

4.4. Đối với các cơ quan quản lý vĩ mô về hàng hải

- Xuất bản ấn phẩm điều tra các tai nạn hàng hải trong nước, thông tin rộng rãi đến các công ty, các trung tâm huấn luyện thuyền viên, các cơ sở đào tạo ngành hàng hải làm bài học kinh nghiệm. Thường xuyên cập nhật các thông tin về hàng hải, phổ biến sâu rộng đến các cơ sở đào tạo, các công ty vận tải biển.

- Có chính sách ưu tiên cho thuyền viên;

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. KS. Đỗ Bùi Hồng Minh, “Nghiên cứu đề xuất một số giải pháp hạn chế tai nạn đâm va tàu biển”, Luận văn Thạc sỹ Kỹ thuật, Hải Phòng, 2008.
[2]. www.maib.gov.uk, Marine Accident Investigation Branch.

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Cảnh Sơn

TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY VỀ SỨC CHỊU TẢI CỦA NỀN CÔNG TRÌNH SITE BASEMENT- LOADING STRENGTH CALCULATION

TS. NGUYỄN VI
Trường Cao đẳng GTVT1

Tóm tắt

Bài báo nêu sự cần thiết phải tính toán nền công trình và các kết cấu xây dựng theo quan điểm độ tin cậy, trình bày sơ lược phương pháp tiên định tính toán sức chịu tải của nền công trình, nêu phương pháp tính toán độ tin cậy của nền và ví dụ minh họa.

Abstract

The article present the necessity of calculating the loading strength and other constructure with illustrations

1. Mở đầu

Như đã biết, nền công trình là khối đất phía dưới móng, bị biến dạng dưới tác dụng của tải trọng do móng của công trình truyền xuống. Khi đó, trong khối đất xảy ra hiện tượng sắp xếp lại của các pha hình thành đất, từ đó có thể dẫn đến mất ổn định hoặc biến dạng quá lớn của nền.

Cho đến nay, các phương pháp tính toán và thiết kế nền các công trình và các kết cấu xây dựng nói chung trong các Tiêu chuẩn hiện hành về bản chất vẫn theo quan điểm tiên định, mà điển hình là *phương pháp các trạng thái giới hạn* hay các phương pháp tương tự dưới tên gọi “phương pháp bán xác suất”. Các phương pháp kể trên có nhược điểm cơ bản là sử dụng các tham số tính toán có bản chất ngẫu nhiên trong thuật toán với các quan hệ hàm số có tính đơn trị và tiên định, cũng như không xét yếu tố thời gian. Để khắc phục các nhược điểm ấy, ngày nay các phương pháp xác suất và độ tin cậy tính toán nền công trình và các kết cấu xây dựng nói chung đang được áp dụng rộng rãi ở nhiều nước tiên tiến trên thế giới [4, 5, 9]. Đây là giai đoạn phát triển tiếp theo trong quá trình hoàn thiện các phương pháp tính toán các kết cấu xây dựng.

Có thể coi đây như một cuộc “cách mạng nhỏ” về khoa học kỹ thuật trong lĩnh vực xây dựng. Như đã biết, khác với cách mạng xã hội, cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật nào cũng có sự kế thừa và phát triển những thành tựu của nền khoa học kỹ thuật đương đại. Tính toán các công trình và nền của chúng theo quan điểm độ tin cậy *không có nghĩa là phủ nhận các thành tựu, các phương pháp tiên định hay các tài liệu tiêu chuẩn hiện hành*. Hệ phương pháp mới vẫn dựa vào các Tiêu chuẩn hiện hành ở phần các điểm xuất phát, các điều kiện làm việc và sơ đồ tính, cũng như lựa chọn mô hình xác suất nhưng vẫn xét đến và sử dụng các thuật toán tiên định [1, 9].

