

Một số đánh giá khả năng ứng dụng đường hầm kỹ thuật đa chức năng trong xây dựng hạ tầng kỹ thuật ngầm đô thị

Some evaluations in multi-utility tunnel applications for urban underground infrastructure construction

Vũ Thị Thùy Giang

Tóm tắt

Đô thị bền vững là mục tiêu cơ bản để các thành phố phát triển dựa trên lợi ích tập thể, phúc lợi của người dân và phát triển bền vững, đặc biệt là trên cơ sở hạ tầng tích hợp. Xu hướng sử dụng không gian dưới mặt đất để xây dựng hệ thống hạ tầng kỹ thuật là một trong những giải pháp hiệu quả cho việc sử dụng quỹ đất đô thị. Bài báo trình bày một số vấn đề về khả năng ứng dụng đường hầm kỹ thuật đa chức năng (MUT) trong đô thị và các phân tích về lợi ích/chi phí trong áp dụng đường hầm kỹ thuật đa chức năng phù hợp với điều kiện Việt Nam.

Từ khóa: đường hầm kỹ thuật đa năng (MUT), áp dụng, cơ sở hạ tầng, chi phí/lợi ích

Abstract

Sustainable urban is a fundamental instrument for cities to develop considering the collective good, the welfare of citizens, and sustainable development, especially on integrated infrastructure. Underground trending for utility infrastructure systems reveals an effective solution for the shortage lack of urban land. This paper presents some evaluations in capable application of multi-utility tunnel (MUT) to encourage reducing pavement cuts. Finally, some recommendations are given based on the analysis of cost/benefit in MUT that suitable for the urban conditions of Vietnam.

Key words: Multi-utility tunnel (MUT), application, infrastructure, cost/ benefit

TS. Vũ Thị Thùy Giang

Bộ môn Giao thông
Khoa Kỹ thuật hạ tầng và Môi trường đô thị
Email: vuthithuygiang98@gmail.com
ĐT: 0936 753 294

Ngày nhận bài: 15/11/2022
Ngày sửa bài: 15/12/2022
Ngày duyệt đăng: 15/03/2024

1. Mở đầu

Trên thế giới, các đô thị lớn đã quy hoạch và phát triển không gian ngầm như là một phần tất yếu của sự phát triển đô thị do các lợi ích: tiết kiệm năng lượng; nâng cao hiệu quả sử dụng mặt đất, giải quyết được vấn đề mật độ tập trung quá cao tại các khu trung tâm; nâng cao năng lực cơ sở hạ tầng, thực hiện phân lớp giao thông dễ dàng; giữ gìn cảnh quan lịch sử văn hóa cho đô thị; tăng diện tích các khu vực xanh, giảm thiểu ô nhiễm môi trường và cải thiện sinh thái đô thị...

Đường hầm kỹ thuật có nguồn gốc từ các hệ thống kỹ thuật đô thị của Paris được Haussman cải tiến vào năm 1855 để thiết kế hệ thống nước thải ở Paris. Đường hầm có thể kết hợp một số đường ống cấp nước, đường ống khí nén và nước thải để giải quyết nước vấn đề ô nhiễm và giao thông. Từ sau đó, các đường hầm kỹ thuật ngầm đã được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới.

Đường hầm đa chức năng (MUT -multi-utility tunnel) được định nghĩa là “bất kỳ hệ thống nào của cấu trúc ngầm có chứa một hoặc nhiều dịch vụ đường ống kỹ thuật, cho phép lắp đặt, mở rộng, bảo trì, sửa chữa hoặc sửa đổi dịch vụ mà không cần thiết phải thực hiện đào; điều này ngụ ý rằng kết cấu có thể cho phép con người hoạt động và, trong một số trường hợp, cũng có thể sử dụng một số loại công cụ”(APWA, 1997) [5], [9].

