ERSD 2018

KỶ YẾU

HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC
KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Hà Nội, 07 - 12 - 2018

NHỮNG TIẾN BỘ TRONG XÂY DỰNG

Nhà xuất bản giao thông vận tải

HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN
VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2018)

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban:	**PGS.TS Lê Hải An**	
Phó trưởng ban:	**GS.TS Trần Thanh Hải**	
	GS.TS Bùi Xuân Nam	
Ủy viên:	**GS.TS Nhữ Văn Bách**	**PGS.TS Nguyễn Như Trung**
	GS.TS Võ Trọng Hùng	**TS Đào Duy Anh**
	GS.TS Võ Chí Mỹ	**TS Nguyễn Xuân Anh**
	GS.TS Trần Văn Trị	**ThS Phạm Văn Chinh**
	PGS.TS Đoàn Văn Cánh	**ThS Phạm Chân Chính**
	PGS.TS Đỗ Cảnh Dương	**TS Trần Quốc Cường**
	PGS.TS Phùng Mạnh Đắc	**TS Nguyễn Đại Đồng**
	PGS.TS Nguyễn Quang Minh	**TS Trịnh Hải Sơn**
	PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo	**TS Lê Ái Thụ**
	PGS.TS Tạ Đức Thịnh	**TS Phạm Quốc Tuấn**

BAN BIÊN TẬP

Trưởng ban:	**GS.TS Trần Thanh Hải**	
Phó trưởng ban	**PGS.TS Nguyễn Quang Minh**	
Ủy viên:	**PGS.TS Vũ Đình Hiếu**	**TS Lê Quang Duyến**
	PGS.TSKH Hà Minh Hòa	**TS Bùi Văn Đức**
	PGS.TS Lê Văn Hưng	**TS Nguyễn Hoàng**
	PGS.TS Nguyễn Quang Luật	**TS Phùng Quốc Huy**
	PGS.TS Phạm Xuân Núi	**TS Nguyễn Thạc Khánh**
	PGS.TS Khổng Cao Phong	**TS Nguyễn Quốc Phi**
	PGS.TS Nguyễn Hoàng Sơn	**TS Vũ Minh Ngạn**
	PGS.TS Lê Công Thành	**TS Phí Trường Thành**
	PGS.TS Ngô Xuân Thành	**TS Dương Thành Trung**
	TS Lê Hồng Anh	

MỤC LỤC

TIỂU BAN
NHỮNG TIẾN BỘ TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGẦM

Nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước tấm đệm neo đến sự phân bố ứng suất và biến dạng trong tấm đệm
Đào Viết Đoàn 1

Về vấn đề khai thác xuống sâu và những thách thức của ngành than Việt Nam
Đào Viết Đoàn 7

Estimating the Radial Displacement on the Tunnel boundary within Efficient Working Area of Rock Tunnelling Quality Index (Q-system)
Van Diep Dinh, Ngoc Anh Do, Amund Bruland 14

Nghiên cứu đề xuất tiêu chuẩn kiểm định kết cấu chống linh hoạt bằng thép áp dụng trong các mỏ hầm lò vùng than Quảng Ninh
Khiếu Thị Hà, Đào Viết Đoàn 21

Lựa chọn công nghệ thi công phù hợp nâng cao tốc độ đào lò đá cho công ty than Nam Mẫu - TKV
Ngô Doãn Hào 28

Nghiên cứu ảnh hưởng của góc nghiêng và chiều dày lớp đá xung quanh thành giếng đứng đến độ ổn định của vỏ chống cố định bằng bê tông liền khối
Đặng Văn Kiên, Daniel Dias, Đỗ Ngọc Anh 34

Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải bề mặt đến độ ổn định của vỏ chống giếng đứng tại các mỏ lò Việt Nam
Đặng Văn Kiên, Võ Trọng Hùng, Đỗ Ngọc Anh, Khuất Mạnh Thắng, Đỗ Thế Anh 40

Áp dụng kết cấu neo chống giữ đường lò dọc vỉa than Công ty cổ phần than Núi Béo -Vinacomin
Nghiêm Xuân La, Đào Viết Đoàn 46