2. Tính toán độ tin cậy của nền về sức chịu tải.

2.1. Tính toán tiên định nền đất về sức chịu tải.

Sức chịu tải của nền đất trong tính toán tiên định thường được xác định khi đặt một móng cứng trên bán không gian đất với độ sâu chôn móng h_c nào đó (xem sơ đồ tính trên h. 1). Nếu ứng suất do tải trọng ngoài lớn hơn giá trị độ bền cấu trúc của đất về nén sẽ gây ra chuyển vị trượt của các hạt đất rắn đối với nhau. Kết quả là đất dưới móng bị nén chặt lại. Khi tiếp tục tăng tải trọng,

ứng suất trong đất tăng lên, trong đất hình thành những mặt trượt riêng biệt, theo đó các ứng suất tiếp bắt đầu vượt quá sức chống giới hạn của đất về cắt. Tải trọng ứng với thời điểm đó được gọi là tải trọng tới hạn thứ I (p_{th1}). Tiếp tục tăng tải trọng thì trong đất hình thành những mặt trượt liên tục, theo đó các ứng suất tiếp vượt quá sức chống giới hạn của đất về cắt, trong đất hình thành các vùng biến dạng dẻo ở hai mép đáy móng với độ sâu Z_{max} nào đó. Tải trọng ngoài tương ứng với thời điểm đó được gọi là tải trọng tới hạn thứ II (p_{th2}). Tải trọng tới hạn thứ II chính là giới hạn khả năng chịu tải của nền đất. Dù tăng tải trọng ngoài lớn hơn p_{th2} một lượng rất nhỏ cũng dẫn đến sự mất độ bền và ổn định của nền.

Người ta đã lấy $Z_{max} = 0$ để xác định tải trọng tới hạn thứ nhất p_{th1} và coi p_{th1} là sức chịu tải của nền [10, 11]. Tuy nhiên, thực tế xây dựng đã cho thấy, nếu lấy p_{th1} để tính toán móng thì quá an toàn và lãng phí. Vì thế nhiều tác giả đề nghị lấy tải trọng tới hạn thứ hai p_{th2} làm sức chịu tải của nền đất. Chúng ta xem xét việc tính tải trọng tới hạn thứ hai p_{th2} đối với trường hợp tải trọng phân bố đều như trên h. 1. Để tính toán tải trọng tới hạn thứ hai p_{th2} người ta sử dụng các phương trình vi phân cân bằng giới hạn [10]

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} &= \gamma; \\ \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

và phương trình cân bằng giới hạn

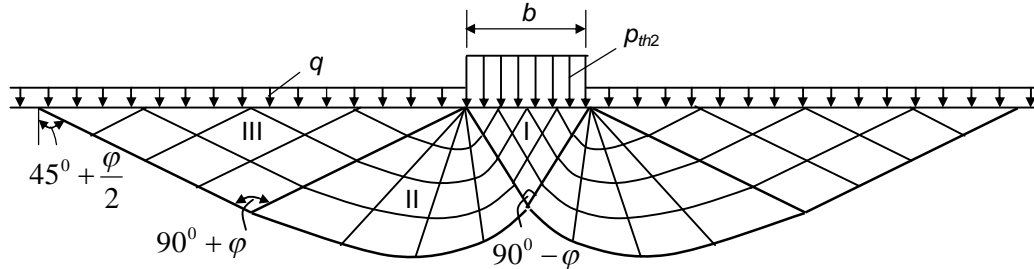
$$\sin^2 \varphi = \frac{(\sigma_z - \sigma_x)^2 + 4\tau_{zx}^2}{(\sigma_z + \sigma_x + 2c \cdot \text{ctg} \varphi)^2}, \quad (2)$$

trong đó x, z - tương ứng là phương ngang và phương thẳng đứng.

Giải các phương trình (1) cùng với (2) cho phép tìm được chính xác về mặt toán học dạng của các mặt trượt liên tục, được hình thành khi đất mất khả năng chịu tải, và tải trọng tới hạn thứ hai p_{th2} .

