



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



Research on suitable methods of soil and rock reinforcement to stabilize mining tunnels in the Quang Ninh area



Thanh Chi Nguyen ^{1,*}, Thanh Van Nguyen ², Gospodarikov Alexandr ³

¹ Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

² Institute of Mining Science and Technology - Vinacomin, Hanoi, Vietnam

³ Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 08th May 2022

Revised 29th Aug. 2022

Accepted 28th Sept. 2022

Keywords:

Exploitation,
Method,
Reinforcement,
Suitable,
Tunnel.

Currently, along with the economic development speed and the huge demand for activities and living in Vietnam, the demand for energy is becoming an urgent problem that needs to be solved. Among all types of energy, coal is one of the types of energy that occupies a large proportion of the energy industry in Vietnam. Therefore, it is necessary to develop mining technologies that can boost the efficiency and quality of coal. In the total annual coal production of Vinacomin, underground coal mining output accounts for a large proportion (60÷80%). At present, the design and construction units have applied many different construction methods to prevent and stabilize the mining tunnels in the Quang Ninh area. However, in some mining tunnels, are still occurred phenomenon of instability, excessive deformation and affecting the exploitation of these mining tunnels. The paper aims to synthesise, analyse and give a process of choosing suitable reinforcement methods that are suitable for mining tunnels in the Quang Ninh area. The paper also applies theoretical bases to selects an appropriate reinforcement method for a specific mining tunnel under construction in Khe Cham I mining area, Ha Long Coal Company, Vinamcomin.

Copyright © 2022 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: nguyenchithanh@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2022.63(5).09



Nghiên cứu biện pháp gia cố đất đá thích hợp để giữ ổn định cho các đường lò trong khai thác hầm lò tại Quảng Ninh

Nguyễn Chí Thành^{1,*}, Nguyễn Văn Thành², Gospodarikov Alexandr³

¹ Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

² Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, Hà Nội, Việt Nam

³ Đại học Mỏ Saint Petersburg, Saint Petersburg, Cộng hòa Liên bang Nga

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 08/5/2022

Sửa xong 29/8/2022

Chấp nhận đăng 28/9/2022

Từ khóa:

Đường hầm,

Gia cố,

Khai thác,

Ổn định,

Phương pháp.

TÓM TẮT

Hiện nay, cùng với tốc độ phát triển của kinh tế và nhu cầu hoạt động, sinh sống rất lớn của Việt Nam, nhu cầu về năng lượng đang ngày trở thành vấn đề cấp thiết cần phải giải quyết. Trong các loại năng lượng, than là một trong những loại năng lượng chiếm giữ tỷ trọng lớn trong ngành năng lượng của nước ta. Do đó, việc phát triển các công nghệ khai thác để đẩy mạnh hiệu suất cũng như sản lượng của than là điều cần thiết phải thực hiện. Trong tổng sản lượng than khai thác hàng năm của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, sản lượng khai thác than hầm lò chiếm tỷ trọng lớn (60÷80%). Hiện nay, các đơn vị thiết kế và thi công đã áp dụng nhiều các biện pháp thi công khác nhau để chống giữ, tạo sự ổn định cho các đường lò khai thác của khu vực Quảng Ninh. Tuy nhiên, một số các đường lò vẫn xảy ra hiện tượng mất ổn định, biến dạng quá mức cho phép và làm ảnh hưởng đến việc khai thác. Bài báo này trình bày nội dung một số phương pháp gia cố thích hợp khối đất đá xung quanh các đường lò thuộc khu vực Quảng Ninh. Bài báo cũng ứng dụng các cơ sở lý thuyết để xác định biện pháp gia cố thích hợp cho một đường lò cụ thể đang xây dựng trong khu vực Khe Chàm I của Công ty than Hạ Long thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam.

© 2022 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Tổng quan về các biện pháp gia cố cho đường lò khai thác hầm lò

Hiện nay, với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, đã có rất nhiều loại vật liệu, kết cấu chống

mới được nghiên cứu và ra đời. Trên cơ sở này, nhiều biện pháp gia cố và chống giữ, tiên tiến được phát triển trong việc giữ ổn định cho các đường lò trong khai thác hầm lò trên thế giới và trong nước. Một số hình thức, biện pháp gia cố, chống giữ cho các đường lò có thể được kể tới như: i) Biện pháp gia cố, chống giữ sử dụng kết cấu chống bằng vì neo, bê tông phun; ii) Biện pháp gia cố, chống giữ sử dụng vữa xi măng hoặc hỗn hợp hóa chất; iii)

*Tác giả liên hệ

E - mail: nguyenchithanh@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2022.63(5).09

Biện pháp gia cố, chống giữ sử dụng thiết bị giàn chống tạm.

Các biện pháp gia cố, chống giữ nói trên rất đa dạng và tùy thuộc vào từng điều kiện địa chất của khu vực chứa đường lò mà có thể áp dụng các biện pháp gia cố, chống giữ phù hợp. Trong đó, biện pháp gia cố, chống giữ sử dụng kết cấu chống bằng vì neo, bê tông phun (neo, bê tông phun độc lập hoặc neo kết hợp bê tông phun, lưới thép) là công nghệ chống giữ chủ động, huy động được đá và khối đá xung quanh các đường lò cùng tham gia mang tải. Với chi phí vật liệu thấp, dễ dàng tổ chức thi công và khả năng mang tải tốt. Việc sử dụng biện pháp chống giữ bằng vì neo kết hợp với bê tông phun đã góp phần giảm giá thành khai thác than, tăng năng suất lao động trong đào chống lò. Những năm gần đây, công tác chống lò bằng vì neo kết hợp với bê tông phun và lưới thép đang được áp dụng rộng rãi trong toàn Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam và đã có được những kết quả đáng khích lệ. Tuy nhiên, số mét lò chống bằng vì neo tại các mỏ than hầm lò vẫn còn hạn chế (chỉ chiếm 1÷1,4% số mét lò đào mới hàng năm). Tại các nước có nền công nghệ khai thác than tiên tiến như Australia, Trung Quốc, Nhật Bản,... đã nghiên cứu và áp dụng công nghệ chống mới như: neo chất dẻo cốt thép, neo nôm chẻ, neo cáp, kết hợp bê tông phun (Đình, 2022; Nguyễn, 2022). Tại Australia và Mỹ, do điều kiện địa chất thuận lợi, khi khai thác đã sử dụng trụ bảo vệ lớn, kỹ thuật chống giữ neo tương đối tiên tiến cho nên rất nhiều đường lò trong mỏ đã sử dụng kết cấu chống neo. Các quốc gia khác, kỹ thuật chống neo cho các đường lò cũng phát triển nhanh như Pháp và Trung Quốc, tỷ lệ các đường lò chống giữ bằng neo chiếm tới 70÷80% (Đình, 2022; Nguyễn, 2022).