Tính toán vỏ hầm áp lực hai lớp, tiết diện tròn, lớp trong có chiều dày thay đổi ở phần đáy
Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Thành Nam, Nguyễn Duyên Phong 53

Ảnh hưởng của áp lực nổ mìn đến tính ổn định của vỏ hầm chính khi mở rộng đường hầm phụ dự án hầm Hải Vân
Trần Tuấn Minh, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, Nguyễn Quang Huy, V.I.Golik 58

Ảnh hưởng của áp lực nổ mìn đến tính ổn định của vỏ hầm chính khi mở rộng đường hầm phụ dự án hầm Hải Vân
Phạm Thị Nhàn 64

Nghiên cứu quy luật biến dạng phá hủy khối đá xung quanh đường lò trong quá trình khai đào dưới sâu
Phạm Thị Nhàn, Ngô Đức Quyền, Nguyễn Tiến Mạnh 70

A Back Analysis for a Blow-out Case Study in Hochiminh Metro Line 1
Vũ Minh Ngạn 76

Comprehensive assessment of excavation damaged zone (EDZ) based on analysis of geophysical method in rock mass
Hoang Dinh Phuc, Bui Anh Thang 82

Nghiên cứu trạng thái ứng suất và biến dạng của khối đất đá xung quanh đường hầm khi đào qua lớp sét
Nguyễn Văn Quang, Lê Hoàng Anh 90

Đề xuất giải pháp nâng cao khả năng chịu tải của neo trong than
Vũ Đức Quyết, Trần Thanh Hùng 95

Nghiên cứu ảnh hưởng của động đất đến đường hầm tàu điện ngầm tiết diện ngang hình vuông tại Hà Nội
Nguyễn Chí Thành, Phạm Quang Nam 101

Một số kiến nghị, đề xuất nâng cao hiệu quả thiết kế, thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ
Đặng Trung Thành 106

Đánh giá ảnh hưởng của việc xây dựng công trình ngầm tới công trình trên bề mặt
Nguyễn Tài Tiến, Nguyễn Văn Quang 111

TIỂU BAN
NHỮNG TIẾN BỘ TRONG VẬT LIỆU VÀ KẾT CẤU XÂY DỰNG

Mô hình tính toán mức độ thủy hóa các chất kết dính thành phần trong hồ xi măng
Nguyễn Trọng Dũng 119

Nghiên cứu ảnh hưởng của hệ số quá cố kết OCR đến sự hóa lỏng tĩnh của cát Fontainebleau
Đặng Quang Huy, Reiffsteck Philippe 125

Numerical modeling of unreinforced and reinforced piled embankments. Part I: Numerical modeling sequence
Hung V. Pham 131

Đánh giá khả năng xuất hiện vết nứt do ứng suất nhiệt trong móng bê tông khối lớn ở tuổi sớm
Tăng Văn Lâm, Vũ Kim Diến, Ngô Xuân Hùng, Đặng Văn Phi, Boris Bulgakov 137

Nghiên cứu mô phỏng quá trình sinh nhiệt và truyền nhiệt khi thủy hóa bê tông xi măng bằng phần mềm FLAC3D
Nguyễn Văn Mạnh 143

Nghiên cứu xác định các thông số vật liệu và ứng xử của kết cấu dựa trên kết quả đo tại hiện trường
Đặng Văn Phi, Đinh Hải Nam, Tăng Văn Lâm 149

Mô hình lưới Thủy – Cơ đánh giá độ thấm của bê tông cốt thép
Phạm Đức Thọ, Bùi Anh Thắng 155

Application of controlled low strength materials (CLSM) in highway construction: experimental and numerical analysis
Thu Thi Do, Ngoc-Anh Do, Young-sang Kim, Hyeong-Ki Kim, Tan Manh Do 161

Tính toán vỏ hầm áp lực hai lớp, tiết diện tròn, lớp trong có chiều dày thay đổi ở phần đáy

