



CÔNG NGHỆ VÀ XU HƯỚNG SỬ DỤNG MÁY ĐÀO HẦM KHI THI CÔNG CÔNG TRÌNH NGẦM TẠI VIỆT NAM

Trần Tuấn Minh, Đặng Trung Thành,
Nguyễn Duyên Phong
Trường Đại học Mỏ-Địa chất
Email: tuanminhhumg@yahoo.com

TÓM TẮT

Thi công công trình ngầm (CTN) bằng công nghệ hiện đại với các máy đào hầm ngày càng được áp dụng rộng rãi trên thế giới. Ưu điểm của máy đào hầm là tốc độ thi công nhanh khi không gặp các sự cố, công tác chống giữ được thực hiện ngay trong và sau quá trình tách bóc đất đá từ gương hầm nên đảm bảo độ ổn định cho đất đá xung quanh đường hầm. Các công tác trong chu kỳ từ khai đào, vận tải đất đá thải và chống giữ ổn định cho đường hầm được thực hiện bằng cơ giới hoá do đó giảm tối đa sự hiện diện của con người trong quá trình đào hầm.

Tại Việt Nam, hiện nay xu hướng xây dựng các CTN ngày càng được quan tâm và chú trọng, đặc biệt là trong việc giải bài toán ách tắc giao thông tại hai thành phố lớn là Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh. Bên cạnh đó, các dự án đường cao tốc Bắc Nam với hàng trăm km hầm xuyên núi, các hầm thủy lợi, quân sự, khai thác mỏ cũng ngày càng được quan tâm và chú ý hơn. Trong bài báo nhóm tác giả giới thiệu công nghệ đào hầm bằng máy khoan hầm (TBM) và xu hướng áp dụng thiết bị này trong xây dựng các công trình ngầm ở Việt Nam.

Từ khóa: máy khoan hầm, khiên đào, công nghệ hiện đại, thiết bị, các rủi ro.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khác với việc thi công các công trình trên bề mặt khác, thi công CTN là công việc khó khăn và phức tạp do điều kiện thi công và không gian làm việc nhỏ hẹp. Sự khó khăn còn xuất phát từ những rủi ro khó nhận biết từ các điều kiện địa chất, địa chất thủy văn và thiên nhiên khác. Chính vì vậy mà việc hạn chế các rủi ro đến mức thấp nhất do tác động của xây dựng công trình ngầm đến con người trong thi công, vận hành cũng như các công trình lân cận trên bề mặt phải được quan tâm và chú trọng. Các máy khoan hầm (TBM - Tunnel Boring Machines) ra đời từ những năm giữa của thế kỷ 18 khi khai đào đường hầm qua sông Thames ở Anh, đến dự án đào hầm dưới đáy biển Manche nối giữa Anh và Pháp với các máy đào hầm hiện đại. Theo thời gian nhiều thế hệ máy đào hầm khác nhau đã ra đời và phát triển. Đến nay, các máy đào hầm với những cỡ máy lớn với đường kính lớn hơn 20 m đã được áp dụng ở Italia, Trung Quốc, và các quốc gia khác. Tại Việt Nam, máy đào hầm được áp dụng đầu tiên khi thi công hầm dẫn nước tại dự án thủy điện Đại Ninh năm 2004. Máy đào hầm được sử dụng tại dự án có đường kính 5,8 m nặng 450 tấn do Italia sản xuất.

Thời gian gần đây, sự phát triển mạnh mẽ của các đô thị ở nước ta dẫn đến tình trạng quá tải về giao thông trên mặt. Tại hai thành phố lớn là Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh đã và đang thi công hệ thống metro bằng các máy đào hầm. Tuy nhiên, để người đọc hiểu hơn về công nghệ đào hầm tiên tiến này, trong bài báo chia sẻ, giới thiệu về công nghệ đào hầm với các máy đào hầm TBM và xu hướng sử dụng các loại máy này vào trong lĩnh vực xây dựng các công trình ngầm tại Việt Nam.

