

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

TS. ĐỖ NGỌC ANH

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

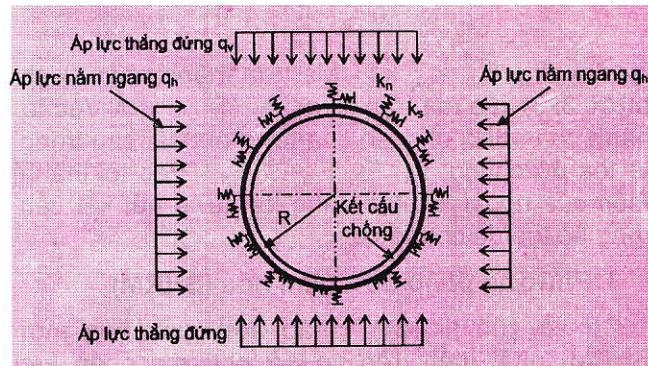
Bài báo giới thiệu một phương pháp đơn giản hóa trên cơ sở phương pháp lực kháng đòn hồi (SHRM) để tính toán nội lực, biến dạng trong kết cấu chống (KCC) lắp ghép trong công trình ngầm (CTN) tiết diện tròn. Ảnh hưởng của mối nối trong KCC được tính toán thông qua độ xoay/mở của mối nối khi chịu tác động của tải trọng bên ngoài, dẫn tới giảm diện tích bề mặt tiếp xúc tại vị trí mối nối. Do đó, mô men quán tính và diện tích mặt cắt ngang tại vị trí mối nối và khu vực lân cận cũng bị giảm dẫn tới làm thay đổi độ cứng của KCC. Một chương trình tính toán trên cơ sở phương pháp phân 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. Tổng quan

Do sự tồn tại của mối nối, đặc tính làm việc của KCC lắp ghép và KCC liền khói không giống nhau [1]. Ảnh hưởng của mối nối đến KCC lắp ghép được tính toán 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 khói [2]. Ảnh hưởng của mối nối được tính toán thông qua hệ số giảm độ cứng của KCC. Trong các phương pháp trực tiếp, mối nối được mô phỏng trực tiếp trong mô hình tính toán [1]. Kết quả nghiên cứu tổng quan về các phương pháp tính toán KCC lắp ghép được trình bày bởi Đỗ và nnk. [3], [4].

Gần đây, Đỗ và nnk. [3] đã phát triển một phương pháp tính mới áp dụng cho phương pháp lực kháng đòn hồi (HRM) (H.1). Trong phương pháp này, mối nối được thêm trực tiếp vào trong mô hình tính. Ảnh hưởng của mối nối được mô phỏng thông qua hệ số liên kết xác định dựa vào

độ cứng chống xoay của mối nối. Phương pháp này cho phép mô phỏng tính chất so le của mối nối giữa các vòng vỏ chống lắp ghép kế tiếp nhau, sự phân bố ngẫu nhiên của mối 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) [3].



H.1. Sơ đồ tính toán kết cấu chống
(theo Đỗ và nnk. [3])

Trong bài báo này, tác giả giới thiệu một phương pháp, cũng được phát triển trên cơ sở phương pháp lực kháng đòn 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. [3]. Phương pháp mới này được gọi là phương pháp đơn giản hóa SHRM. Khác với phương pháp HRM phát triển bởi Đỗ và nnk. [3], ảnh hưởng của mối nối trong phương pháp mới SHRM được tính toán thông qua độ xoay/mở của mối nối khi chịu tác động của tải trọng bên ngoài, dẫn tới giảm diện tích bề mặt tiếp xúc tại vị trí mối nối. Do đó, mô men quán tính và diện tích mặt cắt ngang tại vị trí mối nối và khu vực lân cận sẽ bị giảm dẫn tới làm thay đổi độ cứng của KCC. Một chương trình tính toán trên cơ sở phương pháp phân 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 lắp ghép.