Nguyễn Xuân Mãn[1,*] , Nguyễn Thành Nam[2], Nguyễn Duyên Phong[1]
[1] *Trường Đại học Mỏ-Địa chất*
[2]*Cục Hạ tầng kỹ thuật, Bộ Xây dựng*

TÓM TẮT

Bài viết trình bày một cách tiếp cận trong tính toán kết cấu chống giữ đường hầm có áp. Vỏ hầm có tiết diện tròn; cấu tạo gồm hai lớp: Lớp ngoài dạng vành khuyên có chiều dày không thay đổi; Lớp trong có chiều dày thay đổi ở phần đáy. Độ lệch chiều dày của lớp trong đặc trưng bằng đại lượng δ. Bài toán được xem xét trong hệ tọa độ cực O(r, θ) và được giải bằng phương pháp thông số bé. Kết quả tính toán cho thấy: Phần đáy của đường hầm có giá trị mô men uốn lớn hơn ở phần vòn từ 15÷47%. Trên cơ sở đó khi thiết kế kết cấu chống của hầm cần tăng chiều dày vỏ chống ở phần đáy để đảm bảo độ bền và tuổi thọ công trình.

Từ khóa: kết cấu hầm chịu áp, chiều dày thay đổi, phương pháp thông số bé.

1. Đặt vấn đề

Vỏ chống các đường hầm thủy công, hầm chịu áp lực nước từ phía bên trong, thường có cấu tạo hai lớp: Lớp 1 (lớp ngoài) thường được lắp ghép từ các tấm bê tông cốt thép chế tạo sẵn; Lớp 2 (lớp trong) thường làm từ bê tông cốt thép liền khối đổ tại chỗ có phần đáy dày hơn phần vòm (hình 1). Sở dĩ phần đáy có chiều dày lớn hơn phần vòn là vì đáy hầm thủy công có áp thường bị bào mòn do các phần tử rắn có trong nước di chuyển dọc theo đáy hầm.

Tính toán kết cấu vỏ hầm hai hay nhiều lớp, các lớp có chiều dày không đổi, tiết diện tròn được nhiều tác giả xem xét giải quyết: (Булычев Н.С., 1986, 1994; Панкратенко А.Н., и друг, 2016; Rukin V.V., Ruppeinhit K.V., 1969; Nguyễn Ngọc Huệ, 2006; Nguyễn Duyên Phong và nnk 2017; Võ Trọng Hùng, 1991. Các tác giả ngoài nước đã nghiên cứu bài toán tính toán vỏ hầm nhiều lớp bằng phương pháp số và phương pháp giải tích. Trong các công trình khoa học này: Булычев Н.С., 1994, 1986; Панкратенко А.Н., Н, З. Фонг., Саммаль А.С., Н. С. Мань, 2016; Rukin V.V., Ruppeinhit K.V., 1969; Orlop C.A., 1964; St. John, C.M., Zahrah, T.F., 1987; Kyriazis Pitilakis, Sotiris Argyroudis, Grigoris Tsinidis, 2011; Wang, J., 1993; Youssef M.A. Hashash, Jeffrey J. Hook, Birger Schmidt, John I-Chiang Yao, 2001) các lớp vỏ chống tương tác với nhau hoặc theo một phương pháp tuyến, hoặc theo cả hai phương: pháp tuyến và tiếp tuyến trên các mặt tiếp xúc của hai lớp kết cấu chống liền kề nhau. Các công trình tính toán đã được các nhà khoa học như Булычев Н.С, 1994; Булычев Н.С., Фотиева Н.Н., Стрельцов Е.В., 1986; V.V. Rukin, K.V. Ruppeinhit, 1969; X.A. Orlop, 1964; St. John, C.M., Zahrah, T.F. 1987; Kyriazis Pitilakis, Sotiris Argyroudis, Grigoris Tsinidis, 2011; Wang, J., June 1993; Youssef M.A. Hashash, Jeffrey J. Hook, Birger Schmidt, John I-Chiang Yao, 2001;…xem xét. Các nghiên cứu trên đây đã đưa ra các biểu thức giải tích của các ứng suất trong các lớp vỏ chống. Mô hình tương tác giữa các lớp vỏ chống với nhau và giữa vỏ chống với môi trường được xem là đàn hồi tuyến tính. Trên cơ sở đó đã sử dụng giả thuyết liên tục của chuyển vị trên biên của mặt trong lớp ngoài và trên biên mặt ngoài của lớp trong của hai lớp tiếp xúc.

