

VỀ BÀI TOÁN VẬN CHUYỂN VỮA BÊ TÔNG THEO ĐƯỜNG ỐNG KHI THI CÔNG VỎ HÀM BÊ TÔNG LIÊN KHỐI

NGUYỄN XUÂN MÃN, NGUYỄN DUYỄN PHONG

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: mannxdoky@gmail.com

Thi công vỏ hầm bê tông liên khối thường sử dụng máy bơm bê tông để vận chuyển dung dịch vữa lỏng theo đường ống từ thùng máy đến nơi đổ (sau ván khuôn). Vận chuyển vữa bê tông theo đường ống là vấn đề cốt yếu trong công nghệ xây dựng vỏ hầm bê tông liên khối. Hiệu quả của vận chuyển vữa bê tông theo đường ống phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó yếu tố độ linh hoạt của vữa cần được quan tâm xem xét. Độ linh hoạt của vữa lớn sẽ làm chất lượng vỏ chống kém; độ linh hoạt của vữa nhỏ sẽ khó vận chuyển vì vữa cứng.

1. Tổng quan

Vỏ bê tông liên khối có rất nhiều ưu điểm trong xây dựng các đường hầm trong mỏ, đường hầm thủy công, đường hầm giao thông,... Khâu quan trọng nhất trong thi công vỏ hầm bê tông liên khối là vận chuyển dung dịch vữa vào sau ván khuôn. Chất lượng của vỏ chống và năng suất thi công phụ thuộc vào nhiều yếu tố: máy bơm sử dụng; chất lượng đường ống; chất lượng cấp pha; thành phần dung dịch vữa bê tông; tính chất cơ lý và tính chất công nghệ của vữa bê tông; bảo dưỡng bê tông sau đổ;...

Phân tích thực tế quá trình vận chuyển vữa bê tông theo đường ống khi thi công vỏ bê tông liên khối cho thấy thường xuyên xảy ra các hiện tượng sau: tắc đường ống dẫn vữa; vữa bê tông bị phân tầng, phân lớp khi ra khỏi miệng ra của ống dẫn; vữa bị ùn ứ tại đầu ra của ống,... Các hiện tượng trên dẫn đến năng suất đổ bị hạn chế và chất lượng của vỏ hầm bị ảnh hưởng: giảm độ bền, tăng hệ số thấm,...

Nhiều tác giả trong các công bố [1], [2], [3] đã nghiên cứu vấn đề này để tổ chức thi công vỏ hầm bê tông liên khối đạt năng suất, chất lượng cao. Tuy nhiên các nghiên cứu xem xét đến tính chất công nghệ của vữa bê tông như độ linh hoạt của

vữa còn ít được đề cập [3]. Trong bài viết này đã xem xét ảnh hưởng của độ linh hoạt của vữa bê tông; áp lực ban đầu cần thiết của máy bơm để bơm vữa theo đường ống bằng máy bơm bê tông; tính chất công nghệ của dung dịch bê tông (qua độ linh hoạt của dung dịch bê tông) đến năng suất vận chuyển theo đường ống bằng máy bơm bê tông; từ đó có thể xác định được áp lực máy bơm bê tông để đạt năng suất, chất lượng của vỏ hầm bê tông liên khối. Để giải quyết bài toán chúng tôi đã sử dụng phương pháp cân bằng động của các lực tác dụng vào phân tố thể tích vữa di chuyển theo đường ống.

2. Thiết lập bài toán

Chuyển động của vữa bê tông theo đường ống là quá trình phức tạp, bởi vì vữa bê tông được xem là hỗn hợp nhiều thành phần; có tính chất cơ lý thay đổi phụ thuộc không chỉ vào thời gian sau pha trộn mà còn phụ thuộc vào hàm lượng, tính chất của các thành phần của dung dịch bê tông.

Hỗn hợp dung dịch vữa bê tông bao gồm các pha rắn, lỏng và khí. Khó có thể mô tả chính xác chuyển động của dung dịch vữa bê tông theo đường ống bằng mô hình cơ học chính xác. Trong khuôn khổ bài viết này chúng tôi coi hỗn hợp vữa bê tông gồm hai pha rắn-lỏng có liên kết thành một vật thể thống nhất. Vật thể này nằm trong trạng thái cân bằng động khi di chuyển theo đường ống bằng máy bơm bê tông (bơm khí nén hay bơm pit tông).

Có thể xem xét một phân tố thể tích (đV) của vật thể vữa bê tông nằm trong trạng thái cân bằng động chịu tác dụng của các lực như trong hình H.1.

