

Sự thay đổi độ tin cậy về ổn định chung của công trình bến tường cừ khi độ chênh mực nước trước và sau tường thay đổi

■ PGS. TS. NGUYỄN VĂN VI; THS. NGUYỄN QUỐC TỚI; THS. NGUYỄN VĂN BIÊN
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Bài báo trình bày phương pháp và kết quả xét sự thay đổi độ tin cậy về ổn định chung của công trình bến tường cừ khi độ chênh mực nước trước và sau tường thay đổi. Để giải quyết vấn đề đã được đặt ra, các tác giả đã sử dụng kết hợp Chương trình OTMONEO-XS của PGS. TS. Nguyễn Văn Vi và chương trình phần mềm GEO - SLOPE/W.

TỪ KHÓA: Độ tin cậy, ổn định chung, công trình bến tường cừ, độ chênh mực nước.

ABSTRACT: This paper presents the method and results of considering the change in the reliability of the general stability of the piling wall wharf works when the difference of the water level before and behind the wall changes. To solve the problem posed, the authors used a combination of the OTMONEO-XS Program of Assoc. Nguyen Van Vi and the software program GEO - SLOPE/W.

KEYWORDS: The reliability, the general stability, the piling wall wharf works, the difference of the water level.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tường mặt trong các kết cấu công trình bến tường cừ có thể được làm bằng cọc ván thép, cọc ván bê tông cốt thép dạng lăng trụ, cọc ống bê tông cốt thép... Các cấu kiện tường mặt thường được liên kết với nhau bằng các "khóa". Các liên kết phải đảm bảo không cho đất lọt qua tường trên suốt chiều cao công trình và không để hình thành cột nước ngầm sau tường. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, sự chênh lệch mực nước trước và sau tường vẫn xảy ra mà nguyên nhân có thể do kết cấu thoát nước của tường mặt bị hỏng, hoặc do mực nước trước bến hạ nhiều và nhanh, đặc biệt khi nền là đất ít thấm nước... Chính sự tồn tại và thay đổi của độ chênh mực nước trước và sau tường ảnh hưởng đến độ tin cậy về ổn định chung của công trình bến

và các tiêu chuẩn [2, 11] cũng khuyến cáo cần xét đến điều đó khi thiết kế.

Cho đến nay, để tính toán kiểm tra ổn định chung của các công trình bến, trong đó có công trình bến tường cừ, chúng ta vẫn áp dụng các tiêu chuẩn [1, 2], hoặc áp dụng một số tiêu chuẩn nước ngoài [6, 7, 11]. Cơ sở của các tiêu chuẩn này là phương pháp các trạng thái giới hạn hoặc phương pháp hệ số an toàn bộ phận mà ở Tây Âu người ta gọi là "phương pháp nửa xác suất". Như vậy, ngay tên gọi của phương pháp cũng đủ thể hiện bản chất của nó vì phương pháp xét đến đặc trưng xác suất của độ bền các vật liệu và tải trọng chỉ ở phần phân tích và xử lý các số liệu xuất phát, còn thuật toán vẫn là tất định. Các tham số tính toán trong phương pháp trên là các đại lượng không đổi, trong khi đó theo nhiều kết quả nghiên cứu [4, 8], các tham số này là các đại lượng ngẫu nhiên. Hiện nay, phương pháp tính ổn định chung của công trình bến có xét đến bản chất ngẫu nhiên của các tham số kể trên vẫn chưa có. Vấn đề này chỉ được giải quyết trên cơ sở lý thuyết xác suất và độ tin cậy. Vì thế, nghiên cứu và áp dụng lý thuyết xác suất và độ tin cậy để tính toán ổn định của công trình bến cũng như các dạng công trình khác là vấn đề hết sức cần thiết và cấp bách, đặc biệt khi có sự thay đổi của độ chênh mực nước trước và sau tường.