Ở Việt Nam cũng có nhiều tác giả: Nguyễn Ngọc Huệ, 2006; Nguyen Duyen Phong, Dang Trung Thanh, Pham Duc Thang, Ta Van Kien, 2017; Нгуен Зуен Фонг, 2016; Nguyễn Duyên Phong, Nguyễn Xuân Mãn, Pankratrenko A.N, Phạm Thị Yến, 2017; Võ Trọng Hùng, 1993; Võ Trọng Hùng, 1991; Nguyễn Lê Ninh, 2007, đã đề cập đến bài toán trên đây. Các nhà khoa học trong nước đã chú ý và đề cập vấn đề tính toán vỏ hầm nhiều lớp có thể kể ra như: Võ Trọng Hùng, 1991, 1993; Nguyễn Ngọc Huệ, 2006; Nguyễn Lê Ninh, 2007; Nguyễn Duyên Phong, 2017; Nguyễn Xuân Mãn, 2017; Панкратенко А.Н., Нгуен Зуен Фонг., Саммаль А.С., Нгуен Суан Мань, 2016; …Đa số các công trình khoa học kể trên đều tập trung xem xét bài toán vỏ nhiều lớp và chiều dày mỗi lớp không đổi trên toàn mặt cắt.

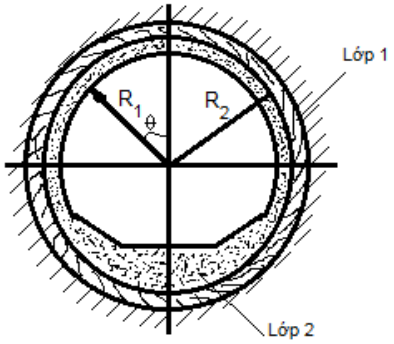
* *Tác giả liên hệ*
Email: mannxdoky@gmail.com

Hiện nay bài toán tính vỏ hầm nhiều lớp, tiết diện tròn, chiều dày của các lớp có thay đổi vẫn còn ít được đề cập và giải quyết chưa triệt để. Trên cơ sở những trình bày trên, trong bài viết này nhóm tác giả đã xem xét bài toán tính vỏ hầm hai lớp với chiều dày lớp trong thay đổi với cách tiếp cận giải tích và tìm lời giải bằng phương pháp thay thế đúng dần.

Dưới đây trình bày chi tiết bài toán đặt ra: Tính toán vỏ hầm áp lực hai lớp, tiết diện tròn, lớp trong có chiều dày thay đổi ở phần đáy.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.2. Đặt bài toán



R_1, R_2 - Lần lượt là bán kính trong và bán kính ngoài của lớp vỏ bên trong (lớp 2);
Lớp vỏ ngoài (lớp 1): Lắp ghép từ các tấm bê tông cốt thép;
Lớp vỏ trong (lớp 2): Làm từ bê tông cốt thép liền khối, có phần đáy dày hơn phần vòm.

***Hình 1**. Kết cấu vỏ chống hầm có áp hai lớp (Булычев Н.С., 1994)*

Mô hình tính toán vỏ chống gồm hai lớp: Lớp ngoài có chiều dày không đổi, lớp trong có chiều dày thay đổi ở phần đáy. Lớp trong có bán kính ngoài là R_2, bán kính trong là R_1. Bài toán xem xét trong hệ tọa độ cực $O(r, \theta)$ (hình 1). Tải trọng tác dụng trên biên ngoài lớp ngoài do áp lực đất đá tạo nên; Tải trọng bên trong hầm do áp lực nước và tác dụng từ trong ra ngoài. Độ lệch chiều dày lớp vỏ trong đặc trưng bằng đại lượng δ. Bài toán thường được giải bằng phương pháp thông số bé, được dùng phổ biến trong lĩnh vực cơ kỹ thuật, cơ học đá và cơ học công trình ngầm.

