

MỘT PHƯƠNG PHÁP ĐƠN GIẢN HÓA TÍNH TOÁN KẾT CẤU CHỐNG LẮP GHÉP TRONG CÔNG TRÌNH NGẦM TIẾT DIỆN TRÒN

TS. Đỗ Ngọc Anh

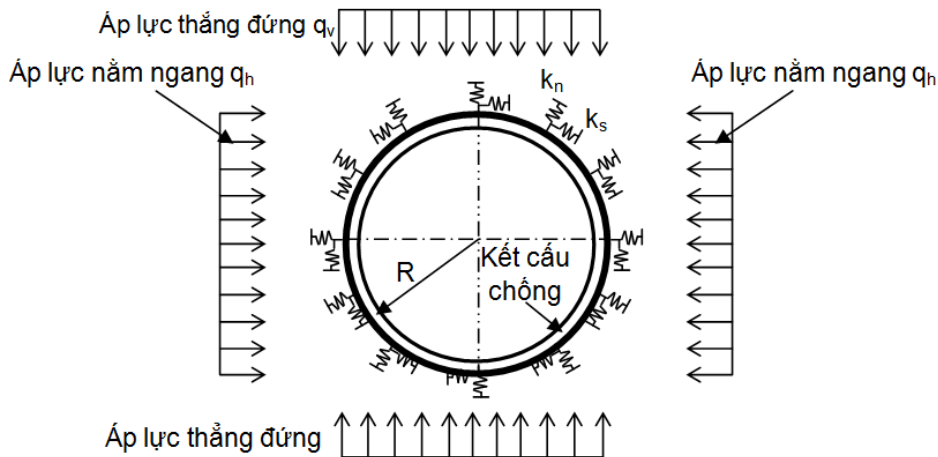
Trường Đại học Mở-Địa chất

(Mã số: 2363)

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu một phương pháp đơn giản hóa trên cơ sở phương pháp lực kháng đàn hồi (SHRM) để tính toán nội lực, biến dạng trong kết cấu chống (KCC) lắp ghép trong công trình ngầm (CTN) tiết diện tròn. Ảnh hưởng của mỗi nối trong KCC được tính tới thông qua độ xoay/mở của mỗi nối khi chịu tác động của tải trọng bên ngoài, dẫn tới giảm diện tích bề mặt tiếp xúc tại vị trí mỗi nối. Do đó, mô men quán tính và diện tích mặt cắt ngang tại vị trí mỗi nối và khu vực lân cận cũng bị giảm dẫn tới làm thay đổi độ cứng của KCC. Một chương trình tính trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn, viết bằng ngôn ngữ lập trình Matlab, đã được phát triển áp dụng quy trình tính lắp với ẩn số cần tìm là chiều cao tiếp xúc tại các mối nối. Chương trình cho phép xác định nội lực, biến dạng sinh ra trong KCC.

1. Lời nói đầu

Do sự tồn tại của mỗi nối, đặc tính làm việc của KCC lắp ghép và KCC liền khối không giống nhau [1], [2]. Ảnh hưởng của mỗi nối đến KCC lắp ghép được tính tới trực tiếp hoặc gián tiếp thông qua các phương pháp phân tích lý thuyết, thực nghiệm hoặc mô phỏng số. Trong các phương pháp gián tiếp, KCC lắp ghép được tính toán gần đúng sử dụng các phương pháp tính toán áp dụng cho KCC liền khối [3] [7]. Ảnh hưởng của mỗi nối được tính tới thông qua hệ số giảm độ cứng của KCC. Trong các phương pháp trực tiếp, mỗi nối được mô phỏng trực tiếp trong mô hình tính toán [1], [2], [8] [11]. Kết quả nghiên cứu tổng quan về các phương pháp tính toán KCC lắp ghép được trình bày bởi Đỗ và nnk. [12], [13].



H.1. Sơ đồ tính toán kết cấu chống (theo Đỗ và nnk. [12]).

