KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC ACEA-VIETGEO 2021

PHÚ YÊN, 13 - 14 THÁNG 5 NĂM 2022

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ XÂY DỰNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG KHU VỰC MIỀN TRUNG VÀ TÂY NGUYÊN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
ACEA -VIETGEO 2021

PHÚ YÊN, VIỆT NAM
13 - 14 THÁNG 5 NĂM 2022

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ XÂY DỰNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG KHU VỰC MIỀN TRUNG VÀ TÂY NGUYÊN

Ban biên tập:

TẠ ĐỨC THỊNH
BÙI TRƯỜNG SƠN
NGUYỄN VĂN LÂM
NGUYỄN THÀNH DƯƠNG
NGUYỄN THANH DANH
NGUYỄN VĂN HÙNG

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT BIẾN DẠNG CỦA VỎ CHỐNG CÔNG TRÌNH NGẦM TIẾT DIỆN NHỎ TRÊN CƠ SỞ HỆ TƯƠNG TÁC "VỎ CHỐNG - KHỐI ĐẤT"

Nguyễn Duyên Phong*, Đặng Trung Thành, Trần Tuấn Minh
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt

Hiện nay để giải quyết các vấn đề về đường hầm kỹ thuật trong các thành phố lớn, mật độ đô thị dày đặc và thi công trong đất đá yếu là bài toán cần thiết. Ở nước ta các công trình xây dựng đường ống kỹ thuật, công trình cáp điện, đường ống cấp thoát nước,... tại các thành phố lớn như TP. Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh,... vẫn là một bài toán chưa có lời giải thích đáng. Trong khuôn khổ bài báo đưa ra phương pháp tính toán kết cấu chống cho đường hầm tiết diện nhỏ bằng phương pháp kích đẩy. Phương pháp kích đẩy có lợi thế thi công trong điều kiện đất đá yếu và không gian chật hẹp, do đó việc tính toán lựa chọn cấu tạo của vỏ chống cho các đường hầm là yếu tố hết sức cần thiết và mang tính thời sự khi tính toán cho từng khu vực cụ thể để đảm bảo tính ổn định, thẩm mỹ, kinh tế,... cho công trình.

Từ khóa: *Trạng thái ứng suất biến dạng; Vỏ chống; Công trình ngầm tiết diện nhỏ; Phương pháp kích đẩy; Cơ học công trình ngầm.*

1. Đặt vấn đề

Ở nước ta, vấn đề nghiên cứu tính toán vỏ chống đường hầm tiết diện nhỏ không nhiều, một số tác giả mới chỉ nghiên cứu chủ yếu là các loại đường hầm tiết diện lớn như một số tác giả (Nguyễn X.M., 1998; Nguyễn Q.P., 2007; Võ T.H. and Phùngm.Đ., 2008; Do N.A. and Dias D., 2017; Trần T.M., 2014a, 2014b; Nguyen D.P., 2016a, 2016b; Nguyễn D.P. nnk, 2017, 2019; Nguyễn X.M nnk, 2021). Một số nghiên cứu trên thế giới cũng đã đưa ra các phương pháp tính toán đường hầm tiết diện nhỏ (A.N. Pankratenko nnk, 2016; Baklashov I.V. and Kartoziya B.A., 1984; Bulychev N.S., 1989, 1994; Bulychev N.S., nnk, 1986; Nguyen D.P., nnk, 2017, 2018).

Phương pháp xác định trạng thái ứng suất của vỏ chống đường hầm tiết diện nhỏ với ảnh hưởng tải trọng riêng của đất trên cơ sở tính toán trong cơ học công trình ngầm (Bulychev N.S., 1989, 1994; Bulychev N.S., nnk, 1986; Nguyen D.P., nnk, 2017, 2018; Pankratenko A.N., nnk, 2016; Tran T.M. and Nguyen D.P., 2012) về sự tương tác cấu tạo công trình ngầm với khối đất đá xung quanh bằng hệ các phần tử biến dạng đồng thời. Hiện nay khái niệm "Công trình ngầm tiết diện nhỏ" là một khái niệm tương đối vì nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, trong đó yếu tố công nghệ thi công có vai trò rất quan trọng. Ví dụ, khi công trình ngầm (CTN) thi công bằng phương pháp khoan nổ mìn, sử dụng bằng khoan tay thì đường hầm tiết diện nhỏ thường có diện tích nhỏ hơn 18 m^2. Theo Võ T.H., 2017 thì CTN tiết diện nhỏ có diện tích mặt cắt ngang đến 20,0 m^2. Theo Nghiêm H.H., 2012; Trần T.G., Tạ T.Đ., 2011 phân loại theo kích thước CTN thì CTN tiết diện nhỏ có chiều rộng sử dụng nhỏ hơn 4,0m. Ngoài ra theo định nghĩa của Hiệp hội kỹ sư xây dựng Hoa Kỳ (American Society of Civil Engineering - ASCE, 2001) công nghệ kích

