

**HỘI CƠ HỌC ĐÁ VIỆT NAM
HỘI CÔNG NGHỆ KHOAN - KHAI THÁC VIỆT NAM
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DẦU KHÍ VIỆT NAM**

**Tuyển tập công trình khoa học
Hội nghị khoa học toàn quốc
“Cơ học đá - Những vấn đề
đương đại”
VIETROCK2021**

Hà Nội, 16/10/2021

HÀ NỘI, 2021

**VIETNAMESE SOCIETY FOR ROCK MECHANICS - VSRM
THE DRILING AND PRODUCTION TECHNOLOGY VIETNAM - VADPT
PETROVIETNAM UNIVERSITY - PVU**

**PROCEEDINGS
OF VIETROCK 2021
VIETNAMESE NATIONAL CONGRESS
OF ROCK MECHANICS & ENGINEERING**

HANOI, 16/10/2021

HANOI, 2021

Ban Tổ chức

Organizing Committee

Đồng Trưởng ban - Co-chairman:

TS. Phạm Quốc Tuấn - VSRM

TS. Nguyễn Duy Tuấn - VADPT

TS. Nguyễn Văn Hùng - PVU

Thành viên - Members

TS. Hà Ngọc Anh - VSRM, IGS, VAST

PGS.TS. Trần Thị Thu Hằng - VSRM, UTC

Ths.KSC. Lê Quang Huy - VSRM, PECC1

Ths.KS. Trần Quốc Thịnh - VSRM

TS. Lê Quốc Phong - PVU

TS. Phạm Bảo Ngọc - PVU

TS. Đỗ Thị Thùy Linh - PVU

TS. Nguyễn Phan Anh - PVU

TS. Trương Thanh Tuấn - PVU

ThS. Lương Hải Linh - PVU

ThS. Nguyễn Hữu Trường - PVU

ThS. Phạm Hữu Tài - PVU

ThS. Nguyễn Việt Khôi Nguyên - PVU

ThS. Trần Thị Oanh - PVU

Ông Nguyễn Quang Vinh - PVU

Ông Nguyễn Thái Đạt - PVU

Ông Lê Quốc Huy - PVU

Bà Dương Thị Phương Thảo - PVU

Bà Phạm Thị Hoài Lan - PVU

Bà Nguyễn Thị Hồng Thắm - PVU

Ban Khoa học

Scientific Committee

Đồng Trưởng ban - Co-chairman

GS.TS. Đỗ Như Tráng - VSRM

PGS.TS. Nguyễn Xuân Thảo - VADPT

PGS.TS. Phạm Huy Giao - PVU

Thành viên - Members

PGS.TSKH. Vũ Cao Minh - VAST, VSRM

PGS.TS. Nguyễn Sỹ Ngọc - VSRM

PGS.TS. Nguyễn Thế Vinh - Khoa Dầu khí, HUMG, VADPT

TS. Phạm Xuân Toàn - Viện Dầu khí, PVI, PVN, VADPT

TS. Đỗ Quang Khánh, Trường Đại học Bách khoa TP. HCM, VADPT

PGS.TS. Trần Văn Xuân, Trường Đại học Bách khoa TP. HCM, VADPT

GS.TS. Seokwon Jeon - Seoul National University, Korea

GS.TS. Suseno Kramadibrata - Vice President for Asia of ISRM

GS.TS. Norikazu Shimizu - Yamaguchi University, Japan

LỜI NÓI ĐẦU

Hội nghị Khoa học toàn quốc “**Cơ học đá - Những vấn đề đương đại**” năm 2021 là bước phát triển kế tiếp truyền thống thường xuyên, liên tục, mạnh mẽ của cơ học đá Việt Nam kể từ lần Hội thảo khoa học đầu tiên năm 1984 đến nay.

Điều đặc biệt của Hội nghị lần này là tổ chức trong lúc cơn bão đại dịch COVID-19 đang hoành hành dữ dội trên toàn cầu. Việt Nam, liên tục từ đầu năm 2020, phải gồng mình “chống dịch như chống giặc”. Nhiều cán bộ cơ học đá Việt Nam vừa là chiến sỹ trên mặt trận chống dịch vừa tích cực tham gia chuẩn bị mọi mặt cho Hội nghị.

Nét đẹp của Hội nghị là có được sự phối hợp tổ chức nhịp nhàng của 3 cơ quan đơn vị: Hội Cơ học Đá Việt Nam (VSRM), Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam (VADPT) và Trường Đại học Dầu khí Việt Nam (PVU), cùng sự tham gia trình bày các báo cáo chính (Keynote lectures) của 4 nhà khoa học nổi tiếng quốc tế.

Chủ đề của Hội nghị là tiếp tục đi sâu, phản ánh những vấn đề đương đại của cơ học đá Việt Nam phục vụ phát triển kinh tế đất nước. Trong thời gian ngắn, các kết quả nghiên cứu ở hầu khắp các lĩnh vực, từ khai thác dầu khí, khai thác than, xây dựng các công trình giao thông, thủy lợi, dân dụng tới phòng chống thiên tai, bảo vệ môi trường, đã được gửi đến hội nghị.

Thật đáng tự hào các nhà cơ học đá Việt Nam đã tổ chức thành công Hội nghị Khoa học toàn quốc - 2021 trong bối cảnh cam go của đại dịch. Ban Tổ chức cùng Ban Khoa học Hội nghị đã tuyển chọn 35 công trình nghiên cứu khoa học gửi đến Hội nghị và công bố trong Tuyển tập này.

Xin trân trọng giới thiệu cùng đồng nghiệp và bạn đọc.

BAN TỔ CHỨC HỘI NGHỊ

Opening Speech of VIETROCK2021
Suseno Kramadibrata
ISRM Vice President for Asia

Distinguished Participants, Dear Colleagues, Ladies and Gentlemen

It is a pleasure and privilege for me to open the Vietnamese National Congress of Rock Mechanics and Engineering (VIETROCK2021) and to welcome all the honourable participants and speakers to this virtual event to exchange experience and work together on the exciting field of rock mechanics and rock engineering. I am grateful that this conference is attended by more than 100 participants from 5 countries and the accepted papers of 35. This symposium is organized by Vietnam National Group of ISRM - Vietnamese Society for Rock Mechanics (VSRM), the Drilling and Production Technology Vietnam and PetroVietnam University.