Có nhiều tên gọi khác nhau cho MUT, chẳng hạn như ‘Utilidors’ (Mỹ); đường hầm kỹ thuật chung/common utility (Singapore), Đường hầm kỹ thuật chung/Common Service Tunnels (Malaysia), Đường bao kỹ thuật chung/ Utility Enclosures (Hồng Kông), Ống dẫn kỹ thuật chung/ Common Utility Ducts (Đài Loan) và Les Galeries multi- réseaux (Pháp) [9].

Thế kỷ 21 đã chứng kiến sự gia tăng nhanh chóng trong việc xây dựng các MUT ở Châu Á với hơn 80% MUTs trên thế giới hiện đang được xây dựng ở Trung Quốc [12]. Các quốc gia như Israel, Malaysia, Ấn Độ, Qatar, Singapore và Canada cũng đã triển khai MUT [9], trong khi các quốc gia như Cộng hòa Séc, Anh, Mỹ, tiếp tục xây dựng MUT trong đó ở Anh và Mỹ các MUT được xây dựng chủ yếu trong khuôn viên trường đại học, bệnh viện, các cơ sở tư nhân và các cơ sở quân sự [10].

Việc xây dựng hệ thống đường hầm kỹ thuật đa năng trở thành một xu hướng phát triển của đô thị do các lợi ích như sau:

- Khả năng tiếp cận các đường ống kỹ thuật dễ dàng hơn để bảo trì, nâng cấp và mở rộng trong tương lai.
- Giảm thiểu các tác động từ môi trường: tiếng ồn, chấn động, bụi, tắc nghẽn giao thông và dịch vụ, yêu cầu bảo trì bề mặt đường đô thị.
- Thông tin về vị trí được thực hiện dễ dàng hơn nhờ sự tích hợp công nghệ. Do sự hợp tác lâu dài và chia sẻ không gian giữa các bên liên quan (cùng sử dụng đường hầm) để dàng bố trí các đường ống bên trong đường hầm.

Tại hội thảo lần thứ 30 năm 2004 họp tại Singapore, Hiệp hội hầm và không gian ngầm ITA đã khẳng định “Khai thác không gian ngầm là phương cách duy nhất để đô thị có thể phát triển bền vững trong sự đi lên của nhân loại” [6].

Nhiều quốc gia trên thế giới cũng đã ban hành các quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật và hướng dẫn thực hành MUT như thể hiện trong Bảng 1.

2. Các yêu cầu chung về xây dựng đường hầm kỹ thuật đa chức năng

Để có thể quản lý hạ tầng đô thị, đặc biệt là hạ tầng ngầm đảm bảo nguyên tắc chia sẻ (dùng chung) khi một số dịch vụ kỹ thuật cần được cung cấp dọc theo một đường hầm chung kết nối đến các tòa nhà hoặc các vị trí khác trong đô thị. Tại những khu vực có giao thông và hệ thống kỹ thuật dày đặc, giải pháp đường hầm đa chức năng cho phép tiếp cận trực tiếp (không đào phá bề mặt) các cơ sở hạ tầng nằm trong đường hầm cho công tác bảo trì và vận hành (sửa chữa, bảo dưỡng, bố trí lại các bộ phận,...), đáp ứng các tuyến ống kỹ thuật thiết yếu

Bảng 1. Các quy chuẩn và tiêu chuẩn của MUT trên thế giới [12]