** Ngày nhận bài: 27/02/2022; Ngày phản biện: 30/3/2022; Ngày chấp nhận đăng: 12/4/2022*
** Tác giả liên hệ: Email: nguyenduyenphong@humg.edu.vn*

đẩy hầm tiết diện nhỏ bằng máy đào hầm loại nhỏ là một hệ thống gồm nhiều đốt hầm được lắp đặt trực tiếp ở phía sau một máy đào hầm, được đẩy đi bằng hệ thống kích thủy lực, từ một công trình kích đẩy (giếng kích) đến một công trình nhận (giếng nhận) để tạo thành một CTN trong lòng đất. Một số kết quả trên thế giới của lĩnh vực này như sau: Rõhner, R., nnk., 2010 đưa ra phương pháp tính toán lực kích đẩy bằng phương pháp mới ATV A-161; Baklasov I.V. nnk, 2009 đã đưa ra lý thuyết tổng quát xác định tải trọng đến vỏ chống khi thi công bằng phương pháp đào hầm tiết diện nhỏ; Bulutrev N.S. nnk, 1994 phân tích lựa chọn cấu tạo đường ống bê tông cốt thép khi xây dựng đường hầm tiết diện nhỏ, …

Với mục đích nâng cao khả năng mang tải cho kết cấu chống CTN, khi xây dựng đường hầm trong điều kiện địa chất mỏ phức tạp, đặc tính đất đá yếu chứa nước, sử dụng phương pháp kích đẩy và áp dụng phương pháp tính toán vỏ chống trên cơ sở nguyên lý xác định trạng thái cân bằng hệ "vỏ chống - khối đất" trên một thể thống nhất biến dạng.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Để giải quyết nhiệm vụ tính toán trên cơ sở các tham số, cho thấy sự tồn tại các yếu tố ảnh hưởng đến trạng thái ứng suất của vỏ chống:

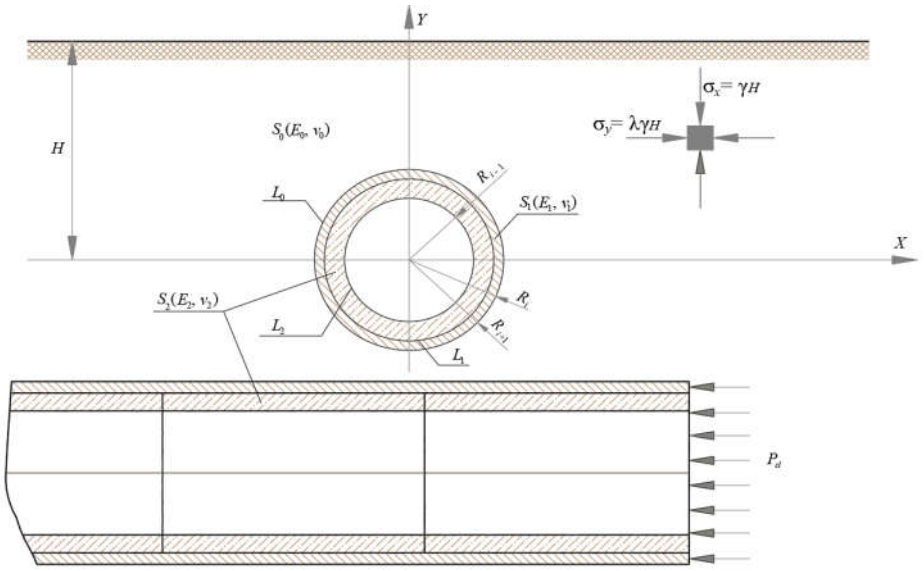
- Chiều sâu đặt hầm và kích thước vỏ hầm;

- Số lượng lớp vỏ chống, chiều dày vỏ chống, đặc tính biến dạng của vật liệu các lớp;

- Đặc tính ứng suất ban đầu trong khối đất đá, gây ra tải trọng riêng khối đất đá, tính chất lưu biến của khối đất đá (trong giới hạn lý thuyết có tính chất tuyến tính từ biến).

2.1. Xác định vùng ứng suất ban đầu

Để xác định ứng suất trong các lớp vỏ chống đường hầm tiết diện nhỏ cho thấy với bài toán tiếp xúc phẳng nhiệm vụ lý thuyết đàn hồi vòng nhiều lớp, gia cố đường hầm với biến dạng tuyến tính trong môi trường đồng nhất đẳng hướng vô tận. Sơ đồ tổng quát tính toán được đưa ra trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ tính toán

1 - vỏ chống đường ống bê tông cốt thép, có mô đun biến dạng E_1 và hệ số Possion ν_1, với khối đất đá có mô đun biến dạng E_0 và hệ số Possion ν_0; 2 - lớp vỏ Bentonit có mô đun biến dạng E_2 và hệ số Possion ν_2, $r_0 = R_{i+1}$, $r_1 = R_i$, $r_2 = R_{i-1}$, bán kính các lớp vòng, m; γ - trọng lượng riêng của đất đá, kN/m^3; H - chiều sâu đặt hầm, m; λ - hệ số áp lực ngang.

