



PHÂN TÍCH NĂNG SUẤT ĐÀO HẦM THEO CÁC PHƯƠNG ÁN CHIA GƯƠNG ĐÀO BẰNG CÔNG CỤ MÔ PHỎNG RỜI RẠC

Nguyễn Tiến Tĩnh, Đỗ Như Tráng, Bùi Đức Năng, Trần Anh Bảo

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: tientinhxd@gmail.com

TÓM TẮT

Thi công theo sơ đồ chia gương được xem là điều cần thiết đối với các đường hầm hoặc công trình ngầm có kích thước lớn và điều kiện thiết bị sử dụng không cho phép đào toàn gương. Trong nghiên cứu này, công cụ mô phỏng rời rạc được sử dụng để phân tích năng suất đào hầm theo các phương án chia gương đào. Từ điều kiện thi công của đường hầm Đèo Cả, các phương án thi công chia gương được đề xuất và được mô hình hóa. Kết quả cho thấy các phương án thi công chia gương đều làm tăng tốc độ đào hầm so với phương án thi công toàn gương. Tuy nhiên, độ bất định trong các phương án sẽ là một yếu tố quan trọng để người quản lý cân nhắc khi đưa ra quyết định lựa chọn cuối cùng.

Từ khóa: đường hầm, công trình ngầm, mô phỏng rời rạc, tốc độ đào, khoan nổ.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Một trong những yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến quyết định lựa chọn phương án thi công hầm là thời gian và chi phí xây dựng [1]. Thời gian xây dựng có ảnh hưởng lớn đến chi phí xây dựng đường hầm, vì một phần đáng kể của chi phí bao gồm chi phí nhân công và máy xây dựng phụ thuộc vào thời gian [2]. Thời gian và chi phí là những yếu tố quyết định đến năng suất đào hầm. Vì thế, năng suất đào hầm là một chỉ tiêu quan trọng, được người làm công tác xây dựng hầm đặc biệt quan tâm.

Thi công hầm theo phương pháp truyền thống hoặc phương pháp NATM, tùy theo điều kiện địa chất, điều kiện trang bị thi công, tiến độ thi công và hiệu quả kinh tế mà người ta có thể đào hầm theo phương pháp toàn mặt cắt hoặc phân chia gương đào thành từng phần để thi công. Với từng dự án cụ thể, người thiết kế thi công sẽ lựa chọn sơ đồ lý thuyết để vận dụng, cải tiến sơ đồ lý thuyết cho phù hợp. Tuy thế, các đề xuất lựa chọn sơ đồ thường mang tính kinh nghiệm, chưa dựa trên các công cụ phân tích khoa học, chặt chẽ nên thiếu tính thuyết phục.

Mô phỏng quá trình xây dựng cho phép tạo ra một bản sao ảo của một công trường xây dựng đã có hoặc theo kế hoạch. Việc phân tích chi tiết các quy trình xây dựng và các công tác bảo đảm cho

xây dựng với sự hỗ trợ của các mô hình mô phỏng tạo ra sự hiểu biết tốt hơn về việc xác định năng suất. Mặc dù các nghiên cứu mô phỏng đã được sử dụng thành công trong việc lập kế hoạch cho các dự án xây dựng đường hầm, song việc sử dụng mô phỏng thường chỉ tập trung ở lập kế hoạch cấp cao cho mục đích quản lý chiến lược. Việc áp dụng mô phỏng như một công cụ để cải thiện các quá trình ở cấp độ triển khai chi tiết còn khá hạn chế [3].

Trong nghiên cứu công bố gần đây [4], nhóm tác giả đã trình bày các nội dung nghiên cứu sử dụng phần mềm EZStrobe để mô phỏng quá trình đào hầm bằng phương pháp khoan nổ. Kết quả cho thấy sự phù hợp của hệ thống mô phỏng này trong hoạt động xây dựng hầm. Từ cơ sở của mô hình đã thiết lập được, trong bài báo này sẽ phát triển các mô hình mô phỏng tương ứng với các phương án chia gương và thực hiện phân tích năng suất đào hầm của các phương án thi công đó.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết của thi công đào hầm theo phương pháp chia gương đào

Công nghệ thi công nói chung và công nghệ thi công hầm bằng khoan nổ nói riêng thường được mô tả theo hai yếu tố cơ bản là:

- Sơ đồ đào hay phương thức đào;
- Sơ đồ thi công hay phương thức thi công.