Hiện nay, do các đường lò khai thác hầm lò tại khu vực Quảng Ninh có xu hướng nằm ở độ sâu lớn hay đi qua các vùng đất đá có cấu tạo địa chất phức tạp (do sự phân bố của các vỉa khoáng sản), các biện pháp gia cố và giữ ổn định cho đường lò bằng việc sử dụng vữa xi măng hoặc hỗn hợp hóa chất là những biện pháp đang được chú trọng nghiên cứu và áp dụng. Đây là những biện pháp công nghệ có tính đặc thù riêng, thường áp dụng cho những điều kiện đặc biệt (bơm ép vữa xi măng hay hóa chất cho những điều kiện đất đá mềm yếu, nứt nẻ mạnh cần phải gia cố trước khi đào lò,...). Tuy nhiên, những biện pháp công nghệ này cũng

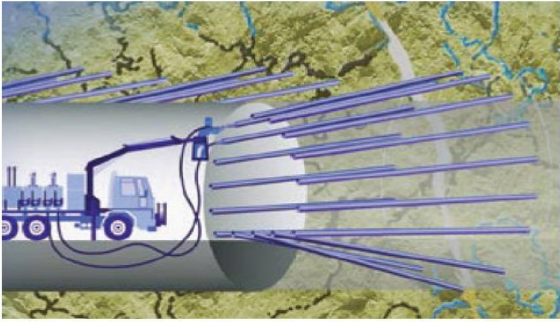
có nhiều nhược điểm như: chi phí giá thành cao, dây chuyền thiết bị, thi công phức tạp. Các biện pháp gia cố và giữ ổn định nói trên chủ yếu sử dụng cho những đường lò với các yêu cầu như: thời gian tồn tại lâu dài, đòi hỏi đất đá xung quanh đường lò ổn định trong suốt quá trình xây dựng và sử dụng các đường lò. Đây cũng là đối tượng nghiên cứu chính trong bài báo này.

Một số công trình thi công các đường lò chuẩn bị và khai thác ở Việt Nam đã bước đầu tiến hành thử nghiệm, áp dụng các biện pháp gia cố này để giữ ổn định cho các đường lò, có thể kể đến các đường lò chuẩn bị ở mức +52 m mỏ than Nam Mẫu hay một số hệ thống đường lò khai thác ở mức -175 m mỏ than Quang Hanh (Đình, 2022). Trong thời gian tới đây, theo định hướng của lãnh đạo Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, các mỏ khai thác hầm lò sẽ cố gắng chuyển giao công nghệ và đẩy mạnh việc sử dụng các biện pháp gia cố bơm ép vữa xi măng hay gia cố bằng chất dẻo kết hợp với neo, nhằm tận dụng được các ưu điểm của các biện pháp gia cố này cũng như đẩy mạnh được tiến độ và chất lượng thi công của các đường lò (Đình, 2022).

2. Các biện pháp gia cố khối đá xung quanh đường lò trong khai thác hầm lò

2.1. Biện pháp gia cố phun ép vữa xi măng hóa

Bản chất của biện pháp gia cố là bơm ép áp suất lớn hỗn hợp vữa xi măng (có hoặc không có phụ gia đông cứng nhanh) thông qua các lỗ khoan để lấp đầy các khe nứt xung quanh đường biên của công trình cần gia cố (Hình 1). Biện pháp gia cố này được sử dụng trong đá rắn, có khe rỗng, chứa nước (ví dụ như trong lớp cát kết của địa tầng chứa than). Biện pháp này có thể có hiệu quả nếu như số lượng nước bơm vào các lỗ khoan trong đá ngậm nước (hay còn gọi là kiểm tra độ hút nước của lỗ) không nhỏ hơn 0,05 l/phút. Nước được bơm vào dưới +áp suất lớn hơn áp suất thủy lực của lớp chứa nước khoảng 10%. Nếu như độ hút nước của lỗ không đạt yêu cầu 0,05 l/phút, khi đó thực hiện xi măng hóa sẽ không hiệu quả. Ngoài ra, biện pháp này cũng không phù hợp khi nước mỏ mang tính axit có hại với xi măng và không thể áp dụng cho các loại đất đá có hệ số thấm nhỏ hơn 1 cm/s (Đình, 2022).



Hình 1. Mô tả biện pháp gia cố bơm ép vữa xi măng gia cường đất đá trong quá trình đào lò (Nguyễn, 2022).

Mục đích của xi măng hóa là tạo ra xung quanh biên của đường lò thiết kế một vỏ đất đá được gia cố, xi măng hóa. Lớp vỏ này sẽ làm kín, đồng thời gia cường khối đất đá xung quanh các đường lò trong thời gian sử dụng. Theo kinh nghiệm áp dụng trên thế giới, xi măng hóa không thể đạt được 100% độ kín khí nước của đất đá. Công tác này coi như đạt yêu cầu khi nó làm giảm trên 80% lưu lượng nước vào công trình so với lưu lượng ban đầu.

Trong thi công các đường lò bằng, lò nghiêng qua vùng đất đá chịu ảnh hưởng của vùng phay phá, đứt gãy, đất đá mềm yếu dễ tụt lở, biện pháp gia cố bơm ép xi măng cũng được áp dụng để gia cường tăng mức độ ổn định của khối đá. Cách thức thực hiện tương tự như biện pháp gia cường bằng bơm ép vữa thông qua các lỗ khoan tại gương, chiều dài lỗ khoan gia cường dao động trong phạm vi từ 6÷12 m (Nguyễn, 2022).

2.2. Biện pháp gia cố bằng chất hóa học

Biện pháp gia cố hóa học để gia cường đất đá được thực hiện gần giống như biện pháp xi măng hóa và chủ yếu được ứng dụng trong thi công các đường lò bằng, lò nghiêng cả trong đá và trong than (Đặng và Đặng, 2018). Biện pháp này thay cho xi măng, sẽ sử dụng hóa chất (thường là PolyUrethane) để gia cường khối đá. Các loại hóa chất sử dụng bao gồm hai thành phần chính: (1) phụ gia gây trương nở, tạo bọt, đông cứng và (2) nhựa. Trước khi sử dụng, các thành phần này ở dạng lỏng và được đựng trong các thùng chứa riêng biệt. Khi sử dụng chúng sẽ được hòa trộn thành hỗn hợp dung dịch hóa chất và bơm ép với áp suất cao để lan tỏa lấp đầy các khe nứt trong phạm vi khối đá cần gia cố. Dung dịch hóa chất sau phản ứng sẽ trương nở, cứng hóa liên kết các

thành phần đất đá, tăng mức độ ổn định của khối, có hiệu quả ngăn nước tốt và hạn chế được hiện tượng tụt nóc, lở gương khi khai đào qua (Nguyễn, 2022).

Trong công tác đào lò, khi thi công đi qua hoặc trong phạm vi ảnh hưởng của phay phá, đất đá mềm yếu, thì nguy cơ sập đổ nóc và gương ngay sau khi thực hiện công tác tách phá gương lò có thể xảy ra với tần suất lớn, các lỗ khoan sẽ được khoan về phía trước theo hướng đào, các lỗ khoan được bố trí sao cho biên của chúng bao trọn phạm vi nóc lò có nguy cơ tụt lở, số lượng lỗ khoan tùy thuộc vào điều kiện thực tế, chiều dài lỗ khoan 2,0÷6,0 m, đường kính khoảng 42 mm. Trong quá trình sử dụng, khi nóc lò bị tụt lở thì sẽ sử dụng kết hợp hai loại hóa chất, trong đó một loại có khả năng trương nở lớn (tới 40 lần) để lấp đầy khoảng rỗng, sau đó mới thực hiện các lỗ khoan bơm ép hóa chất gia cường.