2.3. Giải bài toán

Để tìm nghiệm kín của bài toán, điều kiên biên bên trong lớp vỏ thứ hai được viết dưới dạng tổng các hàm điều hòa đơn.

Đường biên bên trong của vỏ chống đường hầm có thể viết dưới dạng đường cong (Rukin V.V., Ruppeinhit K.V., 1969; Orlop C.A., 1964):

$$r = r_B + \sum_{-\infty}^{+\infty} S_B \cdot k \cdot e^{k\theta i} \qquad (1)$$

Trong (1): r - phương trình đường cong biên trong của vỏ hầm trong hệ tọa độ cực; r_B - bán kính quy đổi biên trong của hầm; S_B - tham số tuyến tính của phép biến đổi; k - số lượng các số hạng là dạng hàm điều hòa trong (1); θ - góc cực (xem trong H.1); i- đơn vị ảo, $i^2 = -1$.

Trong các bài toán kỹ thuật thực tế thì độ chính xác cần thiết có thể đạt được trong tính toán vỏ chống hầm khi giá trị tham số k trong biểu thức (1) lấy như sau: $k = 0$, $k = \pm 1$ và $k = \pm 2$. Khi đó (1) có thể viết bằng công thức (Булычев Н.С., и друг 1986):

$$r = r_B + S_{B1}\cos\theta + S_{B2}\cos 2\theta \qquad (2)$$

Trong (2): Các tham số của phép biến đổi được xác định như sau:

$$S_{B1} = 2\left(R_1 + r_B\right); \qquad (3.1)$$

$$S_{B2} = \left(r_B - R_1\right); \qquad (3.2)$$

$$r_B = \frac{2R_1 + 2R_1\left[\frac{\left(R_1 - \delta\right)}{R_1} + 1\right] + 2R_1\left(\frac{R_1 - \delta}{R_1}\right)^2 - \delta}{2 + 2\left(\frac{R_1 - \delta}{R_1} + 1\right) + 2\left(\frac{R_1 - \delta}{R_1}\right)^2} \qquad (3.3)$$

(3)

Trong (3):δ là chiều dày sai lệch lớn nhất của lớp vỏ tròn bên trong; các ký hiệu R_1, R_2 xem trong hình vẽ 1.

Theo tác giả C.A. Orlop, 1964 và các tác giả khác thì sử dụng lời giải bài toán Lame quen thuộc trong lý thuyết đàn hồi, sẽ cho ta lời giải của bài toán đặt ra trong hệ tọa độ cực như sau: (Булычев Н.С., Фотиева Н.Н., Стрельцов Е.В., 1986; Orlop C.A., 1964):

$$\left.\begin{aligned}\sigma_\theta^{(1)} &= \left(6c_1 r + 2b_1 r^{-3}\right)2\cos\theta + \left(2a_k + 6b_k r^{-4} + 12c_k r^{-2}\right)2\cos 2\theta, \quad (4.1)\\ \sigma_r^{(1)} &= \left(2c_1 r - 2b_1 r^{-3}\right)2\sin\theta + \left(a_k - 3b_k r^{-4} + 3c_k r^2 - d_k r^{-2}\right)4\sin 2\theta, \quad (4.2)\end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Các hệ số trong (4) được xác định từ việc giải hệ các phương trình thể hiện điều kiện biên của bài toán (điều kiện liên tục của ứng suất pháp và ứng suất vòng trên biên ranh giới các lớp; điều kiện về chuyển vị theo hướng bán kính như nhau của điểm nằm trên đường biên trong và đường biên ngoài của hai lớp vỏ chống liền kề, ...).