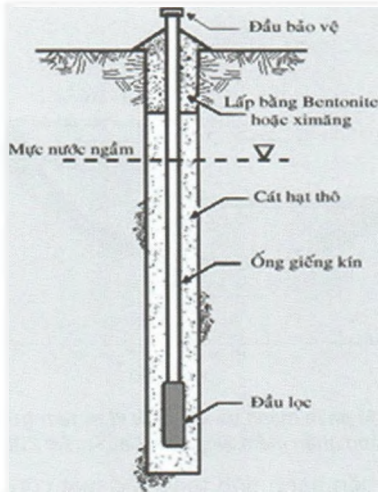
Trong bài báo trình bày phương pháp và kết quả xét sự thay đổi độ tin cậy về ổn định chung của công trình bến tường cừ khi độ chênh mực nước trước và sau tường thay đổi.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

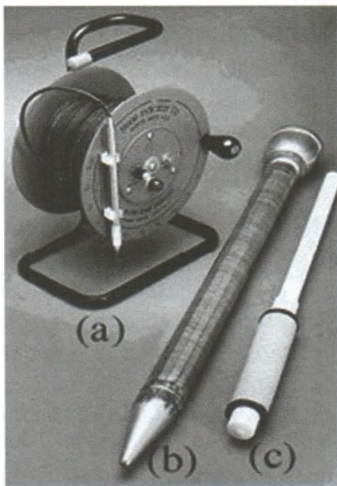
2.1. Phương pháp đo đạc xác định độ chênh mực nước trước và sau tường

Để có số liệu về độ chênh mực nước trước và sau tường, chúng ta cần tiến hành thí nghiệm đo đạc trực tiếp trên công trình đang được khai thác. Khi đó, có thể áp dụng Tiêu chuẩn [3] để xác định mực nước phía sau tường cừ.

Các dụng cụ, thiết bị để tiến hành thí nghiệm bao gồm: ống giếng bằng nhựa hoặc kim loại có đường kính không nhỏ hơn 50,8 mm được nối lên mặt đất; đầu lọc có đường kính bằng đường kính ống giếng và được gắn vào phần đáy ống giếng; nắp bảo vệ; máy đo mực nước ngầm có độ chính xác đến 1 mm (Hình 2.1 và Hình 2.2).

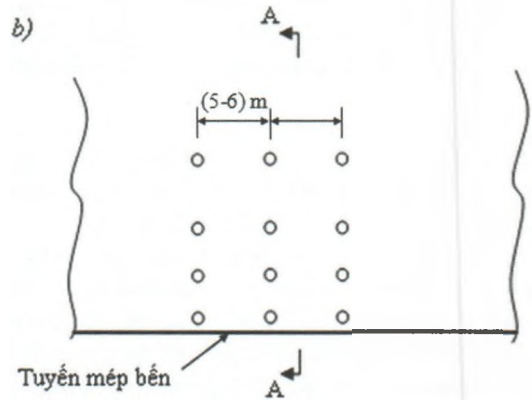
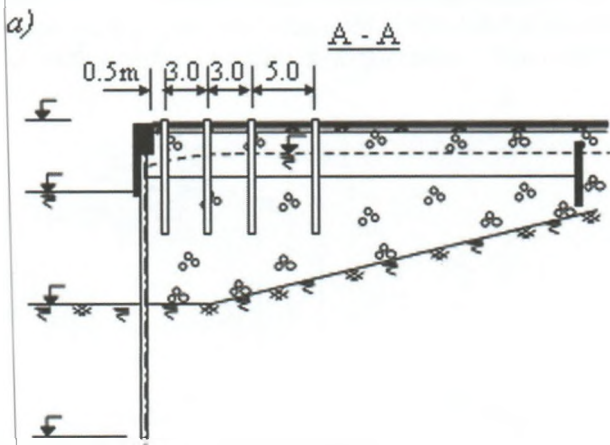


Hình 2.1: Cấu tạo giếng quan trắc mực nước ngầm



Hình 2.2: Các dụng cụ: a) - máy đo mực nước ngầm; b), c) - đầu đọc

Hệ thống quan trắc được bố trí tùy thuộc tính chất, quy mô công trình hoặc theo tiêu chuẩn cũng như yêu cầu của chủ đầu tư. Tuy nhiên, có thể bố trí các giếng quan trắc theo mặt đứng và mặt bằng như trên Hình 2.3. Các giếng quan trắc gần tường bến nhất nên bố trí chỉ cách tường khoảng 0,5 m, các tuyến giếng được bố trí theo phương dọc bến nên cách nhau khoảng 5 - 6 m và khu vực bố trí các giếng quan trắc nên ở khu giữa bến, cách đều hai đầu bến.