So với biện pháp xi măng hóa, biện pháp gia cường bằng vật liệu hóa chất có nhiều ưu điểm như: (1) công tác thi công đơn giản, thời gian đông kết ngắn (chỉ từ vài chục giây đến vài phút) nên có thể nhanh chóng khôi phục công tác đào lò và khai thác, từ đó giảm thời gian gián đoạn và nâng cao hiệu quả sản xuất; (2) thiết bị bơm ép nhỏ gọn, chỉ khoảng 50 kg với thiết bị bơm dẫn động bằng thủy lực, 100 kg với thiết bị bơm dẫn động bằng khí nén, nên dễ dàng di chuyển trong mỏ hầm lò. Ngoài ra, nguồn năng lượng cấp cho thiết bị bơm (thủy lực hoặc khí nén) có thể lấy ngay từ hệ thống sẵn có trong phạm vi cần xử lý, nên tăng được tính chủ động trong công tác xử lý; (3) hóa chất ở dạng dung dịch lỏng có mức độ lan tỏa tốt hơn so với xi măng, có thể sử dụng được trong mọi điều kiện, chất lượng khối đá sau gia cường tốt và độ tin cậy cao. Tuy nhiên, biện pháp này cũng có nhược điểm là giá thành thi công cao, nên chỉ được sử dụng khi thi công tại các đường lò đi qua các đới bị phá hủy hoặc đới chứa nước lớn, không khống chế được bán kính gia cố. Do vậy, tùy vào từng trường hợp khác nhau mà lựa chọn, áp dụng giải pháp sao cho hợp lý.

3. Nghiên cứu gia cố, giữ ổn định đoạn đường lò giếng chính bằng tải +32/-225 m đoạn từ IIK 940 ÷ IIK955, mỏ Khe Chàm, Quảng Ninh

3.1. Điều kiện địa chất, địa chất thủy văn và hiện trạng của công trình

Giếng chính băng tải +32/-225 m được Công ty than Hạ Long tiếp nhận lại từ Công ty than Khe Chàm. Theo thiết kế ban đầu, giếng chính có tổng chiều dài 1.020 m, được đào từ mặt bằng +32 mxuống mức -225 m với góc dốc đường lò 15°, tiết diện đào 14,6 m², chống bằng vì chống thép SVP-27, bước chống 0,5 m/vì, chèn kín bằng tấm chèn bê tông cốt thép đúc sẵn. Trong giếng chính +32/-225 m đặt một băng tải chính B1200. Công ty than Hạ Long đã tiến hành xén lại toàn bộ chiều dài giếng, để lắp đặt tuyến băng tải chính và bổ sung thêm hệ thống tuyến tời vận chuyển người từ mặt bằng +32 m xuống mức -225 m và ngược lại. Trong quá trình triển khai xén lò, tại vị trí từ IIK 940÷IIK 955 mặc dù đã xén lại nhiều lần, cũng như kết hợp các giải pháp gia cố bơm ép vữa xi măng nhưng đường lò vẫn mất ổn định. Đất đá ở biên, nóc đường lò bờ rời, nát vỡ, không có khả năng và tác dụng mang tải. Một số đặc điểm điều kiện địa chất và công trình được liệt kê (Phí, 2019; Đinh, 2022):

Về điều kiện địa chất công trình: phạm vi giếng chính băng tải +32/-225 m kể trên đào qua vỉa 14.2. Về cơ bản, đất đá khu vực đường lò đi qua chủ yếu là than, đá sét kết và bột kết phân lớp mỏng, dễ trương nở và mất ổn định khi chịu ảnh hưởng của nước hoặc hấp thụ độ ẩm từ không khí. Mặt khác, vị trí giếng chính băng tải cần xử lý đã được xén lại nhiều lần, liên kết các lớp đất đá với nhau ở trạng thái rời rạc, làm cho kết cấu chống phải chịu toàn bộ khối đất đá phía trên nóc lò và gây ra hiện tượng kết cấu chống bị phá hủy, bóp méo, biến dạng gây ra hiện tượng mất ổn định.

Về điều kiện địa chất thủy văn: khu vực đường lò thi công không có nước chảy từ nóc và hông lò.

Về điều kiện khai thác, kiến tạo: theo các tài liệu thăm dò và cập nhật, phạm vi đường lò đi qua không phát hiện đứt gãy hay đứt gãy.

Về sự ảnh hưởng của khu vực khai thác cũ: theo tài liệu cập nhật bàn giao từ Công ty than Khe Chàm, giếng chính băng tải nằm bên dưới phạm vi vỉa 14.2 đã khai thác, khoảng cách gần nhất khoảng 12 m (phạm vi từ IIK905÷IIK910).

Từ các vấn đề được trình bày nêu trên có thể nhận định, nguyên nhân chủ yếu dẫn đến hiện tượng nén lún, mất ổn định tại Khu vực Khe Chàm I, đặc biệt giếng chính băng tải +32/-225 m là do đường lò nằm sâu dưới khu vực khai thác kết hợp điều kiện đất đá khu vực thi công có độ kiên cố và bền vững thấp. Vị trí đoạn lò bị mất ổn định từ IIK 940÷IIK 955 nằm ở độ sâu 260 m so với bề mặt đất.

3.2. Biện pháp gia cố cho đường lò

Hiện tượng nén lún, mất ổn định ở khu vực giếng chính băng tải +32/-225 m là do áp lực thủy tĩnh gây nên. Đất đá có độ bền thấp nằm trong một vùng địa tầng rộng Hình thành nên áp lực thủy tĩnh. Khi chiều sâu bố trí đường lò tăng lên, cường độ của áp lực thủy tĩnh này cũng tăng lên.

Ngoài ra, cơ chế gây ra hiện tượng mất ổn định là do quá trình phân bố lại ứng suất của khối đá bị nén ép xung quanh các đường lò (đường lò thường xuyên phải xén lại nhiều lần). Ở những vị trí kết cấu chống giữ không đủ khả năng chống lại lực tác dụng, sẽ có hiện tượng kết cấu chống bị nén ép, biến dạng. Ở những vị trí không có kết cấu chống giữ, đất đá bị đẩy vào bên trong công trình.

Từ nguyên nhân và cơ chế trên đặt ra mục tiêu, lựa chọn giải pháp gia cường và chống giữ giếng chính băng tải +32/-225 m nhằm nâng cao độ ổn định của đường lò như sau: thiết kế lựa chọn giải pháp gia cường khối đá xung quanh giếng chính băng tải bơm ép hóa chất. Sau khi bơm ép hóa chất tiến hành chống lò bằng kết cấu chống vì thép linh hoạt, kết hợp với dầm nền thẳng.

3.3. Xây dựng hộ chiếu bơm ép và xác định khối lượng hóa chất cần thiết

a. Tính chất của đất đá xung quanh đường lò trước khi gia cố bằng phương pháp ép hóa chất

Đất đá khu vực đường lò đi qua chủ yếu là than, đá sét kết và bột kết phân lớp mỏng, dễ trương nở và mất ổn định khi chịu ảnh hưởng của nước hoặc hấp thụ độ ẩm từ không khí. Đây là khu vực có điều kiện địa chất tương đối phức tạp và được đánh giá là yếu. Với một số tính chất đặc trưng của đất, đá khu vực này được thể hiện thông qua Bảng 1.

Bảng 1. Tính chất của đất đá khu vực đường lò nghiên cứu trước khi gia cố.

TT	σ_{ci} - Cường độ nén đơn trục của đá (MPa)	GSI - chỉ số bền địa chất của đá	m_i - hệ số vật liệu	D-hệ số ảnh hưởng của vụ nổ mìn	c - lực dính kết của đá (MPa)	σ_{cm} - ứng suất giới hạn nén đơn trục của khối đá (MPa)	Góc ma sát trong (độ)	E_{m-d} - modul đàn hồi của đá (MPa)
1	5	5	2	0,8	0,09	0,018	1,91	100.61

Bảng 2. Đặc tính của các biện pháp gia cố cho đất đá khu vực đường lò nghiên cứu.

