thời gian là hợp lý. Trong trường hợp cần thi công nhanh, yêu cầu sức chịu tải của nền cao, yêu cầu chống thấm thì có thể áp dụng phương pháp phụt vữa áp lực cao.

Tài liệu tham khảo

- [1] Ngô Đình Tuấn & nnk, 1998. Quy hoạch tổng quan đê biển toàn quốc, *Báo cáo chung*, Hà nội 3-1998.
- [2] Nguyễn Văn Thơ, Trần Thị Thanh, 2002. *Xây dựng đê đập, đắp nền tuyến dân cư trên đất yếu ở đồng bằng sông Cửu Long*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội 2002;
- [3] 14TCN 130-2002, *Hướng dẫn thiết kế đê biển*, NXB NN, Hà Nội 2002;
- [4] Lê Xuân Roanh, 2007. *Công nghệ xử lý nền và thi công đê trên nền đất yếu*, Chuyên đề sau đại học, Đại học Thủy lợi, Hà Nội 2007.
- [5] Nguyen Huu Phuc, 2006. Vietnam Seadikes, Existing Situations, Planning on Improving and Upgrading, Proceeding of Workshop 4-8/Dec. 2006. Hanoi.
- [6] Phạm Văn Quốc & nnk 2006. *Công trình bảo vệ bờ và đáy*, Đại học Thủy lợi.
- [7] Nguyễn Quốc Dũng và nnk 2005. *Công nghệ khoan phụt cao áp trong xử lý nền đất yếu*, Nhà xuất bản Nông nghiệp.