

Improve the economic – technical efficiency of the one-anchor pile-wall wharf by selecting the anchorage height and the thickness of the rock layer to replace soft soil in front of the wall reasonably

Nguyen Van Vi*, Nguyen Van Hien

The University of Transport and Technology, 54 Trieu khuc, Ha Noi, Vietnam

Article info

Type of article:

Original research paper

'Corresponding author:

E-mail address:

vinv@utt.edu.vn

Received:

29/12/2021

Accepted:

30/05/2022

Published:

29/06/2022

Abstract: The article presents the need on the selection of the reasonable anchor elevation and thickness of the slag stone or the rock layer to replace the soft soil in front of the wall in order to create one-anchor piling wall wharf works with high economic and technical efficiency. Calculations for single mooring piling piers are based on Blum's "equivalent beams" method and are made into a TC-TD-DTD calculation program. The studies have resulted in the following basic results:

- Considering all factors of bearing, economy and construction conditions, the reasonable anchorage depth should only be selected in the range $h_n = (0.20 - 0.32)H_t$, where H_t is the height of the work.

- Only slag stone should be filled at behind the pile wall, but replacing the soft soil in front of the wall with slag stone has little effect with the minimum thickness is $h_d > 3.1$ m, so soft soil should be replaced in front of the wall rock with thickness $h_d = (2.0 - 3.0)$ m.

The research results can be applied in practice when designing new construction, as well as renovating and upgrading harbor works in the form of one-anchor pile-walls.

Keywords: One-anchor piling wall wharf works, the anchor elevation, thickness of rock layer, economic and technical efficiency, "equivalent beams" method.

Nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của công trình bến tường cừ một neo bằng cách lựa chọn cao trình gắn neo và chiều dày lớp đá thay thế đất yếu trước tường hợp lý

Nguyễn Văn Vi*, Nguyễn Văn Hiền

*Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải, số 54 Triều Khúc, Hà Nội

Thông tin bài viết

Dạng bài viết:

Bài báo nghiên cứu

Tác giả liên hệ:

Địa chỉ E-mail:

vinv@utt.edu.vn

Ngày nộp bài:

29/12/2021

Ngày chấp nhận:

30/05/2022

Ngày đăng bài:

29/06/2022

Tóm tắt: Bài báo trình bày sự cần thiết nghiên cứu lựa chọn cao trình gắn neo và chiều dày của lớp đá xít thải và đá hộc thay thế đất yếu trước tường hợp lý để tạo ra công trình bến tường cừ một neo có hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao. Các tính toán công trình bến tường cừ một neo dựa trên phương pháp "dầm tương đương" của Blum và được lập thành chương trình tính TC-TD-DTD. Các nghiên cứu đã đưa đến kết quả cơ bản là:

- Xét cả các yếu tố về chịu lực, kinh tế và điều kiện thi công thì chiều sâu gắn neo hợp lý chỉ nên lựa chọn trong khoảng $h_n = (0.20 - 0.32)H_t$, với H_t là chiều cao công trình.

- Chỉ nên lấp đá xít ở sau tường cừ, còn việc thay thế đất yếu trước tường bằng đá xít mang lại ít hiệu quả với chiều dày tối thiểu $h_d > 3.1$ m, do đó nên thay thế đất yếu trước tường bằng đá hộc với chiều dày $h_d = (2.0 - 3.0)$ m.

Các kết quả nghiên cứu có thể được ứng dụng trong thực tế khi thiết kế xây dựng mới, cũng như cải tạo nâng cấp các công trình bến cảng dạng tường cừ một neo.

Từ khóa: Công trình bến tường cừ một neo, cao trình gắn neo, chiều dày lớp đá, hiệu quả kinh tế - kỹ thuật, phương pháp "dầm tương đương".

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các công trình bến cảng ở Việt Nam phần lớn được xây dựng ở cửa sông, ven biển, ven sông,... Đặc điểm chung của các công trình này là hầu hết được xây dựng trên nền đất yếu. Vì thế, tạo ra kết cấu công trình hợp lý về kỹ thuật và kinh tế để xây dựng trong các điều kiện như vậy luôn là nhiệm vụ khó khăn, đặc biệt đối với công trình bến dạng tường cừ.

Công trình bến tường cừ một neo là một trong những dạng công trình bến được xây dựng nhiều trên thế giới. Theo đánh giá của nhiều nhà khoa học, ưu điểm của loại công trình này là có kết

cấu đơn giản, giá thành rẻ và ít nhạy cảm nhất với sự vượt tải so với các dạng công trình bến khác [1]. Ngoài ra, ở Việt Nam, khi xây dựng loại công trình này có thể sử dụng vật liệu trong nước, công nghệ sản xuất các cấu kiện và thi công đơn giản, việc duy tu bảo dưỡng trong quá trình khai thác không tốn kém,...[2].

Tuy nhiên, việc lựa chọn kết cấu công trình bến tường cừ một neo ở nước ta khi thiết kế xây dựng cảng còn rất hạn chế. Có nhiều nguyên nhân dẫn đến tình trạng này: các kỹ sư hiểu biết còn hạn chế về sự làm việc của công trình và các cấu kiện, trong việc nắm được phương pháp tính toán, đã

xảy ra một vài sự cố của loại công trình này trong thực tế,... Tuy nhiên, một trong các nguyên nhân chủ yếu là chưa tạo ra được kết cấu hợp lý khi thiết kế xây dựng. Đó là lựa chọn cao trình gắn neo và chiều dày của lớp đá hoặc cát thay thế đất yếu trước tường hợp lý. Ngay cả [3], được coi là giáo trình cho sinh viên và là một tài liệu tham khảo quan trọng của ngành Cảng - Đường thủy nhiều năm qua cũng không đề cập đến vị trí hợp lý của điểm gắn neo trên tường mặt. Việc lựa chọn hợp lý các tham số trên sẽ tạo ra kết cấu công trình bến tường cừ một neo có hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao, nghĩa là vừa an toàn, vừa kinh tế.

Như đã biết, vật liệu truyền thống lấp sau tường cừ thường là vật liệu rời, không có lực dính như cát và đá học. Tuy nhiên, có thể lấp sau tường bằng đá xít thải. Đá xít thải là loại vật liệu đất, đá thải tại bãi thải, là sản phẩm thừa của quá trình khai thác và tuyển chọn than, mà thành phần hạt chủ yếu là các loại hạt có kích thước lớn hơn 5 cm (tức nhóm A, chiếm khoảng 90% khối lượng) [4]. Loại vật liệu thô có kích thước như thế hoàn toàn có thể được dùng để lấp sau công trình bến cảng và công trình kè bờ dạng tường chắn, rất có lợi cho việc giảm tải trọng tác dụng lên các công trình này, thay thế cho vật liệu đất hơn là cát và đá học, đem lại hiệu quả kinh tế cao.

Ở nước ta, theo số liệu thống kê, khối lượng đá xít thải tích tụ từ khai thác than rất lớn. Riêng tại khu vực Cẩm Phả - Quảng Ninh tính đến hết năm 2012 đã vào khoảng 3,7 tỷ m³ [4]. Việc tận dụng đá xít thải làm vật liệu lấp sau công trình bến sẽ đảm bảo chủ động về nguồn khai thác vật liệu, lợi thế về giá thành, giảm ô nhiễm môi trường và tránh tai họa do sạt lở của các đống đá xít thải cao đến hàng trăm mét ở các bãi thải [4].

Trong bài báo trình bày kết quả nghiên cứu lựa chọn cao trình gắn neo và chiều dày của lớp đá xít và đá học thay thế đất yếu trước tường hợp lý, tạo ra kết cấu công trình bến tường cừ một neo có hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao.

2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN TƯỜNG CỪ MỘT NEO

2.1. Các sơ đồ tính toán cơ bản

Ngày nay, tùy thuộc độ cứng theo chiều dài của tường và các điều kiện ngàm của tường trong đất mà người ta sử dụng hai sơ đồ cơ bản để tính toán tường cừ một neo [5], được thể hiện trên các Hình 1 và 2.

- Sơ đồ thứ nhất: Chiều sâu chôn tường được xác định từ điều kiện đảm bảo cân bằng tĩnh của tường chống lại lực đẩy của áp lực đất chủ động (sơ đồ của E. K. Iakob, Hình 1).

- Sơ đồ thứ hai: Được thiết lập theo điều kiện nhận được các giá trị nhỏ nhất của các mômen uốn trong tường, nghĩa là các mômen uốn trong phần nhịp tường và trong phần ngàm trong đất phải xấp xỉ bằng nhau (sơ đồ của Blium-Lomeier, Hình 2).

Sơ đồ tính toán thứ hai thường được sử dụng hơn vì việc chôn sâu tường thêm một đoạn nào đó cho phép nhận được hiệu quả kinh tế lớn hơn vì làm cho tường mỏng đi và các thiết bị neo nhẹ hơn. Tính toán tường mềm một neo bằng phương pháp Blium-Lomeier hay còn gọi là phương pháp *đường đàn hồi* được tiến hành với giả thiết là, đoạn tường phía dưới hoàn toàn được ngàm trong đất [5].

