





I.V. và nnk [6] đã đưa ra lý thuyết tổng quát xác định tải trọng đến KCC khi thi công bằng phương pháp đào hầm tiết diện nhỏ; Bulutrev N.S. và nnk [7] 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 KCC 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 thi công hầm là phương pháp kích đẩy và áp dụng phương pháp tính toán KCC có cấu tạo nhiều lớp. Trên cơ sở nguyên lý xác định trạng thái cân bằng hệ "KCC nhiều lớp-khối đất đá" trên một thể thống nhất biến dạng.

## 2. Xây dựng bài toán nghiên cứu

Bài toán nghiên cứu tại đây có nội dung cơ bản như sau: xây dựng đường hầm tiết diện nhỏ (hầm kỹ thuật) trong thành phố đông đúc chật hẹp, với không gian chật hẹp và đường hầm có chiều sâu đặt hầm không lớn sử dụng phương pháp thi công kích đẩy; đường hầm có hình dạng tiết diện mặt cắt ngang tròn với bán kính bên trong là  $R_N$  (m); đường hầm được xây dựng trong vùng đất đá không đồng nhất với chiều sâu đặt hầm là  $H$  (m).

Tính toán KCC có cấu tạo từ nhiều lớp với các đặc tính khác nhau, CTN có mặt cắt ngang tròn, đặt nông, được bố trí trong đất, cần phải tính toán ảnh hưởng của tải trọng tác dụng lên KCC, tính toán tương tác giữa KCC và khối đất, cấu tạo của KCC, trạng thái ứng suất ban đầu của khối đất, vùng ảnh hưởng của khối đất xung quanh CTN. Trạng thái ứng suất được phân bố trên KCC phụ thuộc vào chiều sâu đặt hầm, đặc tính các lớp KCC, khoảng cách và hình dạng mặt cắt ngang của CTN, ứng suất ban đầu trong khối đất.

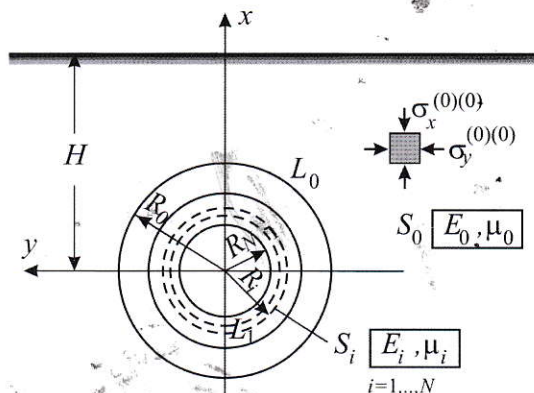
Để giải quyết nhiệm vụ tính toán trên cơ sở các tham số: đặc tính biến dạng và đặc tính độ bền của đất đá. Cho thấy sự tồn tại các yếu tố ảnh hưởng đến trạng thái ứng suất của KCC: chiều sâu đặt hầm và kích thước vỏ hầm; số lượng lớp KCC, chiều dày KCC, đặc tính biến dạng của vật liệu các lớp; đặc tính 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).

## 3. Cơ sở lý thuyết phương pháp tính kết cấu chống giữ nhiều lớp

Để xác định ứng suất trong các lớp KCC đường hầm tiết diện nhỏ nhiều lớp trên cơ sở phương pháp tính toán kết cấu vòng tròn nhiều lớp chịu tải trọng bất kỳ đặt tại mép ngoài và mép trong được đưa về tính toán các thành phần ứng suất trên các

mặt tiếp xúc giữa các lớp nhờ hệ số truyền tải theo công thức truy hồi.

Với nhiệm vụ nâng cao khả năng mang tải của kết cấu CTN xây dựng trong các điều kiện địa chất phức tạp. Để xác định trạng thái cân bằng biến dạng duy nhất của hệ thống "KCC nhiều lớp-khối đất đá". Tính toán mỗi lớp với những điều kiện đã biết trên các mặt tiếp xúc. Sơ đồ tổng quát tính toán  $N$  lớp ( $N$  - Số nguyên dương) được đưa ra trên hình H.2.



H.2. Sơ đồ tính toán KCC nhiều lớp [7]

Trong môi trường  $S_0$  với đặc tính biến dạng của đất gồm: mô đun biến dạng của đất  $E_0$  và  $\mu_0$  hệ số Poisson của đất. Bán kính vùng đất đá suy yếu  $R_0$ , lắp dựng KCC vòng tròn nhiều lớp tiếp xúc từ  $N$  vòng tròn đồng tâm  $S_i$  ( $i=1, \dots, N$ ), bán kính  $R_i$  ( $i=1, \dots, N$ ) được chế tạo từ các vật liệu khác nhau  $E_i, \mu_i$  ( $i=1, \dots, N$ ) mô hình hóa KCC đường hầm. Dưới tác dụng của tải trọng riêng của đất đá mô hình hóa tồn tại trong môi trường  $S_0$  miền ứng suất ban đầu được xác định theo công thức [7]:

$$\sigma_x^{(0)(0)} = \sigma_y^{(0)(0)} = -\gamma H, \quad \tau_{xy}^{(0)(0)} = 0. \quad (1)$$

Tại đây:  $H$  - Chiều sâu đặt hầm (m);  $\gamma$  - Trọng lượng thể tích của đất đá,  $\text{kN/m}^3$ ;  $\sigma_x^{(0)(0)}, \sigma_y^{(0)(0)}$  - Ứng suất pháp tuyến ban đầu vùng  $S_0$ , MPa;  $\tau_{xy}^{(0)(0)}$  - Ứng suất tiếp tuyến ban đầu vùng  $S_0$ , MPa.