Hình 2.3: Bố trí giếng quan trắc trên mặt đứng (a) và trên mặt bằng (b)

Cần phải quan trắc đồng thời các cao độ mực nước trong khu đất sau tường và mực nước trước tường để biết được độ chênh mực nước trước và sau tường bến. Số lần quan trắc hàng tháng tùy thuộc yêu cầu và tình hình cụ thể của công trình, nhưng nhất định phải quan trắc trong giai đoạn triều cường, khi độ chênh mực nước trước và sau tường bến là lớn nhất.

2.2. Phương pháp xác định sự thay đổi độ tin cậy về ổn định chung khi độ chênh mực nước trước và sau tường thay đổi

Thực tế khai thác các công trình bến tường cừ một neo đã chỉ ra rằng, khi mất ổn định chung theo sơ đồ trượt sâu, công trình cùng với khối đất nền và đất lấp có thể mất ổn định chung theo một mặt trượt cong nào đó. Hiện nay, người ta coi mặt trượt này chủ yếu có dạng trụ tròn thuộc sơ đồ bài toán phẳng (Hình 3.2) và theo mặt trượt gãy khúc với sơ đồ mất ổn định do chuyển dịch tịnh tiến của khối đất trượt cùng với công trình [2, 11].

Ở đây, các tác giả chỉ trình bày phương pháp xét sự thay đổi độ tin cậy về ổn định chung theo mặt trượt trụ tròn của công trình bến tường cừ khi độ chênh mực nước trước và sau tường thay đổi. Bài toán xét sự thay đổi độ tin cậy của công trình theo mặt trượt gãy khúc khi độ chênh mực nước thay đổi cũng được tiến hành tương tự.

Cho đến nay, để tính toán độ tin cậy của các công trình kỹ thuật, trong đó có công trình bến tường cừ một neo, phương pháp tuyến tính hóa và phương pháp Monte Carlo được coi là các phương pháp chủ yếu. Đối với các công trình mà mật độ phân bố xác suất của các tham số kết cấu và tải trọng cơ bản tuân theo quy luật phân bố chuẩn hoặc rất gần với phân bố chuẩn, có thể xác định xác suất làm việc an toàn của các cấu kiện chịu tải theo phương pháp tuyến tính hóa [4, 8, 9]. Theo phương pháp này, vào thời điểm t , bất kỳ độ tin cậy của công trình có thể được xác định theo công thức:

$$P = 1 - \Phi \left\{ \frac{\bar{S} - \bar{R}}{\sqrt{D_S + D_R}} \right\} = 1 - \Phi(-\beta) \quad (1)$$

Ở đây: $\bar{S}, D_S, \bar{R}, D_R$ - Tương ứng là kỳ vọng toán và phương sai của hàm tải trọng S và hàm độ bền hay khả năng chịu tải R của công trình; Φ - Hàm phân bố chuẩn; β - Chỉ số độ tin cậy.

Kỳ vọng toán của hàm độ bền R và hàm tải trọng S được xác định theo quan hệ tất định với việc đưa vào kỳ vọng toán của các đại lượng ngẫu nhiên và có thể viết dưới dạng:

$$\bar{R} = f_R(\bar{r}_1, \bar{r}_2, \dots, \bar{r}_n);$$

$$\bar{S} = f_S(\bar{s}_1, \bar{s}_2, \dots, \bar{s}_m);$$

Trong đó: $\bar{r}_1, \bar{r}_2, \dots, \bar{r}_n, \bar{s}_1, \bar{s}_2, \dots, \bar{s}_m$ - Tương ứng là kỳ vọng toán của các tham số tính toán của hàm độ bền và hàm tải trọng, chúng đều là các đại lượng ngẫu nhiên. (2)