Nếu như sơ đồ đào phản ánh trình tự hay phương thức khai đào trên gương đào (hay trên mặt cắt ngang của công trình) thì sơ đồ thi công biểu thị phương thức phối hợp các công tác, kỹ thuật được thực hiện dọc theo trục thi công của công trình ngầm (hay trên mặt cắt dọc của công trình).

Theo phương thức khai đào trên gương có thể phân ra hai nhóm chính là *đào toàn gương* và *đào chia gương*.

Nếu như trước đây đào toàn gương được hiểu là đào đồng thời toàn bộ mặt cắt gương trên cùng một mặt phẳng, thì ngày nay được hiểu theo nghĩa rộng hơn, cụ thể là:

- Đào đồng thời toàn bộ gương trên cùng một mặt phẳng, như nổ mìn toàn gương, khoan toàn gương bằng máy TBM, máy khiên đào, máy khoan hầm nhỏ;
- Đào toàn bộ gương phân bậc ngắn, sau đó chống tạm toàn bộ vùng được đào đồng thời, ví dụ khoan nổ mìn, hay đào cắt bằng máy từng bậc ngắn.

Ba nguyên nhân cơ bản dẫn đến phải đào chia gương là [5]:

- Thời gian tồn tại ổn định không chống của khối đá không đủ lớn để đào toàn gương.
- Nhu cầu về thời gian để lắp dựng kết cấu bảo vệ khi đào toàn gương không tương xứng với thời gian ổn định của khối đá (mối quan hệ với thời gian tồn tại, khẩu độ thi công).
- Các trang thiết bị, như xe khoan hoặc sàn công tác, máy đào lò và máy cắt..., không bao quát được toàn bộ tiết diện (tiết diện đào lớn so với năng lực của thiết bị thi công); máy xúc bốc không có công suất hợp lý cho toàn bộ chu kỳ đào, do vậy phải chia gương.

Việc chia gương cũng thường bị chi phối bởi các điều kiện địa chất, địa chất thủy văn và địa cơ học. Như vậy việc chia gương đào, khi gặp các tiết diện lớn, trước kia chủ yếu là do khả năng điều khiển khối đá còn bị hạn chế. Với các loại vật liệu chống tạm thời đó, chủ yếu là khung gỗ hộp hay khung đánh khuôn, chỉ cho phép đào với tiết diện nhỏ. Ngày nay, việc chia tiết diện gương chịu quyết định chính bởi hiệu quả kinh tế và sử dụng các trang thiết bị thi công.

Một số phương pháp phân chia gương đào trong thi công hầm điển hình là [5]: đào vòm trước;

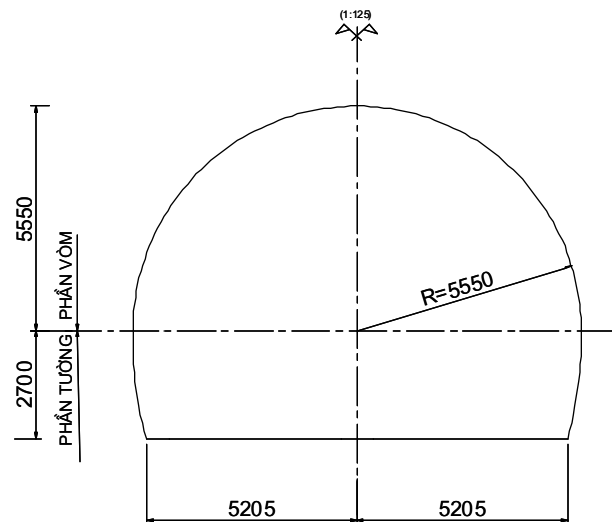
đào tường trước; đào kiểu bậc thang đứng; đào kiểu bậc thang ngang.