2. Phương pháp lực kháng đòn hồi (HRM)

Phương pháp lực kháng đòn hồi áp dụng cho KCC liền khối đã được giới thiệu bởi Oreste [2]. Sau đó, Đỗ và nnk. [4] đã phát triển phương pháp này để áp dụng cho KCC lắp ghép. Trong phương pháp đề xuất bởi Đỗ và nnk. [4], kết cấu lắp ghép được mô phỏng sử dụng các phần tử dầm một chiều. Phần tử dầm thứ i có các thông số đặc trưng sau: mô men quán tính trên mặt cắt ngang J_s , diện tích mặt cắt ngang A_s , mô đun đàn hồi E_s của vật

liệu làm KCC, chiều dài dầm L_i . Kết cấu chống tương tác với khối đá xung quanh thông qua: lò đòn hồi theo phương pháp tuyến và phương tiếp tuyến, áp lực chủ động (q_v và q_h) (H.1). Ẩn số cần tìm là chuyển vị của các nút của từng phần tử.

Các ẩn số chuyển vị tại các nút được xác định trên cơ sở xây dựng ma trận độ cứng của hệ các phần tử trong hệ tọa độ chung và xác định tải trọng ngoài tác dụng lên kết cấu. Ma trận độ cứng của toàn bộ KCC được xây dựng bằng cách lắp ghép ma trận độ cứng của từng phần tử. Dựa vào véc tơ dịch chuyển tại các nút q xác định từ phương trình (1), chúng ta có thể tính toán các thành phần nội lực tác dụng tại các điểm nút của các phần tử [3]-[5]. Ma trận độ cứng tổng thể của kết cấu chống K như sau:

$$\begin{matrix} & \xleftarrow{\hspace{1cm}} & q & \xrightarrow{\hspace{1cm}} F \\ \left(\begin{array}{cccc} (k_{1,d} + k_{1,a}) & k_{1,b} & 0 & 0 \\ k_{1,c} & (k_{1,d} + k_{2,a}) & k_{2,b} & 0 \\ 0 & k_{2,c} & (k_{2,d} + k_{3,a}) & k_{3,b} \\ 0 & 0 & k_{3,c} & (k_{3,d} + k_{4,a}) \\ 0 & 0 & 0 & \dots \\ k_{n,b} & 0 & 0 & 0 \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ \dots \\ \dots \\ q_n \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ \dots \\ \dots \\ F_n \end{array} \right) \end{matrix} \quad (1)$$

Tại đây: $k_{i,a}$, $k_{i,b}$, $k_{i,c}$, $k_{i,d}$ - Ma trận thành phần (kích thước 3×3) của ma trận k_i ; q_1 , q_2 , q_3 , ..., q_n - Véc tơ thành phần dịch chuyển của từng nút kết cấu trong hệ tọa độ chung; F_1 , F_2 , F_3 , ..., F_n - Véc tơ thành phần của ngoại lực tác dụng lên từng nút kết cấu trong hệ tọa độ chung.

3. Phương pháp đơn giản hóa (SHRM)

Cơ sở của phương pháp đơn giản hóa mới (SHRM) phát triển trên cơ sở phương pháp lực kháng đòn hồi là giả thiết về diện tích mặt cắt ngang tiếp xúc của KCC và mô men quán tính trên mặt cắt ngang tại vị trí mối nối và vùng kết cấu lân cận bị ảnh hưởng bởi mối nối:

❖ Khi mối nối khép kín, mối nối làm việc tương tự như các vị trí không có mối nối và không có ảnh hưởng tới đặc tính làm việc của KCC;

❖ Khi mối nối có độ mở/xoay nhất định, diện tích mặt cắt ngang tại vị trí mối nối và mô men quán tính của KCC tại đó giảm.

Giả thiết rằng mỗi mối nối gây ra một vùng ảnh hưởng nhất định xung quanh nó như chỉ ra trên H.2.a, H.2.b. Mô men quán tính trên mặt cắt ngang (J_s), chịu tác động bởi mối nối, được xác định bằng tổng mô men quán tính của phần bê tông (J_{bt}) và mô men quán tính của phần mối nối (J_{mn}):

$$J_s = J_{bt} + J_{mn} = \frac{b_c S_l^3}{12} + \frac{b_j S_j^3}{12} = \frac{b_l S_{long}^3}{12} \quad (2)$$

Trong đó: J_s - Mô men quán tính trên mặt cắt ngang, m^4 ; J_{bt} - Mô men quán tính của phần bê tông trên mặt cắt ngang, m^4 ; J_{mn} - Mô men quán tính của phần mối nối trên mặt cắt ngang, m^4 ; b_c - Chiều rộng phần bê tông trên mặt cắt ngang, m ; b_j - Chiều rộng phần mối nối trên mặt cắt ngang, m ; b_l - Chiều rộng toàn bộ mặt cắt ngang kết cấu, m ; S_l - Chiều cao phần bê tông trên mặt cắt ngang, m ; S_j - Chiều cao phần tiếp xúc giữa hai cấu kiện lắp ghép tại vị trí mối nối trên mặt cắt ngang, m ; S_{long} - Chiều cao trung bình trên mặt cắt ngang của phần bê tông và phần mối nối, m .