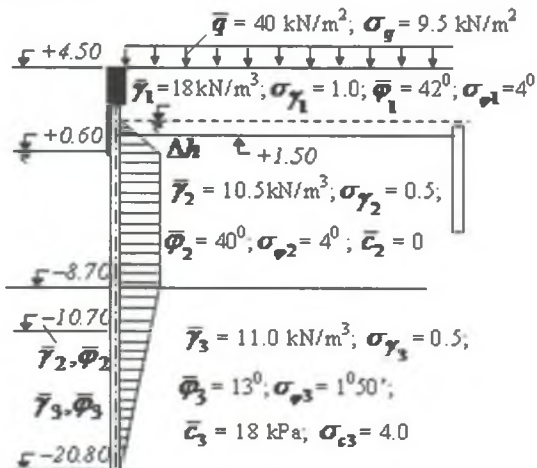
Thực tế tính toán chỉ ra rằng, khi các hàm độ bền và tải trọng (2) phức tạp, việc xác định các phương sai D_R, D_S cũng phức tạp và dễ nhầm lẫn [5]. Hơn nữa, đối với các kết cấu phức tạp không phải khi nào cũng viết được các hàm đó ở dạng tường minh. Vì thế, để tính toán xác suất công trình, tốt nhất nên sử dụng các phương pháp số: phương pháp Monte Carlo, phương pháp thử nghiệm thống kê... với việc sử dụng máy tính điện tử. Theo hướng này, PGS. TS. Nguyễn Văn Vi đã nêu "Phương pháp mô hình hóa thống kê từng bước", một phương pháp rất thuận lợi và hiệu quả để tính toán xác suất các kết cấu phức tạp, đã được công bố ở nước ngoài và được trình bày chi tiết trong [5, 9, 10]. Trong bài báo, các tác giả đã sử dụng phương pháp này để nghiên cứu sự thay đổi độ tin cậy về ổn định chung của công trình bến tường cừ khi độ chênh mực nước trước và sau tường thay đổi.

3. KẾT QUẢ ÁP DỤNG TÍNH TOÁN

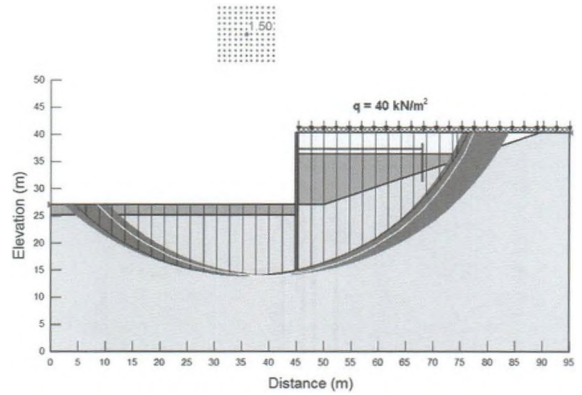
Công trình được chọn là công trình bến số 2, cảng Hải Phòng (Hình 3.1).

Sơ đồ tính và các số liệu về kỳ vọng toán, độ lệch chuẩn của các tham số tính toán được thể hiện trên Hình 3.1. Sơ đồ khối đất được chia ra theo phương pháp phân mảnh để tính ổn định trượt sâu của công trình bến được thể hiện trên Hình 3.2.

Với mục đích giảm bớt khối lượng tính toán, các tác giả đã kết hợp sử dụng chương trình phần mềm GEO - SLOPE/W để tính toán tất định kiểm tra về ổn định của tường cừ một neo theo mặt trượt trụ tròn, từ đó sơ bộ xác định vị trí tâm trượt và mặt trượt bất lợi nhất với hệ số ổn định nhỏ nhất Hình 3.2. Đã xác định được tâm trượt nguy hiểm nhất của công trình bến số 2 cảng Hải Phòng là tâm O_{minmin} ($x = 9,80$ m; $y = 18,20$ m).