Với đặc tính công nghệ thi công đường hầm tiết diện nhỏ, đào đường ống quan sát cho thấy trong hai lớp vòng tròn, đường hầm đặt ở chiều sâu H, lớp ngoài S_0, có mô đun biến dạng E_0 và hệ Possion v_0, mô hình hóa khối đất đá. Lớp thứ nhất có biên L_0 - trực tiếp lớp đất đá, lớp thứ hai với đường biên L_1 - lớp xen giữa bê tông, giảm lực ma sát khi kích đẩy đốt hầm trong khối đất, và lớp thứ ba với đường biên L_2 - lớp vỏ chống (thành vỏ chống) công trình ngầm, theo Bulychev N.S., 1994.

$$\sigma_r^{(0)} = p_0^{(0)} + p_2^{(0)} \cos 2\theta;\ \tau_{r\theta}^{(0)} = q_2^{(0)} \sin 2\theta, \quad (1)$$

ở đây: $p_0^{(0)} = \gamma H \frac{1+\lambda}{2}$; $p_2^{(0)} = \gamma H \frac{1-\lambda}{2}$; $q_2^{(0)} = -p_2^{(0)} = -\gamma H \frac{1-\lambda}{2}$, nhận giá trị âm là giảm ứng suất; σ, τ - là các thành phần ứng suất hướng kính và tiếp tuyến; p, q - các thành phần tải trọng theo hướng kính và tiếp tuyến.

2.2. Xác định vùng ứng suất bổ sung

$$\sigma_r^{(1)} = p_0^{(1)} + p_2^{(1)} \cos 2\theta, \tau_{r\theta}^{(1)} = q_2^{(1)} \sin 2\theta, \quad (2)$$

ở đây: $p_0^{(1)} = -\gamma H \frac{1+\lambda}{2}, p_2^{(1)} = -\gamma H \frac{1-\lambda}{2}, q_2^{(1)} = \gamma H \frac{1-\lambda}{2}.$

2.3. Xác định hệ số truyền ứng suất trên biên các lớp vòng tròn bằng biểu thức

$$K_{0(i)}^* = \frac{d'_{2(i)}}{d'_{1(i)} + \chi'_0\left(d_{2(i+1)} - K^*_{0(i+1)} d_{1(i+1)}\right)} \quad (3)$$

$$K_{11(i-1)}^* = \frac{(b_3 + 3b'_3) - (a_3 + 3a'_3)}{(b_1 + 3b'_1) - (a_1 + 3a'_1)} \quad (4)$$

$$K_{12(i-1)}^* = \frac{(b_4 + 3b'_4) - (a_4 + 3a'_4)}{(b_1 + 3b'_1) - (a_1 + 3a'_1)} \quad (5)$$

ở đây: $K_{21(i-1)}^* = K_{22(i-1)}^* = 0$ (khi q_2=0); để đơn giản trong tính toán sử dụng các ẩn số phụ: $a_1 = c^2(c^2+3)$; $a'_1 = c^2(2c^4 + c^2 + 1)$; $a_2 = c^2(3 - c^2)$; $a'_2 = c^2(c^2+1)$; $a_3 = 3c^2 + 1 + D$; $a'_3 = 2c^2 + c^6 + c^4 - D$; $a_4 = 3c^2 - 1 - D$; $a'_4 = c^4(c^2+1) - D$; $b_1 = c^4(3 - c^2) + D$; $b'_1 = 2c^4 + c^2 + 1 + D$; $b_2 = c^4(3 - c^2) + D$; $b'_2 = c^2 + 1 + D$; $b_3 = c^2(3c^2+1)$; $b'_3 = c^2(c^2+1) + 2$; $b_4 = c^2(3c^2 - 1)$; $b'_4 = c^2(c^2+1)$; $D = \frac{(c^2-1)^3}{\aleph+1}$; $\aleph = 3 - 4v$; $c = \frac{R_1}{R_2}$; $d_1 = c^2(\aleph + 1)$; $d_2 = 2c^2 + \aleph - 1$; $d'_1 = c^2(\aleph - 1) + 2$; $d'_2 = \aleph + 1$.