Việc tính toán được tiến hành bằng phương pháp gần đúng dần và đòi hỏi một khối lượng tính toán rất lớn, đặc biệt trong trường hợp nền không đồng nhất. Vì thế, để giảm khối lượng tính toán người ta sử dụng phương pháp tính toán bằng đồ giải của Blium-Lomeier bằng cách xây dựng liên tiếp các biểu đồ áp lực đất, đa giác lực, đa giác dây và đường đàn hồi của tường. Điều kiện khép kín của đa giác dây là phải đảm bảo mômen nhịp và mômen ngàm xấp xỉ bằng nhau $M_{\max} \approx M_{\max\alpha}$ (hình 2c). Từ đó xác định được các thông số tính toán của tường. Phương pháp tính toán tường cừ bằng đồ giải đã được đưa vào Tiêu chuẩn thiết kế [6] và được trình bày chi tiết trong [1], [2].

2.2. Phương pháp “dầm tương đương” của Blium

Phương pháp đồ giải của Blium-Lomeier để tính toán tường cừ một neo là thuận lợi và đã được

đưa vào Tiêu chuẩn [6]. Phương pháp này rất phù hợp và hữu ích trong suốt nhiều chục năm khi công nghệ tính toán còn hạn chế. Tuy nhiên, nhược điểm cơ bản của phương pháp là tốn nhiều thời gian, công sức và độ chính xác không cao.

Trong mục này trình bày nội dung phương pháp “dầm tương đương” của Blium để tính toán công trình bến tường cừ một neo và lập chương trình tính toán.

Như đã biết, việc tính toán công trình tường cừ một neo để xác định đồng thời 3 tham số chính của công trình là mô men lớn nhất trong tường, lực neo và chiều sâu chôn tường gặp rất nhiều khó khăn. Tuy nhiên, khi nhận xét biểu đồ mômen uốn trong tường, được thể hiện trên Hình 3b, Blium cho rằng: nếu biết vị trí điểm có mômen bằng không O, cách đáy bến một khoảng z_0 nào đó, thì việc tính toán tường xét đến sự ngàm của nó trong đất sẽ trở nên đơn giản hơn.

Tư tưởng của Blium là: sau khi ấn định trước được vị trí điểm O, đưa bài toán trở thành bài toán tĩnh định. Khi nghiên cứu cách giải chính xác bài toán, Blium đã tìm được sự phụ thuộc của độ sâu điểm O vào góc ma sát trong của đất và chiều cao tường (Hình 4). Một số tác giả khác cũng nghiên cứu và tìm được vị trí điểm có mômen bằng 0, các kết quả này và kết quả của Blium về cơ bản là như nhau [7], [8].

Sau khi xác định được điểm O, tức xác định được z_0 , lực neo R_a được xác định từ điều kiện: tổng mômen đối với điểm O của tất cả các lực tác dụng phía trên điểm này bằng 0 (Hình 5).

Khi biết lực neo R_a , dùng phương pháp mặt cắt có thể xác định được vị trí và giá trị mômen lớn nhất trong nhịp tường M_{max} . Sau đó tính lực cắt Q_0 tại tiết diện có mômen bằng 0 theo điều kiện: tổng các lực nằm ngang tác dụng lên phần tường phía trên điểm O, kể cả lực neo R_a , bằng không. Và cuối cùng, độ sâu chôn tường t_0 được xác định từ điều kiện: tổng mômen đối với điểm dưới cùng của tường O_1 của lực Q_0 và các áp lực đất chủ động và bị động của các phần biểu đồ dưới điểm O bằng 0, đồng thời phải đảm bảo điều kiện $M_{max} \approx M_{maxd}$.

Các bước trên có thể được thể hiện theo trình tự tính toán trên các Hình 5, 6, 7.

Sau khi tính toán và vẽ được các biểu đồ áp lực đất và xác định giá trị z_0 , có thể xác định được các tham số của tường theo trình tự sau đây.

- Xác định lực neo R_a . Lực neo R_a được xác định từ điều kiện bằng 0 của tổng mômen M_R các lực tác dụng cao hơn điểm O đối với chính điểm này (Hình 5). Ở đây xác định được:

$$M_R = E_{at1}(z_0 + h_{a2} + h_{a1} / 2) + E_{ad1}(z_0 + h_{a2} + h_{a1} / 3) + E_{at2}(z_0 + h_{a2} / 2) + E_{ad2}(z_0 + h_{a2} / 3) + (E_{atZ_0} - E_{btZ_0}) \cdot z_0 / 2 + (E_{adZ_0} - E_{bdZ_0}) \cdot z_0 / 3 \quad (1)$$

Khi đó

$$R_a = M_R / (H_t - h_n + z_0) \quad (2)$$

Các ký hiệu trong các công thức (1), (2) được thể hiện trên Hình 5.

Giá trị của lực trong thanh neo khi thanh neo nằm ngang được xác định theo công thức

$$R_{aS} = 1,5 \cdot R_a \cdot l_a \quad (3)$$

ở đây l_a – bước các thanh neo theo phương dọc bến;

1,5 – hệ số xét đến sự phân bố lại của áp lực đất lên tường và sự căng không đều của các thanh neo [6].

- Xác định lực cắt Q_0 .

Lực Q_0 trên mặt cắt có mômen bằng 0 được tính từ điều kiện: tổng tất cả các lực nằm ngang tác dụng lên phần tường cao hơn điểm O bằng 0 (Hình 5), nghĩa là

$$\sum_{i=1}^2 (E_{ati} + E_{adi}) + E_{atZ_0} + E_{adZ_0} - E_{ptZ_0} - E_{pdZ_0} - R_a - Q_0 = 0 \quad (4)$$

từ đây

$$Q_0 = \sum_{i=1}^2 (E_{ati} + E_{adi}) + E_{atZ_0} + E_{adZ_0} - E_{ptZ_0} - E_{pdZ_0} - R_a \quad (5)$$

- Xác định mômen lớn nhất trong nhịp tường M_{max} .

Để xác định mômen lớn nhất trong nhịp tường, ta thiết lập công thức tính mômen trong nhịp tường tại mặt cắt Z nào đó cách đáy lớp đất thứ nhất một đoạn z (xem Hình 6).

Sau khi thiết lập hàm M(z) và viết gọn lại ta, nhận được

$$M(z) = A.z^3 + B.z^2 + C.z + D \quad (6)$$

trong đó

$$\begin{aligned} A &= -(\sigma_{ad2} - \sigma_{at2}) / 6h_{a2}; \\ B &= -\frac{\sigma_{at2}}{2}; \\ C &= R_a - (\sigma_{at1} + \sigma_{ad1}) \cdot \frac{h_{a1}}{2}; \\ D &= R_a(h_{a1} - h_n) - (\sigma_{at1} + \sigma_{ad1} / 2) \cdot \frac{h_{a1}^2}{3} \end{aligned} \quad (7)$$

Đạo hàm hàm M(z) và cho bằng 0 ta xác định được giá trị z_{max} , tức vị trí xuất hiện M_{max} và mômen lớn nhất trong nhịp được xác định theo công thức

$$M_{max} = A.z_{max}^3 + B.z_{max}^2 + C.z_{max} + D \quad (8)$$

- Xác định độ sâu chôn tường t_o và mômen lớn nhất trong phần tường bị ngàm trong đất M_{maxd} .

Như đã biết, độ sâu chôn tường t_o được xác định từ điều kiện bằng 0 của tổng các mômen đối với điểm dưới cùng của tường O_1 do lực Q_o và các lực áp lực đất chủ động và bị động của các phần biểu đồ thấp hơn điểm O gây ra (xem Hình 7):

$$\begin{aligned} &Q_o(g+h) + (E_{a3} - E_{p3})(g/2+h) \\ &+ (E_{a4} - E_{p4})(g/3+h) \\ &+ (E_{a5} - E_{p5})(h/2) \\ &+ (E_{a6} - E_{p6})(h/3) = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

trong đó các ký hiệu được thể hiện trên Hình 7.

Từ (9) chúng ta nhận được phương trình bậc 3 để xác định chiều sâu h:

$$h^3 + A_m h^2 + B_m h + C_m = 0 \quad (10)$$

trong đó A_m, B_m, C_m – các tham số phụ thuộc các biến đầu vào và Q_o [9].

Giải phương trình bậc 3 đối với h, ta nhận được giá trị cần tìm h. Có thể giải phương trình bậc ba (10) bằng các phương pháp khác nhau: phương pháp Karđanô, phương pháp giải với các tham số bổ sung [7], hoặc giải bằng môđun của ngôn ngữ MATLAB,...

Khi đó, chiều sâu chôn tường t_o được xác định bằng công thức:

$$t_o = z_o + h \quad (11)$$

Xuất phát từ điều kiện chịu lực ổn định của công trình, độ chôn sâu tính toán của tường ngàm hoàn toàn phải được xác định theo công thức:

$$t = t_o + \Delta t \quad (12)$$

Trị số Δt thường được lấy gần đúng bằng $(0,15 - 0,2)t_o$.