Hình 3.1: Sơ đồ tính toán ổn định xét đến sự chênh mực nước trước và sau tường của công trình bến số 2 cảng Hải Phòng



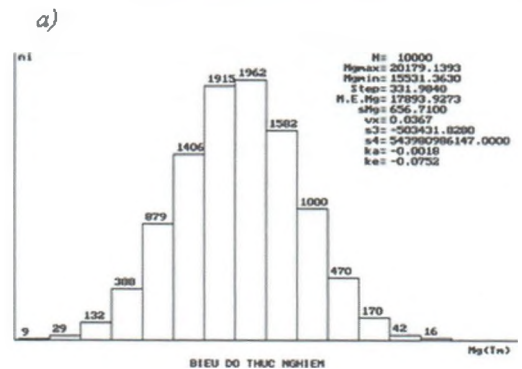
Hình 3.2: Sơ đồ phân mảnh và xác định vị trí tâm trượt bất lợi nhất bằng phần mềm Slope/W (GeoStudio 2007)

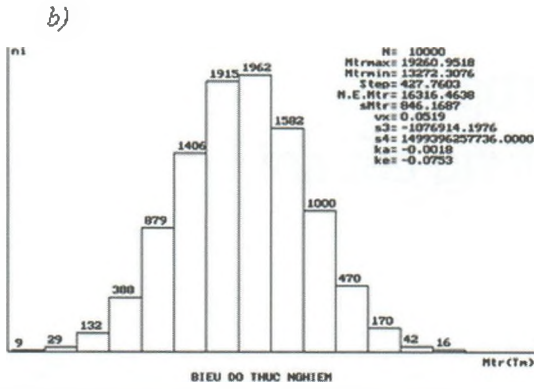
Sau đó, tiến hành tính toán xác suất công trình về ổn định để xác định độ tin cậy nhỏ nhất P_{minmin} . Việc tính toán xác suất ổn định chung được tiến hành đưa vào chương trình "OTMONEO-XS" do PGS. TS. Nguyễn Văn Vi lập trên ngôn ngữ Turbo Pascal với số lần thử nghiệm có thể đến $N = 2,14.10^9$ lần. Kết quả tính toán đưa ra kỳ vọng toán, độ lệch chuẩn, các mô-men trung tâm cấp hai, cấp ba và cấp bốn của mô-men giữ $\bar{M}_g, \sigma_{Mg}, \mu_{2(Mg)}, \mu_{3(Mg)}, \mu_{4(Mg)}$... và mô-men gây trượt $\bar{M}_t, \sigma_{Mtr}, \mu_{2(Mtr)}, \mu_{3(Mtr)}, \mu_{4(Mtr)}$... đối với tâm trượt O của công trình bên. Đã tiến hành tính toán với độ chênh mực nước trước và sau tường Δh bằng 0; 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m. Giá trị kỳ vọng toán và độ lệch chuẩn của mô-men giữ và mô-men gây trượt đối với tâm trượt O của công trình bến tường cừ với các độ chênh mực nước khác nhau được dẫn ra trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Kết quả tính toán với tâm trượt O ($x = 9,80$ m; $y = 18,20$ m) và $N = 10.000$ lần

Độ chênh mực nước Δh (m)	Mô-men gây trượt		Mô-men giữ		Độ tin cậy P
	\bar{M}_{tr} (kN.m)	σ_{Mtr} (kN.m)	\bar{M}_g (kN.m)	σ_{Mg} (kN.m)	
0	158426,484	8461,425	178939,273	6567,100	0,9726
0,5	160762,575	8461,092	178939,273	6567,100	0,9554
1,0	163164,638	8461,687	178939,273	6567,100	0,9292
1,5	165615,673	8470,107	178939,273	6567,100	0,8925
2,0	168115,611	8477,123	178939,273	6567,100	0,8437

Trên Hình 3.3 thể hiện biểu đồ thực nghiệm và các đặc trưng thống kê chủ yếu của phân bố tổng các mô-men giữ M_g (Hình 3.3a) và của tổng các mô-men gây trượt M_t (Hình 3.3b) với độ chênh mực nước trước và sau tường $\Delta h = 1,0$ m.





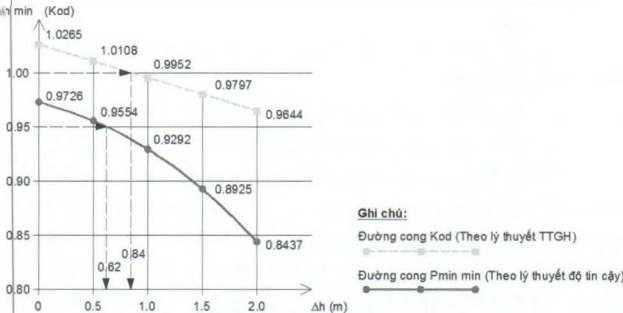
Hình 3.3: Biểu đồ thực nghiệm phân bố của mô-men giữ M_g (a) và của mô-men gây trượt M_{tr} (b) đối với tâm trượt O khi độ chênh mực nước $\Delta h = 1,0$ m