2.4. Biết hệ số truyền ứng suất bổ sung, xác định ứng suất bổ sung trên biên các lớp

Với r = R_1: $p_{0(1)}^{(1)} = -\gamma H \frac{1+\lambda}{2} K_{0(1)}^*$; $p_{2(1)}^{(1)} = -\gamma H \frac{1-\lambda}{2}\left(K_{11(1)}^* - K_{12(1)}^*\right)$ (6)

Với r = R_2: $p_{0(2)}^{(1)} = -\gamma H \frac{1+\lambda}{2} K_{0(1)}^* . K_{0(2)}^*$;

$$p_{2(2)}^{(1)} = -\gamma H \frac{1-\lambda}{2}\left(K_{11(1)}^* - K_{12(1)}^*\right)\left(K_{11(2)}^* - K_{12(2)}^*\right) \quad (7)$$

2.5. Tổng ứng suất bổ sung trên biên các lớp với ứng suất ban đầu ta xác định được toàn bộ ứng suất trên biên

Với r = R_1 $p_{0(1)} = \gamma H \frac{1+\lambda}{2}\left(1 - K_{0(1)}^*\right)$;

$$p_{2(1)} = \gamma H \frac{1-\lambda}{2}\left(1 - K_{11(1)}^* + K_{12(1)}^*\right) \quad (8)$$

Với r = R_2 $p_{0(2)} = \gamma H \frac{1+\lambda}{2}\left(1 - K_{0(1)}^* K_{0(2)}^*\right)$;

$$p_{2(2)} = \gamma H \frac{1-\lambda}{2}\left(1 - \left(K_{11(2)}^* + K_{12(2)}^*\right).\left(K_{11(1)}^* + K_{12(1)}^*\right)\right) \quad (9)$$

2.6. Độ lớn toàn bộ ứng suất trên biên các lớp được xác định ứng suất tiếp tuyến σ_θ trong mỗi lớp vỏ chống đường hầm tiết diện nhỏ

Với $r = R_{(i-1)}$

$$\sigma_\theta = p_{0(i)}m_1 - p_{0(i-1)}m_2 - \left(p_{2(i)}n_1 - q_{2(i)}n_2 - p_{2(i-1)}n_3 + q_{2(i-1)}n_4\right)\cos 2\theta \quad (10)$$

Với $r = R_i$

$$\sigma_\theta = p_{0(i)}m_1^{'} - p_{0(i-1)}m_2^{'} - \left(p_{2(i)}n_1^{'} - q_{2(i)}n_2^{'} - p_{2(i-1)}n_3^{'} + q_{2(i-1)}n_4^{'}\right)\cos 2\theta \quad (11)$$

ở đây: $m_1 = \frac{2c^2}{c^2-1}$; $m_2 = \frac{c^2+1}{c^2-1}$; $m_1^{'} = m_2$; $m_2^{'} = \frac{2}{c^2-1}$; $n_1 = 4c^2\frac{c^2+1}{(c^2-1)^2}$; $n_2 = \frac{4c^2}{(c^2-1)^2}$; $n_3 = \frac{c^4+6c^2+1}{(c^2-1)^2}$; $n_4 = 2\frac{c^4+2c^2-1}{(c^2-1)^2}$; $n_1^{'} = n_3$; $n_2^{'} = 2\frac{2c^2-c^4+1}{(c^2-1)^2}$; $n_3^{'} = 4c\frac{c^2+1}{(c^2-1)^2}$; $n_4^{'} = n_2$.

Trong điều kiện thành phố sử dụng công nghệ đào hầm tiết diện nhỏ có giá trị lớn nhất ảnh hưởng đến đường hầm với bề mặt là các thành phần tải trọng (trọng lượng phương tiện vận tải, nhà và các công trình xây dựng).

Hình 2. Sơ đồ công nghệ phương pháp kích đẩy (Herrenknecht AG).

Tải trọng cho phép tác động đến đường hầm giao thông và đường sắt vận tải (Osetrova O.V., 1999) được xác định bằng biểu thức:

$$P_{cp} = 1 - \frac{2}{\pi}\left(arctan\frac{H}{a} - \frac{H}{a\left(1+\frac{H}{a}\right)^2}\right)P(1+\mu) \quad (12)$$