In this occasion I would like to express my appreciation and gratitude to the President of VSRM & Vietnam NG of ISRM Prof. Dr. Do Nhu Trang and Chair of Organizing Committee Dr. Pham Quoc Tuan, for hosting this symposium and for all the virtual facilities which will undoubtedly highly contribute to the success of this event.

Distinguished Participants, Ladies and Gentlemen, I do believe this symposium will provide a valuable opportunity for academics, research scientists, industry specialists and decision-makers to share experiences. The objective of this event is to promote the exchange, transfer of knowledge and experience on rock mechanics and rock engineering for sustainable development of this field in Vietnam in particular, and in Asia in general. I am sure that all participants will have rewarding exchanges in this event. I also would like to convey warm regards from Prof. Resat Ulusay, the President of ISRM to the Organizing Committee as well as the participants.

In conclusion, I should like to wish you, on behalf of the ISRM Boards, every success with this important event and look forward to learning about the outcome.

Thank you very much for your attention and cooperation.

Suseno Kramadibrata

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	vii
-------------------	-----

BÀI GIẢNG MỜI

KEYNOTE PAPERS

Applications of DInSAR technique for monitoring landslides and volcanic deformation	xix
---	-----

Norikazu Shimizu

TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA ĐÁ VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM CƠ HỌC ĐÁ

ROCK PROPERTIES AND TESTING METHODS

Xác định tham số từ biến và chùng ứng suất của mẫu đá bằng thí nghiệm nén uốn.....	3
--	---

Nguyễn Huy Hiệp

Xây dựng mô hình địa cơ học và dự đoán khả năng sinh hạt rắn ở mỏ C bẽ Nam Côn Sơn, Việt Nam.....	13
---	----

*Nguyễn Lâm Quốc Cường, Nguyễn Quang Hòa,
Nguyễn Hồng Minh, Phạm Xuân Toàn, Vũ Quang Tinh*

Về việc sử dụng tên gọi, ký hiệu, đơn vị tính và cách xác định một số đại lượng vật lý thường dùng trong cơ học đá.....	25
---	----

Nguyễn Sỹ Ngọc

Ảnh hưởng của lực ma sát tới mòn hạt kim cương trong quá trình phá hủy đá.....	37
--	----

Nguyễn Xuân Thảo, Nguyễn Trần Tuấn

Ứng dụng công nghệ bức xạ từ để nghiên cứu các dị thường cấu trúc địa chất trong đá móng và tìm kiếm tài nguyên khoáng sản	44
--	----

Vũ Văn Bằng

The effect of matrix permeability/porosity on joint aperture measurement under low to high confining pressure	56
---	----

*Xuan-Xinh Nguyen, Jia-Jyun Dong, Minh-Hoang Truong,
Dinh-Thanh Nguyen*

CƠ HỌC ĐÁ ỨNG DỤNG TRONG KHOAN KHAI THÁC
ROCK MECHANICS & ENGINEERING
IN DRILLING ENGINEERING

Ảnh hưởng hóa, nhiệt và thủy lực đến sự ổn định thành giếng khi khoan trong tầng đất đá chứa sét 69

Nguyễn Khắc Long, Trương Văn Từ, Phạm Văn Hùng, Kiều Đức Thịnh, Nguyễn Đình Huy, Đào Hiệp

Phương pháp đánh giá ảnh hưởng của các thông số chế độ khoan tới tốc độ cơ học khi khoan công đoạn đường kính 311 mm mỏ Cá Tầm 81

Nguyễn Tiến Hùng, Vũ Hồng Dương, Trương Văn Từ

Nghiên cứu áp dụng công nghệ khoan xoay bằng búa đập khí nén dẫn theo ống chống để nâng cao hiệu quả thi công lỗ khoan thăm dò qua bãi thải ở vùng Quảng Ninh..... 92

Nguyễn Trần Tuấn, Lê Văn Nam Nguyễn Văn Hải

Nghiên cứu giảm thiểu tổn thất thủy lực trong công tác khoan thăm dò bằng ống mẫu luôn..... 101

Nguyễn Trần Tuấn

Nghiên cứu công nghệ trám xi măng khô phòng ngừa và xử lý mất nước rửa ở các lỗ khoan thăm dò đường kính nhỏ ở mỏ than Quảng Ninh..... 108

Nguyễn Xuân Thảo, Nguyễn Duy Tuấn

Cơ sở lựa chọn chất ức chế của dung dịch khoan để tăng độ ổn định thành giếng khi khoan qua địa tầng chứa sét 119

Trương Văn Từ, Nguyễn Khắc Long

CƠ HỌC ĐÁ ỨNG DỤNG TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH VÀ MỎ
ROCK MECHANICS & ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING
AND MINING

Applications of Reinforced Earth® Technologies in mining industry ... 129

Dimitri Plantier, Le Thoi Huu

Về quá trình biến đổi cơ học xung quanh hầm lò trong khối đá có đứt gãy địa chất..... 146

Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Khắc Cường, Nguyễn Ngọc Huệ

Nghiên cứu các dạng sự cố thường gặp và giải pháp xử lý khi thi công các công trình ngầm bằng thiết bị đào hầm loại nhỏ 156

Nguyễn Văn Thịnh, Đặng Trung Thành, Nguyễn Duyên Phong

Sự thay đổi trạng thái ứng suất trong khối đá xung quanh đường hầm do tác động của phương pháp khai đào..... 167

Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong, Đào Văn Tuyền

Nghiên cứu điều kiện địa chất kỹ thuật mỏ lựa chọn áp dụng công nghệ cơ giới hóa đồng bộ khai thác hạ trần thu hồi than nóc kiểm soát an toàn do ảnh hưởng của sập đổ đá vách vùng Quảng Ninh..... 175

Nông Việt Hùng, Nguyễn Huy Đạt, Hoàng Trọng Đạo, Nông Việt Trung, Triệu Quang Chiến, Nguyễn Cao Khải, Bùi Mạnh Tùng, Ngô Thái Vinh, Nguyễn Phương Đông, Nguyễn Hồng Thái

Ổn định của tường cừ thép và đường hầm khai đào bằng khiên đào trong điều kiện đô thị 189

Trần Tuấn Minh, Đỗ Ngọc Thái

CƠ HỌC ĐÁ ỨNG DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU TAI BIẾN ĐỊA CHẤT VÀ GIẢM NHẸ THIÊN TAI

ROCK MECHANICS & ENGINEERING

IN RESEARCH GEOHAZARDS & DISASTER REDUCTION

Nghiên cứu phân tích ảnh hưởng của sự xuất hiện mèn sóng nổ dạng phẳng đến mức độ đập vỡ đất đá 201