TT	Các thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Trị số
1	Bán kính gia cường	R_0	m	3,22
2	Độ nhớt của nước	μ_1	s	26
3	Độ nhớt của hóa chất	μ_2	s	21
4	Hệ số thấm của đất đá vùng gia cố	k	m/s	0,01
5	Thời gian chuyển động của hóa chất trong đất đá trên khoảng cách R	t	s	10
6	Áp lực nước thủy tĩnh	H	N/cm ²	1000
7	Bán kính lỗ khoan	r_1	cm	0,021
8	Hệ số độ rỗng vùng đất đá cần gia cố	n	-	0,3
9	Hệ số kể đến mức độ nhồi đầy của hóa chất	β	-	0,95

Bảng 3. Bảng tính toán số lượng lỗ khoan bơm ép.

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Số lượng
1	Số lượng lỗ khoan	lỗ	5
2	Chiều dài lỗ khoan	m	3
3	Đường kính lỗ khoan	mm	42
4	Khoảng cách giữa các lỗ khoan		
-	Giữa đáy các lỗ khoan	m	~3
-	Giữa miệng các lỗ khoan	m	~1÷1,2
5	Góc đứng		
-	Lỗ khoan 1	độ	90
-	Lỗ khoan 2	độ	49
-	Lỗ khoan 3	độ	180
-	Lỗ khoan 4	độ	49
-	Lỗ khoan 5	độ	9
6	Góc bằng		
-	Lỗ khoan 1	độ	62
-	Lỗ khoan 2	độ	45
-	Lỗ khoan 3	độ	90
-	Lỗ khoan 4	độ	45
-	Lỗ khoan 5	độ	62
7	Trắc dọc		
-	Lỗ khoan 1	độ	60
-	Lỗ khoan 2	độ	60
-	Lỗ khoan 3	độ	60
-	Lỗ khoan 4	độ	60
-	Lỗ khoan 5	độ	60

Bảng 4. So sánh các thông số của khối đất đá xung quanh đường lò trước và sau khi gia cố bằng phương pháp bơm ép hóa chất

STT	Thông số	Trước gia cố	Sau khi gia cố
1	GSI	5	61
2	Góc ma sát trong, độ	1,91	24,37
3	Lực dính kết, C, MPa	0,009	1,617
4	Cường độ nén đơn trục của mẫu đá, MPa	5	41
5	Modun đàn hồi của khối đá, E, MPa	100,61	7483,261
6	Tổng biến dạng trên biên của đường lò, cm	40,9	0,5

b. Gia cố đất đá xung quanh đường lò nghiên cứu

Bán kính tối ưu của phần đất đá được gia cố:

Khả năng lan tỏa hay còn gọi là bán kính lan tỏa (R_0) của hỗn hợp hóa chất phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: mức độ nứt nẻ, mật độ lỗ rỗng, chiều sâu công trình cần thi công bơm ép,... và quan trọng hơn cả là kết quả nghiên cứu thực nghiệm. Bán kính tối ưu của phần đất đá có thể được tính theo 2 chỉ tiêu: kinh tế và kỹ thuật.

Theo tác giả Karanphilov (Võ, 2017), bán kính tối ưu của phần đất đá được gia cố trong khối đất đá tính theo công thức sau, theo chỉ tiêu kỹ thuật.

$$R_0 = 1,54 \sqrt[3]{\frac{k_t r_1 H^{\mu_1}}{\beta n^{\mu_2}}}, \text{ m} \quad (1)$$

Trong đó: μ_1 và μ_2 - độ nhớt của nước và của hóa chất gia cường, k - hệ số thấm của đất đá vùng gia cố, 0,1cm/s; t - thời gian chuyển động của hóa chất trong đất đá trên khoảng cách R ; H - áp lực nước thủy tĩnh; r_1 - bán kính lỗ khoan; n - hệ số độ rỗng vùng đất đá cần gia cố; β - hệ số kể đến mức độ nhồi đầy của hóa chất.

Thay các giá trị của các loại hóa chất sử dụng để gia cố cho khối đất đá đường lò khu vực nghiên cứu trong Bảng 2, tính toán cho bơm ép hóa chất $R_0 = 3,22$ m.

Bán kính tối ưu của phần đất đá được gia cố trong khối đá theo chỉ tiêu kinh tế:

$$R_0 = \sqrt{\frac{e_1}{\pi m_t e_2} + \frac{C^2}{2}}, \text{ m} \quad (2)$$

Trong đó: e_1 - giá khoan 1 m lỗ khoan, (VNĐ/m); e_2 - giá thành chế tạo và bơm 1 m³ hóa chất (VNĐ/m³); m_t - hệ số nứt nẻ.

Đối với đá bột kết và cát kết thì $m_t = (0,001 \div 0,003)$; C - chiều dày vùng gia cố xác định bằng công thức thực nghiệm:

$$C = k.B, \text{ m} \quad (3)$$

Trong đó: B - chiều rộng đường lò (m); $B = 4,8$ m; k - hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào đặc trưng của địa tầng, đá có hệ số độ cứng $f = 5 \div 10$ thì hệ số $k = 0,27 \div 1$; đá yếu có $f = 2 \div 3$ thì hệ số $k = 0,3 \div 0,5$. Thay số, có $C = 2,22$ m.

Thay các thông số vào công thức: $e_1 = 150.000$ VNĐ/m, $e_2 = 2.000.000$ VNĐ/m³, $m_t = 0,003$

Nhận được: $R_0 = 2,97$ m.

Như vậy, để đảm bảo điều kiện kinh tế và kỹ thuật, bán kính tối ưu của vùng được gia cố được chọn là: $R_0 = 3$ m.

Khoảng cách giữa các lỗ khoan bơm ép hóa chất cho vùng đất đá xung quanh đường lò được xác định theo công thức sau:

$$a_{0xq} = \sqrt{4R^2 + C^2} = 5,28, \text{ m} \quad (4)$$

Khoảng cách mỗi vòng bơm ép giá trị của R_0 nhận được, ta xác định khoảng cách tối ưu giữa các hàng lỗ khoan theo chiều dài trục lò theo công thức $a_0 = 2R_0/\sin\alpha$, với $R_0 = 3,0$ m, $\alpha = 60^\circ$, ta có $a_0 = 6,9$ m. Chọn $a_0 = 6$ m.

Số lượng lỗ khoan bơm ép hóa chất được xác định như sau:

$$N = \frac{\pi(D+C)}{a_{0xq}} + 1, \text{ lỗ} \quad (5)$$

Trong đó: N - số lỗ khoan bơm ép hóa chất, lỗ; D - đường kính đường lò (m), C - chiều dày vùng gia cố (m), a_{0xq} - khoảng cách giữa các lỗ khoan - bơm ép hóa chất, m.

Để đảm bảo khả năng lan tỏa tối đa của hỗn hợp chất hóa chất ra xung quanh đường lò, lấy 5 lỗ khoan 1 vòng, trong đó 3 lỗ khoan phía phần

nóc công trình, 2 lỗ khoan bên hông công trình, khoảng cách giữa các vòng lỗ khoan là 2,0 m, giữa các lỗ khoan trong 1 vòng là $1,0 \div 1,2$ m (sao cho đáy các lỗ khoan bơm ép phù hợp, đảm bảo hiệu quả bơm ép). Tuy nhiên, khi thi công thực tế, căn cứ theo tình hình phát triển thực tế của khe nứt và vị trí các vỉa chống thép để xem xét khoan theo hướng nghiêng.