Các điều kiện biên cần thỏa mãn như sau (Панкратенко А.Н., Н, З. Фонг.,; Саммаль А.С., Н. С. Мань, 2016; Rukin V.V., Ruppeinhit K.V., 1969; Orlop C.A., 1964):

$$\left.\begin{aligned}
&2C_1 r_B - 2b_1 r_B^{-3} = \frac{2\left(q_B - q_{II}\right)r_{II}^2}{\left(r_A^2 - r_B^2\right)r_B} S_{B1}, && (5.1)\\
&2C_1 r_B - 2b_1 r_B^{-3} = 0, && (5.2)\\
&-2a_k - 6b_k r_B^{-4} - 4d_k r_B^{-2} = \frac{2\left(q_B - q_H\right)r_H^2}{\left(r_A^2 - r_B^2\right)r_B} S_{B2}, && (5.3)\\
&-2a_k - 6b_k r_H^{-4} - 4d_k r_H^{-2} = 0, && (5.4)\\
&a_k - 3b_k r_H^{-4} + 3c_k r_H^2 - d_k r_H^{-2} = 0, && (5.5)\\
&a_k - 3b_k r_B^{-4} + 3c_k r_B^2 - d_k r_{HB}^{-2} = \frac{2\left(q_B - q_H\right)r_H^2}{\left(r_A^2 - r_B^2\right)r_B} S_{B2}, && (5.6)
\end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Trong (5), ngoài các ký hiệu đã biết thì: r_H, r_B - lần lượt là bán kính tỷ đối của biên ngoài và biên trong vỏ hầm; q_H, q_B – lần lượt là tải trọng tác dụng lên biên ngoài và biên trong của vỏ chống.

Lực dọc tổng cộng N tác dụng vào mặt cắt ngang của vỏ xác định theo công thức:

$$N = N_1 - N_2\ , \quad (6)$$

Trong (6): N_1 - Lực dọc tác dụng vào mặt cắt ngang của vỏ hầm khi kích thước đối xứng, đều, giá trị của nó phụ thuộc vào q_B và r_B; N_2 - Lực tác dụng bổ sung xuất hiện trong mặt cắt ngang hầm khi kích thước thay đổi, không đối xứng, giá trị của N_2 xác định theo công thức:

$$\begin{aligned}N_2 = \int_{r_B}^{r_H} \sigma_\theta dr \Bigg[3c_1\left(r_{II}^2 - r_B^2\right) - \frac{b_1}{r_A^2} + \frac{b_1}{r_B^2}\Bigg]2\cos\theta + \\ + \Bigg[2a_k\left(r_{II} - r_B\right) - \frac{2b_k}{r_{II}^3} + \frac{2b_k}{r_B^3} + 4C_k\left(r_{II}^3 - r_B^3\right)\Bigg]2\cos 2\theta\end{aligned} \quad (7)$$

Độ lệch tâm của lực dọc N:

$$e_{rII} = \frac{r_H - r_B}{2} + r_{N1} \quad (8)$$

Trong đó: r_{N1} - là độ lệch tâm bổ sung do chiều dày vỏ chống lớp trong thay đổi, xác định như sau:

$$r_{N1} = \frac{1}{N}\int_{r_B}^{r_{II}} \sigma_\theta r dr = \frac{1}{N}\left\{\left[\frac{r_B^2}{2} + \frac{r_B^2 r_H^2}{r_H^2 - r_B^2}\ln\frac{r_H}{r_B} - \left[2c_1\left(r_{II}^3 - r_B^3\right) - \frac{2b_1}{r_H} + \frac{2b_1}{r_B}\right]2\cos\theta - \right.\right.$$
$$\left.\left. - \left[a_k\left(r_{II}^2 - r_B^2\right) - \frac{3b_k}{r_{II}^2} + \frac{3b_k}{r_B^2} + 3c_k\left(r_{II}^4 - r_B^4\right)\right]\right]\cos 2\theta\right\} \quad (9)$$

Trong (9): σ_0 là ứng suất tiếp tổng.

3. Kết quả và thảo luận

Các số liệu cho trước:

R_1 - bán kính trong của vỏ chống, R_1 = 131,75 cm;

R_2 - bán kính ngoài của vỏ chống, R_2 = 150,25 cm;

Chiều dày lớn nhất phần đáy hầm, δ = 8,4cm;

Áp lực nước từ phía trong hầm, q_B = 2at.