Hàm biểu diễn mômen uốn của phần tường ngàm trong đất có dạng

$$M(z_h) = A_o z_h^3 + B_o z_h^2 + C_o z_h + D_o \quad (13)$$

trong đó A_o, B_o, C_o, D_o , – các tham số tính toán [9].

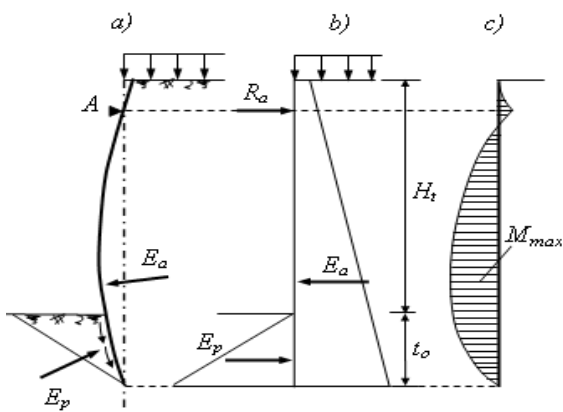
Đạo hàm hàm $M(z_h)$ và cho bằng 0, giải phương trình bậc 2 sau khi đạo hàm ta nhận được

$$z_h = z_{hmax}, \text{ nghĩa là biết được vị trí xuất hiện mô}$$

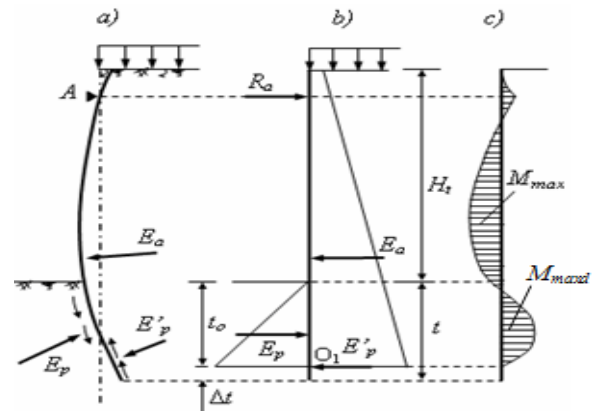
men lớn nhất M_{maxd} trong đất. Thay z_{hmax} vào (13) tìm được giá trị M_{maxd}

$$M_{maxd} = A_o z_{hmax}^3 + B_o z_{hmax}^2 + C_o z_{hmax} + D_o \quad (14)$$

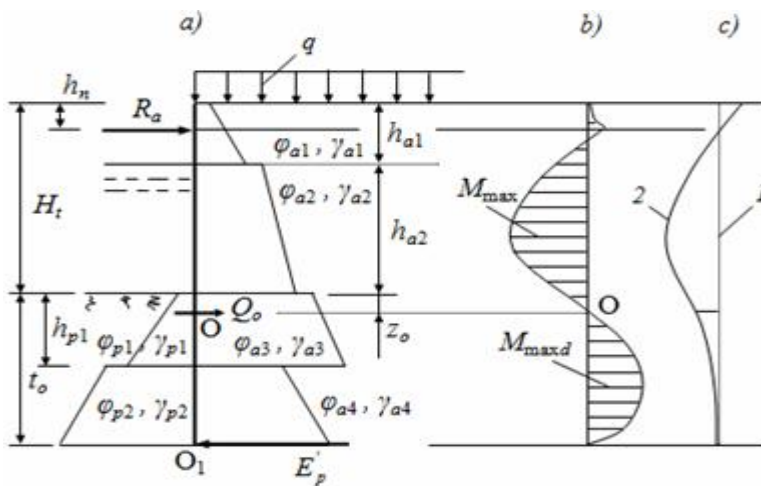
Như vậy các tham số cơ bản của tường cừ là $R_a, t_o, M_{max}, M_{maxd}$ đã được xác định. Ngoài ra, các tác giả cũng đã xác định được các tham số tính toán khác của công trình tường cừ một neo như mô men tại gối neo, lực kéo trong thanh neo, đường kính và chiều dài thanh neo, mô men độ bền tường mặt,... Các tác giả cũng đã xét các trường hợp $z_o < h_{p1}$ và $z_o \geq h_{p1}$, với h_{p1} là chiều dày lớp đất thứ nhất phía bị động trước tường.



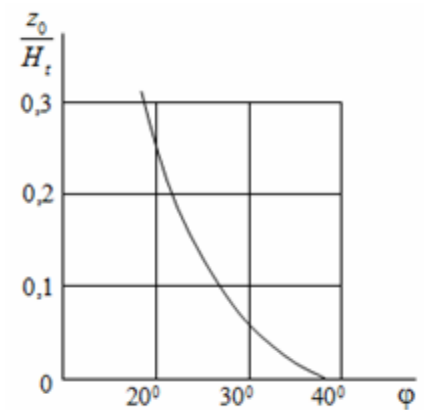
Hình 1. Tính toán tường cừ một neo theo sơ đồ của E. K. Jakob: a) sơ đồ làm việc của tường; b) sơ đồ tính toán; c) biểu đồ mô men uốn của tường [2], [5]



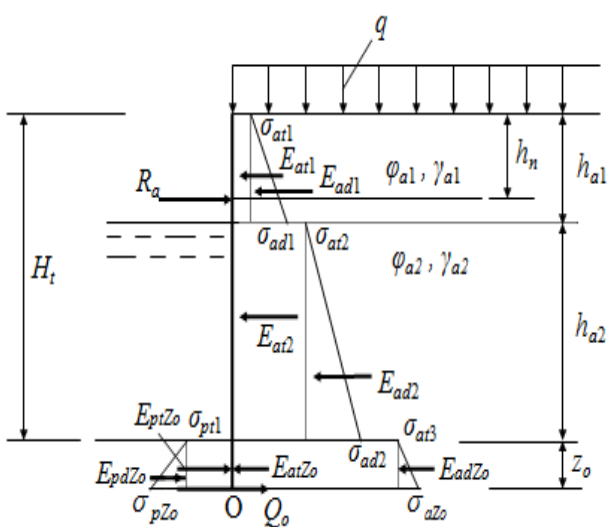
Hình 2. Tính toán tường cừ một neo theo sơ đồ Blum-Lomeier: a) sơ đồ làm việc của tường; b) sơ đồ tính toán; c) biểu đồ mô men uốn của tường [2], [5]



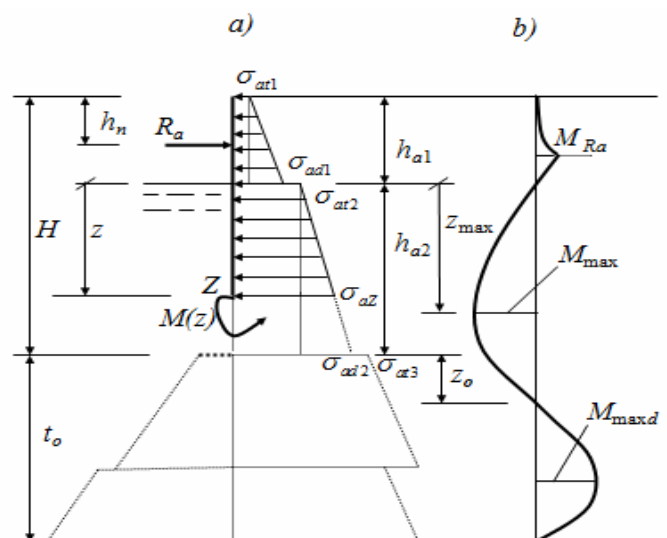
Hình 3. Tính toán tường cừ mềm một neo: a) sơ đồ tính toán; b) biểu đồ mô men uốn; c) trục đàn hồi của tường: 1- trước biến dạng; 2- sau biến dạng



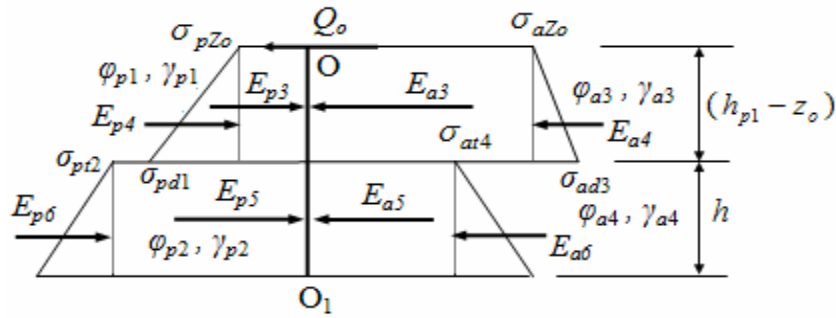
Hình 4. Đồ thị để xác định điểm có mô men bằng không theo phương pháp của Blum [8]



Hình 5. Sơ đồ tính toán phần tường cừ trên điểm O để xác định R_a và Q_o



Hình 6. Xác định mô men uốn lớn nhất M_{max} trong nhịp: a) sơ đồ tính; b) biểu đồ mô men