Gần đây, Đỗ và nnk. [12] đã phát triển một phương pháp tính mới áp dụng cho phương pháp lực kháng đàn hồi (HRM) (Hình 1). Trong phương pháp này, mỗi nối được thêm trực tiếp vào trong mô hình tính. Ảnh hưởng của mỗi nối được mô phỏng thông qua hệ số liên kết xác định dựa vào độ cứng chống xoay của mỗi nối. Phương pháp này cho phép mô phỏng tính chất so le của mỗi nối giữa các vòng vỏ chống lắp ghép kế tiếp nhau, sự phân bố ngẫu nhiên của mỗi nối trong KCC. Kết quả so sánh với số liệu đo thực nghiệm tại một đường hầm trong thực tế đã chứng minh tính hiệu quả và khả năng ứng dụng của phương pháp đã phát triển (HRM) [12].

Trong bài báo này, tác giả giới thiệu một phương pháp, cũng được phát triển trên cơ sở phương pháp lực kháng đàn hồi để tính toán nội lực và biến dạng trong KCC lắp ghép trong CTN tiết diện tròn theo một cách thức khác với phương pháp HRM đã đề xuất bởi Đỗ và nnk. [12]. Phương pháp mới này được gọi là phương pháp đơn giản hóa SHRM. Khác với phương pháp HRM phát triển bởi Đỗ và nnk. [12], ảnh hưởng của mỗi nối trong phương pháp mới SHRM được tính tới thông qua độ xoay/mở của mỗi nối khi chịu tác động của tải trọng bên ngoài, dẫn tới giảm diện tích bề mặt tiếp xúc tại vị trí mỗi nối. Do đó, mô men quán tính và diện tích mặt cắt ngang tại vị trí mỗi nối và khu vực lân cận sẽ bị giảm dẫn tới làm thay đổi độ cứng của KCC. Một chương trình tính trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn, viết bằng ngôn ngữ lập trình

Mô men uốn (M) tại mỗi vị trí mặt cắt trong KCC được tính bằng tổng mô men uốn sinh ra trong phần mặt cắt bê tông (M_{bt}) và trong phần mối nối (M_{mn}):

$$M = M_{bt} + M_{mn} \quad (4)$$

Phương trình (2) và (4) cho phép xác định các giá trị M_{bt} và M_{mn} như sau:

$$M_{bt} = M \frac{\frac{b_c S_l^3}{12}}{\frac{b_c S_l^3}{12} + \frac{b_j S_j^3}{12}} \quad (5)$$

$$M_{mn} = M \frac{\frac{b_j S_j^3}{12}}{\frac{b_c S_l^3}{12} + \frac{b_j S_j^3}{12}} \quad (6)$$

Trong khi đó, giá trị của mô men uốn M_{mn} có thể xác định khi biết lực dọc tác dụng trên phần mặt cắt mối nối N_{mn} (H.2H.):

$$M_{mn} = N_{mn} \frac{S_l}{2} - \frac{S_j}{3} \quad (7)$$

Trong đó:

$$N_{mn} = N \cdot \frac{b_j S_j}{b_c S_l + b_j S_j} \quad (8)$$

N - Tổng lực dọc tác dụng trên mặt cắt ngang, MN/m; N_{mn} - Lực dọc tác dụng trên phần mặt cắt mối nối, MN/m.

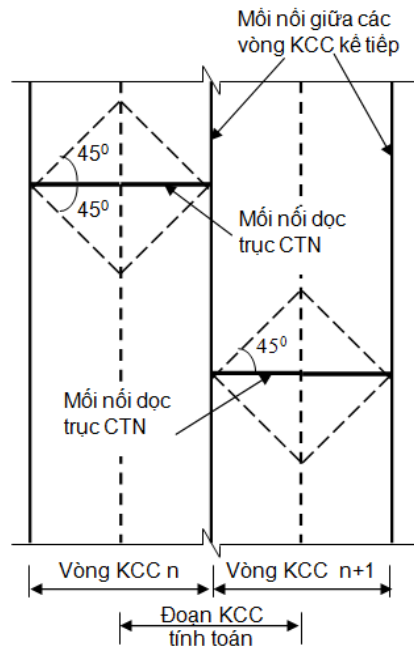
Từ phương trình (6) và (7), ta có:

$$M \frac{\frac{b_j S_j^3}{12}}{\frac{b_c S_l^3}{12} + \frac{b_j S_j^3}{12}} = N \frac{b_j S_j}{b_c S_l + b_j S_j} \frac{S_l}{2} - \frac{S_j}{3} \quad (9)$$