Prandtl và Reissner là những người đầu tiên giải hệ phương trình trên với giả thiết đất không trọng lượng ($\gamma = 0$). Hình dáng các đường trượt đối với trường hợp này được thể hiện trên h. 1. Khi đó, tải trọng tới hạn thứ hai p_{th2} được xác định bằng công thức [10]

$$p_{th2} = (q + c \cdot \text{ctg} \varphi) \cdot \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \cdot e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi} - c \cdot \text{ctg} \varphi. \quad (3)$$



Hình 1. Hệ thống đường trượt trong nền đất khi nền mất khả năng chịu tải.

Kết quả nhiều thí nghiệm đã khẳng định rằng, vào thời điểm nền đất mất khả năng chịu tải, dưới móng cứng hình thành một lõi đất chặt dịch chuyển xuống dưới và trong quá trình phá hoại của đất thực tế lõi đất này hầu như không thay đổi, nghĩa là trong lõi đất không có các mặt trượt [7, 10, 11]. Xét đến điều đó và xét đến trọng lượng riêng của đất ($\gamma \neq 0$), nhiều tác giả, trong đó có Bêrêzansép, Hanssen, Prandtl, Reissner, ... đã giải các phương trình (1), (2) để xác định tải trọng tới hạn thứ hai p_{th2} đối với bài toán phẳng. Tải trọng tới hạn thứ hai p_{th2} hay sức chịu tải của nền đất được xác định theo công thức:

$$p_{th2} = N_\gamma \cdot \gamma \cdot (b/2) + N_q \cdot q_h + N_c \cdot c, \quad (4)$$

với

$$\left. \begin{aligned} N_q &= e^{\pi \cdot tg \varphi} \cdot tg^2 (45^\circ + \varphi/2); \\ N_c &= (N_q - 1) \cdot ctg \varphi; \\ N_\gamma &= 1,8 \cdot (N_q - 1) \cdot tg \varphi, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

trong đó: b - chiều rộng móng; $q_h = \gamma \cdot h_c$, với h_c - chiều sâu chôn móng.

Ngoài ra còn có lời giải cho các trường hợp tải trọng truyền từ móng phân bố không đều và nghiêng một góc δ so với phương đứng của Novotorxev (1938), Terzaghi (1943), Sokolovsky (1960), Hansen (1961),... [3, 7, 11].

2.2. Tính toán độ tin cậy của nền đất về sức chịu tải.

Như vậy khả năng chịu tải R của nền và tải trọng S trong tính toán tiền định có thể được viết dưới dạng các hàm sau đây:

$$\left. \begin{aligned} R &= f_R(b, h, \gamma, \varphi, c, q_h, \dots), \\ S &= f_S(b, h, a_i, l_i, P, q, \dots), \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

trong đó b, h, a_i, l_i - là các kích thước móng và kích thước kết cấu bên trên; γ, φ, c - tương ứng là trọng lượng riêng, góc ma sát trong và lực dính đơn vị của đất nền; q_h - tải trọng hông; P, q - là tải trọng ngoài tác dụng lên công trình.

Khác với quan điểm tiền định, khi tính nền theo quan điểm xác suất các tham số tính toán trong công thức (6) đều được coi là các đại lượng ngẫu nhiên [1, 6]. Khi đó, kỳ vọng toán của hàm các tham số ngẫu nhiên bằng đại lượng được xác định theo quan hệ tiền định với việc đưa vào kỳ vọng toán của các đại lượng ngẫu nhiên:

$$\left. \begin{aligned} \bar{R} &= f_R(\bar{b}, \bar{h}, \bar{\gamma}, \bar{\varphi}, \bar{c}, \bar{q}_h, \dots), \\ S &= f_S(\bar{b}, \bar{h}, \bar{a}_i, \bar{l}_i, \bar{P}, \bar{q}, \dots), \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

trong đó $\bar{b}, \bar{h}, \bar{\gamma}, \bar{\varphi}, \bar{c}, \bar{q}_h, \bar{a}_i, \bar{l}_i, \bar{P}, \bar{q}, \dots$ - tương ứng là kỳ vọng toán của các tham số tính toán của hàm độ bền hay khả năng chịu tải và hàm tải trọng.