Để nghiên cứu ứng suất bổ sung với điều kiện giới hạn trên vòng tròn  $S_1$  trên đường tiếp xúc với khối đất đá [7]:

$$\sigma_r^{(1)(1)} = -q_0. \quad (2)$$

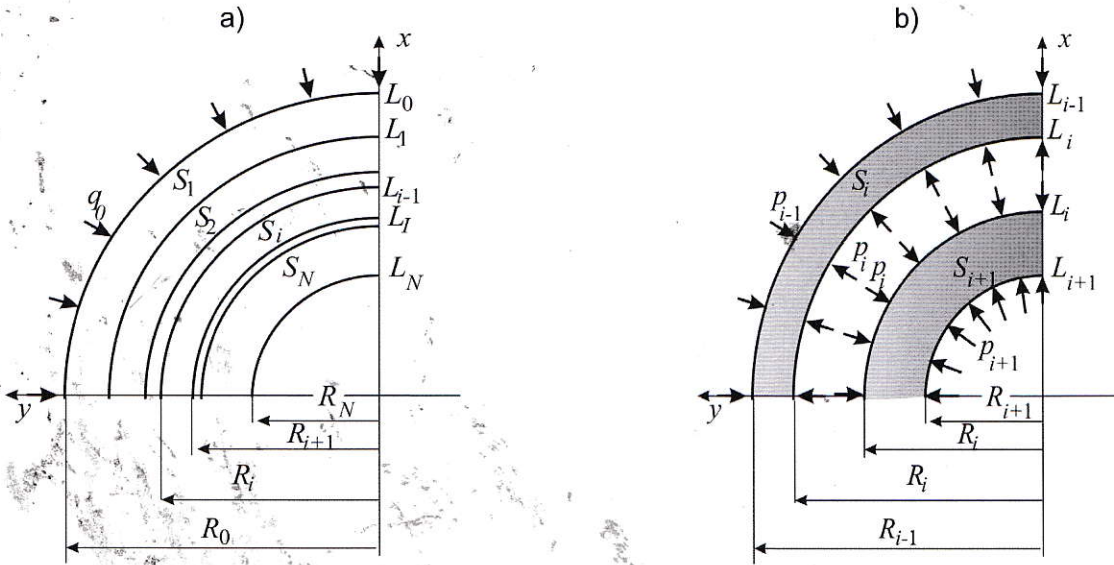
Tại đây:  $q_0$  - Ứng suất tiếp tuyến trên biên vùng  $L_0$ , MPa;  $\sigma_r^{(1)(1)}$  - Ứng suất hướng kính trên vùng biên  $L_1$ , MPa.

Hình H.3 cho thấy: đất đá phía bên ngoài biên KCC " $L_0$ " tải trọng tác động  $q_0$  (hình H.3.a). Trên cơ sở hai lớp KCC lân cận tự do có số thứ tự phù hợp " $i$ " và " $i+1$ " ( $i=1, \dots, N-1$ ), tiếp xúc trong vòng tổng quát giới hạn " $L_i$ " (hình H.3.b). Cho thấy sự cân bằng chia ra các lớp, tác động bỏ đi từ các lớp



quan sát thay thế áp lực pháp tuyến. Phía bên ngoài biên  $L_{i-1}$  áp lực tác động  $p_{i-1}$ , mô hình hóa tác động lớp bỏ đi  $S_i (i=1, \dots, i-1)$ . Tác động phía trong lớp bỏ đi  $S_j (j=i+1, \dots, N)$  mô hình hóa áp lực cân

bằng " $p_{i+1}$ ", phân bố phía trong biên " $L_{i+1}$ ". Sử dụng lời giải nhiệm vụ của Lamé về biến dạng phẳng có  $i$  lớp KCC tự do, chịu tác dụng tải trọng nén phía trong và phía ngoài " $p_{i-1}$ " và " $p_i$ " thích hợp.