Kết quả tính toán các hệ số cho trong bảng 1

Bảng 1. Giá trị tính toán các hệ số

r_B = 130,5 cm	S_{B1} =2,54 cm	S_{B2} = - 1,27 cm
b_1 = -316000	c_1 = - 0,00159	a_k = - 0,24706
b_k = 0,0395	c_k = 0,000007186	d_k = 2778,95

Sử dụng các số liệu cho trước và các kết quả tính trong bảng 1, theo các công thức (4), (5), (6), (7), (8) và (9) sẽ xác định lực dọc N và độ lệch tâm r_N như sau:

$$N_1 = 261\ kG;$$

$$N_2 = 57{,}195\cos\theta + 36{,}197\cos 2\theta$$

$$N = N_1 - N_2 = \left(261 - 57{,}195\cos\theta - 36{,}197\cos 2\theta\right)$$

$$r_N = \frac{36887{,}2 + 8062{,}45\cos\theta - 4917{,}64\cos 2\theta}{N} =$$

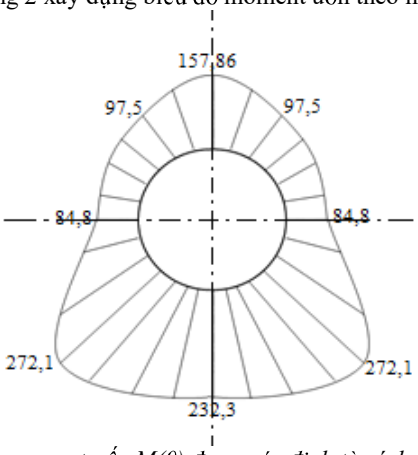
$$= \frac{36887{,}2 + 8062{,}45\cos\theta - 4917{,}64\cos 2\theta}{\left(261 - 57{,}195\cos\theta - 36{,}197\cos 2\theta\right)}$$

Giá trị lực dọc $N(\theta)$ *và* moment uốn $M(\theta)$ được tính theo tọa độ góc θ (xem hình 1); Các giá trị này đối xứng qua trục đứng mặt cắt ngang của hầm, do đó chỉ cần tính cho một nửa còn nửa kia lấy đối xứng qua trục đứng. Kết quả tính cho trong bảng 2 dưới đây:

Bảng 2. Giá trị lực dọc $N(\theta)$ và *moment uốn* $M(\theta)$ *tại mặt cắt ngang phụ thuộc góc* θ

Góc θ, độ	0	45	90	135	180
$N(\theta)$	261	183.621	224,803	183,621	261
$M(\theta)$	157,86	97,5	84,8	272,1	232,3

Căn cứ kết quả tính ở bảng 2 xây dựng biểu đồ moment uốn theo mặt cắt ngang vỏ hầm (hình 2).



Hình 2. Biểu đồ moment uốn M(θ) được xác định từ ví dụ tính toán số

Kết luận

- Tại mặt cắt có góc $\theta = 135^0$ và $\theta = 270^0$ có giá trị moment uốn lớn nhất: M_{max} = 272,10 kG.m - Đó là các mặt cắt nguy hiểm nhất. Phần đáy của đường hầm có giá trị moment uốn lớn hơn ở phần vòn bên trên từ 15÷47%; trên cơ sở đó cần tăng chiều dày vỏ chống ở phần đáy.
- Lớp vỏ trong của đáy hầm cần gia tăng chiều dày được giới hạn trong miền có mmoment uốn phần đáy lớn hơn hoặc bằng giá trị moment uốn ở đỉnh vòm, tức $M(\theta) \geq M(0)$. Theo ví dụ tính trên đây thì M(0) =157,86 kG.m ứng với $\theta = 115^0$ *và* $\theta = 290^0$.
- Độ dày cần gia tăng δ được tính theo giá trị gia tăng của moment uốn lớn nhất và moment uốn đỉnh vòm, tức $\Delta M = M_{max} - M(0)$. Theo ví dụ tính trên đây thì ΔM = 271,10 -157,86 = 113 ,24 kG.m.