Khối lượng hóa chất bơm ép cho một lỗ khoan được tính theo công thức:

$$Q_{lk} = m_h \cdot \pi \cdot R_o \cdot L, \text{ m}^3 \quad (6)$$

Trong đó: m_h - hệ số lỗ rỗng hữu ích, $m_h = 0,3$, với điều kiện cụ thể của khối đá đang gia cố, lấy trong Bảng 2; R_o - bán kính gia cường của hóa chất, $R_o = 3$ m; L - chiều dài lỗ khoan bơm ép hóa chất, $L = 3$ m.

Thay số vào ta được:

$$Q_{lk} = 0,3 \times 3,14 \times 3 \times 3 = 8,478 \text{ m}^3$$

Khối lượng hóa chất bơm ép cho một vòng lỗ khoan được tính theo công thức:

$$Q_v = n \cdot Q_{lk} \text{ m}^3 \quad (7)$$

Trong đó: n - số lỗ khoan trên vòng; Q_{lk} - khối lượng hóa chất bơm ép cho một lỗ khoan (m^3).

Thay số vào, có: $Q_v = 5 \times 8,478 = 42,39 \text{ m}^3$

Vậy thể tích hóa chất dự kiến cần dùng để tiến hành bơm ép hóa chất cho đoạn lò thiết kế từ IIK 940 ÷ IIK 955,5 là:

$$Q_{dk} = 42,39 \cdot \frac{(955,5 - 940)}{2} = 328,52, \text{ m}^3 \quad (8)$$

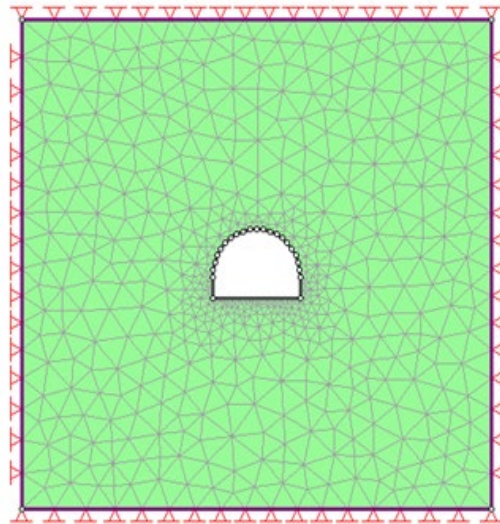
Đường lò giếng chính bằng tải tồn tại lâu dài và có vai trò quan trọng đối với sản xuất của công ty, đất đá trên nóc lò rỗng và nứt nẻ nhiều. Do vậy, để đảm bảo an toàn và đảm bảo điều kiện kỹ thuật, đề xuất thể tích hóa chất để sử dụng bơm cho đường lò sẽ lấy bằng $Q_{tt} = 1,1 \times Q_{dk} = 1,1 \times 328,52 = 361,38 \text{ m}^3$. Mặt khác, công tác bơm ép hóa chất là công việc được thực hiện trong lòng đất, không thể nhìn thấy được, cùng với điều kiện địa chất tương đối phức tạp, nhiều nứt nẻ, dự kiến trong quá trình thi công thực tế khối lượng dung dịch hóa chất sẽ lệch so với những tính toán trên, nên căn cứ vào mức độ tiêu hao trong thực tế khối lượng dung dịch hóa chất để có sự tổng hợp và điều chỉnh cho phù hợp nhất. Chi tiết lý lịch các lỗ khoan bơm ép hóa chất xem tại Bảng 3.

c. Đánh giá chất lượng khối đất, đá xung quanh đường lò và độ ổn định của đường lò trước và sau khi gia cố bằng bơm ép hóa chất

Để đánh giá chất lượng khối đá, tác giả đề xuất sử dụng phương pháp số. Cụ thể là sử dụng phần mềm Roclab và phần mềm Phase2 để xác định sự biến đổi ứng suất và biến dạng trên biên hầm trước và sau khi gia cố bằng bơm ép vữa xi măng. Các thông số của đất đá trước gia cố được thể hiện trên Bảng 4.

Khối đất đá trước khi gia cố: đặc tính của đường lò đang nghiên cứu: chiều rộng $B = 4,8$ m, chiều cao đường lò $R = 1,1$ m, chiều sâu so với mặt đất $H = 260$ m.

Với độ sâu đặt đường lò nghiên cứu $H = 260$



$m \gg 2 \times B = 2 \times 4,8 = 9,6$ m. Do đó, trường ứng suất ban đầu trong mô hình là hằng số.

Hình 2. Mô hình đường lò đang nghiên cứu.

Cùng với các tính chất của đất đá khu vực quanh đường lò đã được trình bày, sử dụng phần mềm Roclab, cho phép nhận được giá trị tham số của môi trường đất đá xung quanh đường lò khu vực đang nghiên cứu như trong Bảng 4. Dưới đây là kết quả phân tích, xác định các tham số của đất đá thông qua phần mềm Roclab được thể hiện trên Hình 3. Trong bài báo này, phần mềm Phase2 được sử dụng để tạo mô hình của đường lò và đất đá xung quanh khu vực đang nghiên cứu.

Đường lò và khối đất, đá xung quanh sau khi gia cố:

Sử dụng phương pháp phun ép hóa chất. Sau khi gia cố, khối đất đá xung quanh đường lò đã có những phản ứng tích cực. Tính chất của đất đá xung quanh đường lò được đánh giá lại bằng việc khoan lấy mẫu thực nghiệm cũng như sử dụng các phương pháp tính toán sự biến đổi tính

chất của đất đá sau khi được gia cố. Khối đất đá sau khi đã được gia cố thì thành phần của đất đá là hỗn hợp của hóa chất và đất đá trước khi gia cố. Do đó, môđun đàn hồi và hệ số Poisson của khối đá sau khi gia cố có thể được tính trong mối tương quan với thể tích hóa chất bơm vào đất đá và thể tích của vùng đất đá được gia cố (Nguyễn, 2014; Đặng và Đặng, 2018).

Môđun đàn hồi được tính theo công thức:

$$E_{m-hh} = \frac{E_{m-v}V_v + E_{m-d}V_d}{V_v + V_d}, \text{MPa} \quad (9)$$

Trong đó: E_{m-v} - môđun đàn hồi của hóa chất đã ninh kết, $E_{m-v} = 25.000 \text{ MPa}$; E_{m-d} - môđun đàn hồi của đất đá trước khi gia cố, $E_{m-d} = 387,75 \text{ MPa}$; V_v - Thể tích hóa chất được bơm ép vào trong đất đá, $V_{hc} = 42,39 \text{ m}^3$; V_d - Thể tích vùng đất đá được gia cố:

$$V_d = \frac{3\pi(R+C)^2}{2}, \text{m}^3 \quad (10)$$

Trong đó: R - bán kính vòm hầm, $R = 2,4 \text{ m}$; C - chiều dày vùng được gia cố, $C = 2,22 \text{ m}$; $l = 3$ - chiều dài lỗ khoan ép vữa, m

Thay số thu được: $V_d = 100,57 \text{ m}^3$

Thay các thông số vào công thức (10):

$E_{m-hh} = 7483,261 \text{ MPa}$.