H.3. Sơ đồ tính toán vòng tròn nhiều lớp KCC đường hầm tiết diện nhỏ:  
a - Sơ đồ KCC nhiều lớp; b - Sơ đồ tương tác giữa các lớp lân cận

Tại đây, chấp nhận lời giải dịch chuyển bên ngoài và bên trong biên, thỏa mãn với bán kính " $R_i$ " và " $R_{i+1}$ " xác định bằng biểu thức [7]:

$$u_{|L_{i-1}} = \frac{1}{2G_i} \left\{ (1-2\mu_i) \cdot \frac{p_i R_i^2 - p_{i-1} R_{i-1}^2}{R_{i-1}^2 - R_i^2} R_{i-1} + \frac{(p_i - p_{i-1}) R_i^2 R_{i-1}}{R_{i-1}^2 - R_i^2} \right\}$$

$$u_{|L_i} = \frac{1}{2G_i} \left\{ (1-2\mu_i) \cdot \frac{p_i R_i^2 - p_{i-1} R_{i-1}^2}{R_{i-1}^2 - R_i^2} R_i + \frac{(p_i - p_{i-1}) R_i^2 R_{i-1}}{R_{i-1}^2 - R_i^2} \right\} \quad (3)$$

Điều kiện biến dạng đồng thời hai lớp lân cận tự do " $S_i$ " và " $S_{i+1}$ " bằng đường tiếp xúc " $L_i$ ", có dạng  $u_{|L_i} = u_{i+1|L_i}$ . Sử dụng biểu thức (3) quan sát với lớp " $S_i$ " và " $S_{i+1}$ ", điều kiện có thể viết theo:

Các biểu thức (5), (6) trong toán học gọi là truy toán (hồi quy). Từ đó trong biểu thức cho thấy rằng áp lực  $p_i (i=1, 2, \dots, N-1)$  trên tất cả các biên  $L_i (i=1, 2, \dots, N-1)$  nhiều lớp cấu tạo CTN là hàm số đồng nhất tuyến tính tải trọng " $p_0$ " bên ngoài biên " $L_0$ ". Tại đây có thể đưa ra ký hiệu:

$$c_i = (R_i / R_{i-1}) \quad (7)$$

Thay biểu thức (5), (6) vào biểu thức (4) sẽ nhận được:

$$\frac{1}{G_i} \left\{ (1-2\mu_i) \frac{K_i p_{i-1} c_i^2 - p_{i-1} R_i}{1-c_i^2} + \frac{(K_i p_{i-1} - p_{i-1}) R_i}{1-c_i^2} \right\} =$$

$$= \frac{1}{G_{i+1}} \left\{ (1-2\mu_{i+1}) \frac{K_{i+1} K_i p_{i-1} c_{i+1}^2 - K_i p_{i-1} R_i}{1-c_{i+1}^2} + \frac{(K_{i+1} K_i p_{i-1} - K_i p_{i-1}) c_{i+1}^2 R_i}{1-c_{i+1}^2} \right\} \quad (8)$$

Sau khi biến đổi (8) sẽ nhận được:

$$(1-2\mu_i) \frac{K_i c_i^2 - 1}{1-c_i^2} + \frac{K_i - 1}{1-c_i^2} = \frac{G_i}{G_{i+1}} \left\{ (1-2\mu_{i+1}) \frac{K_{i+1} K_i c_{i+1}^2 - K_i}{1-c_{i+1}^2} + \frac{K_{i+1} K_i - K_i}{1-c_{i+1}^2} c_{i+1}^2 \right\} \quad (9)$$

$$\frac{1}{2G_i} \left\{ (1-2\mu_i) \frac{p_i R_i^2 - p_{i-1} R_{i-1}^2}{R_{i-1}^2 - R_i^2} R_i + \frac{(p_i - p_{i-1}) R_i^2 R_{i-1}}{R_{i-1}^2 - R_i^2} \right\} =$$

$$\frac{1}{2G_{i+1}} \left\{ (1-2\mu_{i+1}) \frac{p_{i+1} R_{i+1}^2 - p_i R_i^2}{R_i^2 - R_{i+1}^2} R_i + \frac{(p_{i+1} - p_i) R_{i+1}^2 R_i}{R_i^2 - R_{i+1}^2} \right\} \quad (4)$$

Theo GS. Bulutrev N.C. sử dụng hệ số truyền tải trọng qua " $i$ " lớp từ lớp " $i-1$ " bên ngoài với lớp " $i+1$ " bên trong, từ đó cho phép xác định tải trọng " $p_i$ " theo biểu thức [7]:

$$p_i = (K_i \cdot p_{i-1}) \quad (5)$$

Từ đó thấy rằng:

$$p_{i+1} = (K_{i+1} \cdot p_i) = (K_{i+1} \cdot K_i \cdot p_{i-1}) \quad (6)$$

Biểu thức (9) có thể viết dưới dạng:

$$\frac{K_i [(1-2\mu_i)c_i^2 + 1] - 2(1-\mu_i)}{1-c_i^2} = \frac{G_i K_i}{G_{i+1}(1-c_{i+1}^2)} [(1-2\mu_{i+1})(K_{i+1}c_{i+1}^2 - 1) + (K_{i+1} - 1)c_{i+1}^2]. \quad (10)$$

Từ đây, ta có:

$$K_i [(1-2\mu_i)c_i^2 + 1] - 2(1-\mu_i) = K_i \frac{G_i(1-c_i^2)}{G_{i+1}(1-c_{i+1}^2)} [(1-2\mu_{i+1})(K_{i+1}c_{i+1}^2 - 1) + (K_{i+1} - 1)c_{i+1}^2]. \quad (11)$$

$$\text{Tại đây: } \xi_i = \frac{G_i}{G_{i+1}} \frac{1-c_i^2}{1-c_{i+1}^2}. \quad (12)$$