Quốc gia	Quy chuẩn/tiêu chuẩn	Năm
Nhật Bản	Luật MUT	1963
	Hướng dẫn thiết kế của MUT	1986
USA	Hạ tầng kỹ thuật kết hợp / Hệ thống đường hầm giao thông-Tính khả thi về thể chế, kỹ thuật và kinh tế	1976
	Chính sách và Tiêu chuẩn Chỗ ở, Hạ tầng kỹ thuật kỹ thuật, Bộ Giao thông Vận tải Georgia	2016
Tây Ban Nha	Quy tắc sử dụng và vận hành của Barcelona Ronda MUT	1993
Đài Loan	Các quy tắc thực thi của Đài Loan, Trung Quốc của luật cống thải	2001
	Quy định về phân bổ chi phí xây dựng và quản lý MUT	2001
	Tiêu chuẩn thiết kế của các MUT	2003
UAE	Sổ tay Thiết kế Hành lang Hạ tầng kỹ thuật của UAE tại Abu Dhabi	2007
Trung Quốc	Quy tắc kỹ thuật của Trung Quốc (Đại lục) MUT/UTT	2015
	Hướng dẫn Chuẩn bị Quy hoạch Dự án MUT ngầm đô thị và Đặc điểm kỹ thuật cho MUT Đô thị	2015
	Tiêu chuẩn Kỹ thuật Hệ thống Giám sát và cảnh báo của MUT	2017
	Chỉ số ước tính đầu tư các dự án MUT	2018
	Tiêu chuẩn kỹ thuật vận hành, bảo trì và quản lý an toàn MUT	2019
Đức	Lập kế hoạch, Xây dựng, Vận hành và Bảo trì các MUT	2016
	Phân loại pháp lý của các MUT	2016
Cộng hòa Séc	Tiêu chuẩn kỹ thuật Kolektory Praha	2018
Singapore	Dự luật về các dịch vụ chung MUT của Singapore	2018

cho cuộc sống hàng ngày của người dân đô thị, cải thiện mỹ quan đô thị, không ảnh hưởng giao thông trên mặt đất.

Khi xây dựng các hầm kỹ thuật đa năng, cần xác định những vấn đề sau đây [5], [9]:

- Các đường hầm phải được thiết kế như một hệ thống tích hợp và có khả năng tiếp cận bên trong thông qua các lối vào, có đủ không gian thiết yếu để bố trí được các ống kỹ thuật bên trong hầm.

- Kích thước tối thiểu của đường hầm: chiều cao thông thủy 1,9m trở lên, chiều rộng thông thủy tối thiểu 1,6m; chiều rộng của lối đi lại từ 0.8m trở lên [1]

- Bố trí có tính hệ thống, có thể ứng dụng các công nghệ hiện đại như thông tin địa lý (GIS), kết nối vạn vật (IoT), trí tuệ nhân tạo (AI),...đáp ứng tốt sự phát triển đô thị và quy hoạch theo từng vùng, từng giai đoạn.

Trên hình 1 [10] thể hiện 3 loại hình bố trí điển hình của đường hầm kỹ thuật đa chức năng như sau:

- + Loại chôn lấp (Hình 1a): là loại đơn giản nhất, được bố trí ngay trên vỉa hè, thi công đào hồ, thường là các cống đúc sẵn, có kích thước nhỏ, thường là các cống hộp BTCT.

- + Loại đặt nông (Hình 1b): thường được thi công bằng phương pháp đào hồ, có kích thước tương đối lớn – có thể cho phép người đi lại bên trong. Phương pháp này phù hợp với các khu đô thị quy hoạch mới có điều kiện bề mặt/ đất nền thuận lợi.

- + Loại đặt sâu (Hình 1c): đây là loại kết cấu đường hầm được thi công bằng các phương pháp đào ngầm) – là phương pháp phù hợp với các khu đô thị có quỹ đất bề mặt hạn chế hoặc các khu vực di tích lịch sử văn hóa đô thị không thể xâm phạm.

3. Đánh giá khả năng áp dụng đường hầm kỹ thuật đa chức năng trong đô thị

3.1. Cơ sở lựa chọn giải pháp đường hầm kỹ thuật đa chức năng

Các hạng mục đường ống kỹ thuật công cộng như hạ tầng kỹ thuật được coi là có lợi chung từ việc lắp đặt hệ thống chung cho khu vực, nhưng chi phí xây dựng ban đầu lớn. Vì vậy, đánh giá sự cần thiết của việc lắp đặt hệ thống hạ tầng kỹ thuật ngầm phải đi kèm với tính khả thi về kinh tế so với việc lắp đặt đường ống hiện có vì lý do hiện nay các đơn vị quản lý hạ tầng kỹ thuật không phải là một doanh nghiệp có lợi nhuận độc lập như các cơ sở tư nhân và thường bao gồm nhiều đơn vị liên quan. Bên cạnh đó, các công trình hạ tầng như các đường hầm có tuổi thọ thiết kế 100 năm. Với tốc độ tiến bộ của công nghệ, đặc biệt là trong lĩnh vực công nghệ thông tin có thể khiến một số cơ sở hạ tầng đô thị trở nên lỗi thời trong vòng 10 năm [4]. Do vậy, cần xem xét các xu hướng công nghệ trong tương lai khi xây dựng các đường hầm kỹ thuật đa năng để đáp ứng sự mở rộng quy mô hoặc thay thế cơ sở hạ tầng bên trong.