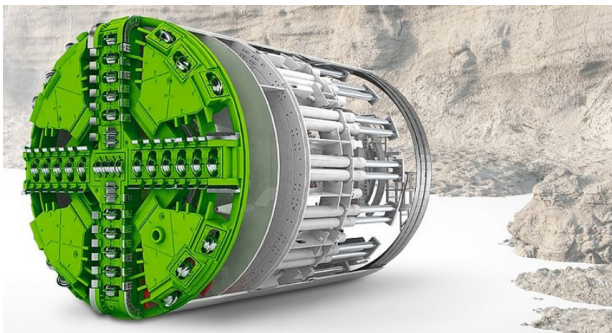
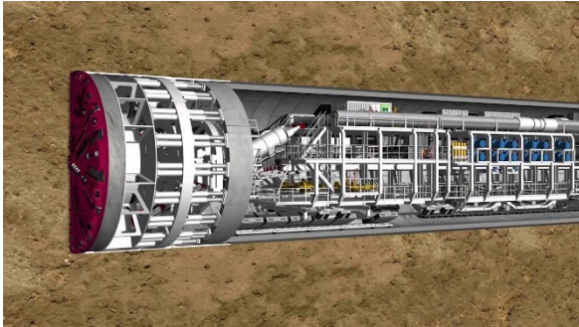
2. VẤN ĐỀ TRAO ĐỔI

2.1. Đặc điểm công nghệ máy khoan hầm

Máy khoan hầm là máy đào hầm toàn tiết diện, tách bóc đất đá bằng lực cơ học nhờ các dụng cụ như đĩa cắt, răng cắt gắn trên đầu đào, được cơ giới hoá các khâu công nghệ khác của quá trình thi công như vận chuyển đất đá, gia cố đường hầm và gương hầm. Máy khoan hầm có thể được chia ra các loại khác nhau tùy thuộc vào thiết bị đào phá đất đá trên bề mặt gương hầm cũng như cơ chế vận chuyển đất đá thải và hệ thống chống giữ đất đá trên gương và phía sau gương đào. Thông thường, máy khoan hầm được sử dụng cho các loại đất đá mềm yếu (Hình H.1.a) và khi đào



hầm qua đất đá cứng vững (Hình H.1.b). Khi trên gương hầm tồn tại hỗn hợp cả đất và đá thì người ta sử dụng loại kết hợp của hai loại này với đặc điểm của cả các đĩa cắt và răng cắt đào xới đất đá trên gương.



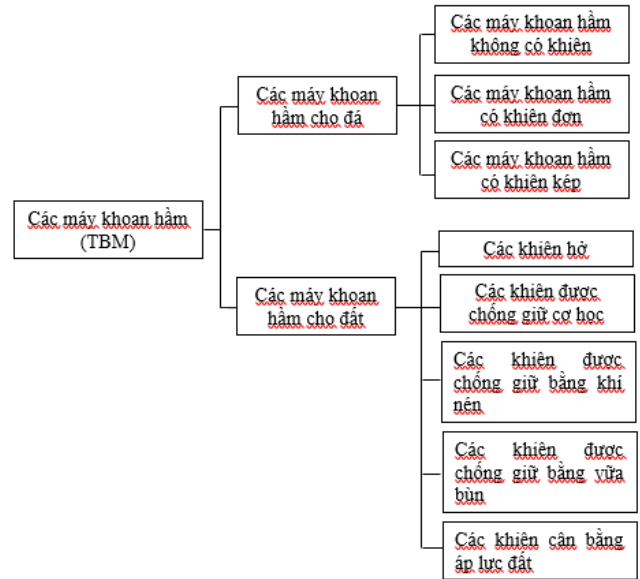
H.1. Máy khoan hầm (TBM): a - Máy khoan hầm cho đất; b - Máy khoan hầm cho đá

Đường kính của máy khoan hầm thông thường 1,7÷16 m (hiện nay đường kính có thể lên đến 22m). Với các loại đường kính nhỏ <(2,5÷3,0) m người ta có thể coi là các máy khoan hầm loại nhỏ (micro-TBM). Loại này thường sử dụng cho các công trình ngầm hạ tầng kỹ thuật, cấp thoát nước, đường hầm kỹ thuật. Hiện nay các hãng chế tạo các máy khoan hầm nổi tiếng trên thế giới có thể kể đến như: Herrenknecht, Wirth (Cộng hòa Liên bang Đức); Lovat (Canada); Robin (Mỹ); E-BERK (Thổ Nhĩ Kỳ); Terratec (Australia); SELI Technologies (Italia); EM, Hoban (Hàn Quốc); Hitachi Zosen (Tổng công ty IHI); Kawasaki, Komatsu (Nhật Bản); CRCHI, CREG, Lovsuns, LNSS, NHI, STEC, Tianye Tolian (Trung Quốc).