Thay (12) vào (11) và biến đổi ta có:

$$K_i \{ [(1-2\mu_i)c_i^2 + 1] - \xi_i [(1-2\mu_{i+1})(K_{i+1}c_{i+1}^2 - 1) + (K_{i+1} - 1)c_{i+1}^2] \} = 2(1-\mu_i). \quad (13)$$

Hoặc:

$$K_i = \frac{2(1-\mu_i)}{[(1-2\mu_i)c_i^2 + 1] - \xi_i [(1-2\mu_{i+1})(K_{i+1}c_{i+1}^2 - 1) + (K_{i+1} - 1)c_{i+1}^2]}. \quad (14)$$

Cuối cùng, sau khi biến đổi ta nhận được biểu thức:

$$K_i = \frac{2(1-\mu_i)}{[(1-2\mu_i)c_i^2 + 1] - \xi_i [2K_{i+1}c_{i+1}^2(1-\mu_{i+1}) - (1-2\mu_{i+1} + c_{i+1}^2)]}. \quad (15)$$

Bằng các biến đổi được biểu thức hệ số truyền tải trọng qua "i" lớp "K<sub>i</sub>" xác định phù hợp với hệ số truyền tải trọng "K<sub>i+1</sub>" ở biểu thức (15). Bởi vì bên trong biên KCC "L<sub>N</sub>", theo hình H.2.a ứng suất tự do, áp lực bán kính qua lớp "S<sub>N</sub>" có thể viết:

$$K_N = 0. \quad (16)$$

Như vậy, biểu thức (15) cho phép tính toán tất cả các ẩn số của hệ số truyền tải trọng "K<sub>i</sub>" khi thay đổi chỉ số i=(N-1), (N-2), ..., 1.

Tính toán hệ số truyền tải trọng K<sub>i</sub>(i=1, ..., N) cho phép tiến hành xác định ứng suất bán kính (áp lực pháp tuyến) trong các lớp KCC, tác động trên biên quan sát L<sub>i</sub>(i=1, ..., N) bằng các biểu thức (5), (6) đưa ra:

$$q_0 = p_0; \quad p_i = q_0 \prod_{j=1}^i K_j (i=1, \dots, N). \quad (17)$$

Còn điểm dịch chuyển trên biên xác định bằng biểu thức (3).

Trên cơ sở lý thuyết cho phép xây dựng biểu đồ để xác định trạng thái cân bằng địa cơ học hệ "khối đất đá-KCC nhiều lớp" tự do, để đơn giản đưa ra

$$\frac{R_0}{2G_0} (\gamma H \alpha^* - q_0) = \frac{R_0}{2G_1(1-c_1^2)} [(1-2\mu_1)(p_1c_1^2 - q_0) + (p_1 - q_0)c_1^2]. \quad (23)$$

Biến đổi (23) ta có:

$$\frac{G_1}{G_0} (1-c_1^2) (\gamma H \alpha^* - q_0) = -(1-2\mu_1 + c_1^2)q_0 + 2(1-\mu_1)p_1c_1^2. \quad (24)$$

và tính toán chú ý biểu thức (5), từ p<sub>1</sub>=K<sub>1</sub>q<sub>0</sub> đưa ra biểu thức:

$$\frac{G_1}{G_0} (1-c_1^2) \gamma H \alpha^* - \frac{G_1}{G_0} (1-c_1^2) q_0 = -(1-2\mu_1 + c_1^2)q_0 + 2(1-\mu_1)K_1c_1^2q_0. \quad (25)$$

Từ đó có kết quả:

cấu tạo một lớp; quan sát trường hợp khi lắp dựng trực tiếp KCC trên gương [7]. Trong các trường hợp tiếp theo với các kết quả tính toán đưa ra hệ số điều chỉnh "α", xác định bằng biểu thức (18) [7]:

$$\alpha^* = \exp(-1,3.l_0/R_0) \quad (18)$$

Như vậy sử dụng biểu thức (1) ta có [7]:

$$\sigma_x^{(0)(0)} = \sigma_y^{(0)(0)} = -\gamma H \alpha^*, \quad \tau_{xy}^{(0)(0)} = 0. \quad (19)$$

Đưa ra biểu thức có dạng:

$$q_0 = (\gamma \cdot H \cdot \alpha^* - u_0 \cdot \text{tg} \beta). \quad (20)$$

Từ đó nhận giá trị:

$$u_0 = (1/\text{tg} \beta) \cdot (\gamma \cdot H \cdot \alpha^* - q_0) \quad (21)$$

Tại đây:  $\text{tg} \beta = (2G_0/R_0)$ .