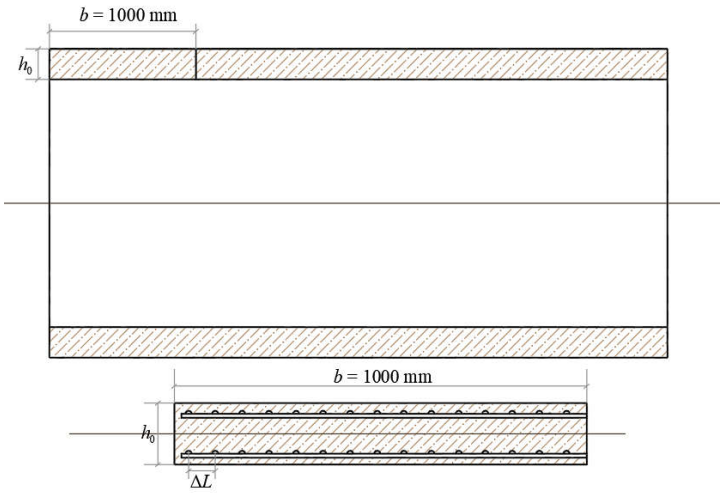
Trong đó: H - chiều sâu đặt hầm, m; a - nửa kích thước của tải trọng tác dụng từ bề mặt dọc theo trục đường hầm, m; P - tác động của tải trọng từ bề mặt; (1+μ) hệ số tính toán tác động động lực học đến vỏ chống với tải trọng có vệt bánh xe (theo NK-80), bánh xích (theo NG-60) và đường sắt (theo SK-14).

Cấu tạo kết cấu vỏ chống (chiều dài, chiều dày và đường kính) vỏ chống bê tông cốt thép là tham số công nghệ khi xây dựng đường hầm tiết diện nhỏ theo chiều sâu đặt hầm. Với tính toán độ bền nén của bê tông xác định đường kính của vỏ chống để thỏa mãn tải trọng tính toán.

Tính toán xác định giá trị α_m (theo SniP 2.03.01-84, 1984):

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} \quad (13)$$

Trong đó: M - mô men uốn tính toán lớn nhất, kNm; R_b - độ bền nén tính toán của bê tông giới hạn một đốt hầm, MPa; h_0 - chiều cao làm việc mặt cắt của đốt hầm (chiều dày vỏ chống), mm; b - chiều rộng mặt cắt ngang của đốt hầm (chiều dài đốt vỏ chống), lấy bằng 1.000mm (hình 3).



Hình 3. Sơ đồ tính toán xác định chiều dài đốt vỏ chống

Trên cơ sở giá trị α_m đưa ra trên bảng hướng dẫn giá trị ζ (theo SniP 2.03.01-84, 1984). Diện tích mặt cắt ngang của đốt hầm được xác định bằng biểu thức:

$$A_s = \frac{M.10^6}{R_s \zeta h_0} \quad (14)$$

Vùng mở rộng có thể bằng phía trong lớp vỏ chống đốt hầm, cốt thép lớp thứ được xác định như sau:

$$A_s^{'} = \frac{1}{2} A_s \quad (15)$$

Trong đó: $A_s^{'}$ - diện tích gia cố trên một hàng trong mặt cắt tính toán.

Xác định số lượng vòng *K* trên 1,0 mét tuyến vỏ chống:

$$K = \frac{A_s^{'}}{A_v} \quad (16)$$

Trong đó: A_v - diện tích mặt cắt ngang một vòng liên kết để gia cố cho một vòng.

Xác định bước chống Δ*L*:

$$\Delta L = b / K \quad (17)$$

Tác động lực từ trạm kích đẩy trong công nghệ xây dựng hầm tiết diện nhỏ có giá trị quan trọng không nhỏ đến việc lựa chọn khoảng cách hình dạng của vỏ chống để sử dụng và kích đẩy trong khối đất.

Cần phải đưa ra tính toán vỏ chống trên cơ sở tác động từ trạm kích đẩy:

N - lực kích đẩy lớn nhất, tác động trên một ống, MN; *F* - diện tích mặt cắt ngang ống, m^2; *E* - mô đun biến dạng bê tông, MPa; [σ] - giới hạn độ bền nén của bê tông, MPa; *t* - chiều dày vỏ chống (thành ống), m; *r* - bán kính trung bình kết cấu chống (thành ống), m; *b* - chiều dài ống,m.

2.7. Điều kiện độ bền vỏ chống (thành ống) phụ thuộc lực kích đẩy từ trạm kích đẩy (Kopylov S.I., 2002)

$$[\sigma] \leq \sigma = \gamma f . \frac{N}{F} \quad (18)$$

2.8. Xác định ứng suất pháp tuyến và tiếp tuyến bổ sung trong thành ống dưới tác động của lực kích đẩy từ trạm kích

$$\sigma_z^* = \gamma f \frac{N}{F} = v(\sigma_r + \sigma_\theta); \sigma_{\theta^{in}} = \sigma_r = Q = \gamma F b; \sigma_{\theta^{ex}} = \sigma_\theta = (\sigma - Q)\gamma. \quad (19)$$

2.9. Nội lực của vỏ chống

$$M = \frac{\sigma_{\theta}^{in} - \sigma_{\theta}^{ex}}{12} bt^2; N = \frac{\sigma_{\theta}^{in} + \sigma_{\theta}^{ex}}{12} bt. \quad (20)$$

M - mô men của vỏ chống; N - lực dọc của vỏ chống.