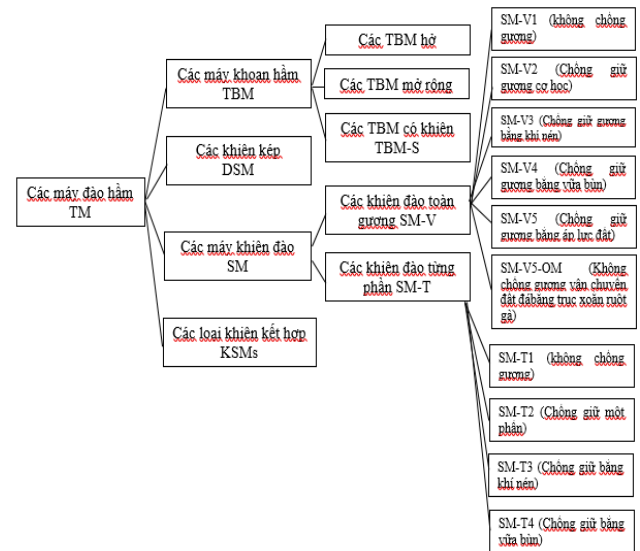
2.2. Phân loại máy khoan hầm

Các máy khoan hầm được phân chia ra nhiều loại dựa vào các tiêu chí khác nhau như thiết bị đào phá đất đá trên gương, cơ cấu vận chuyển đất đá thải, đường kích và kích thước của máy khoan

hầm, cơ chế chống giữ gương hầm và xung quanh đường hầm ở khu vực đầu đào. Sơ đồ phân loại các máy khoan hầm (TBM) có thể được mô tả như các hình bên dưới.



H.2a. Sơ đồ phân loại máy khoan hầm (TBM) [1].



H.2b Sơ đồ phân loại các máy khoan hầm [2].

Sự khác nhau của hai loại máy khoan hầm (TBM) và khiên đào (SM -Shield Machines) còn thể hiện ngay ở phía trên đầu cắt của thiết bị. Với các SM thì các thiết bị cắt phá đất đá trên đầu cắt có dạng như Hình H.3.a phục vụ cho đất và đất mềm yếu. Các TBM cho đá cứng thường sử dụng với các đĩa cắt đơn và đôi trên trục được gắn với đầu cắt của TBM để bào, cắt phá đá trên gương đào (Hình H.3.b). Trường hợp gương đào có cả đất và đá thì sự hỗn

hợp của hai loại thiết bị đào phá đất đá trên được thiết kế gắn trên bề mặt đầu đào của máy.

động hoặc thay đổi liên tục trên chu tuyến của công trình, khi điều kiện địa chất thay đổi thì ảnh hưởng đến việc sử dụng các loại răng cắt khác nhau, điều kiện thi công cho từng loại TBM là không hiệu quả. Việc thăm dò địa chất không đúng có thể dẫn tới việc dừng máy TBM hoặc việc làm sập đổ gương hầm cũng như khối đất đá xung quanh công trình ngầm (Hình H.4).

Khi đào hầm trong khu vực có nước ngầm thì sự thay đổi mực nước ngầm cũng như áp lực của nước ngầm tác dụng đến gương đào cũng gây ảnh hưởng đến hiệu quả thi công công trình ngầm bằng máy khoan hầm. Cụ thể khi áp lực chống giữ gương không đủ để chống lại áp lực nước ở xung quanh làm cho nước bùn đất có thể chèn ngập vào trong đường hầm, yếu tố nước ngầm có tính ăn mòn cùng làm mòn răng cắt, đầu cắt cũng như thiết bị của máy khoan hầm.

Một yếu tố địa chất khác cũng có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả thi công công trình ngầm bằng các máy khoan hầm đó là yếu tố đất đá bị nén ép, chịu ứng suất trước. Khi đó, quá trình khai đào đường hầm sẽ giải phóng ứng suất bị nén ép trong đất đá sinh ra một số hiện tượng như tróc vỡ, phá vỡ quá cỡ, cũng như sập đổ đất đá vào trong công trình ngầm và buộc phải dừng việc thi công đường hầm lại để chống giữ đường hầm.