Diện tích mặt cắt ngang, A_s , tại vị trí mặt cắt bất kỳ của KCC chịu ảnh hưởng của mối nối được xác định theo công thức:

$$A_s = b_c S_l + b_j S_j \quad (3)$$

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:

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

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

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.):

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

Trong đó:

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

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:

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

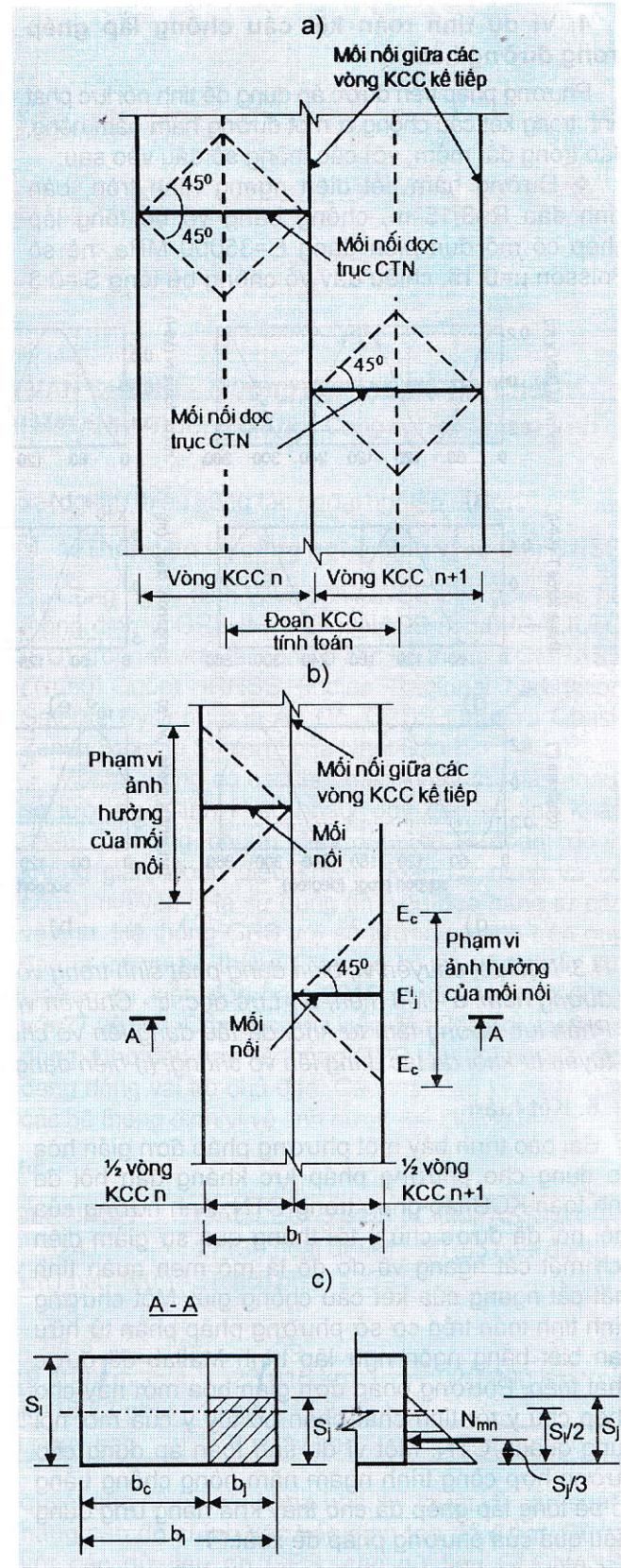
Khi biết giá trị của M và N tại mỗi mặt cắt, xác định từ bước tính trước đó trong chu trình tính lặp, chiều cao của phần mối nối trong mặt cắt ngang (S_j) chính là nghiệm dương của phương trình sau:

$$\frac{Nb_j}{3} S_j^4 + \left(Mb_j - \frac{NS_l b_j}{2} \right) S_j^3 + Mb_c S_l S_j^2 + \frac{NS_l^3 b_c}{3} S_j - \frac{NS_l^4 b_c}{2} = 0 \quad (10)$$

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_l). 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

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

tương ứng với trường hợp mối nối có độ mở/xoay nhất định, quy trình tính ở trên sẽ được áp dụng để xác định chiều cao của phần mối nối trên mặt cắt ngang S_j . Trong trường hợp ngược lại khi mối nối khép kín, không mở/xoay, ta có $S_j = S_l = S_{long}$. 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 phân tử dàm trong mô hình phân 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 .