Hoặc để tính toán tại mặt cắt nguy hiểm:

$$M = \left(\frac{p_0(i)m_1 - p_0(i-1)m_2 - (p_2(i)n_1 - q_2(i)n_2 - p_2(i-1)n_3 + q_2(i-1)n_4)\cos 2\theta}{12} - \frac{p_0(i)m_1' - p_0(i-1)m_2' - (p_2(i)n_1' - q_2(i)n_2' - p_2(i-1)n_3' + q_2(i-1)n_4')\cos 2\theta}{12} \right) bt^2$$

$$N = \left(\frac{p_0(i)m_1 - p_0(i-1)m_2 - (p_2(i)n_1 - q_2(i)n_2 - p_2(i-1)n_3 + q_2(i-1)n_4)\cos 2\theta}{2} + \frac{p_0(i)m_1' - p_0(i-1)m_2' - (p_2(i)n_1' - q_2(i)n_2' - p_2(i-1)n_3' + q_2(i-1)n_4')\cos 2\theta}{2} \right) bt$$

2.10. Điều kiện độ bền của vỏ chống, thỏa mãn điều kiện

$$[\sigma] \le \sigma = \gamma f \frac{N_1}{F_1} \quad (21)$$

Nếu điều kiện độ bền không đảm bảo, cần phải tăng đặc tính độ bền của vỏ chống cho phù hợp với tải trọng tính toán. Sau đó kiểm tra lại điều kiện độ bền.

Yếu tố quan trọng trong công tác xây dựng đường hầm là cần phải xác định số lượng trạm kích đẩy.

Lực kích đẩy thành ống từ giếng kích đường hầm tiết diện nhỏ phụ thuộc vào lực cản ma sát thành ống trong dung dịch Bentonite trên toàn bộ tuyến ống cũng như từ điều kiện địa chất đào hầm.

$$P > R_{bt}.K. \quad (22)$$

Trong đó: K - hệ số an toàn, K = 1,0 - 1,1

Khả năng sức chống thành ống từ lực kích đẩy xác định bằng biểu thức (Metrostroy, 1981):

$$R_{bt} = [(2(q+p)D_N + G)f_{bt} + \pi D_N C_{bt}]L. \quad (23)$$

Trong đó: q - thành phần áp lực thẳng đứng, kN/m^2; p - thành phần áp lực nằm ngang, kN/m^2; f_{bt} = 0,1 - hệ số ma sát của bê tông với dung dịch bentonite; C_{bt} - hệ số dính kết của bê tông cốt thép với dung dịch bentonite; D_N - đường kính ngoài, m; G - trọng lượng ống, kN (RK 2411-02); L - chiều dài tuyến (kích đẩy phần ống), m; N - lực kích đẩy trên cơ sở giếng kích.

3. Kết luận

Các tham số công nghệ xây dựng đường hầm tiết diện nhỏ và mô phỏng toán học để tính toán trên cơ sở đó xác định lựa chọn kích thước và các thông số của vỏ chống bê tông cốt thép. Đường hầm tiết diện sử dụng các tham số điều kiện địa chất đưa ra trên cơ sở đó xác định được khả năng độ bền của vỏ chống trong khối đất đá.

Kết quả nghiên cứu trên đây cho thấy việc sử dụng sơ đồ thuật toán tính toán ứng suất trong mỗi đốt hầm với kết quả chính xác cao trên cơ sở tính toán nội lực của vỏ chống thông qua hệ số an toàn. Bài toán mới chỉ dừng lại ở nghiên cứu cho đường hầm mặt cắt ngang tròn. Vì vậy, để nghiên cứu sử dụng cho những đường hầm có mặt cắt ngang khác vẫn phải có những nghiên cứu bổ sung.

Tài liệu tham khảo

Nghiêm Hữu Hạnh, 2012. Bài giảng môn học công trình ngầm. Trường Đại học Thủy Lợi, Hà Nội.

Nguyễn Duyên Phong nnk, 2019. Nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện địa chất đến chiều dày vỏ chống đường hầm tiết diện nhỏ trong điều kiện đô thị Việt Nam. Đề tài khoa học và công nghệ cấp cơ sở, Mã số T18-25. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Nguyễn Duyên Phong, Đặng Trung Thành, 2019. Tính toán trạng thái ứng suất - biến dạng cho đường hầm tiết diện nhỏ trên cơ sở nghiên cứu trạng thái cân bằng của hệ "vỏ chống - khối đất". Địa kỹ thuật và xây dựng phục vụ phát triển bền vững. Kỷ yếu Hội nghị khoa học toàn quốc VietGeo 2019, Vĩnh Long, 25&26 tháng 10 năm 2019. Trường Đại học Xây dựng miền Tây, Vĩnh Long. *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật,* tr. 56-58.