Khi đó, độ tin cậy nhỏ nhất P_{\min} được xác định theo công thức:

$$P = 1 - \Phi \left\{ \frac{\bar{M}_{tr} - \bar{M}_g}{\sqrt{\sigma_g^2 + \sigma_{Mtr}^2}} \right\} \quad (3)$$

Trong đó: \bar{M}_g , σ_{Mg} , \bar{M}_{tr} , σ_{Mtr} - Tương ứng là kỳ vọng toán và độ lệch chuẩn của các mô-men chống trượt và mô-men gây trượt đối với tâm trượt O; Φ - Hàm phân bố chuẩn.

Để có cơ sở so sánh, các tác giả đã tính độ tin cậy về ổn định trượt trụ tròn của công trình và hệ số ổn định theo phương pháp tất định với các độ chênh mực nước trước và sau tường khác nhau, các kết quả tính toán được thể hiện trên Hình 3.4.



Hình 3.4: Sự thay đổi của độ tin cậy P và hệ số ổn định K_{od} theo độ chênh mực nước Δh

4. KẾT LUẬN

- Theo Tiêu chuẩn [1, 11]: Nếu lấy hệ số ổn định tiêu chuẩn $K_{tc} \approx 1,0$ thì công trình bến số 2 cảng Hải Phòng đảm bảo điều kiện ổn định trượt sâu khi độ chênh mực nước có thể đạt đến $\Delta h \leq 0,84$ m.

- Theo Tiêu chuẩn [12]: Nếu lấy độ tin cậy tiêu chuẩn $P_{tc} = 0,95$ thì công trình bến nói trên chỉ đảm bảo mức tin cậy về ổn định trượt sâu khi $\Delta h \leq 0,62$ m.

Như vậy, cần có các biện pháp bố trí hệ thống thoát nước qua tường để đảm bảo độ chênh mực nước trước và sau tường không vượt quá độ chênh giới hạn ở trên ($\Delta h \leq 0,62$ m).

Tài liệu tham khảo

[1]. TCVN 11820-5:2021, Công trình Cảng biển - Yêu cầu Thiết kế - Phần 5: Công trình bến.

[2]. TCVN 12250:2018, Cảng thủy nội địa - Công trình bến - Yêu cầu thiết kế.

[3]. TCVN 8869:2011, Quy trình đo áp lực nước lỗ rỗng trong đất.

[4]. Nguyễn Vi (2011), Độ tin cậy của các công trình bến cảng (tái bản), NXB. GTVT, Hà Nội.

[5]. Nguyễn Vi (2014), Phương pháp mô hình hóa thống kê từng bước trong tính toán độ tin cậy của các công trình cảng (tái bản), NXB. GTVT, Hà Nội.

[6]. BS - 6349 Part 4 (1984), British Standards Maritime Structures.

[7]. OCDI (1999), Technical standards and commentaries for port and harbours facilities in Japan.

[8]. Костюков В. Д. (1987), Надежность морских причалов и их реконструкция, Москва: Транспорт.

[9]. Nguyen Van Vi (2003), Method of statistical modeling in calculations of reliability of port structures, Moscow: Science and technique of transport, №4, p.88-97.

[10]. Nguyen Van Vi (2004), Calculations of reliability of general stability of bulkhead by method of statistical modeling, Maritime and river ports of Russia - Collection of reports and theses of the Russian Federation second scientific-practical conference. Moscow, p.102-109.

[11]. РД. 31.31.27-81 (1984), Руководство по проектированию морских причальных сооружений, М.: В/О "Мортехинформреклама".

[12]. РД 31-31-35-85 (1986), Основные положения расчета причальных сооружений на надежность, Москва: В/О "Мортехинформреклама".

Ngày nhận bài: 15/01/2022
 Ngày chấp nhận đăng: 28/01/2022
 Người phản biện: PGS. TS. Phạm Văn Thứ
 TS. Phạm Thái Bình