Phân tố vữa bê tông (đV) có trọng lượng ($\gamma \cdot dV$) chịu tác động của các lực sau đây:

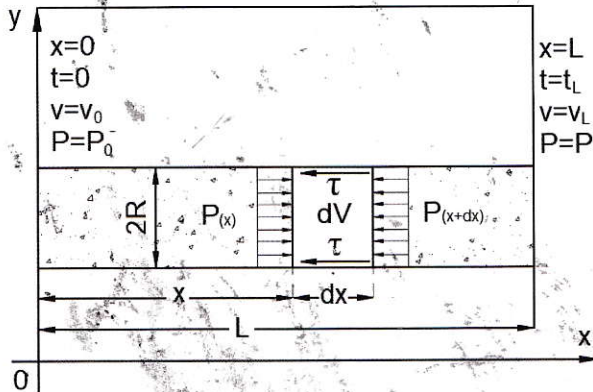
➤ Lực $P_{(x)}$ và lực $P_{(x+dx)}$. Các lực này phụ thuộc vào áp lực ban đầu tại miệng đường ống $P=P_0$, khoảng cách từ miệng ống đến vị trí xem xét x,

chất lượng đường ống, chất lượng và số mỗi nối ống ống,... được xác định như sau:

$$P_{(x)} = (P_0 \cdot k \cdot x). \quad (1)$$

$$P_{(x+dx)} = [P_0 \cdot k \cdot (x + dx)]. \quad (2)$$

Trong đó: P_0 - Áp lực ban đầu ở miệng ống do máy bơm tạo ra (tại $x=0$), k - Hệ số giảm áp lực bơm theo chiều dài của đường ống phụ thuộc vào chiều dài vận chuyển ở điểm xem xét, chất lượng đường ống và số mỗi nối các đoạn ống.



H.1. Sơ đồ chuyển động của phân tử vữa bê tông. dV trong đường ống: L - Chiều dài của đường ống, m ; x - Khoảng cách dịch chuyển của phân tử vữa dV , m ; R - Bán kính trung bình của đường ống, m ; τ - Lực cản ma sát đơn vị giữa thành trong của ống với vữa bê tông, kN/m^2 ; $P_{(x)}$, $P_{(x+dx)}$ - Áp lực tác dụng vào phân tử thể tích dV ở bên phải và bên trái phân tử trong đường ống, kN ; γ - Khối lượng riêng của vữa, kG/cm^3 .

➤ Lực ma sát cản trở giữa thành ống với dung dịch vữa bê tông F_{ms} , xác định như sau:

$$F_{ms} = (\tau \cdot F_{xq}). \quad (3)$$

$$F_{xq} = (2\pi R \cdot dx). \quad (4)$$

Trong đó: F_{xq} - Diện tích xung quanh mặt bên trong của đường ống chứa phân tử thể tích dV , m^2 ; dx - chiều dài phân tử dV , m ; R - bán kính trong đường ống, m ; τ - Lực cản đơn vị giữa thành trong của ống với dung dịch vữa bê tông, kN/m^2 . Giá trị τ phụ thuộc vào độ linh hoạt của vữa (vữa cứng cho “ τ ” lớn và vữa loãng cho “ τ ” nhỏ), độ bám dính của vữa và trạng thái bề mặt (trơn hay gồ ghề) của mặt trong thành ống.

Phương trình cân bằng động của phân tử thể tích (dV) có khối lượng ($\gamma \cdot dV$) được viết theo định luật 2 Niu tơn như sau: $F = Ma$, với F - Tổng các lực tác dụng vào khối lượng M , M - Khối lượng của vật thể, kG ; a - Gia tốc chuyển động của vật thể có khối lượng M . Phương trình (5) dưới đây thể hiện trạng thái cân bằng động của phân tử thể tích (dV) nằm trong đường ống di chuyển với gia tốc a .

Phương trình (5) được viết với giả thiết là đường ống thẳng và nằm ngang. Trong bài viết này để đơn giản hóa ta chấp nhận giả thiết trên và coi sự chuyển động của dung dịch vữa trong đường ống phụ thuộc chỉ vào chất lượng đường ống. Trong trường hợp bài toán này ta có:

$$P_0 \cdot k \cdot x - P_0 \cdot k \cdot (x + dx) - (2\pi R \cdot dx) \tau = \gamma \cdot dV \cdot \frac{dx^2}{dt^2} \quad (5)$$

Trong thực tiễn đường ống dẫn vữa bê tông có những đoạn cong, đoạn dốc. Khi này ta có thể sử dụng nguyên lý bảo toàn động lượng và bảo toàn năng lượng để tính quy đổi tương đương các đoạn cong, đoạn dốc thành các đoạn nằm ngang. Vấn đề này sẽ được đề cập trong một bài viết khác.