Phương sai của hàm các tham số ngẫu nhiên được xác định theo công thức [2, 6]:

$$\left. \begin{aligned} D_R = \mu_2(R) &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_R}{\partial r_i} \right)^2 \mu_2(r_i) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f_R}{\partial r_i} \right) \left(\frac{\partial^2 f_R}{\partial r_i^2} \right) \mu_3(r_i), \\ D_S = \mu_2(S) &= \sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f_S}{\partial s_i} \right)^2 \mu_2(s_i) + \sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f_S}{\partial s_i} \right) \left(\frac{\partial^2 f_S}{\partial s_i^2} \right) \mu_3(s_i), \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

ở đây μ_2, μ_3 - mômen trung tâm thứ hai và thứ ba của các tham số ngẫu nhiên của khả năng chịu tải hay tải trọng; $\frac{\partial f_R}{\partial r_i}, \frac{\partial f_S}{\partial s_i}, \frac{\partial^2 f_R}{\partial r_i^2}, \frac{\partial^2 f_S}{\partial s_i^2}$ - đạo hàm riêng cấp một và cấp hai của hàm các tham số ngẫu nhiên của khả năng chịu tải hay tải trọng; n, m - số tham số ngẫu nhiên trong hàm khả năng chịu tải và hàm tải trọng.

Khi đó, độ tin cậy của nền có thể được xác định theo phương pháp tuyến tính hóa:

$$P = 1 - \Phi \left\{ \frac{\bar{S} - \bar{R}}{\sqrt{D_S + D_R}} \right\}, \quad (9)$$

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 nền; Φ - hàm phân bố chuẩn.

Ngày nay để tính toán xác suất các công trình, người ta coi phương pháp số Monte Carlo, phương pháp thử nghiệm thống kê,... với việc sử dụng máy tính điện tử là các phương pháp cơ bản. Theo hướng này, tác giả đã đề xuất phương pháp mô hình hóa thống kê từng bước để tính xác suất các kết cấu xây dựng và nền của chúng. Phương pháp đã được công bố ở nước ngoài và được trình bày chi tiết trong [2, 8].

Chúng ta áp dụng phương pháp mô hình hóa thống kê từng bước để xác định độ tin cậy về sức chịu tải của nền đất. Từ các công thức tiền định (5), theo phương pháp đã được trình bày trong [2, 8] không khó khăn có thể xác định được các kỳ vọng toán $\bar{N}_q, \bar{N}_c, \bar{N}_\gamma$ và độ lệch chuẩn $\sigma_{Nq}, \sigma_{Nc}, \sigma_{N\gamma}$, của các hàm các đại lượng ngẫu nhiên N_q, N_c, N_γ .

Đến lượt mình, khả năng chịu tải của nền p_{th2} , mà trong tính toán tiền định được tính theo công thức (4), được coi là hàm của các biến ngẫu nhiên $N_q, N_c, N_\gamma, \gamma, b, q_h, c$, mà các kỳ vọng toán $\bar{N}_q, \bar{N}_c, \bar{N}_\gamma, \bar{\gamma}, \bar{b}, \bar{q}_h, \bar{c}$ và độ lệch chuẩn $\sigma_{Nq}, \sigma_{Nc}, \sigma_{N\gamma}, \sigma_\gamma, \sigma_b, \sigma_{qh}, \sigma_c$ của chúng đã biết. Kỳ vọng toán và độ lệch chuẩn của khả năng chịu tải của nền đất $\bar{p}_{th2}, \sigma_{pth2}$ được xác định theo trình tự sau đây.