Hệ số Poisson được xác định theo công thức:

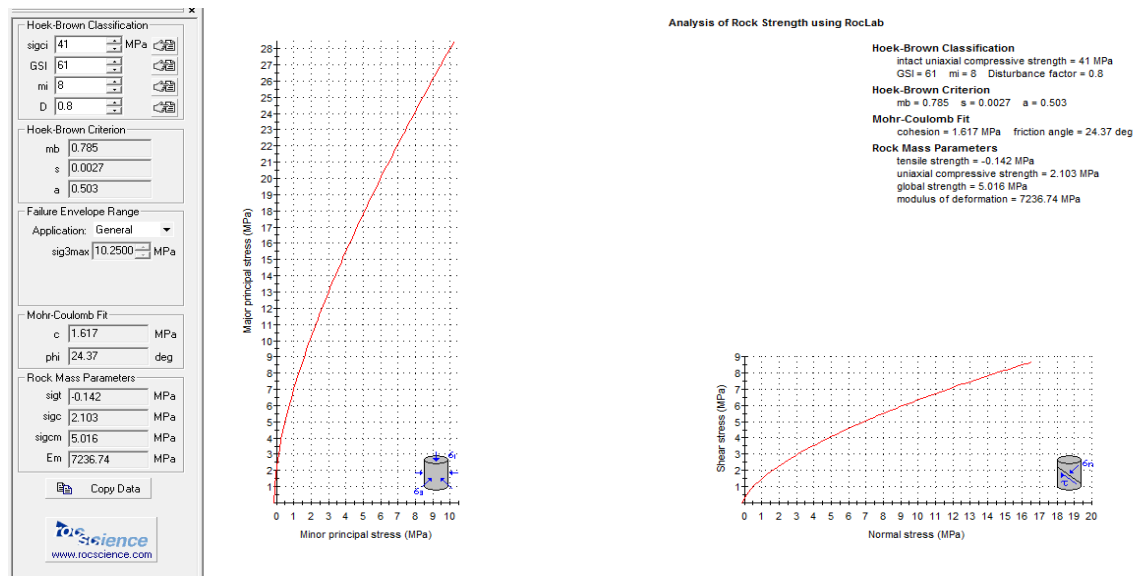
$$\mu_{hh} = \frac{\mu_v V_v + \mu_d V_d}{V_v + V_d} \quad (11)$$

Trong đó: μ_v - hệ số Poisson của hóa chất đã ninh kết, $\mu_v = 0,2$; μ_d - hệ số Poisson của đất đá trước khi gia cố, $\mu_d = 0,32$.

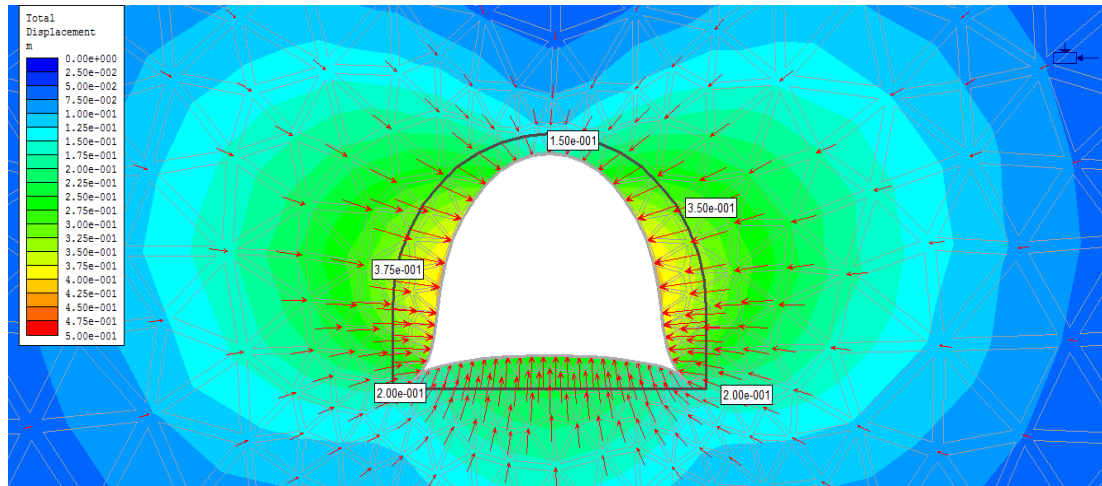
Thay các thông số vào công thức (11) thu được $\mu_{hh} = 0,28$.

Với giá trị $E_{mhh} = 7483,261 \text{ MPa}$, $\mu_{hh} = 0,28$, qua quá trình thí nghiệm trên mẫu đá (tiến hành thí nghiệm nén đơn trục cho các mẫu đá khoan tại khu vực được gia cố cũng như tiến hành đánh giá, đo đạc, xác định các chỉ số thực tế trên vùng đất đá được gia cố để tính toán ra giá trị của chỉ số khối đá RMR , chỉ số bền địa chất GSI của khối đất đá xung quanh đường lò được gia cố) cũng như sử dụng phần mềm Roclab, có thể xác định được các thông số khối đá: $\sigma_{ci} = 41 \text{ MPa}$, $GSI = 61$. Các kết quả này phù hợp với các kết quả thu được từ Roclab.

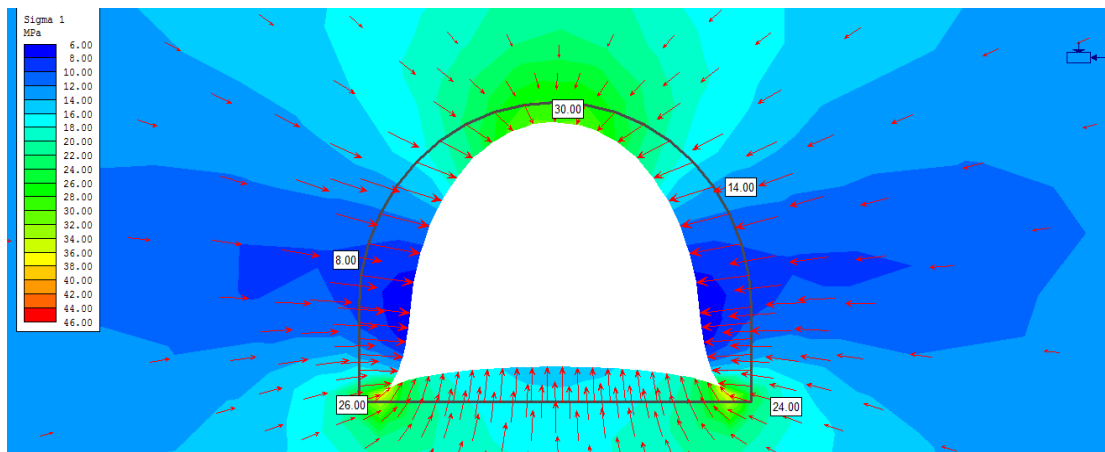
Từ các kết quả thu được ở trên, có thể tổng kết và đưa ra Bảng 4, so sánh về tính chất của đất đá xung quanh đường lò trước và sau khi gia cố cũng như sự thay đổi về độ biến dạng, dịch chuyển của đất đá xung quanh đường lò sau khi tiến hành gia cố cho khối đất đá nơi đặt đường lò đang nghiên cứu. Các kết quả trên được biểu diễn trong các Hình 4÷9.