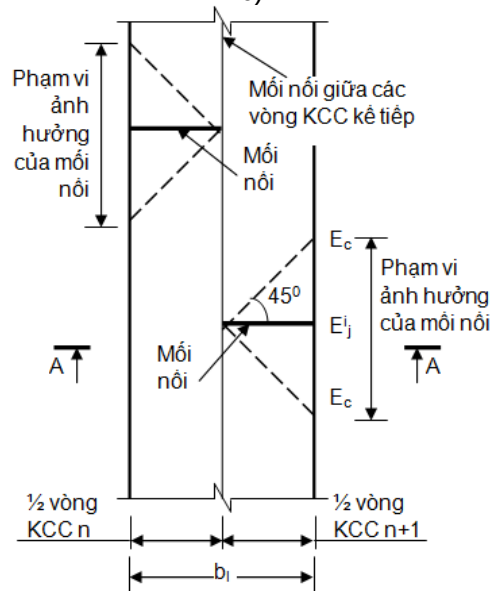
Khi biết giá trị của M và N tại mỗi mặt cắt, xác định từ bước tính trước đó trong chu trình tính lặp, chiều cao của phần mối nối trong mặt cắt ngang (S_j) chính là nghiệm dương của phương trình sau:

$$\frac{N b_j}{3} S_j^4 - M b_j \frac{N S_l b_j}{2} S_j^3 - M b_c S_l S_j^2 - \frac{N S_l^3 b_c}{3} S_j - \frac{N S_l^4 b_c}{2} \quad (10)$$

a)

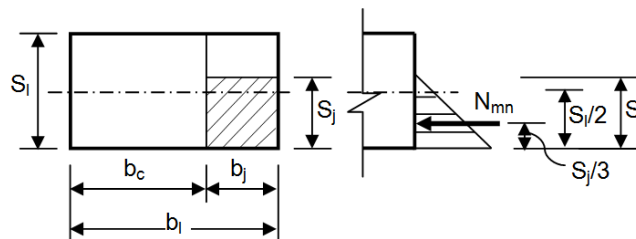


b)



c)

A - A



H.2. Mô hình KCC lắp ghép trong phương pháp SHRM: a - Kết cấu chống thực tế; b - Mô hình KCC đơn giản hóa trong SHRM; c - Mặt cắt A-A

Trong thực tế, giá trị của S_j tại từng mối nối ở thời điểm bắt đầu quá trình tính toán là không xác định. Do đó, một chu trình tính lặp đã được sử dụng với giả thiết giá trị ban đầu của S_j bằng với chiều dày của KCC (S_1). Với chiều cao của phần mối nối trên mặt cắt ngang S_j xác định được từ phương trình (10) sau mỗi bước tính lặp, nếu