Để tiến hành thi công theo phương pháp khoan nổ, trước hết người ta cần xem xét lựa chọn sơ đồ đào (đào toàn gương hay đào chia gương...), rồi sau đó tiến hành lựa chọn các trang thiết bị thi công, trên cơ sở đó tính toán cụ thể chính xác các tham số thi công khoan nổ, lập hộ chiếu khoan nổ mìn và tiến hành thi công khoan nổ theo hộ chiếu khoan nổ đã được duyệt, sau khi tiến hành khoan nổ cần tiến hành thông gió, bốc dỡ, vận chuyển đất đá, chống tạm và thi công vữa hàm... Quá trình thi công của từng công đoạn luôn có liên hệ chặt chẽ với nhau, bất kỳ sự phối hợp không ăn ý giữa các công đoạn thi công sẽ luôn ảnh hưởng tới hiệu quả thi công chung của cả công trình. Ngoài việc tính toán lựa chọn các thông số khoan nổ thì việc nghiên cứu mô phỏng quá trình thi công từng công đoạn để đưa ra các giải pháp thi công hợp lý là hết sức cần thiết.

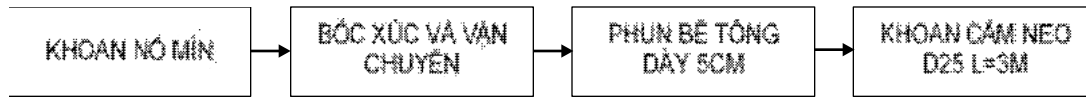
2.2. Các phương án thi công chia gương đào đường hầm Đèo Cả

2.2.1. Trường hợp nghiên cứu

Trong bài báo này, chúng tôi dựa trên trường hợp dự án hầm Đèo Cả như trong [4,6] để đưa ra các sơ đồ chia gương, từ đó xây dựng mô hình mô phỏng và phân tích tốc độ đào hầm, cụ thể cho gói thầu 1A-2, đoạn Km5+470 đến Km5+900. Các tham số chính của tiết diện hầm được thể hiện trên hình H.1.



H.1. Mặt cắt ngang thi công hầm Đèo Cả



H.2. Trình tự thi công trong kết cấu chống đỡ loại B (đào toàn tiết diện).

Về công nghệ thi công hầm, liên danh các nhà thầu đã áp dụng công nghệ NATM gồm các bước cơ bản như sơ đồ hình 2 [6]. Chiều dài một chu kỳ khoan nổ được giới hạn từ 2 ÷ 4m.

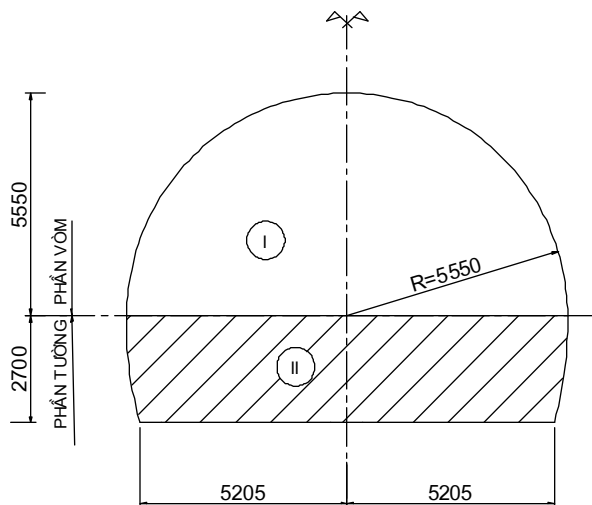
2.2.2. Các phương án chia gương đào và quy trình công nghệ

Ngoài phương án đào toàn gương như đã được khảo sát trong [4,6], các sơ đồ chia gương đào được xem xét gồm 3 phương án, dựa trên phương pháp đào kiểu bậc thang đứng. Quy trình công nghệ của các phương án thi công được tóm tắt sau đây.