- 1) tạo số ngẫu nhiên chuẩn ξ_{Nq} , tính giá trị $N_q = \bar{N}_q + \sigma_{Nq}\xi_{Nq}$;
- 2) tạo số ngẫu nhiên chuẩn ξ_{Nc} , tính giá trị $N_c = \bar{N}_c + \sigma_{Nc}\xi_{Nc}$;
- 3) tạo số ngẫu nhiên chuẩn $\xi_{N\gamma}$, tính giá trị $N_\gamma = \bar{N}_\gamma + \sigma_{N\gamma}\xi_{N\gamma}$;
- 4) tạo số ngẫu nhiên chuẩn ξ_γ , tính giá trị $\gamma = \bar{\gamma} + \sigma_\gamma\xi_\gamma$;
- 5) tạo số ngẫu nhiên chuẩn ξ_b , tính giá trị $b = \bar{b} + \sigma_b\xi_b$;
- 6) tạo số ngẫu nhiên chuẩn ξ_{qh} , tính giá trị $q_h = \bar{q}_h + \sigma_{qh}\xi_{qh}$;
- 7) tạo số ngẫu nhiên chuẩn ξ_c , tính giá trị $c = \bar{c} + \sigma_c\xi_c$;
- 8) tính và ghi lại một giá trị p_{th2}^i theo công thức (4);
- 9) thao tác 1÷ 8 được lặp lại N lần, nhận được N giá trị của sức chịu tải của nền p_{th2} ;
- 10) cuối cùng, tính kỳ vọng toán và độ lệch chuẩn của p_{th2} theo các công thức:

$$\bar{p}_{th2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_{th2}^i ;$$

$$\sigma_{pth2} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[\sum_{i=1}^N (p_{th2}^i)^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N p_{th2}^i \right)^2 \right]}.$$

Ngoài ra còn xác định được các mômen trung tâm cấp hai, cấp ba và cấp bốn $\mu_{2(pth2)}, \mu_{3(pth2)}, \mu_{4(pth2)}, \dots$ của khả năng chịu tải của nền đất [2]. Sau đó trên cơ sở giá trị kỳ vọng toán và độ lệch chuẩn $\bar{p}_{ng}, \sigma_{png}$ của tải trọng ngoài p_{ng} , độ tin cậy về sức chịu tải của nền có thể được xác định theo phương pháp bán bất biến tổng quát của lu. A. Pavlóp hoặc theo công thức (9).

Để minh họa phương pháp trên, dưới đây dẫn ra kết quả tính toán độ tin cậy về sức chịu tải của nền. Các số liệu đưa vào tính toán được cho trong bảng 1. Tính toán xác suất nền về sức chịu tải được tiến hành theo phương pháp mô hình hoá thống kê từng bước và được tác giả lập thành chương trình "TXSN" trên ngôn ngữ Turbo Pascal với số lần thử nghiệm đến $N = 2,14.10^9$ lần. Kết quả tính toán đưa ra kỳ vọng toán, độ lệch chuẩn, các mômen trung tâm cấp hai, cấp ba và cấp bốn $\bar{p}_{th2}, \sigma_{pth2}, \mu_{2(pth2)}, \mu_{3(pth2)}, \mu_{4(pth2)}, \dots$ của sức chịu tải của nền p_{th2} , đồng thời tính toán độ

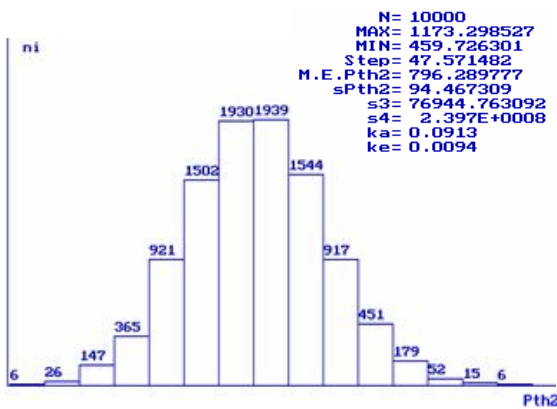
tin cậy của nền khi tải trọng ngoài p_{ng} bằng $(0,5 \div 0,95) p_{th2}$. Các kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 2 và trên các hình 2, 3.