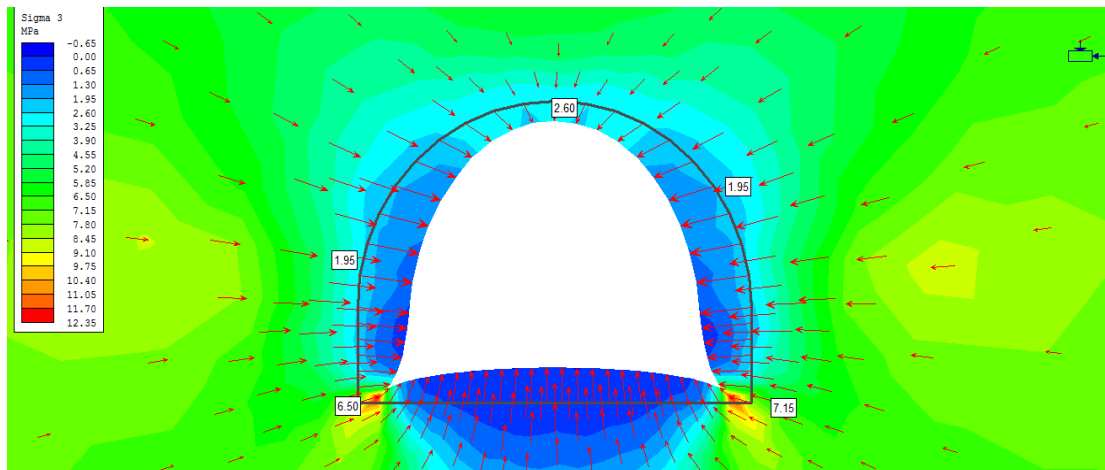
Hình 3. Kết quả sử dụng Roclab để xác định các tham số của môi trường đất đá xung quanh đường lò sau khi gia cố. Trong đó: normal stress là ứng suất pháp tuyến (MPa), shear stress là ứng suất cắt (MPa), minor principal stress là ứng suất chính nhỏ nhất (MPa), major principal là ứng suất chính lớn nhất (MPa).



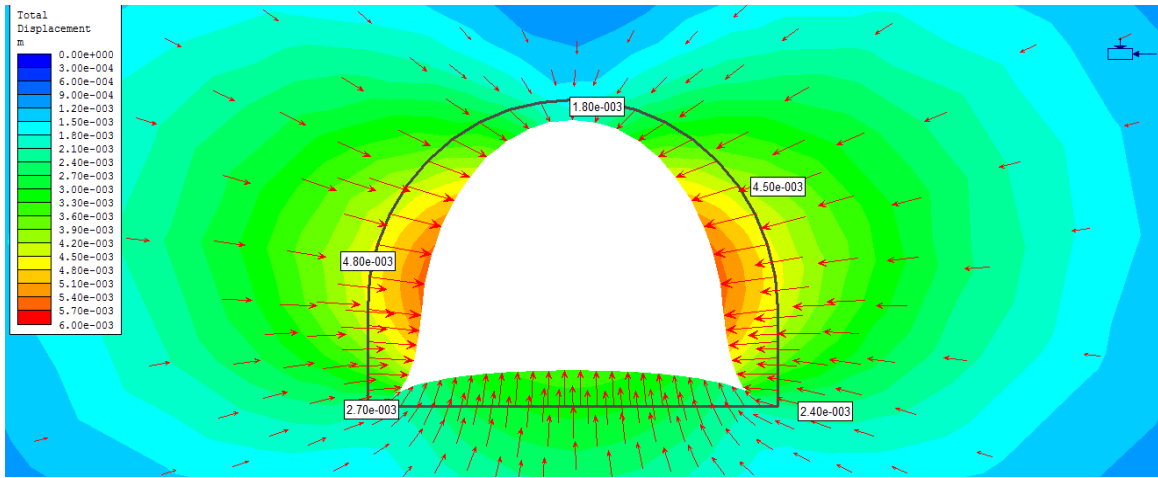
Hình 4. Tổng biến dạng của đường lò trước khi gia cố, m.



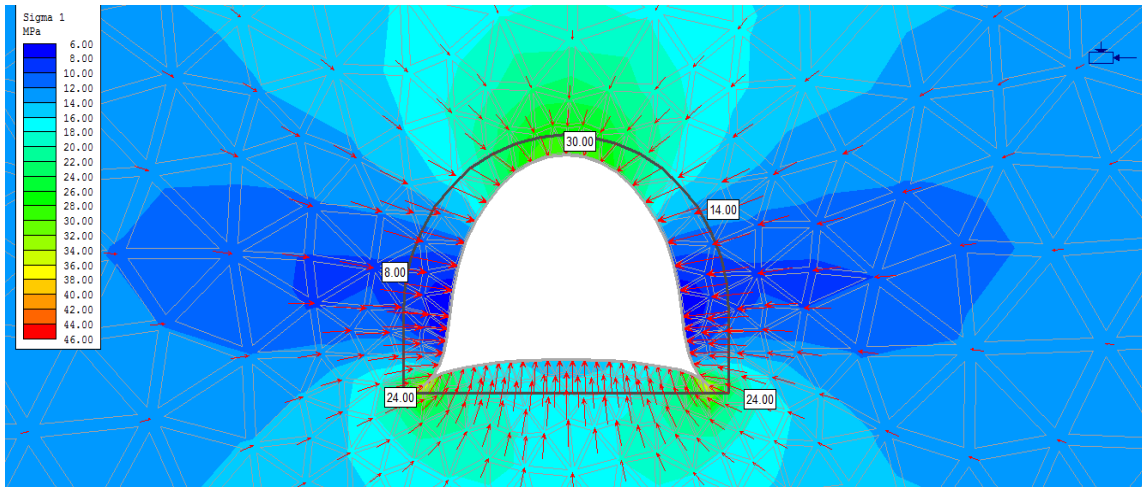
Hình 5. Ứng suất Sigma1 xuất hiện trên biên đường lò trước khi gia cố, MPa.



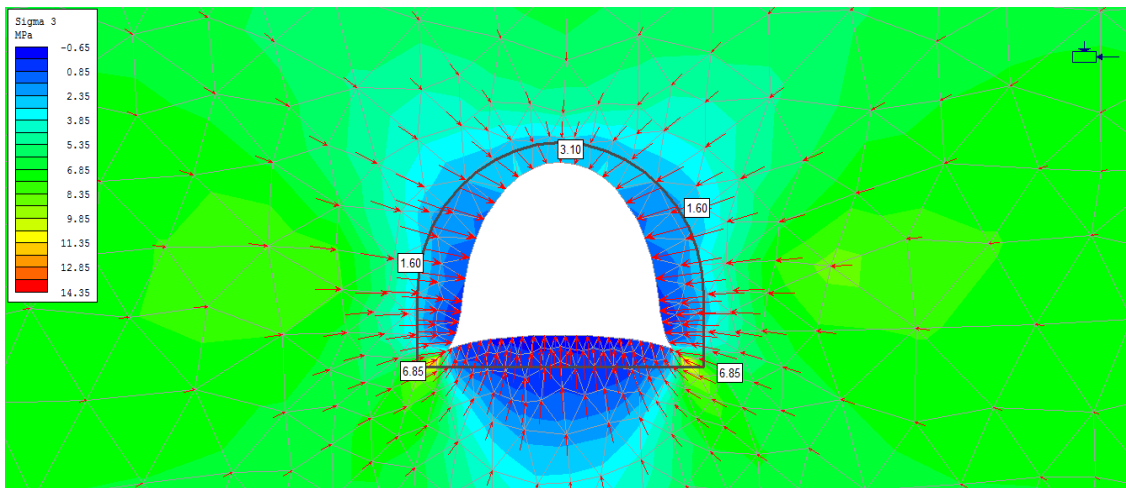
Hình 6. Ứng suất Sigma3 xuất hiện trên biên đường lò trước khi gia cố, MPa.



Hình 7. Biến dạng lớn nhất xung quanh đường lò sau khi gia cố đất đá bằng phương pháp phun ép hóa chất, m.



Hình 8. Ứng suất Sigma1 trên biên đường lò sau khi gia cố đất đá bằng phương pháp phun ép hóa chất, MPa.