a) Đào toàn gương (PA1)

Thực hiện phân tích quá trình đào hầm bằng khoan nổ với các công đoạn chính thể hiện trên hình H.2, quy trình công nghệ được chi tiết hóa thành các công đoạn như sau: Khoan lỗ mìn → Nạp thuốc nổ → Nổ và thông gió → Vận chuyển đất đá thải → Nạo vét khoang đào bằng máy và thủ công → Chống đỡ, gia cố → Khảo sát, chuẩn bị cho chu kỳ tiếp theo. Chiều dài chu kỳ khoan nổ là 3m.

b) Gương chia đôi (PA2)



H.3. Phương án thi công chia đôi gương đào (bậc trên - bậc dưới)

Ở phương án này, gương đào lại được chia làm 2 phần: nửa trên, nửa dưới và dùng hai lần đào theo

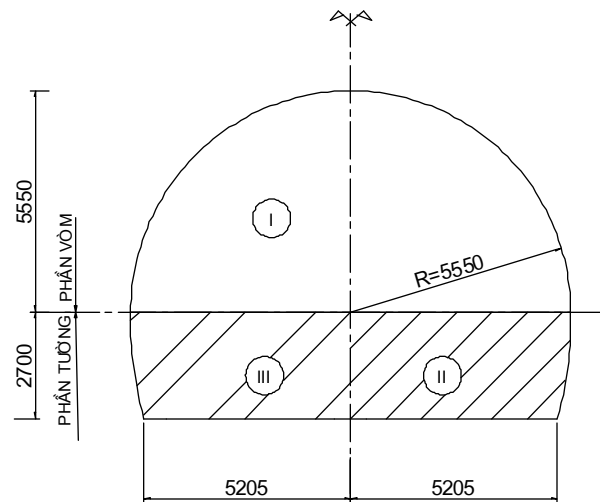
kiểu bậc để hình thành (hình H.3). Đặc điểm công nghệ liên quan đến hai lần đào:

- Khoảng cách bậc: nửa trên tiến trước, duy trì khoảng cách với nửa dưới từ 20m đến 30m.

- Chiều dài chu kỳ khoan nổ của cả hai bậc là 3m.

- Quy trình công nghệ trên mỗi lần đào tuân theo quy trình như đào toàn gương nêu trên nhưng có sự đan xen công tác giữa hai nửa/bậc: Công tác khoan tạo lỗ và nạp thuốc nổ cho nửa dưới được tiến hành cùng với công tác bóc xúc - vận chuyển đất đá nửa trên. Khi nửa trên đã vận chuyển xong đất đá thì cho nổ mìn nửa dưới. Các công tác còn lại ở nửa trên (nạo vét → chống đỡ → khảo sát) và sau đó khoan tạo lỗ và nạp thuốc nổ cho chu kỳ tiếp theo sẽ tiếp tục trong khi nửa dưới thực hiện vận chuyển đất đá. Sự đan xen công tác này thực hiện tương tự cho các chu kỳ tiếp theo trên cả hai nửa gương đào.

c) Gương chia 3 (PA3)



H.4. Phương án gương chia 3 (bậc trên - bậc dưới; bậc dưới chia đôi)

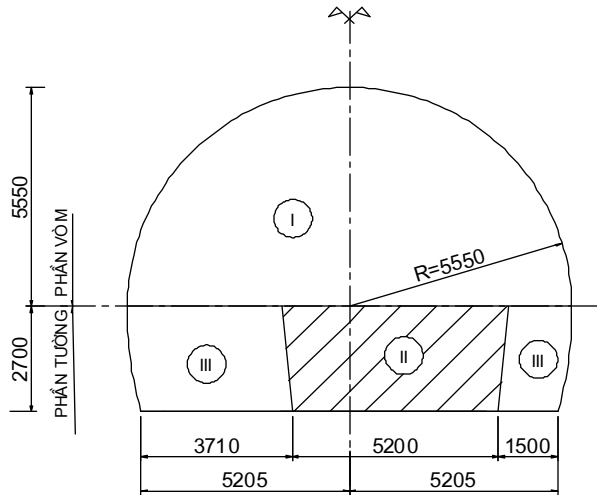
Phương án này khác phương án gương chia đôi ở chỗ: Ở bậc dưới, gương đào lại được chia làm 2 phần bằng nhau (hình H.4). Đặc điểm công nghệ liên quan đến các lần đào tại các phần gương đã chia như sau:



- Nửa trên (phần gương I) có chiều dài chu kỳ khoan nổ là 2m. Hai phần gương bậc dưới có chiều dài chu kỳ khoan nổ 4m. Như vậy, để đảm bảo bước tiến và giữ khoảng cách hai bậc, nửa trên sẽ thực hiện hai chu kỳ khoan nổ tương ứng với một chu kỳ khoan nổ của các phần bậc dưới.

- Tiến hành chu kỳ 1 của bậc trên đến khi bắt đầu vận chuyển đất đá thì triển khai khoan và nạp thuốc nổ cho phần bên phải bậc dưới, khi bậc trên vận chuyển xong mới cho nổ ở phần này. Các công đoạn tiếp theo của phần bên phải bậc dưới thực hiện đồng thời với bậc trên tiến hành các công tác khác của chu kỳ 1 sau đó khoan tạo lỗ và nạp thuốc nổ cho chu kỳ 2. Cho nổ chu kỳ 2 bậc trên khi của phần bên phải bậc dưới hoàn thành chu kỳ và khi vận chuyển đất đá chu kỳ 2 bậc trên thì triển khai công tác cho phần bên trái bậc dưới. Các bước tiếp theo tương tự như đã mô tả khi kết hợp chu kỳ 1 (bậc trên) với phần bên phải bậc dưới.

d) Gương chia 4 (PA4)



H.5. Phương án gương chia 4 (bậc trên - bậc dưới; bậc dưới chia 3)

Ở phương án này (hình H.5), bậc dưới được chia làm 3 phần. Phần ở giữa (II) bậc dưới sẽ đào một lần, hai phần còn lại ở hai bên (III và IV) sẽ đào cùng một lần. Đặc điểm công nghệ liên quan đến các lần đào của phương án này tương tự như phương án gương chia 3. Điểm khác: chu kỳ đào đất đá ở phần I (chu kỳ 1). Điều kiện này được thể hiện bằng hàng đợi kết hợp (vòng tròn nét đứt) 'ExcVSoil' là biểu diễn của lượng đất đá đào được của phần I (chu kỳ 1) và liên kết kéo (Draw Link) với toán tử quan hệ '!=0,0'.

Một đặc điểm công nghệ chung cần lưu ý của các phương án chia gương dựa trên phương pháp

đào kiểu bậc thang đứng (PA2, PA3, PA4) là công tác mở rộng hệ kỹ thuật (thông gió, điện nước...) chỉ làm trong chu kỳ của phần đào bậc trên.