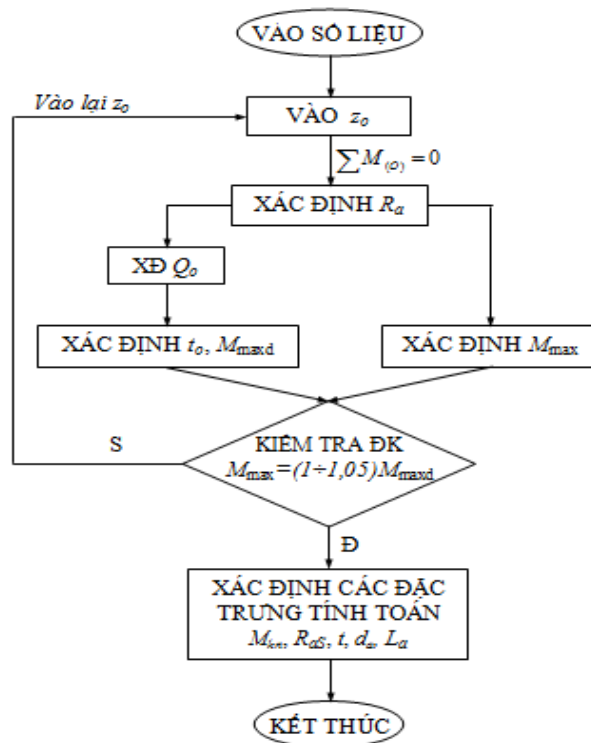
Hình 7. Sơ đồ tính toán phân tầng cừ dưới điểm O để xác định t_0 và M_{maxd} khi $z_0 < h_{p1}$

2.3. Lập chương trình tính toán TC-TD-DTD

Theo Phương pháp “dầm tương đương” của Blium đã được trình bày, PGS.TS. Nguyễn Văn Vi đã lập chương trình tính toán công trình tường cừ một neo TC-TD-DTD trên ngôn ngữ Turbo Pascal để phục vụ nghiên cứu. Sơ đồ khối để xây dựng chương trình tính được thể hiện trên hình 8. Tiếp theo, Procedure “VAO SO LIEU” của chương trình tính được thể hiện trong Bảng 2 và tính toán cho

trường hợp điểm gắn neo có chiều sâu $h_n = 0,25H_t$ với chiều dày lớp đá xít thải thay thế đất yếu trước tường $h_d = 2,0$ m. Tường mặt được cấu tạo từ các cọc ván thép Larxen V. Số lớp đất phía sau tường là 4, số lớp đất trước tường là 2. Các số liệu ban đầu khác được cho trong Bảng 3 (Phần 3).

Kết quả tính toán được thể hiện như ví dụ trong Bảng 1.



Hình 8. Sơ đồ khối chương trình tính toán công trình tường cừ một neo TC-TD-DTD

Bảng 1. Procedure “VAO SO LIEU” của chương trình tính TC-TD-DTD

```

*****
*                                     *
*           CHƯƠNG TRÌNH             *
*   TINH TOAN CTB TUONG CU 1 NEO THEO TAT DINH *
*           TC-TD-DTD                 *
*                                     *
*   NGUOI LAP: PGS.TS. NGUYEN VAN VI- 2002-2021 *
*                                     *
*****
=> De tien tục xin an ENTER_
    
```

VAO SO LIEU:

```

So lop dat cd: cd=4
Chcao tuong: Ht(m)=10
Chcao ban neo: hbn(m)=2.2
Tai trong khai thac: q(kPa)=40
Buc theo theo phoc ben: lra(m)=2.52
G.han chay cua thep t.mat: sc(MPa)=275
Dac trung cac lop dat ben phai tuong:
ha[1](m)=4
ha[2](m)=6
ha[3](m)=2
He so ald chu dong: la[1]=0.24
He so ald chu dong: la[2]=0.27
He so ald chu dong: la[3]=0.54
He so ald chu dong: la[4]=0.54
Hso ald chu dong do luc dinh: lac[1]=0
Hso ald chu dong do luc dinh: lac[2]=0
Hso ald chu dong do luc dinh: lac[3]=1.4
Hso ald chu dong do luc dinh: lac[4]=1.4
Ga[1](kN/m3)=15.62
Ga[2](kN/m3)=10
Ga[3](kN/m3)=11
Ga[4](kN/m3)=11
Phia[1](do)=35
Phia[2](do)=32
Phia[3](do)=15
ca[3](kPa)=10
ca[4](kPa)=10
Dac trung cac lop dat ben trai tuong:
He so ald bi dong: lb[1]=4.39
He so ald bi dong: lb[2]=1.86
Hso ald bi dong do luc dinh: lbc[1]=0
Hso ald bi dong do luc dinh: lbc[2]=2.52
hb[1](m)=2
Gb[1](kN/m3)=10
cb[1](kPa)=0
    
```

Bảng 2. Ví dụ về bảng kết quả tính toán tường cừ một neo

KET QUẢ TÍNH TOÁN

hn(m)=2.50; hd(m)=2.00; z0(m)=3.475

THAM SO TÍNH TOÁN	GIÁ TRỊ
LUC NEO TT Ra kN/m	211.9126
LUC TRONG THNEO Ras kN	801.0298
MOMEN TẠI CTR.NEO kNm/m	39.7625
Mmax TRONG NHIP kNm/m	526.6460
Mmaxd TRONG NGAM kNm/m	-526.4880
Zmaxn TRONG NHIP m	4.2893
Zmaxd TRONG NGAM m	4.8365
DO SAU CHON COC t0 m	11.8225
DO SAU CHON COC t m	13.5959
DUONG KINH THNEO da cm	6.6687
CHIEU DAI THNEO Lneo m	18.7014
KN CHKEO CUA TNEO Rar kN	802.9254
DO BEN T.MAT Mp kNm/m	840.4000

DE RA ==> AN ENTER

2.4. Bài toán lựa chọn cao trình gắn neo và chiều dày lớp đá thay thế đất yếu trước tường hợp lý

Nghiên cứu kết cấu công trình, tạo ra kết cấu hợp lý nhất, nghĩa là có hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao nhất để áp dụng vào thực tế là vấn đề cực kỳ quan trọng và luôn được đặt ra trước các nhà khoa

học về xây dựng. Nghiên cứu sự làm việc của công trình tường cừ một neo đã được tiến hành từ lâu [5], [8], [10]. Tuy nhiên, rất ít công trình nghiên cứu về khoảng đặt cao trình neo hợp lý nhất được công bố. Trong [12] khuyến nghị rằng, chiều dài tối ưu của phần conson (từ đỉnh tường cừ đến cao trình gắn thanh neo) không được lớn hơn 0,35 chiều

cao tự do của tường. Các công trình [1], [11] cũng tổng hợp và phân tích rất nhiều kết quả nghiên cứu về tính toán loại công trình bển tường cừ một neo, nhưng cũng không đưa ra kết luận về vị trí gắn neo hợp lý nhất. Ngoài ra, cũng không có công trình nào đề xuất thay thế phần đất yếu trước tường bằng vật liệu có các đặc trưng cơ-lý tốt hơn cho sự làm việc của công trình, cũng như lựa chọn chiều dày hợp lý nhất của vật liệu thay thế trong công trình bển tường cừ một neo.

Trong thực tế từ nhiều năm nay, các nhà thiết kế thường chọn cao trình gắn neo trong công trình bển tường cừ một neo theo kinh nghiệm hoặc định tính, không có cơ sở khoa học chặt chẽ. Đồng thời, việc thay thế lớp đất yếu trước tường bằng vật liệu tốt hơn cũng ít được quan tâm. Điều đó làm cho hiệu quả sử dụng dạng kết cấu này còn rất hạn chế.

2.4.1. Về vị trí gắn neo

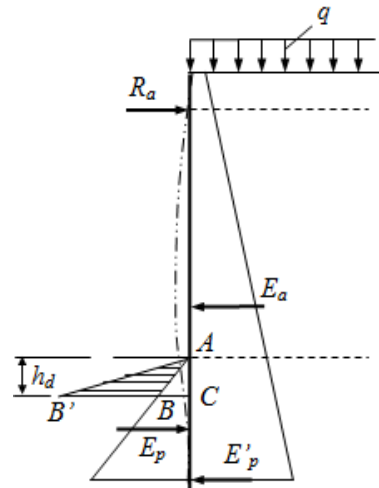
Cao trình vị trí gắn neo vào tường mặt có ảnh hưởng lớn đến nội lực trong tường và chiều sâu chôn tường, nhưng chưa có nghiên cứu trong nước và nước ngoài nào xác định và đề xuất khoảng vị trí gắn neo hợp lý, có lợi nhất về nội lực và kinh tế

Nhóm nghiên cứu đã xét sự thay đổi các tham số tính toán của tường cừ một neo như nội lực và chiều sâu chôn cọc, đường kính và chiều dài thanh neo,... theo sự thay đổi của cao trình gắn neo (thể hiện bằng chiều sâu điểm gắn neo tính từ mặt bển h_n) với các trường hợp tính toán $h_n = (0.15; 0.20; 0.25; 0.30; 0.35)H_t$, trong đó H_t là chiều cao của công trình bển. Việc xét sự thay đổi các tham số tính toán của tường cừ một neo theo sự thay đổi của h_n đều gắn với một chiều dày h_d của đá xít thải hoặc đá hộc thay thế đất yếu trước tường.