Nguyễn Duyên Phong, Nguyễn Việt Trung, 2017. Mô hình hóa tính toán vỏ chống nhiều lớp xây dựng trong khối đất đá không đồng nhất. Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học cán bộ trẻ lần thứ XIV - 2017. Phần 3: Địa kỹ thuật - Trắc địa công trình - Nền móng. Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng. *Nhà xuất bản Xây dựng,* tr. 54-61.

Nguyễn Duyên Phong, Nguyễn Xuân Mãn, Đặng Trung Thành, 2017. Thuật toán tính toán kết cấu chống công trình ngầm nhiều lớp trên cơ sở nghiên cứu tương tác của hệ "kết cấu chống-khối đất đá". Tuyển tập công trình khoa học Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ X. Tập 2. Cơ học Thủy khí, Cơ học Tính toán, Cơ học Đất Đá và Môi trường rời. Hội Cơ học Việt Nam. *Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội,* tr. 791-796.

Nguyễn Quang Phích, 2007. Cơ học đá. *Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội,* 356 trg.

Nguyễn Thành Nam, Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong và Đào Văn Tuyết, 2021. Sự hình thành các vùng sụp lở đất đá trên biên đường hầm khi tiến hành khai đào. Hội nghị Khoa học toàn quốc Cơ học Vật rắn lần thứ XV. Đại học Thái Nguyên, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp. *Nhà xuất bản Đại học Thái Nguyên,* tr. 696-701.

Nguyễn Xuân Mãn, 1998. Tính toán kết cấu chống giữ công trình ngầm. Bài giảng cao học, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội. - 90 tr.

Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong, Đào Văn Tuyết, 2021. Sự thay đổi trạng thái ứng suất trong khối đá xung quanh đường hầm do tác động của phương pháp khai đào. Tuyển tập công trình khoa học Hội nghị khoa học toàn quốc "Cơ học đá - Những vấn đề đương đại" VietRock2021, Hà Nội, 16/10/2021. Trường Đại học Dầu khí Việt Nam. *Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ,* tr. 167-174.

Trần Thanh Giám, Tạ Tiến Đạt, 2011. Tính toán thiết kế công trình ngầm. *Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội*.

Trần Tuấn Minh, 2014a. Cơ học và tính toán kết cấu chống giữ công trình ngầm. *Nhà xuất bản Xây dựng,* Tập 1, Hà Nội, 348 trang.

Trần Tuấn Minh, 2014b. Cơ học và tính toán kết cấu chống giữ công trình ngầm. *Nhà xuất bản Xây dựng,* Tập 2, Hà Nội, 372 trang.

Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong, 2012. Nghiên cứu quy luật phân bố ứng suất-biến dạng và đường cong lún sụt bề mặt đất xung quanh các đường hầm tiết diện nhỏ khi thay đổi đường kính và độ sâu đặt đường hầm. *Tạp chí Địa kỹ thuật*, số 4, trg 39-47.

Võ Trọng Hùng, 2017. Thiết kế quy hoạch, cấu tạo công trình ngầm. *Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và công nghệ,* Hà Nội, 636 trang.

Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc, 2008. Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật,* Hà Nội, 460 trang.

Alexandr A. Pankratenko, Nguyen Quang Huy, Nguyen Duyen Phong, Andrey S. Samal, Abdrahman B. Begalinov, Dikhan B. Amantolov, 2016. Influence of pipe ramming on stress state of surrounding soil and nearby tunnel lining. *Applied Mechanics and Materials*. DOI: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.843.81. Vol. 843, pp. 81-86.

American Society of Civil Engineers, 2001. Standard Construction Guidelines for Microtunneling. Reston, Virginia 20191-4400: Construction Institute/American Society of Civil Engineers.

Baklashov I.V. and Kartoziya B.A., 1984. Mekhanika podzemnykh sooruzheniy i konstruktsii krepey (Mechanics of underground structures and support designs), *Moscow, Nedra,* 324 p.

Bulychev N.S., 1989. Mechanics of underground structures in the examples and tasks: textbook. manual for universities. *Moscow, Nedra,* 270 p.

Bulychev N.S., 1994. Mekhanika podzemnykh sooruzheniy: Uchebnik dlya vuzov. 2-e izd. (Mechanics of underground structures: Textbook for high schools, 2nd edition), *Moscow, Nedra,* 382 p.

Bulychev N.S., Phochiva N.N., Strensov E.V., 1986. Design and calculation of the support of the capital workings. *Moscow. Nedra.* 288 p.

Do Ngoc Anh and Dias Daniel, 2017. A Comparison of 2D and 3D numerical simulations of tunnelling in soft soils. Environmental Earth Sciences, Vol. 76, №. 3, pp. 1-12.