2.3. Mô hình mô phỏng các phương án thi công

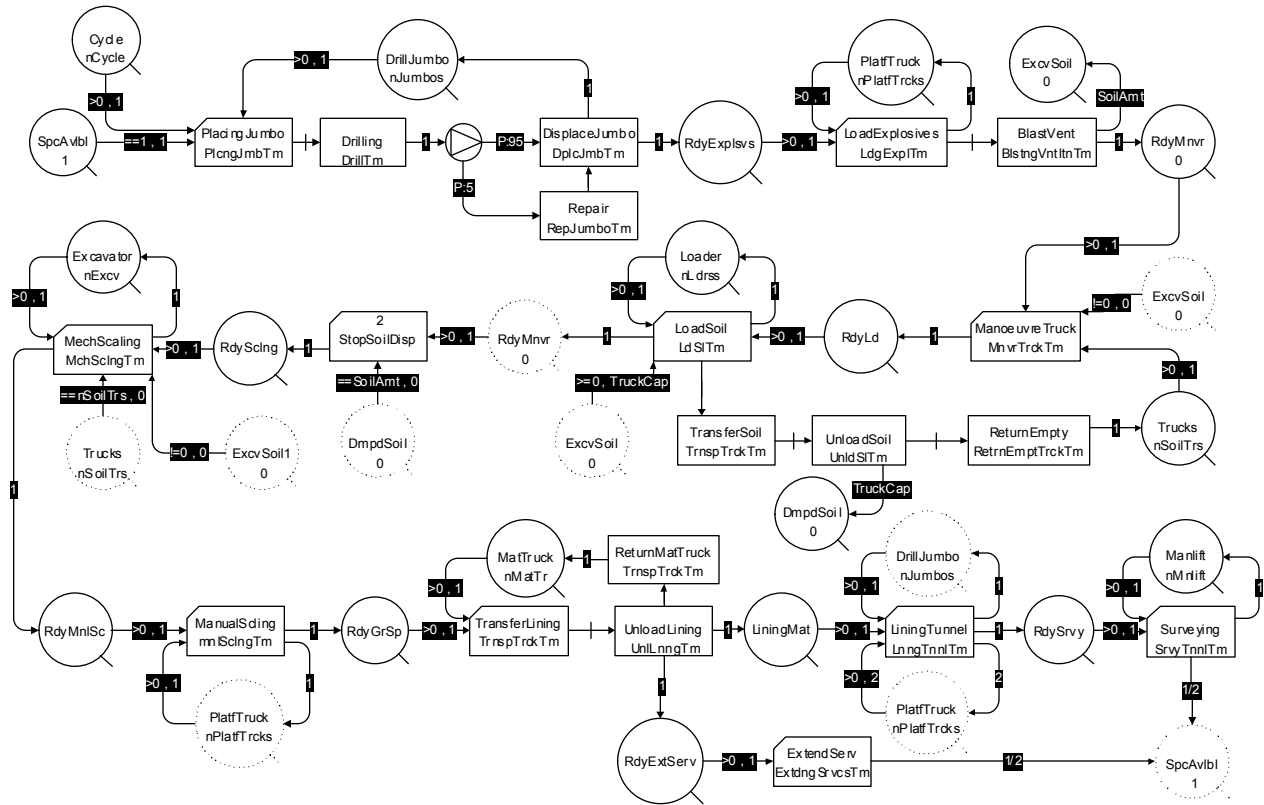
2.3.1. Chuẩn bị dữ liệu cho mô hình

Dữ liệu cần thiết cho mô hình bao gồm khai báo về dữ liệu sử dụng và phân phối xác suất thời lượng các hoạt động được mô hình hóa trong mô hình mô phỏng. Căn cứ để xác định cũng như thông số của các dữ liệu này cho phương án thi công toàn gương đã được trình bày trong [4]. Khi phát triển mô hình cho các phương án thi công, các dữ liệu về xe máy - thiết bị (máy khoan, máy bốc xúc, xe chở đất, xe chở vật liệu chống tạm và xe phục vụ) được khai báo thống nhất trong các phương án về chủng loại và số lượng. Thời lượng các hoạt động được mô hình hóa trong mô hình mô phỏng theo phân phối xác suất đã lựa chọn, được sửa đổi về giá trị phù hợp với tổ chức hoạt động trong mỗi mô hình theo phương án thi công được mô phỏng.