Các rủi ro từ các yếu tố chủ quan công nghệ khi thi công hầm bằng TBM. Tốc độ thi công đường hầm phụ thuộc vào loại TBM và các trang thiết bị phụ trợ đi kèm, cũng như khả năng cung ứng thiết bị phụ tùng thay thế khi hỏng hóc của đơn vị thi công. Khi có sự thay đổi điều kiện đất đá thì cũng dẫn đến mức độ hao mòn răng cắt khác nhau, việc thay đổi răng cắt trên đầu cắt cũng làm chậm tiến độ đào hầm bằng máy TBM. Thông thường trong các đá có độ cứng lớn, tính chịu mài mòn cao thì chi phí răng cắt cho đào hầm sẽ lớn hơn trong đất

Soil tools



a)

Rock tools



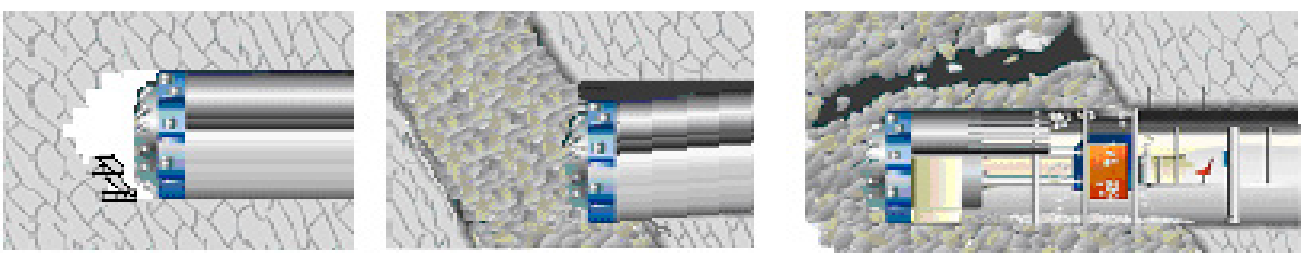
b)

H.3. Các dạng thiết bị đào cắt gắn trên đầu máy khoan hầm TBM:

a - Các thiết bị đào cắt cho đất; b - Các thiết bị đĩa cắt cho đá

2.3. Rủi ro có thể gặp phải trong khi khai đào hầm bằng TBM

Có rất nhiều rủi ro từ các yếu tố khách quan (điều kiện địa chất khu vực khai đào đường hầm) hoặc yếu tố chủ quan trong khi thi công xây dựng đường hầm. Máy khoan hầm thường được áp dụng cho những khu vực địa chất ít có tính biến



H.4. Yếu tố chính làm cho TBM bị ngừng hoạt động do các vấn đề về điều tra địa chất (Kovári et al, Tunnels and tunnelling international, 9-1993)



đá mềm yếu và thời gian thay răng cắt trong quá trình khai đào cũng phải tăng lên, do đó mà tốc độ đào hầm sẽ bị chậm lại. Ngoài ra trong quá trình hoạt động còn có thể bị hỏng các bộ phận trong bản thân máy như: Bộ phận đầu đào, bộ phận nâng đỡ kết cấu chống, bộ phận cung cấp khí nén, bộ phận xử lý bụi, ... sẽ dẫn đến buộc phải thay thế hoặc sửa chữa chúng bằng các thiết bị dự phòng.

Khi khai đào và di chuyển TBM có thể các kích thủy lực sẽ tỳ lên phần kết cấu đỡ chống giữ ở phía sau hoặc việc tỳ lên đất đá để tạo lực đẩy kích đầu đào thâm nhập vào trong đất đá hoặc để di chuyển TBM có thể gây ra hiện tượng phá hủy kết cấu chống giữ hoặc làm hư hại hệ thống lưới thép, bê tông phun (nếu có) hoặc khối đá xung quanh đường hầm buộc phải xử lý. Công tác dập bụi, cấp