Tài liệu tham khảo

Булычев Н.С., 1994. *Механика подземных сооружений*., М., Издательство Недра.

Булычев Н.С., Фотиева Н.Н., Стрельцов Е.В., 1986. *Проектирование и расчет крепи капитальных выработок*., М., Издательство Недра.

Панкратенко А.Н., Н, З. Фонг., Саммаль А.С., Н. С. Мань, 2016. Исследование расчета многослойных крепи тоннелей, сооружаемых в технологически неоднородном массиве пород. *Горный информационно - аналитический бюллетень (научно-технический журнал);* 4, с.3-15.

Rukin V.V., Ruppeinhit K.V., 1969. *Cơ chế tác động giữa vỏ chống hầm có áp với khối đá xung quanh*. M., Nhà xuất bản Lòng đất.

Orlop C.A., 1964. *Phương pháp tính toán vỏ chống lắp ghép của đường hầm*. M., Nhà xuất bản Xây dựng Quốc gia.

Nguyễn Ngọc Huệ. *Nghiên cứu tính toán tương tác giữa kết cấu vỏ hầm nhiều lớp với môi trường*. Luân án tiến sỹ. HVKT Quân sự, Hà Nội, 2006.,

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; page 31-39.

Нгуен Зуен Фонг, 2016. *Упруго-пластическая модель массива, учитывающая изменение прочности пород вокрук выработки для расчета крепи перегон-ных метрополитена в сложных горно-геологических условиях*. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 6, 241-250.

Nguyễn Duyên Phong, Nguyễn Xuân Mãn, Pankratrenko A.N, Phạm Thị Yến, 2017. *Tính toán vỏ chống đoạn hầm nối giữa hai ga metro trong điều kiện địa chất phức tạp trên cơ sở nghiên cứu trạng thái cân bằng của hệ "vỏ chống - khối đất đá"*. Xây dựng, 7, 225-228, 2017.

Võ Trọng Hùng, 1993. *Vỏ chống nhiều lớp sử dụng khả năng mang tải của khối đá*. Trường Đại học Mỏ-Địa chất.

Võ Trọng Hùng, 1991. *Tính vỏ chống công trình ngầm xây dựng trong môi trường đất đá nứt nẻ*. Tuyển tập các công trình khoa học Trường Đại học Mỏ-Địa chất. Tập 17.

Nguyễn Lê Ninh, 2007. *Động đất và thiết kế công trình chịu động đất*. NXB Xây dựng.

St. John, C.M., Zahrah, T.F., 1987. *Aseismic design of underground structures,* Tunneling Underground Space Technol. 2 (2), 165 - 197.

Kyriazis Pitilakis, Sotiris Argyroudis, Grigoris Tsinidis, 2011. *Seismic design and risk assessment of underground long structure,* Aristotle University.

Wang, J., June 1993. *Seismic design of tunnels*. Monograph 7, Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas Inc, New York.

Youssef M.A. Hashash, Jeffrey J. Hook, Birger Schmidt, John I-Chiang Yao, 2001. *Seismic design and analysis of underground structures, Tunnelling and Underground Space,* Technology 16, 247 - 29.

ABSTRACT

Calculation of two-layer pressure tunnel, round section, inner layer with varying thickness at the bottom

Nguyen Xuan Man[1*], Nguyen Thanh Nam, Nguyen Duyen Phong[1]
[1]*Hanoi University of Mining and Geology*
[2]*Technical Infrastructure Agency, Ministry of Construction*

The paper presents an approach in calculating the anti-structure of pressure tunnels. The tunnel constructure consists of two layers, a circular section, an inner layer with varying thickness at the bottom. The problem is considered in the polar coordinate system O(r, θ). The thickness deviation of the shell is characterized by the quantity δ. The problem is solved by the small parameter method. Calculated results show that the bottom of the tunnel has a bending moment greater than 15÷47%. On that basis, the thickness of the casing should be increased to ensure durability and longevity.

Keywords: pressure tunnel structure, variable thickness, method of small parameters