Với i=0 trong biểu thức (3) và điều kiện (7) đưa ra biểu thức để xác định điểm dịch chuyển tải trọng trên biên "L<sub>0</sub>" KCC với dạng [7]:

$$u_0 = \frac{R_0}{2G_1(1-c_1^2)} [(1-2\mu_1)(p_1c_1^2 - q_0) + (p_1 - q_0)c_1^2]. \quad (22)$$

Trạng thái cân bằng hệ "KCC nhiều lớp-khối đất đá" có thể xác định phù hợp đồ thị cân bằng biểu thức (21) và (22) có thể viết thành:



$$\frac{G_1}{G_0} \gamma H \alpha^* = \left\{ \frac{G_1}{G_0} + \frac{1}{1-c_1^2} [2(1-\mu_1)K_1 c_1^2 - (1-2\mu_1 + c_1^2)] \right\} q_0. \quad (26)$$

Cuối cùng ta có:

$$q_0 = \frac{G_1 / G_0}{(G_1 / G_0) + (1/1-c_1^2) [2(1-\mu_1)K_1 c_1^2 - (1-2\mu_1 + c_1^2)]} \cdot \gamma H \alpha^*. \quad (27)$$

Thay giá trị  $q_0$  vào biểu thức (11) sau đó xác định các giá trị  $p_i (i=1, \dots, N)$  và chuyển dịch tất cả các lớp trọng cấu tạo kết cấu chống CTN bằng biểu thức (3) và bổ sung ứng suất pháp tuyến, tiếp tuyến xung quanh biên bên ngoài ( $L_{i-1}$ ) và bên trong ( $L_i$ ) "i" lớp ( $i=1, \dots, N$ ) bằng biểu thức [7]:

$$\sigma_{\theta}^{(i)} \Big|_{L_{i-1}} = \frac{2c_{i-1}^2}{c_{i-1}^2 - 1} p_{i-1} - \frac{c_{i-1}^2 + 1}{c_{i-1}^2 - 1} p_i; \quad \sigma_{\theta}^{(i)} \Big|_{L_i} = \frac{2}{1 - c_{i-1}^2} p_{i-1}. \quad (28)$$

Do ứng suất ban đầu trong các lớp  $S_i (i=1, \dots, N)$  không nhận bổ sung ứng suất trong các lớp, mô hình hóa KCC nhiều lớp cần phải tìm ứng suất tổng (ứng suất toàn bộ). Để xác định ứng suất tổng trong đất đá, vùng  $S_0$  (trên biên  $L_0$ ) tìm thấy ứng suất bổ sung ban đầu phù hợp biểu thức (19) [7]:

$$\sigma_x^{(0)(0)} = \sigma_y^{(0)(0)} = \sigma_r^{(0)(0)} = \sigma_{\theta}^{(0)(0)} = -\gamma H \alpha^*. \quad (29)$$

#### 4. Xây dựng thuật toán tính toán kết cấu chống giữ nhiều lớp

Thuật toán tính toán cho bài toán bao gồm các bước sau đây:

➤ Bước 1. Cho thông số đầu vào, gồm:  $N$  - Số lớp (số lớp KCC trong cấu tạo CTN, số nguyên dương);  $R_i (i=1, \dots, N)$  - Bán kính các lớp KCC, m;  $E_0, \mu_0$  - Đặc tính biến dạng khối đất trong trạng thái tự nhiên - mô đun biến dạng (MPa) và hệ số Poisson phù hợp;  $E_i, \nu_i$  - Mô đun biến dạng (MPa) và hệ số Poisson của đất đá;  $E_i, \mu_i (i=1, \dots, N)$  - mô đun biến dạng (MPa) và hệ số Poisson vật liệu các lớp KCC;  $\gamma$  - Trọng lượng riêng trung bình của đất đá, MN/m<sup>3</sup>;  $H$  - Chiều sâu đặt hầm, m;  $l_0$  - Khoảng cách trễ lắp dựng KCC từ gương hầm, m;

➤ Bước 2. Xác định giá trị điều chỉnh " $\alpha^*$ " theo công thức (18) - Hệ số điều chỉnh tính toán lắp dựng KCC trễ từ biên hầm với khối đất đá biến dạng không tuyến tính đến thời điểm lắp dựng KCC [7];

➤ Bước 3. Thay đổi chỉ số  $i=(1, \dots, N)$  tính toán các giá trị:

$$c_i = (R_i / R_{i-1}); \quad G_i = \{E_i / [2 \cdot (1 + \mu_i)]\}; \quad (30)$$

$$\xi_i = (G_i / G_{i+1}) [(1 - c_i^2) / (1 - c_{i+1}^2)]; \quad (31)$$

➤ Bước 4. Đưa ra giá trị  $K_N=0$  và thay đổi chỉ số  $i=(N-1), (N-2), \dots, 1$  xác định hệ số truyền tải trọng " $K_i$ " bằng công thức (15);

➤ Bước 5. Tính giá trị  $q_0$  theo biểu thức (27);

➤ Bước 6. Thay đổi chỉ số  $i=(1, 2, \dots, N)$  tìm được giá trị  $p_i$  theo biểu thức (17) và xác định ứng suất

pháp, tiếp tuyến (xung quanh) bên ngoài ( $L_{i-1}$ ) và bên trong ( $L_i$ ) biên hầm "i" lớp bằng biểu thức (28);

➤ Bước 7. Tính toán ứng suất toàn bộ trong khối đất vùng  $S_0$  (trên biên  $L_0$ ) tìm thấy ứng suất bổ sung cần phải bổ sung ứng suất ban đầu, xác định bằng biểu thức (29).