Đàm Trọng Thắng, Vũ Xuân Bằng

Ảnh hưởng của nước trong khe nứt đến hệ số ổn định trượt phẳng bờ dốc đá nứt nẻ tại tuyến đường Nha Trang - Cam Ranh 216

Đặng Hồng Lam, Hồ Chí Linh, Nguyễn Quang Huy, Lê Hoàng Anh, Nguyễn Đình Dũng

Nghiên cứu giải pháp hàng rào cường độ cao chống đá rơi trên đường cao tốc: áp dụng cho cao tốc Hạ Long - Vân Đồn..... 226

Nguyễn Châu Lâm Nguyễn Văn Bình, Đỗ Tuấn Nghĩa

Sụt trượt trên các tuyến giao thông vùng núi khu vực miền Trung và giải pháp giảm thiểu..... 236

Nguyễn Đức Mạnh, Lê Văn Dũng, Phạm Bá Hưng

Nghiên cứu các dạng sự cố thường gặp và giải pháp xử lý khi thi công các công trình ngầm bằng thiết bị đào hầm loại nhỏ

Nguyễn Văn Thịnh, Đặng Trung Thành, Nguyễn Duyên Phong

Trường Đại học Mở - Địa chất

*Email: nguyenvanhtinh@humg.edu.vn

Tóm tắt: Quá trình thi công các công trình ngầm luôn tiềm ẩn các nguy cơ có thể xảy ra sự cố kỹ thuật do sự biến đổi bất thường, không lường trước như: Yếu tố về điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn; điều kiện kỹ thuật và môi trường thi công,... dẫn tới làm chậm tiến độ và làm tăng giá thành. Khi thi công các công trình ngầm có sử dụng máy đào hầm loại nhỏ, đòi hỏi có tính đồng bộ cao. Do đó, khi có sự cố tại một bộ phận hay một quy trình nào đó có thể dẫn đến bế tắc toàn bộ quá trình thi công. Việc tổng hợp, phân tích các nguyên nhân gây ra sự cố và đề xuất các giải pháp phù hợp để xử lý nhằm hạn chế, giảm thiểu các sự cố, đảm bảo chất lượng và tiến độ thi công các công trình ngầm nói chung và trong thi công các công trình ngầm tiết diện nhỏ nói riêng tại Việt Nam là hết sức quan trọng và cần thiết. Bài báo tập trung phân tích những nguyên nhân phức tạp, sự cố chủ yếu xảy ra trong thi công công trình ngầm nói chung và công trình ngầm có tiết diện nhỏ nói riêng. Từ đó đưa ra các giải pháp cụ thể cho từng trường hợp để khắc phục, hạn chế các rủi ro trong quá trình thi công. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để thực hiện các biện pháp thi công phù hợp với từng điều kiện cụ thể, góp phần nâng cao chất lượng, đảm bảo an toàn, đạt hiệu quả kinh tế cao.

Từ khóa: Công trình ngầm, máy đào hầm loại nhỏ, thi công công trình ngầm.

1. Mở đầu

Ngày nay cùng với sự phát triển kinh tế - xã hội và tốc độ đô thị hóa nhanh, không gian ngầm đô thị đã được nhiều nước trên thế giới và các nhà chuyên môn, chính quyền nhiều đô thị lớn ở Việt Nam quan tâm. Công trình ngầm (CTN) là một bộ phận của hạ tầng kỹ thuật đô thị, đóng vai trò quan trọng cho phát triển đô thị hiện đại, bền vững. Quá trình thi công các công trình ngầm luôn tiềm ẩn các nguy cơ, các sự cố có thể xảy ra bất cứ lúc nào, gây mất an toàn và làm ảnh hưởng đến tiến độ thi công. Sự cố trong thi công, sự chậm trễ trong chuỗi cung ứng vật liệu, thiết bị hoặc điều kiện địa chất khó dự đoán... là những vấn đề thường gặp khi thi công CTN. Điều này, làm giảm tốc độ thi công và thiệt hại về kinh tế khi giải quyết các vấn đề đó. Hơn nữa, đây là nguyên nhân tạo ra sự thiếu ổn định ở các khâu trong thi công CTN. Mặt khác, quá trình thi công CTN bằng máy đào hầm loại nhỏ (MĐHLN) đòi hỏi có tính đồng bộ cao, do đó một sự cố tại

Nghiên cứu các dạng sự cố thường gặp và giải pháp xử lý khi thi công các công trình ngầm bằng thiết bị đào hầm loại nhỏ

một bộ phận hay một quy trình nào đó có thể dẫn đến bế tắc toàn bộ quá trình thi công. Thực tế thi công các CTN bằng MĐHLN cho thấy bên cạnh các thành công lớn luôn gắn liền với các nguy cơ xảy ra sự cố kỹ thuật do sự biến đổi bất thường, không lường trước của điều kiện thi công như: Điều kiện địa chất, địa chất thủy văn, địa chất công trình... dẫn tới làm tăng giá thành, chậm tiến độ. Đối với Việt Nam, công nghệ thi công các CTN nói chung và công nghệ thi công đào hầm bằng máy đào hầm (MDH) nói riêng đã áp dụng để thi công các CTN như các dự án thủy điện, giao thông và gần đây nhất là thi công công trình tàu điện ngầm tại TP. HCM và Tp. Hà Nội. Trong khi thi công các CTN, vấn đề chủ yếu cần phải đạt được chính là chất lượng và tiến độ thi công của công trình.

Trong những năm qua, đã xảy ra nhiều sự cố khi thi công các CTN ở nước ta. Điển hình là tuyến cống bao bọc kênh Nhiêu Lộc - Thị Nghè do Ngân hàng Thế giới (WB) tài trợ có đường kính ống 3 m, chiều dài 8500 m, độ sâu 8,5 - 14 m so với cao trình của mặt đất. Điều kiện địa chất địa mạo tại TP. HCM rất phức tạp, tuy nhiên vì lý do khác nhau: Quá trình khảo sát sơ sài, thiếu chi tiết,... dẫn đến các đánh giá về điều kiện địa chất, địa chất công trình chưa thực sự đầy đủ, chính xác. Ngoài ra, trong quá trình thực hiện dự án cải thiện môi trường nước (giai đoạn II) tại TP. HCM với tổng chiều dài tuyến cống cần thi công là 34.827 m. Tất cả các tuyến cống bao được thi công dưới các con đường đang hiện hữu trong thành phố. Theo đánh giá, đây là những tuyến có điều kiện địa chất và địa chất công trình tương đối thuận lợi để áp dụng phương pháp kích đẩy. Tuy nhiên, trong quá trình xây dựng đã gặp nhiều sự cố khác nhau, giá thành xử lý sự cố lên đến 2 - 3 tỷ đồng cho mỗi sự cố xảy ra.