$$\frac{M_{mn}}{b_j S_j^2 / 6} \quad \frac{N_{mn}}{b_j S_j} \quad , \quad (11)$$

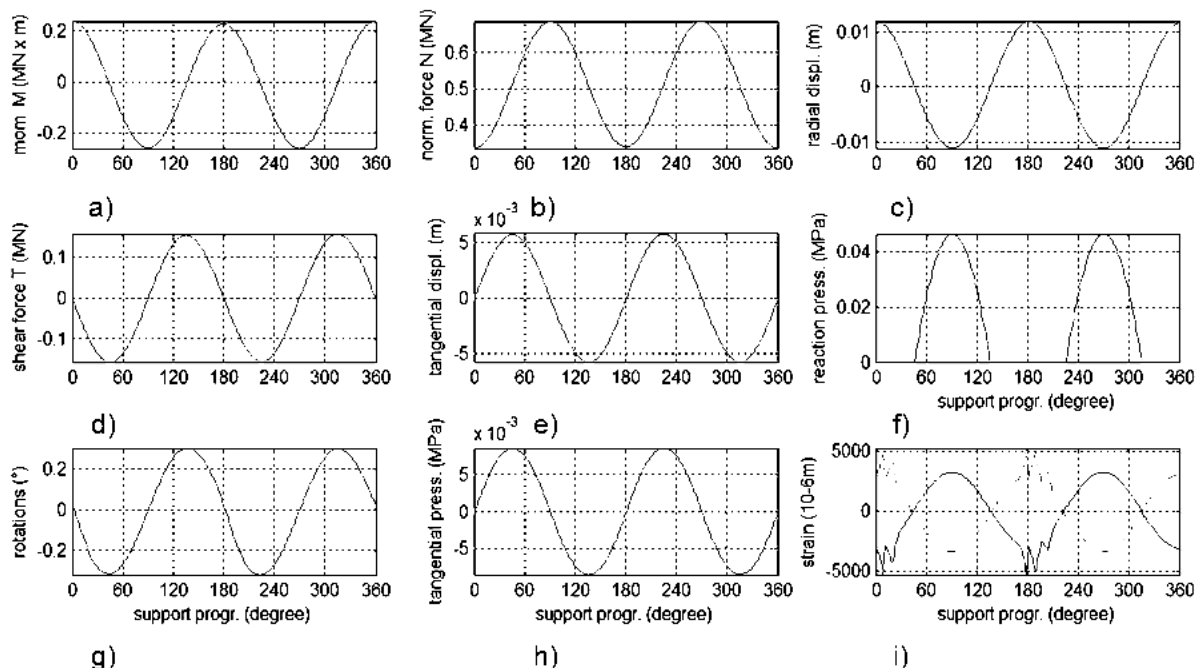
tương ứng với trường hợp mỗi nối có độ mở/xoay nhất định, quy trình tính ở trên sẽ được áp dụng để xác định chiều cao của phần mỗi nối trên mặt cắt ngang S_j . Trong trường hợp ngược lại khi mỗi nối khép kín, không mở/xoay, ta có $S_j = S_i = S_{\text{tong}}$. Các giá trị S_j tại các mối nối sẽ được sử dụng để tính toán mô men quán tính J_s và diện tích mặt cắt ngang A_s tại từng nút phần tử dầm trong mô hình phần tử hữu hạn trong bước tính lặp tiếp theo. Chu trình tính lặp sẽ tiếp tục cho tới khi đạt được điều kiện hội tụ của S_j .

4. Ví dụ tính toán kết cấu chống lấp ghép trong đường hầm

Phương pháp trình bày trong bài báo được áp dụng để tính toán nội lực phát sinh trong kết cấu chống tại một đường hầm nằm nông đào trong đất mềm, với các thông số đầu vào như sau [18]:

- ❖ Đường hầm tiết diện ngang hình tròn, bán kính đào $R=3,15$ m, chống bằng vỏ bê tông lắp ghép có mô đun biến dạng $E=35000$ MPa, hệ số Poisson $\mu=0,15$, chiều dày vỏ chống bê tông $S_i=0,3$ m, chiều rộng mỗi vòng vỏ chống $b_i=1$ m; số cấu kiện lắp ghép trong 1 vòng: 7 cấu kiện.
- ❖ Áp lực theo phương thẳng đứng (q_v trên H.1) là 0,35 MPa. Hệ số áp lực ngang $K_0=0,44$;
- ❖ Khối đất có lực dính kết $c=0,005$ MPa; góc ma sát trong $\varphi=37^\circ$; mô đun biến dạng $E=10$ MPa; hệ số poisson $\mu=0,31$;

Kết quả tính toán nội lực và biến dạng phát sinh trong kết cấu chống đường hầm thể hiện trên H.3.



H.3. Nội lực, chuyển vị, biến dạng phát sinh trong vỏ chống đo ngược chiều kim đồng hồ tính từ điểm đáy đường hầm: a - Mô men; b - Lực dọc; c - Chuyển vị hướng tâm; d - Lực cắt; e - Chuyển vị tiếp tuyến; f - Phản lực hướng tâm từ khối đá tác dụng lên vỏ chống; g - Góc xoay trong vỏ chống; h - Phản lực tiếp tuyến từ khối đá tác dụng lên vỏ chống; (i) biến dạng vòng tại mép trong và mép ngoài vỏ chống.