Thuật toán gồm 7 bước trên đây là cơ sở để lập trình tính toán KCC đường hầm tiết diện nhỏ nhiều lớp mặt cắt ngang hình tròn, xây dựng trong khối đất không đồng nhất.

#### 5. Tính toán kết cấu chống đường hầm tiết diện nhỏ nhiều lớp khi sử dụng mô hình đất đá không đồng nhất

Nghiên cứu trạng thái ứng suất của KCC đường hầm tiết diện nhỏ trên cơ sở đặc tính biến dạng của đất đá; đặc tính hình học của đường hầm và chiều sâu bố trí đường hầm thay đổi,  $H=10+25$  m. Cấu tạo KCC đường hầm được chế tạo bằng bê tông cốt thép với bán kính  $R_0=0,65$  m. Chiều dày KCC là  $\Delta=0,15; 0,2; 0,25; \dots; 0,35$  m. Đặc tính biến dạng của vật liệu KCC: mô đun biến dạng  $E_1=22500$  MPa và hệ số Poisson  $\mu_1=0,2$ . Để nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số KCC đến trạng thái ứng suất của KCC trên cơ sở đặc tính địa cơ học của các lớp đất đá (Bảng 1).

Bảng 1. Bảng đặc tính đất đá

| Đặc tính biến dạng |       | Đặc tính độ bền |                |
|--------------------|-------|-----------------|----------------|
| E, MPa             | $\mu$ | c, MPa          | $\varphi$ , độ |
| 141.40             | 0,33  | 0,26            | 26             |
| 142.80             | 0,33  | 0,26            | 26             |
| 144.20             | 0,33  | 0,26            | 26             |
| 145.60             | 0,33  | 0,26            | 26             |
| 147.00             | 0,33  | 0,26            | 26             |
| 148.40             | 0,33  | 0,26            | 26             |

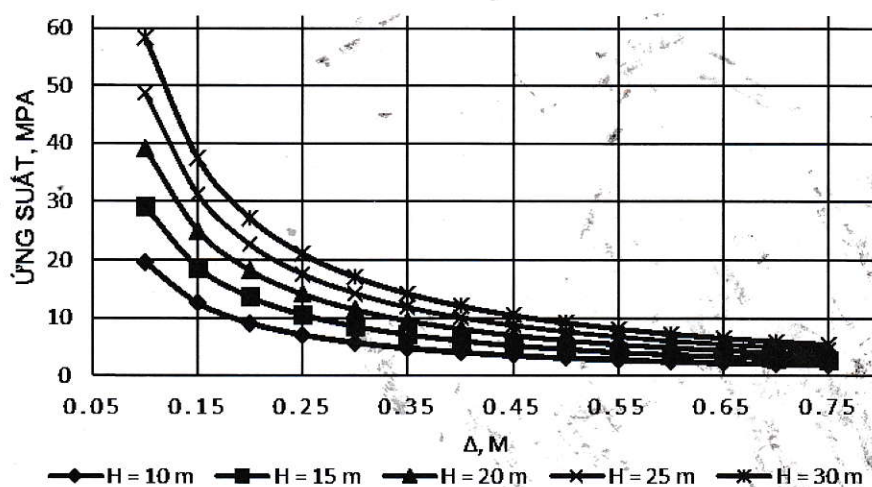
Ghi chú:  $E$  - Mô đun biến dạng, MPa;  $\mu$  - Hệ số Poisson;  $c$  - Lực dính kết, MPa;  $\varphi$  - Góc ma sát trong, độ.

Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày KCC đường hầm tiết diện nhỏ đến trạng thái ứng suất biến dạng. Trên cơ sở lý thuyết tính toán mô hình thuật toán tính toán KCC nhiều lớp thông qua 7 bước thu được kết quả thể hiện trên Bảng 2.



Bảng 2. Bảng kết quả tính toán trạng thái ứng suất tiếp tuyến lớn nhất của kết cấu chống khi thay đổi chiều dày kết cấu chống và chiều sâu đặt hầm