Ngoài các yếu tố về kỹ thuật và con người, các sự cố đã xảy ra đều có nguyên nhân do biến đổi điều kiện địa chất xung quanh vị trí xây dựng công trình; do sự xuất hiện những bất thường liên quan đến địa chất như túi khí, túi nước trong khối đất đá,... Chính vì hậu quả đặc biệt nghiêm trọng do các sự cố kỹ thuật trong xây dựng CTN nói chung và bằng MĐHLN nói riêng gây ra; nên việc nghiên cứu nhằm đề xuất các giải pháp hiệu quả để phòng ngừa và khắc phục các sự cố trong quá trình thi công CTN bằng MĐHLN là rất cần thiết.

Công tác tổng hợp, phân tích các nguyên nhân gây ra sự cố, nhằm rút ra các bài học kinh nghiệm để hạn chế, giảm thiểu các sự cố, đảm bảo chất lượng và tiến độ thi công CTN tiết diện nhỏ tại Việt Nam là điều hết sức quan trọng. Thành công của các công việc trong tương lai đều có thể đúc rút được không chỉ từ các kết quả thành công trong quá khứ, mà còn cả từ các bài học thất bại.

2. Khái niệm về xây dựng công trình ngầm tiết diện nhỏ

Khái niệm về xây dựng CTN bằng MĐHLN tại Việt Nam chưa có tài liệu nào đưa ra một cách đầy đủ. Nhưng theo một số tài liệu của một số nước như:

Nga, Mỹ, Pháp, Đức, Nhật, Trung Quốc,... Trong tài liệu [12] thì định nghĩa tổ hợp MĐHLN là tổ hợp thiết bị để xây dựng CTN có hệ thống điều khiển MĐH từ xa. Một định nghĩa khác được D. Stein [13] đề xuất là: “Thi công bằng MĐHLN, ống kích được kích từ giếng thi công với sự trợ giúp của một hệ thống kích đẩy đến giếng nhận. Đồng thời một hệ thống điều khiển từ xa điều khiển việc đào và vận đất đá tại gương đào ra ngoài”. Theo định nghĩa của Hiệp hội Kỹ sư xây dựng Hoa Kỳ (American Society of Civil Engineering - ASCE) công nghệ kích đẩy HTDN bằng MĐHLN là một hệ thống gồm nhiều đốt hầm được lắp đặt trực tiếp ở phía sau một MĐH, được đẩy đi bằng hệ thống kích thủy lực, từ một công trình kích đẩy (giếng kích) đến một công trình nhận (giếng nhận) để tạo thành một CTN trong lòng đất [7].

Hiện nay, khái niệm công trình ngầm tiết diện nhỏ (CTNTDN) là một khái niệm tương đối vì nó phụ thuộc vào công nghệ thi công. Ví dụ, thi công bằng khoan nổ mìn và sử dụng máy khoan cầm tay thì tiết diện nhỏ được cho là nhỏ hơn 18 m². Theo tác giả Võ Trọng Hùng [5] thì CTNTDN có diện tích mặt cắt ngang đến 20 m². Theo tác giả Nghiêm Hữu Hạnh [3], Trần Thanh Giám, Tạ Tiến Đạt [6] phân loại theo kích thước CTN thì CTNTDN có chiều ngang sử dụng nhỏ hơn 4 m.

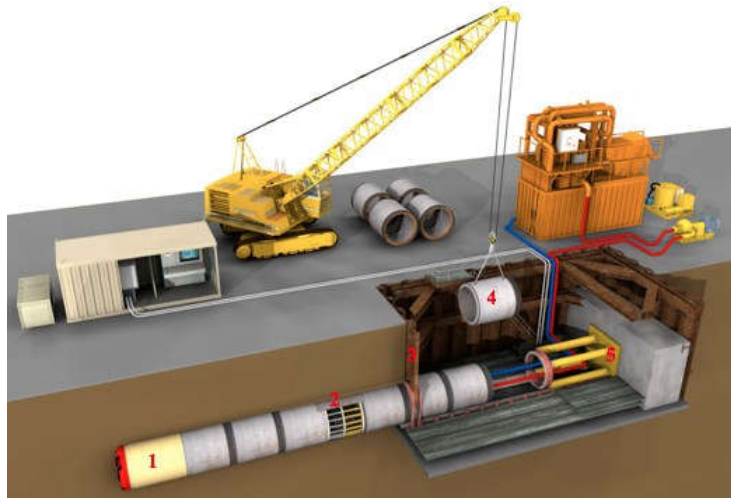
2.1. Công nghệ thi công hầm tiết diện nhỏ

Nhìn chung, công nghệ thi công CTNTDN rất phong phú và đa dạng, là tổ hợp khá linh hoạt của rất nhiều các giải pháp kỹ thuật và sơ đồ công nghệ khác nhau. Tên gọi của các phương pháp công nghệ thi công CTNTDN cũng có nhiều xuất xứ khác nhau, có thể theo nơi đã phát triển công nghệ hay phương pháp, theo giải pháp kỹ thuật phổ biến và nhiều khi còn là do thói quen. Vì vậy để giúp cho người thiết kế và thi công có thể linh hoạt lựa chọn các phương pháp thi công, các giải pháp kỹ thuật xử lý các tình huống có thể xảy ra. Dựa theo không gian thi công CTNTDN có thể phân ra thành hai nhóm chính: Phương pháp thi công lộ thiên (đào mở); phương pháp thi công ngầm (đào kín).