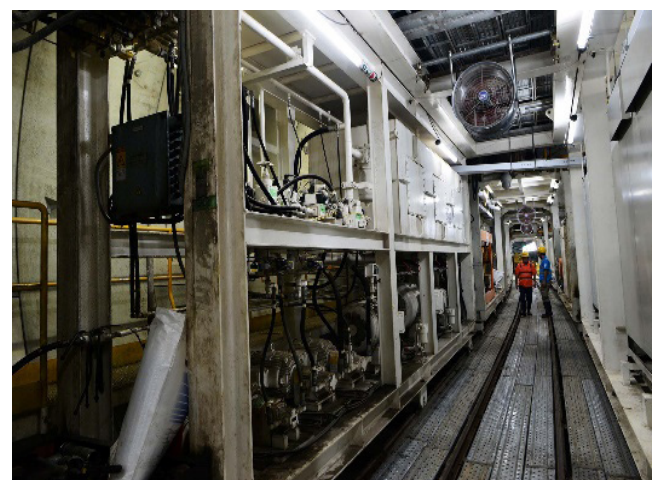
nước, chiếu sáng bị hư hỏng hoặc kém chất lượng cũng làm giảm hiệu quả tốc độ thi công hầm bằng các máy TBM.

Đối với những đường hầm nằm gần mặt đất thì việc thi công các đường hầm bằng TBM thường gây ra các biến dạng lún bề mặt làm ảnh hưởng đến các công trình trên mặt. Nhiều trường hợp việc khai đào đường hầm còn làm hư hỏng đến các công trình trên bề mặt, khi đó buộc phải dừng việc khai đào đường hầm lại để khắc phục các sự cố sau đó mới tiếp tục đào đường hầm. Như vậy việc khắc phục sự sẽ làm giảm tiến độ thi công cũng như tăng thời gian máy chết (không hoạt động) của máy làm giảm hiệu quả thi công hầm.

Trình độ vận hành, tay nghề của đội thợ thi công, phán đoán dự đoán của chuyên gia không



**H.5. Hình ảnh máy khoan hầm đang sử dụng tại Việt Nam:
a - Tuyến số 3 tại Hà Nội; b - Máy khiên đào tuyến số 1 tại Tp. Hồ Chí Minh**



H. 6. Hình ảnh quá trình lắp đặt và thiết bị bên trong Máy khoan đào tuyến số 1 tại Tp. Hồ Chí Minh: a - Quá trình lắp đặt đầu đào; b - Bên trong máy

hợp lý cũng tồn tại rủi ro làm giảm hiệu quả thi công và cần phải có các giải pháp khắc phục khi thi công công trình ngầm bằng máy khoan hầm.

2.4. Đặc trưng của máy khoan hầm cho dự án tàu điện ngầm tại Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh

Hiện nay tại 2 dự án metro lớn của Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh, bao gồm tuyến metro số 3 Nhỏn- Ga Hàng Cỏ, và tuyến số 1 Bến Thành- Suối Tiên đã và đang sử dụng 02 máy khoan hầm dạng khiên đào SM. Khiên đào SM cho dự án Bến Thành-Suối Tiên (hình H.5.b) do Nhật sản xuất và chuyển giao sang Việt Nam thi công, chiều dài của SM 70m, nặng 300 tấn để đào hai đường hầm song song nối giữa ga Ba Son và ga Nhà hát Tp. Hồ Chí Minh, với tổng chiều dài mỗi hầm 781 m. Tại Hà Nội, dự án đường sắt Nhỏn-Ga Hàng Cỏ tuyến số 3 đoạn đi ngầm từ khách sạn Daewoo đến Ga Hàng Cỏ cũng đã tiến hành lắp đặt song 02 máy đào hầm loại SM do hãng Herrenknecht của Đức sản xuất (hình H.5a). Máy có chiều dài hơn 100 m, nặng khoảng 850 tấn với bộ phận khiên đào phía trước, đường kính của khiên sử dụng là 6,55 m. Hình ảnh quá trình lắp đặt đầu đào từ giếng xuất phát ga Ba Son và hình ảnh các thiết bị bên trong tổ hợp khiên đào của tuyến metro số 1 Tp. Hồ Chí Minh được thể hiện như trong Hình H.6. Loại SM này đào được trong các lớp đất đá yếu, chứa nước, khả năng cơ giới hoá toàn bộ từ công tác đào phá đất đá đến chống giữ gương hầm và biên hầm sau khi khai đào. Tuy nhiên, nhược điểm lớn nhất của công nghệ SM này tại Việt Nam hiện nay đó là giá thành SM tại Việt

Nam tương đối đắt, số lượng công nhân, kỹ sư có tay nghề cao hiểu biết và vận hành loại máy này ở Việt Nam còn hạn chế. Các giải pháp hỗ trợ đi kèm, khả năng cung ứng thiết bị vật tư cho loại máy này còn hạn chế và phụ thuộc nhiều từ nguyên vật liệu nhập ngoại, Việt Nam chưa tự chủ được nên càng làm tăng chi phí cho loại máy đào hầm này.