2.4.2. Về chiều dày lớp đá thay thế đất yếu trước bển

Tường mặt của công trình bển tường cừ một neo được chôn vào đất và chịu uốn. Vị trí biến dạng lớn nhất của tường và mô men lớn nhất thường

xuất hiện ở trên hoặc dưới đáy bển một khoảng nào đó. Do đó, nếu thay thế lớp đất yếu trước bển bằng vật liệu có chỉ tiêu cơ - lý tốt hơn, như đá xít thải hoặc đá hộc, có thể làm giảm biến dạng và mô men lớn nhất trong tường, đồng thời giảm chiều sâu chôn tường và lực trong thanh neo (Hình 9).



Hình 9. Tác dụng của lớp đá thay thế đất yếu trước tường

Chúng ta xem xét sự thay đổi của biểu đồ áp lực đất bị động trước tường khi không thay và khi thay lớp đất yếu bằng đá có các chỉ tiêu cơ-lý tốt hơn. Từ Hình 9 ta thấy, khi không thay thế đất yếu thì biểu đồ áp lực đất bị động của lớp đất có chiều cao AC chỉ là ABC, nhưng khi thay thế bằng đá thì biểu đồ áp lực đất bị động trên đoạn AC được bổ sung thêm phần biểu đồ AB'B. Phần biểu đồ đó có tác dụng như một "gối ảo" làm giảm biến dạng và nội lực trong tường và chiều sâu chôn tường.

Trong nghiên cứu đã xét sự thay đổi các tham số tính toán của công trình bển tường cừ một neo với các chiều dày thay thế đất yếu $h_d = (0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 3.5)$ m.

Cả hai vấn đề nêu trên cần được nghiên cứu đầy đủ. Kết quả nghiên cứu đã xác định được phạm vi gắn neo và chiều dày lớp đá xít thải hoặc đá hộc thay thế đất yếu trước tường hợp lý nhất, tạo cho công trình bển tường cừ một neo có hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao nhất.

3. KẾT QUẢ ÁP DỤNG TÍNH TOÁN

3.1. Các số liệu đưa vào tính toán

Sơ đồ cấu tạo của công trình bển tường cừ

một neo khi lấp đá xít thải sau tường và thay thế đất yếu trước tường được thể hiện trên Hình 10.

Sơ đồ tính công trình bến tường cừ một neo được thể hiện trên Hình 11.

Trong Bảng 3 là các số liệu được đưa vào tính toán công trình bến tường cừ một neo, trong đó các giá trị của các đại lượng của các phương án không đổi, chỉ có h_n và h_d thay đổi.

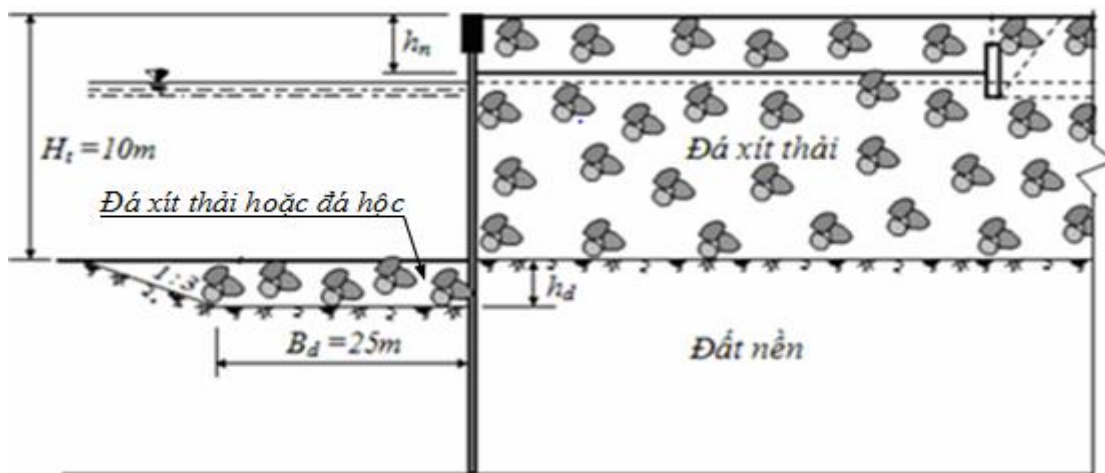
Các trường hợp tính toán gồm 5 cao trình gắn neo $h_n = (0.15; 0.20; 0.25; 0.30; 0.35) H_t$, mỗi cao trình gắn neo tính cho 6 trường hợp chiều dày lớp đá xít thay thế đất yếu trước bến là $h_d = (0.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 3.5)$ m. Tổng cộng có 30 trường hợp tính toán.

3.2. Các kết quả tính toán

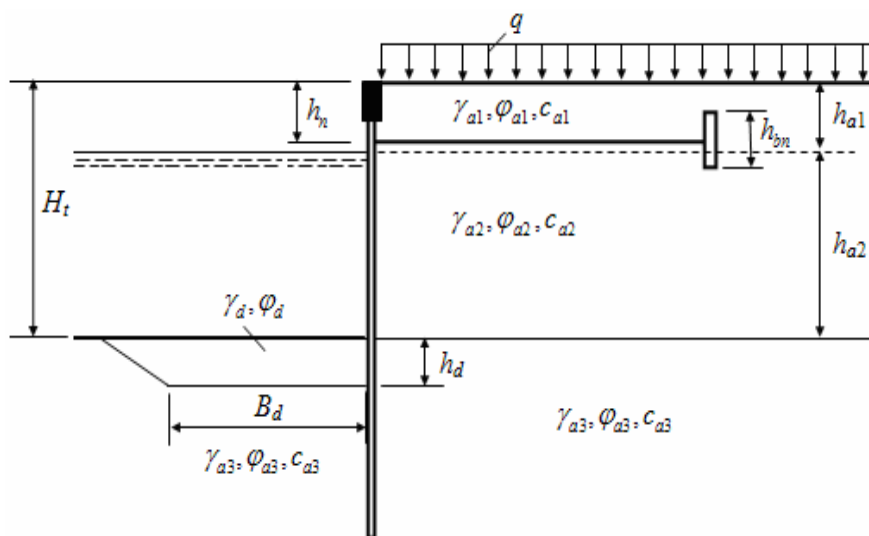
Sử dụng Chương trình tính TC-TD-DTD do

PGS.TS. Nguyễn Văn Vi lập để tính toán công trình bến tường cừ một neo cho 30 trường hợp kể trên. Các kết quả tính toán xác định được mô men lớn nhất trong tường M_{max} , lực neo R_a và chiều sâu chôn tường t_0 . Ngoài ra, còn xác định được mô men lớn nhất trong phần ngàm trong đất M_{maxd} , lực trong thanh neo R_{aS} , chiều sâu chôn tường đầy đủ t , đường kính d_a và chiều dài thanh neo L_a, \dots

Các kết quả tính toán được lập thành các bảng, ví dụ, trong Bảng 4 thể hiện các giá trị mô men lớn nhất M_{max} trong tường mặt. Các kết quả tính toán từ các bảng đã được vẽ thành các biểu đồ thể hiện sự thay đổi của các tham số kể trên khi thay đổi vị trí gắn neo h_n và chiều dày lớp đá xít thay thế đất yếu h_d và được thể hiện trên các Hình 12, 13, 14, 15, 16, 17.



Hình 10. Sơ đồ cấu tạo của công trình bến tường cừ một neo



Hình 11. Sơ đồ tính toán tường cừ một neo

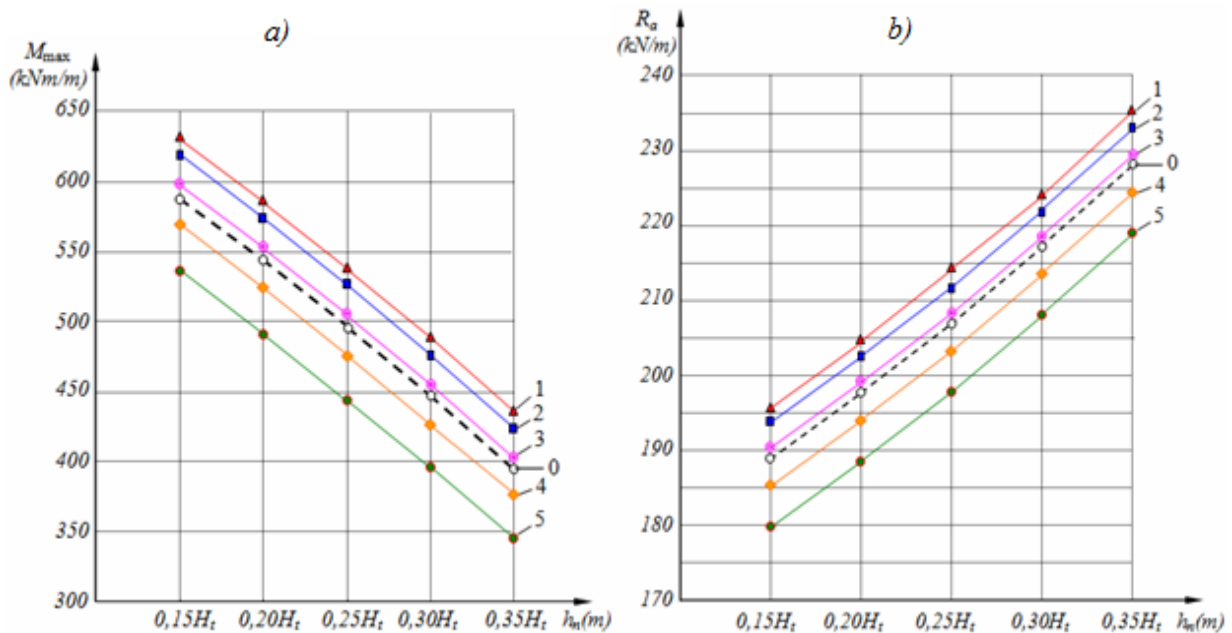
Bảng 3. Các số liệu được đưa vào tính tường cừ một neo