Với phương pháp thi công lộ thiên, toàn bộ hay một bộ phận của kết cấu CTN được lắp dựng trong điều kiện lộ nóc hay nói cách khác phương pháp này thường thi công theo hố đào sâu và đường hào (tường trong đất). Còn với phương pháp thi công ngầm thì toàn bộ kết cấu CTN được thi công lắp dựng trong điều kiện nóc kín hoặc lộ nóc nhưng tỷ lệ diện tích phần nóc lộ rất nhỏ so với tổng diện tích khối đá xung quanh CTN. Hay nói cách khác là phương pháp thi công không đào lộ bề mặt đất. Phương pháp thi công ngầm có thể được thể hiện theo nhiều phương pháp khác nhau, được kết hợp với nhiều biện pháp chống đỡ vách hầm và gương hầm khác nhau. Để đào đất, hiện nay có các phương pháp sau: Phương pháp đào bằng máy (MTBM - Micro tunnel boring machines); phương pháp kích đẩy ống (Pipe jacking); phương pháp khoan ngang

Nghiên cứu các dạng sự cố thường gặp và giải pháp xử lý khi thi công các công trình ngầm bằng thiết bị đào hầm loại nhỏ

định hướng (HDD - Horizontal directional drilling); phương pháp đóng ống (Pipe ramming); phương pháp khoan cơ học (Auger boring); phương pháp kéo ống trực tiếp (DPM - Direct pipe method). Mỗi phương pháp thi công đều có các ưu, nhược điểm và điều kiện áp dụng khác nhau. Các kết quả thực tế và nghiên cứu chỉ ra rằng, hiệu quả của công nghệ thi công xây dựng CTNTDN phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như: Điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn, công nghệ thi công, khả năng vận hành thiết bị của công nhân, kỹ sư. Trong quá trình vận hành thường không tránh khỏi những rủi ro, sự cố do khách quan lẫn chủ quan. Điều này làm ảnh hưởng đến hiệu quả cũng như chất lượng công trình. Trong khuôn khổ đề tài giới hạn nghiên cứu khi xây dựng các CTNTDN theo phương pháp kích đẩy bằng MĐHLN. Phương pháp này là kích đẩy các cấu kiện riêng biệt của CTNTDN dạng đốt hầm có mặt cắt ngang hình tròn hoặc chữ nhật vào trong lòng đất bằng thiết bị kích bố trí trên mặt đất, trong giếng kích, trong hầm hoặc trong công trình chuyên dùng. Phần đầu của MĐH được trang bị hệ thống cắt tách, phía trong các đốt hầm đất đá được đào và chuyển lên mặt đất [7, 8].



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý đào hầm bằng phương pháp kích đẩy

- 1 - Đầu đào; 2 - Hệ thống kích đẩy trung gian; 3 - Tấm chắn cửa hầm;
4 - Đốt hầm mới; 5 - Kích đẩy

Các đốt hầm được phủ lớp dán cách nước, còn các đầu nối giữa các cấu kiện được làm kín trong quá trình lắp dựng bằng cách đặt các tấm đệm đàn hồi như đệm cao su cách nước được chèn chặt kết hợp mối nối. Khi nền đường hầm là lớp đất cứng hoặc đất được nén chặt, có thể dùng các cấu kiện không khép kín phía dưới dạng chữ \cap để kích đẩy nhằm giảm nhẹ quá trình thi công. Khi đất yếu no nước, chúng cần được làm khô sơ bộ bằng cách hạ mực nước ngầm hoặc gia cố bằng phương pháp hóa học. Trong một số trường hợp khi đào hầm dưới

sông và kênh có thể tiến hành kích đẩy dưới áp lực khí nén. Thực tế chứng minh chiều dài CTN phù hợp với một lần kích là khoảng 100 - 250 m. Chiều dài tối đa có thể kích đẩy trong một lần kích là 800 m nếu không sử dụng hệ thống kích đẩy trung gian. Các đốt hầm được hạ xuống hệ thống đỡ được lắp ráp dưới đáy giếng và được kích đẩy vào trong lòng đất bằng hệ thống kích thủy lực theo từng đốt hầm. Các bước cần dịch chuyển của kích thủy lực phải bằng chiều dài của một đốt hầm.

Để truyền lực đều lên vỏ hầm giữa các cần của kích và mặt đầu của đốt hầm; có thể bố trí hệ thống phân lực dạng vòng hoặc khung hình chữ nhật (tùy theo mặt cắt ngang của vỏ hầm). Hệ thống này được thiết kế bằng thép cán hoặc bê tông cốt thép. Sau khi kích đẩy lần lượt các đốt hầm, hệ thống kích thủy lực thu lại và quay về vị trí cũ để có thể chuẩn bị cho quá trình kích đẩy các đốt hầm tiếp theo [7].

Nhánh đầu của đường hầm gắn với cơ cấu dao (đầu đào), ngăn ngừa sụt đất trong gương hầm và cắt chu tuyến của hầm đào. Kết cấu và kích thước phần đầu đào được xác định chủ yếu bằng tính chất của đất. Liên kết phần đầu đào với nhánh đầu của vỏ hầm có thể cứng hoặc mềm, cho phép di chuyển phần đào nào đó theo chiều ngang lần theo hướng đứng để điều chỉnh hướng kích đẩy.

Hầu hết CTNTDN nằm ở độ sâu không lớn, đi qua rất gần hoặc trực tiếp dưới nhà, trục đường ô tô, đường sắt hay đê đập, sông ngòi,... do đó yêu cầu về bảo vệ môi trường, kiến trúc cảnh quan, bảo vệ các biểu tượng kiến trúc cũng như sự hoạt động thông suốt trong quá trình xây dựng rất là khắt khe. Việc sử dụng phương pháp đào mở hoặc phương pháp máy khiên đào là rất khó khăn; phức tạp do liên quan đến chuyển vị và biến dạng của khối đất đá, làm hư hỏng hoặc phá vỡ trật tự đi lại của các phương tiện giao thông phía trên. Ngoài ra, thực tế chứng minh sử dụng máy khiên đào cho CTN có chiều dài ngắn 100 - 150 m là không hiệu quả. Chính vì những nguyên nhân đó, việc sử dụng “phương pháp kích đẩy” để thi công CTNTDN là hợp lý và hiệu quả [1, 2, 8, 9, 4, 12].