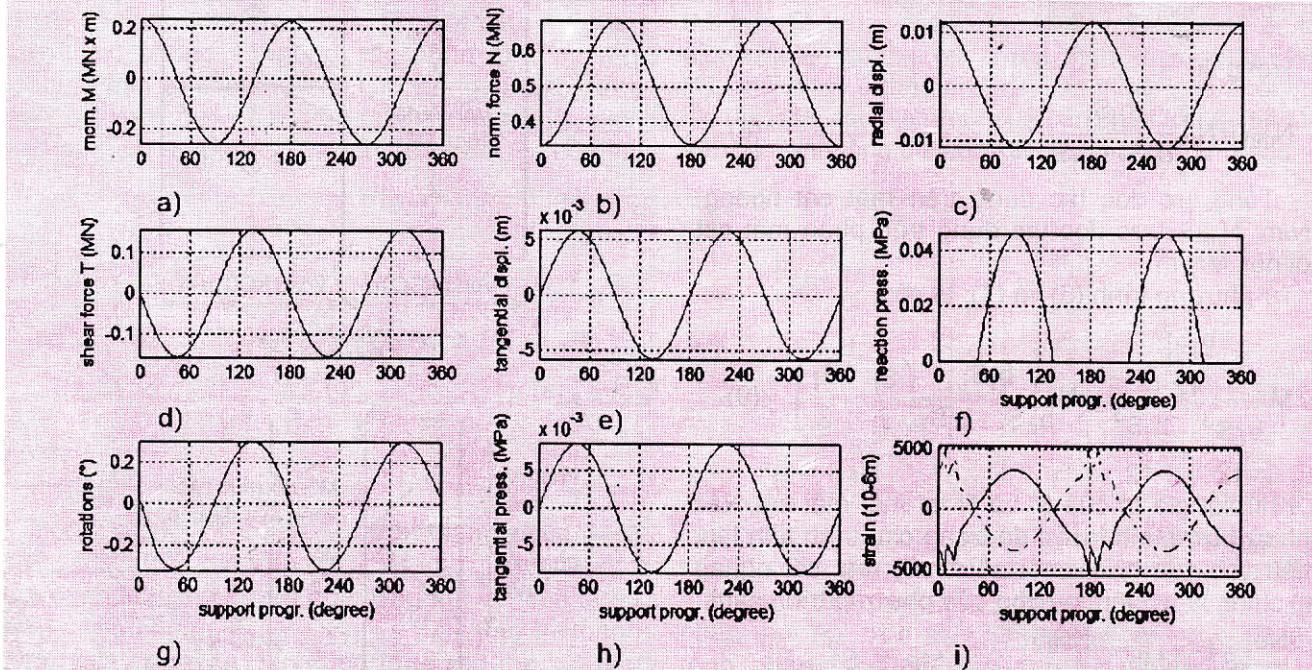


H.2. Mô hình KCC lặp ghép trong phương pháp SHRM: a - Kết cấu chống thực tế; b - Mô hình KCC đơn giản hóa trong SHRM; c - Mặt cắt A-A

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

Phương pháp trên được áp dụng để tính nội lực phát sinh trong kết cấu chống ở một đường hầm nằm nông, đào trong đất mềm, với các thông số đầu vào sau:

❖ 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 $S_i=0,3$



H.3. Nội lực, chuyển vị, biến dạng phát sinh trong vỏ chống do 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 mối 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

2. Do NA, Dias D, Oreste PP, & Djeran-Maigne I. 2D numerical investigation of segmental tunnel

m, chiều rộng mỗi vòng vỏ chống $b_i=1$ m; số cầu kiện lắp ghép trong 1 vòng: 7 cầu kiện;

❖ Áp lực theo phương thẳng đứng (q , 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.