5. Kết luận

Bài báo trình bày một phương pháp đơn giản hóa áp dụng cho phương pháp lực kháng đàn hồi để tính toán KCC lắp ghép trong CTN. Ảnh hưởng của mỗi nối đã được chú ý tới thông qua sự giảm diện tích mặt cắt ngang và do đó là mô men quán tính mặt cắt ngang của kết cấu chống giữ. Một chương trình tính toán trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn biết bằng ngôn ngữ lập trình Matlab đã được phát triển. Phương pháp đơn giản hóa mới này cho phép chú ý tới tính chất phân bố tùy ý của mỗi nối xung quanh CTN. Một ví dụ tính toán áp dụng cho trường hợp công trình ngầm nằm nông chống bằng vỏ bê tông lắp ghép đã cho thấy khả năng ứng dụng hiệu quả của phương pháp đề xuất.

Tài liệu tham khảo

1. Arnau O, & Molins C. Three dimensional structural response of segmental tunnel linings. *Engineering Structures* 2012; 44: 210-221.
2. Do NA, Dias D, Oreste PP, & Djeran-Maigre I. 2D numerical investigation of segmental tunnel lining behaviour. *Tunnelling and Underground Space Technology* 2013; 37: 115-127.
3. Muir Wood AM. The circular tunnel in elastic ground. *Géotechnique* 1975; 25(1): 115-127.
4. Einstein HH, Schwartz CW. Simplified analysis for tunnel supports. *Journal of Geotechnical Engineering* 1979; 105(4): 499-518.
5. Duddeck H, Erdmann J. Structural design models for tunnels. *Tunnelling* 1982; 83-91.
6. Takano YH. Guidelines for the design of shield tunnel lining. *Tunnelling and Underground Space Technology* 2000; 15(3): 303-331.
7. Oreste PP. A numerical approach to the hyperstatic reaction method for the dimensioning of tunnel supports. *Tunnelling and Underground Space Technology* 2007; 22: 185-205.
8. Lee KM, Hou XY, Ge XW, Tang Y. An analytical solution for a jointed shield driven tunnel lining. *International Journal of Analytical and Numerical Methods in Geomechanics* 2002; 25(4): 365-390.
9. Blom, C.B.M. 2002. Design philosophy of concrete linings for tunnel in soft soils. Ph.D. dissertation. Delft University. Netherlands.
10. Naggar HE, Hinchberger SD. An analytical solution for jointed tunnel linings in elastic soil or rock. *Canadian Geotechnical Journal* 2008; 45: 1572-1593.
11. Ding WQ, Yue ZQ, Tham LG, Zhu HH, Lee CF, Hashimoto T. Analysis of shield tunnel. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics* 2004; 28: 57-91.
12. Do NA, Dias D, Oreste PP, & Djeran-Maigre I. A New Numerical Approach to the Hyperstatic Reaction Method for Segmental Tunnel Linings. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics* 2014; 38(15): 1617-1632, doi: 10.1002/nag.2277.
13. Do NA, Dias D, Oreste PP, & Djeran-Maigre I. The Behaviour of the Segmental Tunnel Lining Studied by the Hyperstatic Reaction Method. *European Journal of Environmental and Civil Engineering* 2014; 18(4): 489-510, doi: 10.1080/19648189.2013. 872583.
14. Huebner KH, Dewhirst DL, Smith DE, Byrom TG. 2001. *The finite element method for engineers*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
15. Itasca Consulting Group. 2009. *FLAC Fast Lagrangian Analysis of Continua, Version 4.0. User's manual*.
16. Croce, A. 2011. *Analisi dati di monitoraggio del rivestimento della galleria del passante ferroviario di Bologna*. Degree dissertation. Polytechnics of Turin. (in Italian).
17. Do NA, Dias D, Oreste PP, & Djeran-Maigre I. Segmental Tunnel Linings - Comparison between the Hyperstatic Reaction Method and a 3D Numerical Model. *International Conference AFTES 2014 on Tunnels and Underground Space Risks and Opportunities*, Lyon, France.
18. Do NA, Dias D, Oreste PP, & Djeran-Maigre I. 2014. Comparison between Design Methods applied to Segmental Tunnel Lining. *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA (ISSN 0046-5828)*, 45(3): 64-70.