Tham số tính toán	Trị số	Tham số tính toán	Trị số
H_t (m)	10	γ_{a2} (kN/m ³)	10
h_n (m)	$(0.15 - 0.35) H_t$	φ_{a2} (độ)	32
h_{bn} (m)	2.2	c_{a2} (kPa)	0
h_{a1} (m)	4	γ_d (kN/m ³)	10
h_{a2} (m)	6	φ_d (độ)	32
h_d (m)	$(0.0 - 3.5)$ m	γ_{a3} (kN/m ³)	11
B_d (m)	25	φ_{a3} (độ)	15
γ_{a1} (kN/m ³)	15.62	c_{a3} (kPa)	10
φ_{a1} (độ)	35	q (kPa)	40
c_{a1} (kPa)	0		

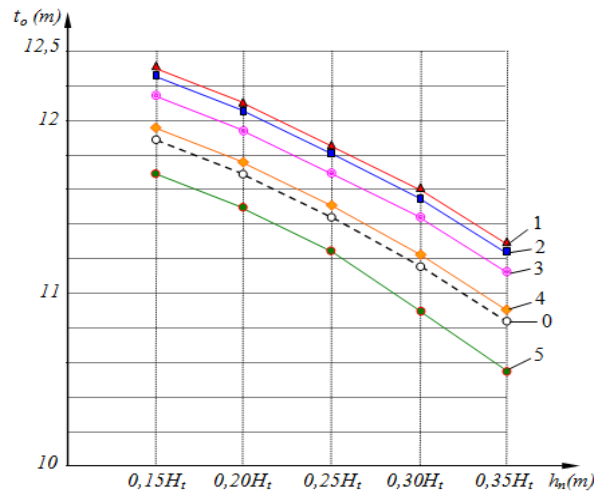
Bảng 4. Giá trị mô men lớn nhất M_{max} trong tường mặt (kNm/md)

h_n	h_d (m)					
	0.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
0.15 H_t	588.36	631.96	620.27	598.52	569.07	535.07
0.20 H_t	543.87	586.26	574.63	553.31	524.64	491.61
0.25 H_t	496.82	538.03	526.65	505.70	477.86	445.80
0.30 H_t	447.62	487.53	476.29	455.83	428.63	397.71
0.35 H_t	395.94	434.62	423.50	403.56	377.02	347.28

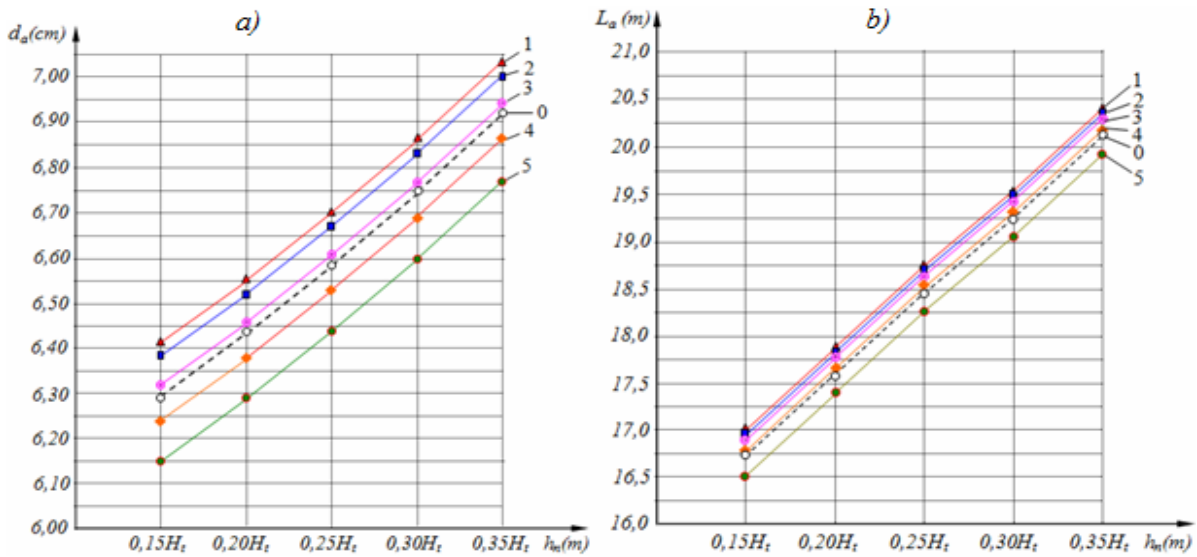
3.2.1. Thể hiện kết quả tính toán theo sự thay đổi của h_n



Hình 12. Các biểu đồ thể hiện sự giảm giá trị M_{max} (a) và tăng R_a (b) khi tăng độ sâu gắn neo với: 0- $h_d = 0$; 1- $h_d = 1.5$ m; 2- $h_d = 2.0$ m; 3- $h_d = 2.5$ m; 4- $h_d = 3.0$ m; 5- $h_d = 3.5$ m

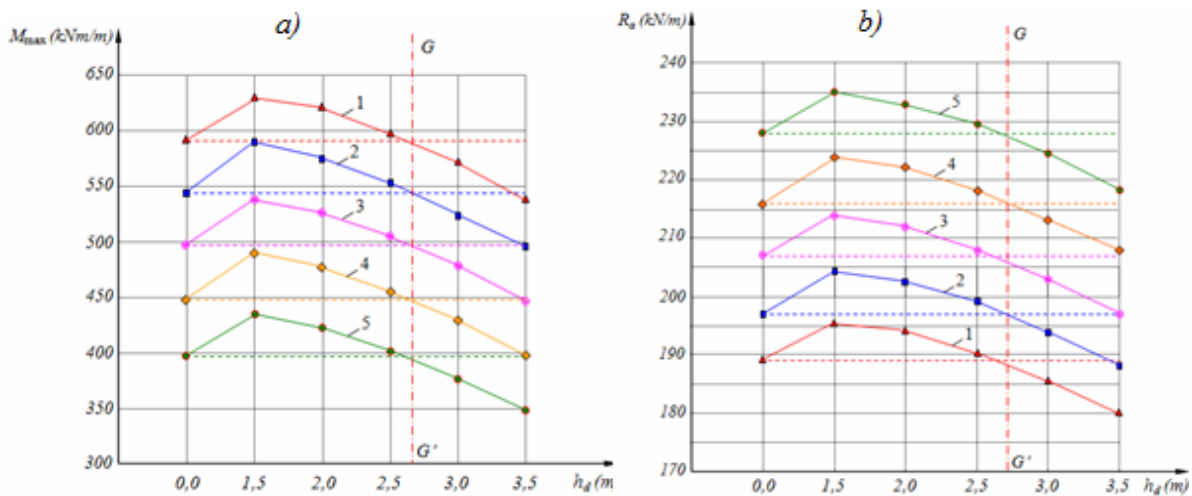


Hình 13. Các biểu đồ thể hiện sự giảm chiều sâu t_o khi tăng độ sâu gắn neo với: 0- $h_d = 0$; 1- $h_d = 1.5$ m; 2- $h_d = 2.0$ m; 3- $h_d = 2.5$ m; 4- $h_d = 3.0$ m; 5- $h_d = 3.5$ m