Herrenknecht AG. The information from the company Herrenknecht AG. http://www.herrenknecht.com

Kopylov S.I., 2002. The calculation of the bearing capacity of the lining of a reinforced concrete pipe of 1100mm in the construction of a sewage collector in the city of Zelenograd using the microfield. Tula.

Metrostroy, 1981. Calculation of the efforts of pushing through the tunnel. №. 4. pp. 19-21.

Moscow City Construction Standards MGSN 6.01-03, 2003. Trenchless construction of communications with the use of micro-tunneling systems and the reconstruction of pipelines with the use of special equipment. Publishing House of the Government of Moscow.

Nguyen Duyen Phong, 2016. Determination of the stress state of the underground tunnels in the city of Ho Chi Minh City based on the solution of the elastic-plastic problem of deformable solid mechanics. *Mining Informational Analytical Bulletin* (scientific and technical journal), №. 3, pp. 2-15.

Nguyen Duyen Phong, 2016. Elastic-plastic model of the massif, which takes into account the change in the strength of rocks around the working area for the calculation of lining of the underground metro in difficult geological conditions. *Mining information and analytical bulletin* (scientific and technical journal), №. 6, pp. 241-250.

Nguyen Duyen Phong, Dang Trung Thanh, Pham Duc Thang, Ta Van Kien, 2017. The calculation of multilayer lining of tunnels, constructed in a technologically diverse of massif soil. *Mining science and technology*. DOI: http://dx.doi.org/10.17073/2500-0632-2017-4-31-37, №. 4, pp. 31-39.

Nguyen Duyen Phong, Dang Trung Thanh, Tran Tuan Minh, Nguyen Van Thinh, 2018. Research design lining for utilities tunnel in the city based on state of "lining-massif soil". *Mining science and technology*. DOI: https://doi.org/10.17073/2500-0632-2018-4-34-40, №. 4, pp. 34-40.

Osetrova O.V., 1999. Method of calculation of pipes laid using trenchless technologies: diss. ... Cand. tech. sciences. Tula, 130 p.

Pankratenko A.N., Nguyen Duyen Phong, Sammal A.S., Nguyen Xuan Man, 2016. Study of the calculation of multilayer lining tunnels built in a technologically inhomogeneous rock mass, Mining Informational Analytical Bulletin (scientific and technical journal), №. 4, pp. 2-11.

RK 2411-02. Issue 2, 2002. Constructions of reinforced concrete pipes for laying using the microtunneling method. Working drawings of pipes d = 1200mm, d = 1500mm. Moscow, 45 p.

Rõhner, R., nnk., 2010. Calculation of jacking force by new ATV A-161. Tunnelling and Underground Space Technology 25, 731-735.

SniP 2.03.01-84, 1984. Manual on the design of concrete and reinforced concrete structures of heavy and light concrete without prestressing the reinforcement.

SNiP 2.05.03-84, 1984. *Bridges and pipes*.

Баклашов и.в., и др, 2009. Нагрузки и воздействия на стальные футляры в технологии микротоннелирования. Горный информационноаналитический бюллетень (научно-технический журнал), 27-32.

Булычев Н.С., 1994. Механика подземных сооружений: Учеб. для вузов.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Недра.-382 с.

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
ACEA-VIETGEO 2021

Biên tập nội dung: PGS.TS. Bùi Trường Sơn - ThS. Nguyễn Văn Hùng

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Chịu trách nhiệm xuất bản
GIÁM ĐỐC - TỔNG BIÊN TẬP
BÙI MINH CƯỜNG

Chịu trách nhiệm nội dung
TS. NGUYỄN HUY TIẾN

Biên tập - Sửa bản in: NGUYỄN THỊ LƯƠNG
Thiết kế bìa: ĐẶNG NGUYÊN VŨ
Chế bản: PHAN HUYỀN KIM

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 Trần Hưng Đạo - Hoàn Kiếm - Hà Nội
ĐT: 024 3942 4543; Fax: 024 3822 0658
Email: nxbkhkt@hn.vnn.vn
Website: http://www.nxbkhkt.com.vn

CHI NHÁNH NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
28 Đồng Khởi - Quận 1 - TP. Hồ Chí Minh
ĐT: 028 3822 5062

In 100 bản, khổ 20.5×29 cm, tại Công ty phát triển dịch vụ Minh Vương
Địa chỉ: C13, khu 2,5ha, tổ 18, P. Dịch Vọng Hậu, Q. Cầu Giấy, TP. Hà Nội.
Số xác nhận đăng ký xuất bản: **1448-2022**/CXBIPH/7-64/KHKT.
Quyết định xuất bản số: **72**/QĐ-NXBKHKT.
In xong và nộp lưu chiểu năm 2022. **Mã ISBN: 978-604-67-2296-0**