3. Giải bài toán

Thay giá trị từ (1), (2) và (3) vào (5) và chú ý rằng: $dV = (\pi \cdot R^2 \cdot dx)$, sẽ cho ta:

$$P_0 \cdot k \cdot x - P_0 \cdot k \cdot (x + dx) - (2\pi R \cdot dx) \tau = \gamma (\pi \cdot R^2 \cdot dx) \frac{dx^2}{dt^2}. \quad (6)$$

Biến đổi (6) cho ta:

$$\frac{dx^2}{dt^2} = -\frac{k \cdot P_0 + 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \tau}{\pi \cdot R^2 \cdot \gamma} \quad (7)$$

$$\text{Đặt: } 2A = \frac{k \cdot P_0 + 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \tau}{\pi \cdot R^2 \cdot \gamma} \quad (8)$$

Thay (8) vào (7) ta nhận được phương trình:

$$\frac{dx^2}{dt^2} = -2A \quad (9)$$

Giải (9) cho ta:

$$x = -At^2 + Bt + C. \quad (10)$$

Trong (10): A , B và C là các hằng số tích phân, xác định theo điều kiện biên. Với các điều kiện biên của bài toán này: $t=0$; $v=v_0$; $x=x_0=0$; thì nghiệm của (10) có dạng:

$$x = -At^2 + v_0 t. \quad (11)$$

Vận tốc của phân tử (dV) trong đường ống sẽ là:

$$v(t) = -2At + v_0. \quad (12)$$

Thời gian vận chuyển của phân tử (dV) từ miệng đầu của ống đến miệng đầu ra, tức là khoảng cách di chuyển $x=L$, sẽ là:

$$\text{Thay } x=L \text{ vào (11) cho ta: } x=L = (-At^2 + v_0 t), \text{ hay: } At^2 - v_0 t + L = 0. \quad (13)$$

$$\text{Giải (13) theo "t" cho ta: } t_L = \{v_0 + [(v_0)^2 - 4AL]^{1/2}\} / (2A); \quad (14)$$

Với điều kiện: $\Delta = [(v_0)^2 - 4AL] \geq 0$.

$$\text{Tức là: } v_0 \geq (4AL)^{1/2} = 2 \cdot (AL)^{1/2}. \quad (15)$$

Như vậy có thấy rằng để dung dịch vữa bê tông vận chuyển được trong đường ống thì vận tốc ban đầu v_0 phải lớn hơn giá trị $[2 \cdot (A \cdot L)^{1/2}]$; nếu đặt

$v_{gh}=[2.(A.L)^{1/2}]$, thì $v_0 \geq v_{gh}$. Ta gọi $v_{gh}=[2.(A.L)^{1/2}]$ là vận tốc giới hạn cần đạt để có thể vận chuyển vữa theo đường ống.

Đồng thời để cho vữa không bị ùn tắc, bị phân lớp ở đầu ra thì vận tốc vữa đầu ra (v_L) cần nằm trong khoảng:

$$v_{min} \leq v_L \leq v_{max} \quad (16)$$

Tại đây: v_{min} , v_{max} - Các vận tốc tối thiểu và tối đa ở đầu miệng của ống để vữa không bị ùn ứ, không bị văng xa tránh phân lớp.

Thay giá trị của "A" ở (8) và "trọng lượng" ở (14) vào (12) sẽ cho ta vận tốc ở đầu ra " v_L " như sau:

$$v_L = \frac{1}{2}(\sqrt{v_0^2 - 4AL} - v_0) + v_0 = \frac{1}{2}(\sqrt{v_0^2 - 4AL} + v_0) \quad (17)$$

Như vậy theo (16) thì:

$$v_{min} \leq \frac{(\sqrt{v_0^2 - 4AL} + v_0)}{2} = v_L \leq v_{max} \quad (18)$$

Giá trị của v_L được xác định theo các giá trị v_0 , L và A. Chú ý rằng $(dv_L/dA) < 0$, do đó khi "A" tăng thì " v_L " giảm và ngược lại (hàm v_L nghịch biến). Từ đây ta nhận thấy, muốn thay đổi v_L cần điều chỉnh A qua thông số P_0 và τ . Khi τ và P_0 giảm thì v_L tăng lên và ngược lại. Nhận thấy giá trị P_0 phụ thuộc vào loại máy bơm lựa chọn. Khi dùng một loại máy bơm thì P_0 sẽ không thay đổi. Do đó cần thay đổi τ .