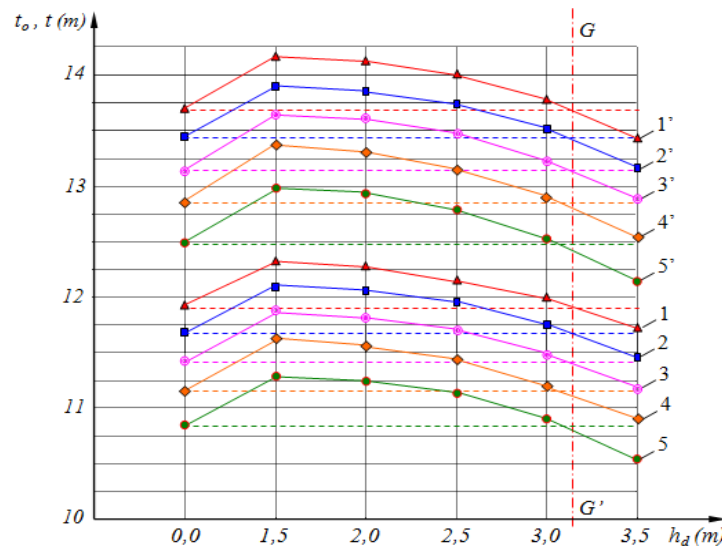


Hình 14. Sự thay đổi của đường kính thanh neo d_a (a) và chiều dài thanh neo L_a (b) khi tăng độ sâu gắn neo với: 0- $h_d = 0$; 1- $h_d = 1.5$ m; 2- $h_d = 2.0$ m; 3- $h_d = 2.5$ m; 4- $h_d = 3.0$ m; 5- $h_d = 3.5$ m

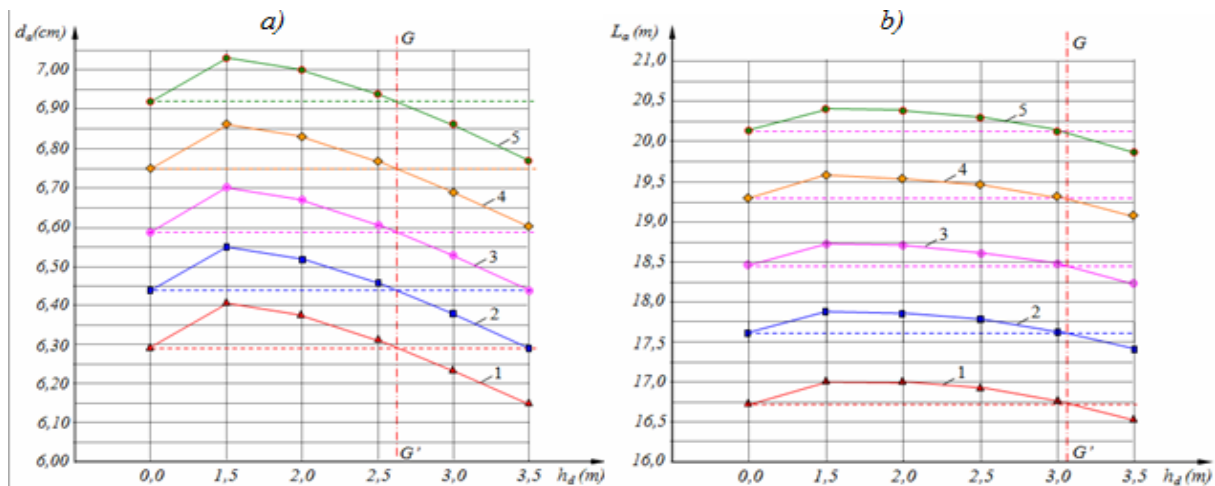
3.2.2. Thể hiện kết quả tính toán theo sự thay đổi của h_d



Hình 15. Sự thay đổi giá trị M_{max} (a) và R_a (b) khi chiều dày đá xít khác nhau với: 1- $h_n = 0.15H_t$; 2- $h_n = 0.20H_t$; 3- $h_n = 0.25H_t$; 4- $h_n = 0.30H_t$; 5- $h_n = 0.35H_t$



Hình 16. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi giá trị của t_0 (các đường 1, 2, 3, 4, 5) và của t (các đường 1', 2', 3', 4', 5') khi lần lượt $h_n = (0.15; 0.20; 0.25; 0.30; 0.35)H_t$



Hình 17. Sự thay đổi giá trị đường kính thanh neo d_a (a) và chiều dài thanh neo L_a (b) khi thay đổi chiều dày lớp đá xít với: 1- $h_n = 0.15H_t$; 2- $h_n = 0.20H_t$; 3- $h_n = 0.25H_t$; 4- $h_n = 0.30H_t$; 5- $h_n = 0.35H_t$

3.3. Phân tích kết quả tính toán và lựa chọn vị trí gắn neo và chiều dày đá xít thay thế đất yếu hợp lý nhất

Từ các kết quả nghiên cứu, được thể hiện một phần trong Bảng 4 và các Hình 12, 13, 14, 15, 16, 17 có thể rút ra một số nhận xét sau đây.

1) Khi hạ thấp cao trình gắn neo vào tường mặt, tức là tăng độ sâu gắn neo h_n , thì trong tất cả các trường hợp tính toán các giá trị mô men lớn nhất M_{max} , và chiều sâu chôn tường t_0 đều giảm, nhưng lực neo R_a , đường kính d_a và chiều dài thanh neo L_a đều tăng lên.

2) Tốc độ giảm hoặc tăng giá trị của các nội lực và chiều sâu chôn tường càng lớn lên khi càng tăng độ sâu gắn neo. Ví dụ, với $h_d = 1.5m$, khi tăng

chiều sâu gắn neo từ $0.15H_t$ lên $0.20H_t$ thì mô men lớn nhất M_{max} chỉ giảm 7.23% (từ 631.96 kNm/md xuống 586.26 kNm/md), nhưng khi tăng chiều sâu gắn neo từ $0.25H_t$ lên $0.30H_t$ thì mô men lớn nhất M_{max} giảm 9.38% (từ 538.03 kNm/md xuống 487.53 kNm/md).

3) Phân tích tổng hợp các kết quả tính toán có thể kết luận rằng, độ sâu gắn neo hợp lý nhất nên chọn trong khoảng $h_n = (0.20 - 0.32) H_t$. Sở dĩ chọn như vậy vì khi $h_n < 0.20H_t$ thì mô men M_{max} và t_0 còn khá lớn, giảm không nhiều, và khi $h_n > 0.32H_t$ thì lực neo R_a lại tăng lên rất nhiều (xem các Hình 12, 13, 14). Ngoài ra, việc tăng độ sâu gắn neo còn liên quan đến mực nước thi công công trình ở khu vực xây dựng cảng, do đó không nên để $h_n >$

0.32H_t.

4) Khi thay đổi chiều dày đá xít thay thế đất yếu trước tường thì việc thay thế chỉ bắt đầu có hiệu quả khi chiều dày thay thế $h_d > 2.7$ m (xem các hình 15, 17a).

Khi $h_d < 2.7$ m thì mô men lớn nhất M_{max} , lực neo R_a và đường kính thanh neo d_a đều có giá trị lớn hơn các đại lượng đó khi không thay thế đất yếu. Các đại lượng t , t_o và L_a chỉ có giá trị nhỏ hơn so với trường hợp không thay thế khi $h_d > 3.1$ m (xem các Hình 16, 17b).

Sở dĩ có kết quả như vậy vì so với đất yếu ($\varphi = 15^\circ$, $\gamma = 11$ kN/m³, $c = 10$ kPa) đá xít tuy có góc ma sát trong lớn hơn (khi ở dưới nước: $\varphi = 32^\circ$) [4] nên hệ số áp lực đất bị động lớn hơn, nhưng trọng lượng thể tích nhỏ hơn ($\gamma = 10$ kN/m³) và không có lực dính ($c = 0$). Vì thế chỉ khi chiều dày đá xít thay thế đạt đến giá trị làm cho cường độ áp lực đất bị động do đá xít lớn hơn cường độ áp lực đất bị động do đất yếu thì việc thay thế mới phát huy tác dụng.

5) Như vậy, có thể lựa chọn một trong 2 phương án thay thế đất yếu bằng đá xít:

- Chọn $h_d > 2.7$ m: Khi đó các giá trị mô men M_{max} , lực neo R_a và đường kính thanh neo d_a nhỏ hơn nhưng t , t_o và L_a lớn hơn một lượng nhất định so với trường hợp không thay thế đất yếu.

- Chọn $h_d > 3.1$ m: Khi đó tất cả các đại lượng trên đều nhỏ hơn so với trường hợp không thay thế đất yếu.

Như vậy, việc thay thế đất yếu trước tường

Bảng 5. So sánh các tham số chính (t_o , M_{max} , R_a) của tường cừ một neo khi thay thế đất yếu trước tường bằng đá xít và bằng đá hộc với $h_d = 2.5$ m

h_n	t_o (m)			M_{max} (kNm/m)			R_a (kN/m)		
	Đá xít	Đá hộc		Đá xít	Đá hộc		Đá xít	Đá hộc	
		Giá trị	%		Giá trị	%		Giá trị	%
0.15 H _t	12.17	10.08	82.83	598.52	391.04	65.33	190.41	154.28	81.03
0.20 H _t	11.95	9.81	82.09	553.31	352.71	63.75	198.96	162.26	81.55
0.25 H _t	11.70	9.50	81.20	505.70	312.06	61.71	208.27	171.09	82.15
0.30 H _t	11.43	9.14	79.97	455.83	268.96	59.00	218.45	180.86	82.79
0.35 H _t	11.12	8.70	78.23	403.56	223.95	55.49	229.63	191.88	83.56

bằng đất xít thải có hiệu quả rất hạn chế, đặc biệt khi chú ý đến công nghệ và điều kiện thi công nạo vét và đổ đá xít trước công trình bến.