Hình 9. Ứng suất Sigma3 trên biên đường lò sau khi gia cố đất đá bằng phương pháp phun ép hóa chất, MPa.

Có thể nhận thấy, so sánh giá trị dịch chuyển lớn nhất của biên đường lò trước và sau khi gia cố với giá trị dịch chuyển lớn nhất của biên đường lò sau khi gia cố, giá trị này đã giảm từ $3.75e^{-1}$ m thành $4.08e^{-3}$ m. Ngoài ra, các giá trị và phân bố ứng suất σ_1 và σ_3 trên biên đường lò có sự thay đổi ứng với trường hợp trước và sau khi gia cố bằng biện pháp phun ép hóa chất. Sau khi gia cố, ghi nhận sự giảm giá trị lớn nhất của ứng suất σ_3 xuất hiện trên biên của đường lò ($\sigma_3 = 6.85$ MPa) so với trường hợp chưa gia cố ($\sigma_3 = 7.15$ MPa). Với σ_1 , tuy không có sự thay đổi về giá trị ứng suất cực đại xuất hiện trên biên của đường lò, nhưng đã có thay đổi giá trị ứng suất tại vị trí phía dưới, bên trái mặt cắt ngang của đường hầm sau gia cố, lúc này, $\sigma_1 = 26$ MPa so với giá trị $\sigma_1 = 24$ MPa tại vị trí tương ứng trước khi gia cố.

4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu của bài báo, có thể rút ra một số kết luận như sau:

Nguyên nhân gây mất ổn định đường lò được xác định là phức tạp và đa dạng. Các nguyên nhân này có thể được giải thích bởi các yếu tố ảnh hưởng của: điều kiện địa chất nơi bố trí các đường lò (phay phá, đứt gãy); vị trí và chiều sâu bố trí đường lò; tính chất cơ học của khối đá xung quanh đường lò; đặc điểm vỉa than; ảnh hưởng của các đường lò lân cận đang hoạt động; khả năng làm việc của kết cấu chống. Các đường lò khai thác hầm lò tại khu vực Quảng Ninh có xu hướng nằm ở độ sâu lớn hay đi qua các vùng đất, đá có cấu tạo địa chất phức tạp (do sự phân bố của các vỉa khoáng sản). Trên cơ sở các nguyên nhân, yếu tố ảnh hưởng đến ổn định đường lò, bài báo đã đề xuất các giải pháp kỹ thuật, công nghệ phù hợp để chống giữ, nâng cao mức độ ổn định đường lò tại khu vực Quảng Ninh. Giải pháp về gia cường đất đá, than xung quanh đường lò, bao gồm: (i) gia cường bằng bơm ép vữa xi măng và (ii) gia cường bằng bơm ép hóa chất. Với mỗi giải pháp đề xuất trên đều có những ưu nhược điểm và điều kiện áp dụng riêng, do vậy khi áp dụng để lựa chọn giải pháp gia cường phù hợp cho các đường lò, cần thiết phải lựa chọn và xem xét kỹ các điều kiện, tính chất của đường lò cũng như các khu vực đất đá xung quanh để có thể áp dụng đảm bảo hiệu quả về an toàn, kinh tế và đảm bảo kỹ thuật;

Trên cơ sở các giải pháp kỹ thuật, công nghệ đề xuất, bài báo đã lựa chọn giải pháp về biện pháp

gia cường cho khối đất đá xung quanh đường lò để áp dụng cho một đường lò trong trường hợp cụ thể đường lò giếng chính +32/-225 m, mỏ Khe Chàm, Quảng Ninh. Bài báo đã nghiên cứu, lựa chọn và thực hiện bơm ép hóa chất gia cường để tiến hành gia cường, tăng độ bền cho khối đất đá xung quanh đường lò trước khi thi công;

Dựa trên phần mềm Roclab và Phase2, bài báo đã xây dựng và mô phỏng đường lò nghiên cứu (giếng chính băng tải +32/-225 m, mỏ Khe Chàm, Quảng Ninh) cũng như điều kiện địa chất, địa chất thủy văn tại vị trí đặt đường lò áp dụng. Thông qua kết quả tính toán của các mô hình số, nhận thấy khi đường lò được gia cố bơm ép hóa chất để gia cường đất đá xung quanh, đường lò đã trở nên ổn định và có thể sử dụng các loại kết cấu chống thông thường để chống giữ (sự ổn định sau khi gia cố cho đường lò bằng biện pháp sử dụng bơm ép hóa chất được thể hiện trên các Hình 4÷9, thông qua các giá trị dịch chuyển cực đại trên biên lò và sự phân bố lại các giá trị ứng suất trên biên đường lò). Đây cũng là tài liệu, kinh nghiệm để có thể tiếp tục đề xuất, xây dựng và hoàn thiện tiếp các giải pháp gia cường mới cho khối đất đá xung quanh các đường lò cho nằm sâu trong tương lai với mục đích giữ ổn định, an toàn cho các đường lò trong quá trình thi công cũng như quá trình hoạt động khai thác mà vẫn đảm bảo yêu cầu về kinh tế.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2021-MDA-09.

Đóng góp của các tác giả

Nguyễn Chí Thành - lên ý tưởng, thực hiện thu thập số liệu, phân tích và hoàn thiện bản thảo. Nguyễn Văn Thành - thu thập tài liệu và tham gia viết bản thảo. Gospadarikov Alexandr - thu thập tài liệu.

Tài liệu tham khảo

- Đặng, T. T., & Đặng, V. Q. (2018), *Gia cố đất đá và thi công công trình ngầm trong điều kiện đặc biệt*. Nhà xuất bản Xây Dựng, Hà Nội, 82 trang.
- Đông, P. D. (2001). *Lý luận chống giữ vòng lở rời đất đá xung quanh đường lò và kỹ thuật ứng dụng*. Nhà Xuất bản Công nghiệp than Trung Quốc, Trung Quốc, 92 trang.

- Đinh, V. C. (2022). *Nghiên cứu áp dụng các giải pháp kỹ thuật và công nghệ nhằm chống giữ duy trì ổn định đường lò trong quá trình khai thác ở các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh*. Đề tài cấp nhà nước, Viện KHCN Mỏ-Vinacomin, Hà Nội.
- Đinh, V. C. (2022). *Nghiên cứu áp dụng các giải pháp kỹ thuật và công nghệ nhằm chống giữ duy trì ổn định tại khu Khe Chàm I và thiết kế áp dụng cho một điều kiện cụ thể*. Đề tài cấp Bộ, Viện KHCN Mỏ- Vinacomin, Hà Nội.
- Nguyễn, D. G. (2014). *Nghiên cứu, đề xuất kết cấu chống tạm hợp lý khi thi công đường hầm ô tô Nam Cường trên tuyến đường cao tốc Nội Bài - Lào Cai*, Luận văn Thạc sỹ, Hà Nội, 119 trang.
- Nguyễn, V. T. (2022). *Nghiên cứu lựa chọn công nghệ chống giữ thích hợp để giữ ổn định cho các đường lò nằm ở mức sâu trong quá trình khai thác tại các mỏ than hầm lò khu vực Quảng Ninh*. Luận văn Thạc sỹ, Đại học Mỏ - Địa chất. Hà Nội, 113 trang.
- Phí, V. L. (2019). *Nghiên cứu lập phương án thi công gia cường chống xén và lựa chọn kết cấu chống phù hợp cho phạm vi đường lò bị nén lún, mất ổn*
- Võ, T. H. (2017). *Thiết kế quy hoạch, cấu tạo công trình ngầm*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, 130 trang.