2.2. Nguyên nhân và ảnh hưởng của sự cố trong thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ

Trong quá trình vận hành MĐHLN để khai đào các đường hầm có thể xảy ra các sự cố làm đình trệ quá trình thi công, làm giảm tốc độ thi công xây dựng các đường hầm. Ngoài ra nó còn gây ra các rủi ro tiềm ẩn và nguy hiểm cho đội ngũ công nhân, gây thiệt hại lớn về kinh tế cho các dự án đào HTDN. Nhìn chung, trên thực tế có những sự cố phải chấp nhận chôn vùi cả các MĐH, các đầu đào có giá trị hàng triệu đô la trong lòng đất. Sự cố là chuỗi các biểu hiện, hiện tượng ảnh hưởng đến quá trình khai đào và xây dựng các CTNTDN nhất định, cụ thể là: Các hiện tượng, điều kiện bất lợi đồng thời xuất hiện ảnh hưởng đến

*Nghiên cứu các dạng sự cố thường gặp và giải pháp xử lý khi thi công
các công trình ngầm bằng thiết bị đào hầm loại nhỏ*

quá trình khai đào CTNTDN; khối đất đá có các yêu cầu phải được gia cường độ cứng vững hơn trước khi khai đào bằng MĐHLN; làm giảm tốc độ thi công, xây dựng các CTNTDN; sự cố trong quá trình vận hành các bộ phận, các hệ thống của các MĐHLN; giải pháp khắc phục được triển khai chậm và sự cố xuất hiện.

Nói chung, các sự cố xảy ra trong quá trình thi công và xây dựng các CTN thường có tính chất đặc biệt nghiêm trọng và có khả năng xảy ra với tần suất nhiều hơn so với các loại hình công trình xây dựng khác nếu chúng ta không có những hiểu biết về các điều kiện địa chất, địa chất thủy văn cũng như hiểu biết về lựa chọn, sử dụng cũng như vận hành các hệ thống của các MĐHLN. Trong quá trình thi công CTNTDN trên thế giới cũng như ở Việt Nam đã gặp phải rất nhiều các sự cố khác nhau. Mỗi sự cố xảy ra đều là những bài học hữu ích đối với những người xây dựng. Việc sử dụng các MĐHLN ở Việt Nam còn là vấn đề mới, kinh nghiệm sử dụng và vận hành của chúng ta còn hạn chế.

3. Đề xuất giải pháp phòng ngừa và khắc phục sự cố khi thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ

3.1. Nhóm các giải pháp phòng ngừa

Để thi công CTN bằng MĐHLN đảm bảo an toàn, hạn chế thấp nhất các nguy cơ xảy ra sự cố, thi công đúng tiến độ đề ra và tiết kiệm về kinh tế. Để phòng ngừa sự cố trong thi công CTN bằng MĐHLN, hiệu quả nhất là tiến hành các biện pháp mang tính chủ động để giảm thiểu khả năng xảy ra sự cố cũng như mức độ tác động của nó khi xảy ra. Nói cách khác, cần đảm bảo chất lượng của tất cả các công việc liên quan đến dự án ngay từ khâu khảo sát thiết kế đến khi thi công hoàn thành công trình. Để phòng ngừa các sự cố, cần tập trung vào các nhóm giải pháp: Các giải pháp về thiết kế dự án xây dựng CTN thi công bằng MĐHLN; các giải pháp về chất lượng quản lý, vận hành thi công công trình; lựa chọn MĐH cùng trang thiết bị đi kèm.

3.2. Các giải pháp khắc phục

3.2.1. Giải pháp khắc phục sự cố do các lỗi về công tác điều tra khảo sát địa chất khu vực tuyến thi công các CTN bằng MĐHLN

Việc lựa chọn phương pháp đào phụ thuộc vào tính ổn định của đất nền. Tính ổn định của đất nền phụ thuộc vào độ chính xác của công tác khảo sát địa kỹ thuật. Đối với từng loại địa chất khác nhau cần xem xét tính toán lựa chọn một cách cẩn thận để chọn được loại máy đào hầm phù hợp đảm bảo thi công an toàn mà vẫn đảm bảo về mặt kinh tế. Hiện nay, trên thế giới và ở Việt Nam, MĐHLN vận chuyển đất đá thải bằng thủy lực được sử dụng rất phổ biến. Đầu cắt của MĐHLN có thể thay đổi linh hoạt tùy thuộc vào điều kiện đất đá. Đất dính là loại đất thuận lợi nhất để áp dụng công nghệ kích đẩy. Cũng có thể sử dụng công

nghệ này trong những điều kiện đất nền không ổn định, nhưng cần phải có các giải pháp xử lý đặc biệt (sử dụng khí nén, khiên áp lực vữa bùn hoặc bentonite...). Ngoài ra, trong điều kiện đất nền không ổn định khi thi công CTN bằng MĐHLN công nghệ kích đẩy ống thường được kết hợp với các giải pháp xử lý khác như: Hạ thấp mực nước ngầm tại vị trí thi công; xử lý nền bằng kỹ thuật phun vữa xi măng, hoặc các loại vữa hóa học khác; sử dụng các phương pháp chống đỡ trước gương đào; sử dụng giải pháp đóng băng nền trong một số trường hợp đặc biệt,... Việc lựa chọn phương pháp đào, các giải pháp kết hợp cần được xem xét kỹ phù hợp với điều kiện hiện trạng.

3.2.2. Giải pháp khắc phục sự cố do các lỗi do công nhân vận hành hệ thống MĐHLN

Để phòng ngừa và phát hiện sớm các sự cố do việc quản lý chất lượng và vận hành thi công cần phải đảm bảo các giải pháp:

- Liên tục quan trắc, kiểm tra độ lệch dịch chuyển, lệch trước, trong và sau khi thi công CTN. Các sự cố xảy ra khi thi công CTN bằng MĐHLN phần lớn nguyên nhân từ sự biến đổi các yếu tố như địa chất, nước ngầm, áp lực,... các yếu tố này đều có thể đo đạc bằng các thiết bị quan trắc khác nhau. Việc phát hiện sớm những thay đổi về mặt địa chất, những biến dạng của kết cấu công trình, độ lệch của đầu đào,... có ý nghĩa quan trọng không chỉ ở chỗ sớm xác định được những nguy cơ có thể xảy ra sự cố mà còn cho phép người kỹ sư đề xuất các giải pháp phòng ngừa, khắc phục kịp thời, hiệu quả.