6) Từ những phân tích ở điểm 5) cần nghiên cứu đề xuất một loại vật liệu thay thế đất yếu trước tường hợp lý hơn là thay bằng đá xít.

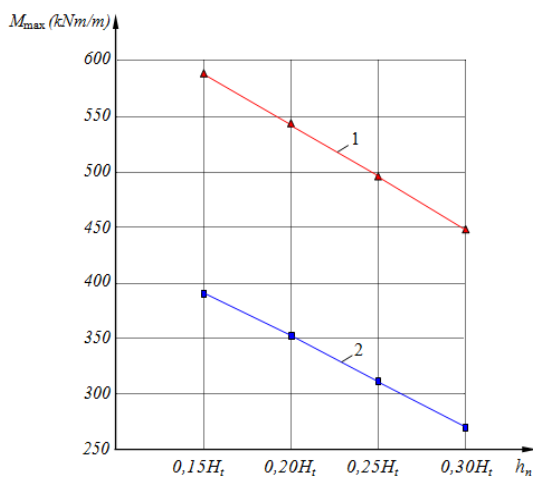
Nhóm nghiên cứu đã đề xuất thay đá xít bằng đá hộc trước tường, các tính toán công trình đã được tiến hành với chiều dày đá hộc $h_d = (2.0; 2.5; 2.8)$ m với các cao trình gắn neo $h_n = (0.15; 0.20; 0.25; 0.30; 0.35)H_t$. Trong Bảng 5 so sánh giá trị các tham số chính của tường cừ một neo khi thay thế đất yếu trước tường bằng đá xít và bằng đá hộc với $h_d = 2.5$ m.

Trong Bảng 6 dẫn ra và so sánh giá trị các tham số chính của tường cừ một neo khi không thay thế đất yếu trước tường ($h_d = 0$) và khi thay thế bằng đá hộc với $h_d = 2.5$ m. Có thể thấy, khi thay thế đất yếu trước tường bằng đá hộc, với $h_n = (0.2 - 0.3)H_t$, mô men M_{max} giảm khoảng (35 - 40)%, R_a và t_o đều giảm khoảng (17 - 18)%. Còn trên các hình 18 và 19 thể hiện giá trị của các tham số chính (M_{max} , R_a , t_o) giảm rất nhiều khi thay đất yếu trước tường bằng đá hộc với $h_d = 2.5$ m.

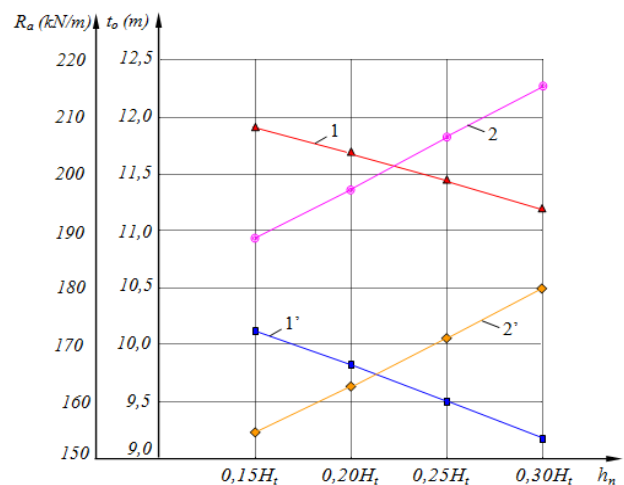
7) Từ việc phân tích các kết quả nghiên cứu trên đây có thể kết luận rằng, nên lấp đá xít thải sau tường cừ một neo để giảm áp lực đất chủ động và giảm giá thành so với lấp cát hoặc đá hộc, nhưng việc thay thế đất yếu trước tường bằng đá xít mang lại ít hiệu quả và nên thay thế bằng đá hộc với chiều dày đá hộc $h_d = (2.0 - 3.0)$ m.

Bảng 6. So sánh các tham số chính (t_0 , M_{max} , R_a) của tường cừ một neo khi không thay thế đất yếu ($h_d = 0$) và khi thay bằng đá học trước tường với $h_d = 2.5$ m

h_n	t_0 (m)			M_{max} (kNm/m)			R_a (kN/m)		
	Đất yếu	Đá học		Đất yếu	Đá học		Đất yếu	Đá học	
		Giá trị	%		Giá trị	%		Giá trị	%
0.15 H_t	11.89	10.08	84.78	588.36	391.04	66.46	188.77	154.28	81.72
0.20 H_t	11.68	9.81	83.99	543.87	352.71	64.85	197.37	162.26	82.21
0.25 H_t	11.43	9.50	83.11	496.82	312.06	62.81	206.70	171.09	82.77
0.30 H_t	11.16	9.14	81.90	447.62	268.96	60.12	216.94	180.86	83.38
0.35 H_t	10.85	8.70	80.18	395.94	223.95	56.56	228.17	191.88	84.10



Hình 18. Sự thay đổi giá trị M_{max} của tường cừ một neo: 1- khi $h_d = 0$; 2- khi thay đất yếu trước tường bằng đá học với $h_d = 2.5$ m



Hình 19. Sự thay đổi giá trị t_0 (đường 1, 1') và R_a (đường 2, 2') của tường cừ một neo: 1, 2- khi $h_d = 0$; 1', 2' - khi thay đất yếu trước tường bằng đá học với $h_d = 2.5$ m

4. KẾT LUẬN

1) Đối với công trình bến dạng tường cừ một neo, xét cả các yếu tố về chịu lực, kinh tế và điều kiện thi công, chiều sâu gắn neo hợp lý nhất chỉ nên lựa chọn trong khoảng $h_n = (0.20 - 0.32)H_t$.

2) Việc sử dụng đá xít thải trong xây dựng công trình bến dạng tường cừ một neo rất có lợi, cả về mặt chịu lực của công trình và mặt kinh tế. Tuy nhiên, chỉ nên lấp đá xít thải ở trong lòng bến sau tường cừ, còn việc thay thế đất yếu trước tường bằng đá xít mang lại ít hiệu quả.

3) Trong trường hợp thay thế đất yếu bằng đá xít thải, thì lớp đá xít phải có chiều dày $h_d > 3.1$ m, đồng thời phải xét đến điều kiện công nghệ thi

công và chi phí cho việc thay thế.

4) Do đá học có góc ma sát trong lớn, trọng lượng thể tích cũng lớn hơn đá xít nên trong cùng điều kiện tạo ra áp lực bị động lớn hơn, do đó nên thay thế đất yếu trước tường bằng đá học với chiều dày $h_d = (2.0 - 3.0)$ m.

5) Trong bất kỳ trường hợp nào khi thay thế đất yếu trước tường bằng đá học hoặc đá xít đều phải xét đến điều kiện thi công và các chi phí cho việc thay thế đất yếu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Смирнов Г. Н., Горюнов Б. Ф., Курлович Е. В., Левачев С. Н., Сидорова А. Г. (1979).

- Порты и портовые сооружения. М.: Стройиздат – 607 с.
- [2]. Nguyễn, V. V. (2020). Công trình bến cảng. NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- [3]. Phạm, V. G., Nguyễn, H. Đ., Nguyễn, N. H. (1998). Công trình bến cảng. NXB Xây dựng.
- [4]. Nguyễn, V. V. và nnk (2018). Nghiên cứu tận dụng vật liệu đá xít thải thay thế cát và đá hộc để tạo ra kết cấu kè bờ và công trình bến cảng có hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao. Đề tài NCKH&CN cấp Bộ GTVT, mã số DT184058.
- [5]. Будин А. Я. (1974). Тонкие подпорные стенки. Лен. Стройиздат.
- [6]. РД 31.31.27–81 (1984). Руководство по проектированию морских причальных сооружений. М.: В/О “Мортехинформ-реклама”.
- [7]. Nguyễn, V. V. (2009). Phương pháp mô hình hóa thống kê từng bước trong tính toán độ tin cậy của các công trình cảng. NXB Giao thông vận tải (Tái bản lần thứ nhất 2014, lần thứ hai - 2017).
- [8]. Costet J., Sanglerat G. (1975). Cours pratique de mécanique des sols. BORDAS, Paris. Moscow, 1981 (Bản Tiếng Nga: Механика грунтов – Практический курс).
- [9]. Nguyễn, V. V. và nnk (2021). Nghiên cứu lựa chọn cao trình gấn neo và chiều dày đá xít thải thay thế đất yếu trước tường nhằm nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cho kết cấu công trình bến tường cừ một neo. Đề tài Trọng điểm cấp Trường Đại học Công nghệ GTVT, mã số ĐTTĐ 2021-29.
- [10]. Terzaghi, K., Peck, R. (1948). Soil mechanics in engineering practice. New York-London. Moscow, 1958.
- [11]. Гуревич В. Б., Даревский В. Э., Самарин В. Ф., Федоров Ю.М. (1992). Портовые гидротехнические сооружения. Москва: Транспорт – 256 с.
- [12]. Яковлев П. И., Тюрин А. П., Фортученко Ю. А. (1990). Портовые гидротехнические сооружения. Москва: Транспорт – 320 с.