2.5. Xu hướng ứng dụng máy khoan hầm trong lĩnh vực xây dựng công trình ngầm

Nói chung, việc áp dụng các loại máy khoan hầm cho từng điều kiện cụ thể khác nhau tại các dự án xây dựng công trình ngầm là công việc phức tạp, đòi hỏi phải có các điều tra khảo sát địa chất cũng như hiểu biết về trang thiết bị máy móc và phạm vi áp dụng của máy móc cũng như suất đầu tư ban đầu rất lớn. Do đó, cần phải được chú trọng và tìm hiểu chi tiết và thấu đáo. Theo SIA (198 SIA Zuerich 2004) khả năng áp dụng của các máy đào hầm loại khiên đào trong đất đá mềm yếu có thể được mô tả như trong Bảng 1.

Trên cơ sở điều kiện địa chất Tp. Hồ Chí Minh, với các đặc tính kỹ thuật của mình, máy SM đã được áp dụng. Hiện tại, tuyến metro số 1 đoạn đi ngầm nối giữa hai ga Ba Son và Ga Nhà Hát lớn thành phố đã hoàn thành quá trình đào. Hiệu quả của quá trình đào hầm đã được thể hiện rõ, theo ông Nobuyiki Kawwai giám đốc dự án tốc độ đào hầm trung bình của dự án là 10 m/ngày [3]. Đường hầm sau khi được chống giữ và lắp đặt thiết bị chiếu sáng được mô tả như trong Hình H.7.



H.7. Hình ảnh đường hầm nối giữa hai ga Ba Son và Ga Nhà Hát lớn tuyến metro số 1 Tp. Hồ Chí Minh sau khi thi công và lắp đặt kết cấu chống.



Bảng 1. Khả năng áp dụng của các loại máy đào hầm (SIA, 198 SIA Zuerich 2004)

Tiêu chuẩn	Điều kiện địa chất/đất	Đá			Đất				
	Độ bền, tính ổn định của khối đá/đất	Ổn định tới sập đổ nhẹ	Sập đổ tới bờ rời	Gương đào không ổn định	Gương ổn định		Gương không ổn định		
					Thời gian ổn định không chống trên chu vi hầm		Chu vi biên hầm không ổn định		
Độ bền đá/tiêu chuẩn địa chất	$\sigma_c > 2\sigma_v$	Sự đảm bảo được chu vi biên hầm $1,5\sigma_v < \sigma_c < 2\sigma_v$	Sự đảm bảo được chu vi biên hầm $\sigma_c < 2\sigma_v, c < \sigma_v/6$	Độ bền lớn hơn ứng suất nguyên sinh thẳng đứng $c_u > \sigma_c/2$	Độ bền lớn hơn ứng suất nguyên sinh thẳng đứng $\sigma_v/2 > c_u > \sigma_v/6$	Không dính kết	Đào + n h ạ y cảm với nước	Bị phối trộn	
Mô tả đất mềm	Những nhận định: Ước định các điều kiện ổn định: xem xét cấu trúc, các đặc tính, các khe nứt, và đặc điểm kiến tạo			Sét cố kết	Sét cố kết	Ở trên + ở dưới mực nước ngầm gwt GW, GP, SW, SP	Sét phù sa- Sét		
Phân loại đất mềm USCS/ mực nước ngầm gwt				CL; CH trên mực nước ngầm gwt ML, GM, SM	CL; CH	Bên dưới mực nước ngầm gwt GM, SM, ML, loại phối trộn			
Phạm vi áp dụng	TBM không khiên								
	TBM hoặc khiên không chống giữ gương								
	TBM chống giữ gương bằng cơ học								
	Khiên đào (SM) chống giữ gương bằng cơ học								
	TBM hoặc SM chống giữ gương bằng khí nén				1)	1)	2)		
	TBM hoặc SM chống giữ gương bằng áp lực vữa bùn				3)	3)		4)	
	TBM or SM chống giữ gương bằng cân bằng áp lực đất				5)	5)			6)