Đối với máy đào hàm điểm tiêu chuẩn được thiết lập tại giếng thi công, máy toàn đạc, máy đo kinh vĩ sẽ được lắp đặt tại giếng thi công để có thể quan sát được điểm mục tiêu tại đầu máy đào hàm. Với các đoạn kích cong, khi không thể nhìn thấy điểm mục tiêu từ giếng kích cần tính toán hợp lý vị trí đặt máy đo trong ống kích để luôn đảm bảo quá trình quan trắc, đo đạc.

Cần thiết lập mạng lưới các mốc và tiến hành đo lún trên bề mặt. Đưa ra kế hoạch giám sát mặt đất trong quá trình khoan kích hợp lý.

- Sử dụng hệ thống quản lý, kiểm soát rủi ro, quản lý chất lượng như một phần của dự án;

- Sử dụng các phần mềm mô phỏng để dự đoán các sự cố ảnh hưởng đến quá trình thi công, tiến độ thi công. Hiện nay, công nghệ vi tính đã phát triển rất cao, đã có nhiều phần mềm tính toán, mô phỏng cho toàn bộ quá trình thi công CTN bằng MĐHLN nhằm nâng cao tiến độ thi công, tránh những gián đoạn ngoài ý muốn và ước lượng chuẩn xác thời gian hoàn thành công trình. Rất nhiều tác giả đã sử dụng hoặc xây dựng môđun mô phỏng để phân tích, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ thi công CTN tiết diện nhỏ.

3.2.3. Thiết kế ống kích

Trong quá trình thiết kế, cần chú ý đặc biệt tải trọng dọc trục (lực dọc) xuất hiện trong giai đoạn nén ép ống, công. Áp lực nén ép, hay còn gọi là lực tiến gương. Lực kháng nén ép bao gồm: Lực kháng phía gương đào và ma sát trên vỏ ống kích. Với các loại máy thi công hiện nay, lực kích dao động từ 300 - 600 kN/m². Lực ma sát, phụ thuộc vào loại đất đá, dao động từ 1 - 30 kN/m². Khi sử dụng các chất bôi trơn có thể giảm lực ma sát tới 50 % [11]. Với những CTN có chiều dài giữa các giếng thi công lớn, lực nén ép sẽ lớn cần bố trí một các hợp lý các trạm kích trung gian để không gây phá hoại ống kích trong quá trình thi công kích đẩy.

3.2.4. Giải pháp khắc phục các sự cố khi thi công CTN bằng MĐHLN

Mặc dù đã áp dụng các giải pháp nhằm phòng ngừa các sự cố, nhưng trong quá trình thi công CTN bằng MĐHLN sự cố vẫn có thể xảy ra. Khi đó, nhiệm vụ đặt ra là tìm các biện pháp khắc phục thích hợp nhất nhằm giảm thiểu mức độ tác động của sự cố tới CTN, đầu đào và đảm bảo an toàn của con người, các công trình trên bề mặt. Do tính đa dạng phức tạp của sự cố nên các giải pháp khắc phục chúng cũng rất khác nhau bao gồm cả các biện pháp về điều chỉnh quy hoạch, thiết kế, phương pháp thi công hoặc các điều chỉnh kỹ thuật - công nghệ đơn giản. Khi sự cố xảy ra cần nhanh chóng tìm hiểu nguyên nhân đưa ra các giải pháp xử lý nhanh chóng đảm bảo an toàn cho con người và máy móc. Khi có dấu hiệu hoặc sự cố xảy ra cần đánh giá tỷ lệ định tính mức độ của sự cố và phân loại (Bảng 1) để nhanh chóng đưa ra các biện pháp cần thiết, thích hợp nhằm giảm tác động của sự cố tới CTN, thiết bị, con người và công trình trên bề mặt.

Bảng 1. Tỷ lệ định tính mức độ rủi ro của sự cố và các biện pháp cần thiết [10]

Tỷ lệ (%)	Mức độ	Các biện pháp cần thiết
17 - 25	Rất nghiêm trọng	Không được phép thi công nếu chưa khắc phục được sự cố, nếu không thể giảm thiểu hoặc khắc phục thì cần xem xét khả năng ngừng dự án.
13 - 16	Nghiêm trọng	Không được phép thi công tiếp tục khi chưa tìm hiểu được nguyên nhân và cách khắc phục sự cố.
9 - 12	Đáng kể	Công tác thi công vẫn có thể tiếp tục nhưng cần quan trắc và có biện pháp đối phó.
5 - 8	Nhỏ	Quá trình thi công diễn ra bình thường, nhưng tiến độ thi công bị chậm.
1 - 4	Không đáng kể	Thi công bình thường

3.3. Một số giải pháp xử lý sự cố

Xử lý sự cố sụt lở trước gương đào. Thay đổi tốc độ quay của đầu cắt máy đào hầm; sử dụng đầu cắt phù hợp với từng điều kiện đất đá. Nếu có nước tràn vào máy đào hầm hoặc CTN thì cần tăng cường công suất bơm thoát nước;

Xử lý lún bề mặt. Quan trắc lún bề mặt, kiểm tra mực nước ngầm; gia cường khối đất đá phía dưới khu vực bị lún;

Xử lý kẹt máy đào hầm. Tăng tốc độ đào, ngăn chặn không cho nước vào hệ thống máy đào hầm cũng như phần CTN đã thi công; sử dụng các chất bôi trơn làm giảm ma sát giữa đầu đào và khối đất đá;

Xử lý đầu cắt bị mòn, bị kẹt. Thay đổi chiều quay đầu cắt, phụt rửa phần dưới đầu cắt để giảm lực dính; trang bị bộ phận phun nước để giảm lực dính cho đầu cắt; lựa chọn đầu cắt phù hợp với điều kiện thực tế.

Khi xảy ra sự cố, các bên liên quan có trách nhiệm phối hợp cùng giải quyết; nhanh chóng phân tích các yếu tố, nguyên nhân dẫn đến sự cố và xây dựng giải pháp khắc phục hiệu quả, đảm bảo an toàn cho CTN và con người đồng thời tiết kiệm về chi phí cho công trình.