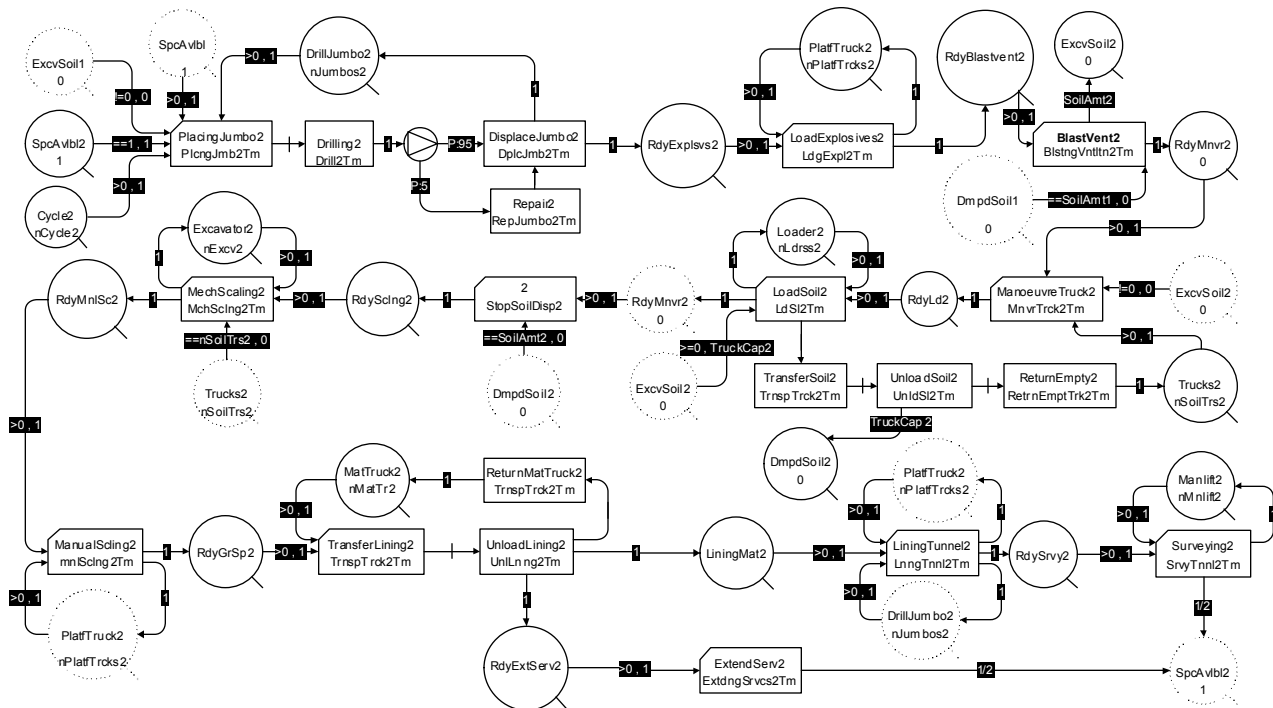
2.3.2. Mô hình mô phỏng trong EZStrobe

Dựa trên mô hình đã lập được trong [4] và các phân tích quy trình công nghệ tại mục 3.2, các tác giả đã xây dựng các mô hình mô phỏng cho các trường hợp thi công chia gương đào. Các mô hình được xác minh kiểm tra lỗi bằng chạy mô hình hoạt hình. Kết quả cho thấy các mô hình đã hoạt động chính xác, có thể sử dụng để tiến hành mô phỏng.

Trong mục này, chúng tôi giới thiệu mô hình cho trường hợp được xem là phức tạp nhất và do đó, đại diện đầy đủ cho các trường hợp còn lại: phương án gương chia 4 (các hình H.6, H.7, H.8 và H.9). Giữa các lần đào, sử dụng biểu diễn nhiều trang của EZStrobe thông qua hàng đợi kết hợp và công việc có điều kiện đi sau nó để kết nối. Ví dụ trên hình H.8, để bắt đầu đào phần II, ngoài các điều kiện về tài nguyên của một chu kỳ đào thông thường, phải có điều kiện đã nổ và thông gió xong, bắt đầu công tác bốc xúc - vận chuyển đất đá ở phần I (chu kỳ 1). Điều kiện này được thể hiện bằng hàng đợi kết hợp (vòng tròn nét đứt) 'ExcVSoil' là biểu diễn của lượng đất đá đào được của phần I (chu kỳ 1) và liên kết kéo (Draw Link) với toán tử quan hệ '!=0,0'.