Thích hợp Có thể Không thích hợp



3. TRAO ĐỔI VÀ THẢO LUẬN

Có thể nhận thấy rằng, sử dụng máy khoan hầm là giải pháp hữu ích và có lợi lớn trong quá trình thi công xây dựng các đường hầm. Dựa vào các đặc tính của đất đá, điều kiện vị trí dự án cũng như các thông số kỹ thuật của máy khoan hầm, năng lực tài chính của nhà thầu cũng như tầm quan trọng của dự án có thể áp dụng máy khoan hầm đối với các dự án xây dựng công trình ngầm. Đối với các khu vực đất đá cứng vững không cần chống giữ gương cũng như không gian phía sau TBM tạm thời thì có thể dùng các loại TBM cho đá cứng. Trong điều kiện đất đá mềm yếu, chứa nước nên sử dụng các loại máy TBM dạng khiên đào (SM) có chống giữ gương và đất đá sau gương đào để tránh sập đổ trong và sau quá trình khai đào đất đá. Việc sử dụng khiên đào cũng cần quan tâm đến việc tính toán áp lực chống giữ gương hầm, loại hình khiên

cân bằng áp lực đất hoặc cân bằng áp lực vữa chất lỏng cho từng dự án cụ thể.

Tại Việt Nam các máy khoan hầm cho các điều kiện địa chất yếu, chứa nước, mực nước ngầm cao và với các đường hầm metro có chiều dài lớn như Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh thì các máy khoan hầm dạng khiên đào SM cân bằng áp lực đất/chất lỏng nên được ưu tiên sử dụng. Với các dự án hầm xuyên núi trong đất đá cứng vững có chiều dài lớn hơn 500 m có thể cân nhắc sử dụng các máy khoan hầm cho đá cứng. Với các đường lò trong mỏ, chiều dài đường lò ngắn, thời gian sử dụng đường lò không lâu, việc lắp đặt và đưa trang thiết bị vào trong lò khó khăn, phức tạp thì không nên áp dụng các loại máy khoan hầm loại này. Trong trường hợp này, các loại máy đào lò dạng đào từng phần trên gương đào nên được cân nhắc và áp dụng sẽ cho kết quả tốt hơn □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Çimentepe, A.G. (2010). *Evaluation of structural analysis method used for the design of TBM segmental linings* (Master thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey).
2. ITA report n. 14 (2014). Dr. Karin Böppler. *Case histories, Mechanized Tunnelling, Soft Ground*. Hanoi-Vietnam, 9-11April 2014.
3. <https://tuoitre.vn/robot-tbm-da-khoan-duoc-hon-430m-duong-ham-metro-20170901114744856.htm>

TECHNOLOGY AND TRENDS IN USING TUNNELING MACHINES FOR EXCAVATION UNDERGROUND CONSTRUCTIONS IN VIET NAM

Tran Tuan Minh, Dang Trung Thanh, Nguyen Duyen Phong

ABSTRACT

Underground Construction excavation (UC) by modern technologies with Tunneling Machines are widely applied over the world. The advantages of these machines are high speed excavation without risks during operating process. Supports are installed immediately during and after the process removing rock mass and soils from the working surface to ensure the stability of rock mass around tunnels. Works in the cycle such as excavation, transportation, installation of supports and stabilizing of tunnels are carried by mechanization, therefore reduced the workers in the tunneling process.

In Vietnam, nowadays UC trends are more considered and attention, especially in Hanoi and Ho Chi Minh City to solve traffic jam on the streets in the rush hour. In addition, the North-South highway projects with hundreds of kilometers of tunnels through the mountains, irrigation, military, and mining tunnels have also received more and more attentions. In this article authors introduce tunneling technology by Tunnel Boring Machines (TBM) and the application trend of this equipment in the underground construction in Vietnam.

Keywords: *tunnel boring machines, shield machines, modern technology, equipment, risks.*

Ngày nhận bài: 27/8 /2021;

Ngày gửi phản biện: 30/8/2021;

Ngày nhận phản biện: 25/9/2021;

Ngày chấp nhận đăng: 30/11/2021.

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.