| №  | Chiều dày KCC<br>$\Delta$ , m | Ứng suất tiếp tuyến $\sigma_\theta$ , MPa |         |         |         |         |
|----|-------------------------------|-------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|    |                               | H=10 m                                    | H=15 m  | H=20 m  | H=25 m  | H=30 m  |
| 1  | 0,10                          | 19,5010                                   | 29,2515 | 39,0020 | 48,7525 | 58,5029 |
| 2  | 0,15                          | 12,5046                                   | 18,7568 | 25,0091 | 31,2614 | 37,5137 |
| 3  | 0,20                          | 9,0660                                    | 13,5991 | 18,1321 | 22,6651 | 27,1981 |
| 4  | 0,25                          | 7,0288                                    | 10,5432 | 14,0576 | 17,5720 | 21,0863 |
| 5  | 0,30                          | 5,6856                                    | 8,5284  | 11,3713 | 14,2141 | 17,0569 |
| 6  | 0,35                          | 4,7364                                    | 7,1046  | 9,4728  | 11,8410 | 14,2092 |
| 7  | 0,40                          | 4,0319                                    | 6,0479  | 8,0639  | 10,0798 | 12,0958 |
| 8  | 0,45                          | 3,4898                                    | 5,2347  | 6,9796  | 8,7245  | 10,4694 |
| 9  | 0,50                          | 3,0608                                    | 4,5911  | 6,1215  | 7,6519  | 9,1823  |
| 10 | 0,55                          | 2,7135                                    | 4,0703  | 5,4271  | 6,7838  | 8,1406  |
| 11 | 0,60                          | 2,4274                                    | 3,6410  | 4,8547  | 6,0684  | 7,2821  |
| 12 | 0,65                          | 2,1879                                    | 3,2819  | 4,3758  | 5,4698  | 6,5637  |
| 13 | 0,70                          | 1,9850                                    | 2,9775  | 3,9700  | 4,9624  | 5,9549  |
| 14 | 0,75                          | 1,8111                                    | 2,7167  | 3,6222  | 4,5278  | 5,4333  |

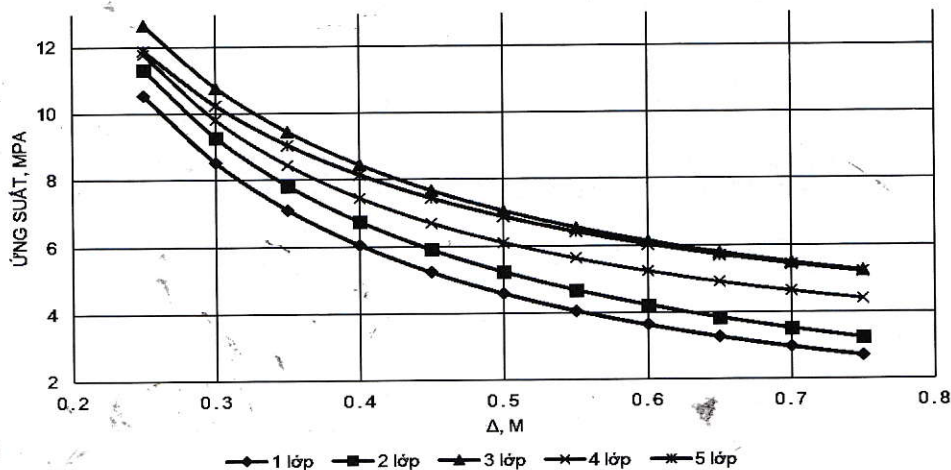


H.4. Biểu đồ mối quan hệ giữa ứng suất tiếp tuyến khi thay đổi chiều dày kết cấu chống và chiều sâu đặt hầm

Bảng 3. Bảng kết quả tính toán trạng thái ứng suất tiếp tuyến của kết cấu chống khi thay đổi chiều dày kết cấu chống và số lớp kết cấu chống ở độ sâu H=15 m

| №  | Chiều dày KCC<br>$\Delta$ , m | Ứng suất tiếp tuyến $\sigma_\theta$ , MPa |         |         |         |         |
|----|-------------------------------|-------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|    |                               | 1 lớp                                     | 2 lớp   | 3 lớp   | 4 lớp   | 5 lớp   |
| 1  | 0,25                          | 10,5432                                   | 11,3344 | 12,6322 | 11,7873 | 11,8877 |
| 2  | 0,30                          | 8,5284                                    | 9,2872  | 10,7698 | 9,8141  | 10,2378 |
| 3  | 0,35                          | 7,1046                                    | 7,8317  | 9,4360  | 8,4523  | 9,0431  |
| 4  | 0,40                          | 6,0479                                    | 6,7446  | 8,4364  | 7,4585  | 8,1406  |
| 5  | 0,45                          | 5,2347                                    | 5,9026  | 7,6616  | 6,7034  | 7,4366  |
| 6  | 0,50                          | 4,5911                                    | 5,2316  | 7,0448  | 6,1116  | 6,8736  |
| 7  | 0,55                          | 4,0703                                    | 4,6849  | 6,5433  | 5,6364  | 6,4140  |
| 8  | 0,60                          | 3,6410                                    | 4,2311  | 6,1285  | 5,2472  | 6,0327  |
| 9  | 0,65                          | 3,2819                                    | 3,8488  | 5,7803  | 4,9232  | 5,7117  |
| 10 | 0,70                          | 2,9775                                    | 3,5225  | 5,4844  | 4,6499  | 5,4384  |
| 11 | 0,75                          | 2,7167                                    | 3,2410  | 5,2303  | 4,4166  | 5,2032  |





H.5. Biểu đồ mối quan hệ giữa ứng suất tiếp tuyến khi thay đổi chiều dày kết cấu chống và số lớp kết cấu chống

Nhận xét:

➢ Kết quả trên Bảng 2 và hình H.4. cho thấy rằng ứng suất của kết cấu chống đường hầm thay đổi rất lớn khi chiều dày kết cấu chống  $\Delta < 0,3$  m khi chiều sâu đặt hầm thay đổi từ  $H=10-30$  m. Ngược lại khi  $\Delta > 0,3$  m thì ứng suất kết cấu chống không thay đổi nhiều khi chiều sâu đặt hầm thay đổi;

➢ Kết quả trên Bảng 3 và hình H.5. cho thấy rằng khi ở cùng một độ sâu đặt hầm  $H=15$  m thì với chiều dày kết cấu chống  $\Delta > 0,5$  m thì ứng suất của kết cấu chống không thay đổi nhiều.