Để thay đổi τ ta có thể giải quyết bằng hai cách:

➢ Tăng lượng nước trong dung dịch bê tông, tức tăng tỷ lệ (N/X). Nếu tỷ lệ (N/X) tăng sẽ làm cho chất lượng bê tông giảm, không đáp ứng yêu cầu độ bền của bê tông vô hàm;

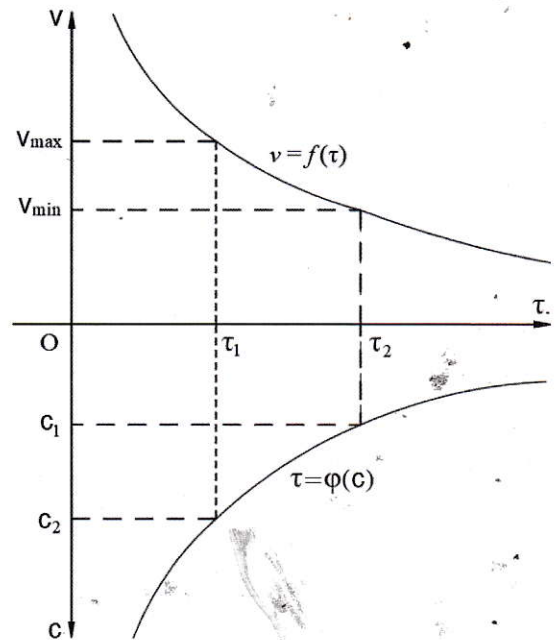
➢ Sử dụng phụ gia siêu dẻo trong chế tạo bê tông vô hàm. Khi cho phụ gia siêu dẻo vào sẽ làm cho độ linh hoạt của vữa tăng, dẫn đến lực cản đơn vị τ giảm mà tỷ lệ (N/X) không cần thay đổi, đảm bảo độ bền cần thiết của bê tông vô hàm.

Nhận thấy rằng giữa τ và độ linh hoạt "c" của vữa bê tông (thông qua độ sụt SN của dung dịch vữa bê tông xác định theo phương pháp phễu nón) có mối quan hệ phụ thuộc [3] như sau: $\tau = f(c)$. Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa τ với "c" và giữa vận tốc đầu ra của vữa với τ được diễn tả như trên hình H.2.

Bằng việc quan trắc, đo đạc thực tế người ta có thể xác định được giá trị của " v_{min} " và " v_{max} ". Thay các giá trị đã trình bày ở trên vào (18) cho phép xác định được áp lực " P_0 " cần thiết của máy bơm để đảm bảo cho vữa không bị ùn ứ và không bị phân lớp. Biến đổi toán học đơn giản (18) cho ta:

$$P_0 \geq \frac{\pi R^2 \gamma}{4Lk} [v_0 - (2v_{max} - v_0)^2] - \frac{2\pi R \gamma}{k} = P_{min} \quad (19)$$

$$P_0 \leq \left[\frac{(2v_{min} - v_0)^2}{4Lk} - \frac{\tau}{kR\gamma} \right] = P_{max} \quad (20)$$



H.2. Quan hệ giữa vận tốc đầu ra "v", ma sát đơn vị "τ" và độ linh hoạt của vữa "c"

4. Kết luận

Để vận chuyển vữa bê tông bằng đường ống khi thi công vỏ hầm bê tông liên khối đạt năng suất và hiệu quả cần thiết phải:

➢ Lựa chọn độ linh hoạt thích hợp của dung dịch bê tông, giải quyết vấn đề này thường sử dụng phụ gia siêu dẻo. Khi cho phụ gia siêu dẻo vào thành phần bê tông sẽ làm cho độ linh hoạt dung dịch vữa bê tông tăng, vữa sẽ không cứng, ma sát giữa thành trong của ống với dung dịch vữa giảm, từ đó tăng năng suất vận chuyển, không bị tắc ống; đồng thời do có tỷ lệ "nước/xi măng" "N/X" không cao nên độ bền của bê tông đảm bảo yêu cầu thiết kế;

➢ Với các điều kiện thi công cụ thể và với loại dung dịch bê tông đã chọn hoàn toàn xác định được áp lực bơm của máy bơm để vữa được bơm ra không bị ùn ứ ở đầu ra của ống và cũng không bị văng xa, tách lớp. Từ đây có thể khống chế áp lực bơm ban đầu P_0 của máy bơm cho phù hợp theo công thức (19) và công thức (20). □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. Часть 1: Технология сооружения горизонтальных выработок и тоннелей. Москва, Недра, 1977 г., 400 стр.
2. Мостков В.М. Подземные сооружения большого сечения. Москва, Недра. 1974 г., 321 стр.
3. Куликов Ю.Н. Организационно-технологические расчеты при строительстве горнотехнических зданий и сооружений.: учеб. пособие / - М.: Горная книга, 2015. - 255 с.

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. Đứng 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