4. Kết luận

Thi công CTN bằng MĐHLN là công nghệ mới, với ưu điểm nổi bật hạn chế tối đa các tác động ảnh hưởng đến giao thông, các công trình trên bề mặt; thích hợp thi công trong các điều kiện chật hẹp, khu vực qua đường cao tốc, các khu vực đông dân cư,... khi mà các phương pháp thi công khác không hợp lý hoặc không thực hiện được. Các sự cố phức tạp trong quá trình thi công các CTN sẽ làm ảnh hưởng đến tiến độ và chất lượng công trình. Nguyên nhân của các sự cố phức tạp trong thi công CTN có thể được đề cập đến trong các nhóm chủ yếu sau:

- *Nhóm nguyên nhân khách quan gồm:* Do các hiện tượng bất thường địa chất xuất hiện trong quá trình thi công; khi thi công gặp móng các công trình đang hoạt động trên bề mặt; thi công trong địa tầng địa chất mềm yếu, chứa nước; các vật cản khó dự báo trước hoặc trong quá trình thi công.

- *Nhóm nguyên nhân chủ quan gồm:* Thao tác vận hành của người điều khiển trong quá trình khai đào không chính xác; lựa chọn và lắp đặt thiết bị MĐHLN không phù hợp; người vận hành máy đào thiếu kinh nghiệm, thiếu hiểu biết về điều kiện địa chất công trình; những thiếu sót và lỗi trong quá trình thiết kế...

Để thi công CTN bằng MĐHLN đảm bảo an toàn, hạn chế thấp nhất các nguy cơ xảy ra sự cố, đúng tiến độ và tiết kiệm chi phí cần đảm bảo chất lượng các công đoạn từ khảo sát thiết kế đến các công việc trong quá trình thi công. Đề phòng ngừa sự cố trong quá trình thi công cần tập trung vào các nhóm giải pháp

*Nghiên cứu các dạng sự cố thường gặp và giải pháp xử lý khi thi công
các công trình ngầm bằng thiết bị đào hầm loại nhỏ*

như: Các giải pháp về thiết kế dự án xây dựng công trình ngầm thi công bằng máy đào hầm loại nhỏ; các giải pháp về chất lượng quản lý, vận hành thi công công trình; giải pháp lựa chọn MĐH và thiết bị đi kèm.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bùi Đức Chính và nnk, 2007. *Nghiên cứu công nghệ kích đẩy trong thi công công trình ngầm ở Việt Nam*, Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [2] Hà Tiên Chung, 2014. *Sử dụng modul MISAS đánh giá ảnh hưởng của sự cố đến tốc độ thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- [3] Nghiêm Hữu Hạnh, 2012. *Bài giảng môn học Công trình ngầm*, Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
- [4] Lương Toàn Hiệp, 2014. *Công nghệ kích đẩy kết cấu chống giữ để xây dựng công trình ngầm tiết diện nhỏ đặt nông qua khu vực đất yếu tại Thành phố Hồ Chí Minh*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- [5] Võ Trọng Hùng, 2017. *Thiết kế quy hoạch, cấu tạo công trình ngầm*, Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
- [6] Trần Thanh Giám, Tạ Tiên Đạt, 2011. *Tính toán thiết kế công trình ngầm*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [7] Nguyễn Bá Kế, 2012. *Thiết kế và thi công hố móng sâu*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [8] Hoàng Ngọc Phương, 2015. *Nghiên cứu ứng dụng kích đẩy trong xây dựng đường ống hạ tầng ở thành phố Hà Nội*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật ngành xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp. Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội.
- [9] Liên doanh Yasuda - Kolon, 2015. *Biện pháp thi công khoan kích ngầm*, Công trình “Cải thiện môi trường nước Thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn 2” gói thầu G xây dựng hệ thống cống bao, TP. Hồ Chí Minh.
- [10] American Society of Civil Engineers, 2001. *Standard construction guidelines for microtunneling*, Reston, Virginia 20191-4400: Construction Institute/American Society of Civil Engineers.
- [11] Herrenknecht AG. The information from the company Herrenknecht AG. <http://www.herrenknecht.com>.
- [12] Trung Thanh Dang (2013). *Analysis of microtunnelling construction operations using process simulation*, PhD thesis,
- [13] D. Stein (2005). *Trenchless technology for installation of cables and pipelines*, Bochum, Germany.

Abstract
Research on the disturbances and solutions
when using microtunnel boring machine

Nguyen Van Thinh, Dang Trung Thanh, Nguyen Duyen Phong
Hanoi University of Mining and Geology (HUMG)
*Email: nguyenvanhtinh@humg.edu.vn

Microtunnelling operations require the integration of different construction processes such as supply chain management for the machine or for material handling and always has potential risks of technical problems due to geological conditions, hydrogeology,... Breakdowns of critical processes will directly affect the performance of the construction, with impacts on extended construction time, increased cost as well as reduced productivity of the microtunnelling project. Therefore, the analyze of the causes of disturbaces and solutions in order to limit and minimize the incidents, ensure the quality and process of construction of tunnel using microtunnelling in Vietnam is very important and necessary. The paper focuses on analyzing the complex causes, the main disturbances occurring in underground construction microtunnelling. The objective of the paper provide solutions for each case to overcome and limit risks during construction as well. Research results are the basis for implementing construction suitable to each specific condition, in order to improving quality, ensuring safety, and achieving high economic efficiency.

Keywords: Tunnel, microtunneling machine, underground construction.

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ
Nhà A16 - Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội
Điện thoại: Phòng Phát hành: **024.22149040**;
Phòng Biên tập: **024.37917148**;
Phòng Quản lý Tổng hợp: **024.22149041**;
Fax: **024.37910147**; Email: **nxb@vap.ac.vn**;
Website: **www.vap.ac.vn**

TUYỂN TẬP
CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC HỘI NGHỊ
KHOA HỌC TOÀN QUỐC
“CƠ HỌC ĐÁ - NHỮNG VẤN ĐỀ ĐƯƠNG ĐẠI”
VIETROCK2021

Chịu trách nhiệm xuất bản
Giám đốc, Tổng biên tập
PHẠM THỊ HIẾU

Biên tập: Nguyễn Thị Chiên, Lê Phi Loan
Trình bày kỹ thuật: Đỗ Hồng Ngân
Trình bày bìa: Đỗ Hồng Ngân

Liên kết xuất bản:

Hội Cơ học đá Việt Nam
Địa chỉ: Viện Địa chất - Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam
Số 34 phố Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội

ISBN: 978-604-9988-55-4

In 150 cuốn, khổ 16×24 cm, tại Công ty CP Khoa học và Công nghệ Hoàng Quốc Việt. Địa chỉ: Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội.
Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3216-2021/CXBIPH/05-40/KHTNVCN.
Số quyết định xuất bản: 65/QĐ-KHTNCN, cấp ngày 07 tháng 10 năm 2021.
In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2021.