## 6. Kết luận

Kết quả nghiên cứu trên đây cho thấy: việc sử dụng sơ đồ thuật toán tính toán ứng suất trong mỗi lớp kết cấu chống với kết quả chính xác cao, trên cơ sở đưa ra hệ số an toàn độ bền nhỏ và giảm chi phí cho xây dựng đường hầm. Bài toán vẫn chỉ dùng cho đường hầm có mặt cắt ngang hình tròn. Vì vậy, để nghiên cứu sử dụng cho những đường hầm có mặt cắt ngang có hình dạng khác vẫn phải có những nghiên cứu bổ sung. □

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nghiêm Hữu Hạnh, 2012. Bài giảng môn học công trình ngầm. Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
2. Trần Thanh Giám, Tạ Tiến Đạt, 2011. Tính toán thiết kế công trình ngầm. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
3. 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.
4. Võ Trọng Hùng, 1993. Kết cấu chống nhiều lớp sử dụng khả năng mang tải của khối đá. Bài giảng Cao học. Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội, 84 trang.

5. 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.

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

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

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

9. 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, pp 34-40.

10. Röhner, R., et al., 2010. Calculation of jacking force by new ATV A-161. Tunnelling and Underground Space Technology 25, 731-735.

11. <http://gnb-vektor.ru/mikrotonnel/>

Ngày nhận bài: 16/02/2019

Ngày gửi phản biện: 16/04/2019

Ngày nhận phản biện: 26/07/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/08/2019

Từ khóa: tương tác; kết cấu chống giữ; đường hầm; tiết diện nhỏ; khối đất

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

(Xem tiếp trang 45)



Ngày nhận bài: 15/05/2018

Ngày gửi phản biện: 16/06/2019

Ngày nhận phản biện: 21/07/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/08/2019

**Từ khóa:** vữa hầm bê tông liên khối; vữa bê tông; đường ống, áp lực; độ linh hoạt; tỷ lệ (N/X)

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

### SUMMARY

The paper introduces some research results of the theory of transporting concrete mortar solution by pipeline when constructing a concrete lining to achieve the required productivity and efficiency. It is necessary to select the appropriate flexibility of the concrete mortar solution, the ratio 'water/cement' is not high and some other technical parameters when pumping mortar concrete solution.

## NGHIÊN CỨU TƯƠNG TÁC...

(Tiếp theo trang 41)

### SUMMARY

The paper introduces some research results of the mutual effect between the structure of the small cross-section tunnel and the soil mass. On that basis, the author proposes to use structure calculation software for a circular cross-section tunnel.



1. Đúng giờ là phẩm hạnh không thể thiếu của các nhà kinh doanh, và là sự lịch sự thanh nhã của các hoàng tử. *Edward Bulwer Lytton.*

2. Con người trưởng thành qua kinh nghiệm nếu họ đối diện với cuộc đời trung thực và can đảm. Đây là cách tính cách hình thành. *Eleanor Roosevelt.*

VTH sưu tầm

## XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP...

(Tiếp theo trang 23)

7. Cai Zhuangyang, Zhou Wei. Reliability assessment method in underground mining system, China technology of mining university, 2014.

Ngày nhận bài: 12/02/2019

Ngày gửi phản biện: 19/04/2019

Ngày nhận phản biện: 10/06/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/08/2019

**Từ khóa:** điểm nút làm việc, thời gian làm việc, cơ giới hóa, địa chất mỏ

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

### SUMMARY

The content of the paper determines the influence of geological factors to the mechanized longwall kiln based on the weight and hierarchical analysis process to determine the importance of mine factors. geology to the mechanized market oven. At the same time, building a method to calculate the effective working time in the structure of the mechanized longwall kiln production organization.



1. Hãy cười, thở và bước đi thật chậm. *Thiền sư Thích Nhất Hạnh.*

2. Tính cách không thể phát triển một cách dễ dàng và yên lặng. Chỉ qua trải nghiệm thử thách và gian khổ mà tâm hồn trở nên mạnh mẽ hơn, hoài bão hình thành và thành công đạt được. *Hellen Keller.*

3. Thành công và hạnh phúc nằm trong bạn. Quyết tâm hạnh phúc, và niềm vui sẽ đi cùng bạn để hình thành đạo quân bất khả chiến bại chống lại nghịch cảnh. *Hellen Keller.*

VTH sưu tầm