Bảng 1. Các số liệu đưa vào tính xác suất nền công trình.

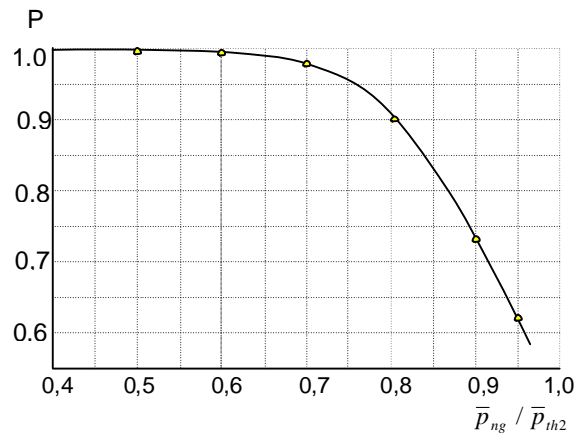
| Kỳ vọng toán | Độ lệch chuẩn |
|------------------------------------|----------------------------------------|
| $\bar{\gamma} = 18 \text{ kN/m}^3$ | $\sigma_{\gamma} = 1,0 \text{ kN/m}^3$ |
| $\bar{\varphi} = 25^0$ | $\sigma_{\varphi} = 2^0$ |
| $\bar{c} = 10 \text{ kN/m}^2$ | $\sigma_c = 1,0 \text{ kN/m}^2$ |
| $\bar{b} = 5,0 \text{ m}$ | $\sigma_b = 0,12 \text{ m}$ |
| $\bar{q} = 20 \text{ kN/m}^2$ | $\sigma_q = 4 \text{ kN/m}^2$ |

Bảng 2. Các kết quả tính toán.

| Phương pháp tiên định | Phương pháp mô hình hoá thống kê từng bước: $N = 10\ 000$ | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|
| | Kỳ vọng toán | Độ lệch chuẩn |
| $N_q = 10,6621$ | $\bar{N}_q = 10,7976$ | $\sigma_{Nq} = 1,7606$ |
| $N_c = 20,7205$ | $\bar{N}_c = 21,0599$ | $\sigma_{Nc} = 1,000$ |
| $N_{\gamma} = 8,1099$ | $\bar{N}_{\gamma} = 8,2394$ | $\sigma_{N\gamma} = 1,5467$ |



Hình 2. Biểu đồ thực nghiệm và các đặc trưng thống kê của sức chịu tải của nền.



Hình 3. Quan hệ giữa độ tin cậy về sức chịu tải của nền và tỷ số $\bar{p}_{ng} / \bar{p}_{th2}$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Vi. *Độ tin cậy của các công trình bến cảng*. NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội, 2009. – 184 trang.
- [2]. Nguyễn Vi. *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, Hà Nội, 2009. – 228 trang.
- [3]. Nguyễn Uyên. *Cơ học đất*. NXB Xây dựng, Hà Nội, 2005.
- [4]. JB 50153-92. Beijing, China.
- [5]. New Standards for Port and Harbour Facilities. Tokyo, Japan, 2007.
- [6]. Ермолаев Н. Н., Михеев В. В. *Надежность оснований сооружений*. Стройиздат – Ленинградское отделение, 1976. - 152 с.
- [7]. Costet J., Sanglerat G. *Механика грунтов*. Перевод с французского В. А. Барвашова. М.: Стройиздат, 1981. - 455 с.
- [8]. Nguyễn Vi. *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, Hà Nội, 2009. – 228 trang.
- [9]. РД 31-31-35-85. *Основные положения расчета причальных сооружений на надежность*. Москва: В/О “Мортехинформреклама”, 1986.
- [10]. Силкин А. М., Фролов Н. Н. *Основания и фундаменты*. Москва: ВО “Огропромиздат”, 1987. - 285 с.
- [11]. Цытович Н. А. *Механика грунтов*. Москва: Высшая школа, 1979. – 271 с.

Người phản biện: PGS.TS. Phạm Văn Thứ