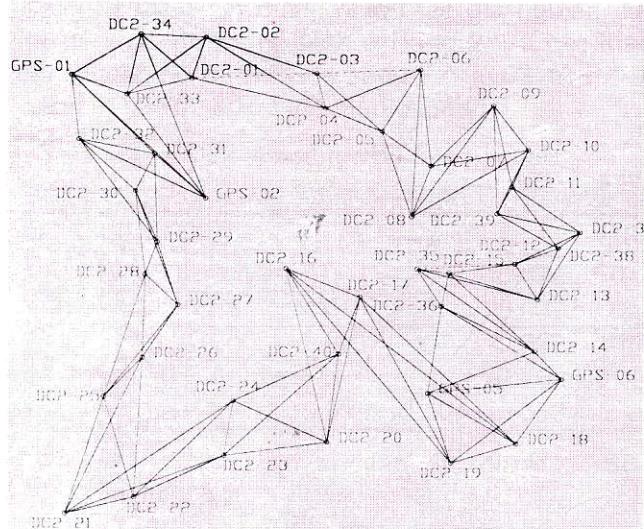
lining behaviour. Tunnelling and Underground Space Technology 2013; 37: 115-127.

2. 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.

3. Do NA, Dias D, Oreste PP, & Djeran-Maigne 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.

4. Do NA, Dias D, Oreste PP, & Djeran-Maigne 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.

(Xem tiếp trang 22)



H.4. Lưới đường chuyền 2 bãi thải tro xỉ nhà máy Nhiệt điện Na Dương

3. Kết luận

Khoa học công nghệ phát triển đã mang lại cho ngành khoa học bản đồ một diện mạo mới, đồng thời nó cũng làm tăng năng suất lao động của những người làm công tác bản đồ. Cho ra kết quả tọa độ và độ cao nhanh chóng, độ chính xác đáp ứng yêu cầu kỹ thuật.□

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. European Commission (2005), GALILEO-European Satellite Navigation System. http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/. Web site accessed 13 July 2005.
2. Coordinational Scientific Information Center, Russian Federation, Ministry of Defense (2002), GLONASS Interface and Control Document Version 5.0, http://www.glonass-center.ru/public_e.html
3. US Coast Guard Navigation Center (2005), GPS Modernization. <http://www.navcen.uscg.gov/gps/modernization/default.htm>. Web site accessed 13 July 2005.
4. Russian Federation Ministry of Defense (2005), General GLONASS, http://www.glonass-center.ru/frame_e.html. Web site accessed 13 July 2005.
5. Elementary surveying an introduction to geomatics 3th edition. Nguồn: (<http://hungyen.gov.vn/vi-vn/stnmt/Pages/Printer.aspx?articleID=172>.

Người biên tập: Nguyễn Bình

SUMMARY

The paper introduces some results of using the GNSS technology in the forming a control basic net for open pit mines .

MỘT PHƯƠNG PHÁP ĐƠN GIẢN...

(Tiếp theo trang 18)

5. Huebner KH, Dewhirst DL, Smith DE, Byrom TG. 2001. The finite element method for engineers. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

SUMMARY

This paper introduces a new simplified method for the analysis of segmental tunnel linings. The influence of segmental joints on the lining behaviour is taken into account by considering the opening/rotation of the joints under external loads, which cause the reduction of contact surface area between two segments at joint location and certain surrounding zones. Consequently, decrease in the inertia modulus and cross area at these sections of the lining ring is expected. A specific implementation has been developed using a finite element method (FEM) framework, in which an iterative procedure was applied with the unknown parameter is the height of the joint section.

SỬ DỤNG THIẾT BỊ CƠ ĐỘNG...

(Tiếp theo trang 3)

2. Hồ Sĩ Giao, Nguyễn Sĩ Hội, Trần Mạnh Xuân (1987), Khai thác mỏ vật liệu xây dựng, NXB Giáo dục.
3. Trần Mạnh Xuân (2011), Các quá trình sản xuất trên mỏ lộ thiên, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
4. П.И. Томаков, И.К. Наумов (1993) Технология, механизация и организация открытых горных работ. МГИ. Москва.
5. В.В. Ржевский (1980) Технология и комплексная механизация открытых горных работ М. "Недра".

Người biên tập: Nguyễn Bình

SUMMARY

The paper introduces the study results of using the mobile and flexible equipments to exploiting the rock mountain with the complicated relief and limited area.