H.6. Mô hình mô phỏng chu kỳ 1 đào hầm bậc trên



H.7. Mô hình mô phỏng chu kỳ 2 đào hầm bậc trên



tỷ lệ tăng tốc độ đào lớn nhất nhưng tính bất định lại cao nhất (thông qua giá trị độ lệch và biên độ số liệu mô phỏng). Các phương án PA1 và PA2 có độ bất định thấp. PA3 tuy tỷ lệ tăng tốc độ đào không lớn nhưng độ bất định cũng cao.

4. KẾT LUẬN

- Kết quả mô phỏng về tốc độ đào hầm cho thấy rằng đào theo phương pháp chia gương có hiệu quả xét về yêu cầu tăng tốc độ đào. Như vậy, mặc dù điều kiện địa chất và các thiết bị cho phép đào toàn gương, nhưng để rút ngắn thời gian thi công,

cần nghiên cứu áp dụng phương pháp khai đào chia gương.

- Việc lựa chọn phương án chia gương cần xét đến tính ổn định thống kê của mô hình để quyết định. Mặt khác, cần nghiên cứu xem xét các yếu tố tác động chính gây nên sự bất định cao trong phương án là gì, từ đó có sự điều chỉnh thích hợp để có thể áp dụng phương án có tỷ lệ tăng tốc độ đào cao mà không gặp nhiều rủi ro khi thực hiện. Công cụ mô phỏng sẽ rất hữu ích cho các khảo sát và lập phương án thi công hầm và công trình ngầm □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Reilly (2000), The management process for complex underground and tunneling projects. Tunneling and Underground Space Technology 15(1), pp.31-44.
2. Spackova O. (2012), Risk management of tunnel construction projects, Doctoral Thesis, Czech Technical University in Prague, Prague.
3. Markus Scheffer and Ruben Duhme (2018), Construction Process Simulation in Tunnel Construction - A Prerequisite for Automation, Proceedings of the 35th ISARC, Berlin, Germany, pp.1139-1144.
4. Nguyễn Tiến Tĩnh, Đỗ Như Tráng, Bùi Đức Năng (2021), Sử dụng phần mềm EZStrobe mô phỏng quá trình đào hầm bằng phương pháp khoan nổ, Tạp chí Địa kỹ thuật, số 1/2021.
5. Đỗ Như Tráng (2001), Giáo trình thi công công trình ngầm, Học viện KTQS.
6. Nguyễn Tiến Tĩnh, Bùi Đức Năng, Trần Anh Bảo (2019). Sử dụng mô hình xác định đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến tốc độ của quá trình thi công hầm bằng phương pháp khoan nổ. Tạp chí Người Xây dựng, số tháng 9 & 10/2019, tr.52-54.
7. Trần Tuấn Minh (2015), Đánh giá hiệu quả xây dựng đường hầm giao thông tiết diện lớn thi công bằng sơ đồ chia gương, Tạp chí Công nghiệp mỏ, số 3, tr.23-29.

ANALYSIS OF TUNNELING CAPACITY BY DISCRETE SIMULATION FOR MULTIPHASE DRIVING METHOD

Nguyen Tien Tinh, Do Nhu Trang, Bui Duc Nang, Tran Anh Bao

ABSTRACT

The multiphase driving method for tunneling is conventionally considered as the unavoidable approach for large-size underground constructions and the limitation of equipment. Currently, this approach is adjusted to be an option which can be implemented for economical analysis. In this study, discrete simulation is conducted for analyzing the productivity with various multiphase driving options. The case study, which uses information of on-site available equipment, is implemented for Đèo Cả tunnel with phase division options are proposed and simulated. Result from case study reveals that the multiphase driving with the plan that the face is equally divided can boost the velocity of tunneling compared to the full-phase method. However, the uncertainties in the candidate options are the critical factor for the decision making process.

Keywords: tunnel, underground, discrete simulation, excavated speed, drill and blast.

Ngày nhận bài: 11/02/2021;

Ngày gửi phản biện: 15/02/2021;

Ngày nhận phản biện: 25/02/2021;

Ngày chấp nhận đăng: 30/3/2021.

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.