Giải pháp kỹ thuật xây dựng MUT rất phức tạp do một số yếu tố, như mật độ dân cư và mật độ các đường ống kỹ thuật hiện hữu hoặc mạng kỹ thuật đã có [3]. Việc lựa chọn vị trí MUT tổng thể dựa trên ba khía cạnh:

- Các khu vực mật độ cao, chẳng hạn như các khu thương mại; được thể hiện bằng mật độ dân số, mức độ sử dụng đất, vị trí gần các công trình công cộng và các tòa nhà cao tầng, v.v...;

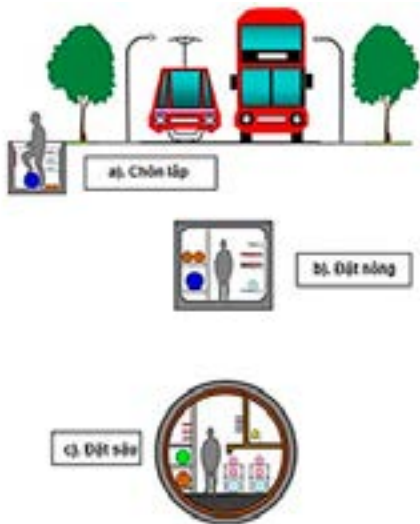
- Khu vực có lưu lượng giao thông lớn, mật độ đường ống kỹ thuật cao; và

- Các khu vực đang xây dựng hoặc sửa chữa đường xá, hạ tầng kỹ thuật và dự án phát triển công trình ngầm.

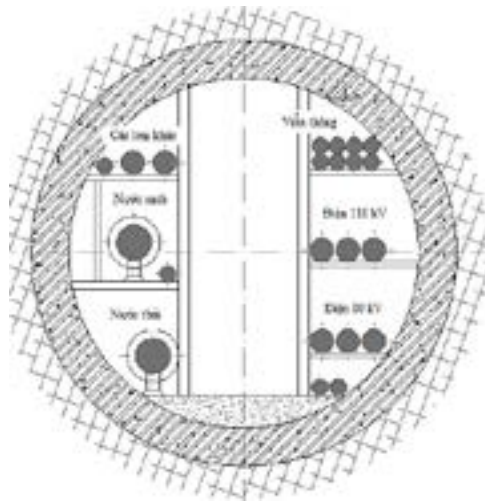
Do tính phức tạp của các giải pháp kỹ thuật xây dựng các dự án MUT, cần xác định các yêu cầu sau:

- (1) Phân tích nhu cầu và tính khả thi của việc xây dựng MUT dựa trên kinh tế, dân số, sử dụng đất, phát triển không gian ngầm, hạ tầng kỹ thuật, khí hậu, địa chất, thủy văn, v.v.;

- (2) Xác định mục tiêu, quy mô xây dựng và các phân khu;



Hình 1. Các loại hình kết cấu đường hầm kỹ thuật trong đô thị [10]



Hình 2. Bài toán tích hợp các đường ống trong MUT

thường cao hơn nhiều so với chi phí cho các đường ống chôn lấp truyền thống, và rất dễ cản trở các đơn vị liên quan tham gia xây dựng MUT khi càng nhiều đường ống được đặt bên trong, càng cần nhiều không gian ngầm và chi phí xây dựng càng cao. Bên cạnh đó, ngoài không gian bị lấp đặt đường ống, cần có không gian cho các hệ thống như thông gió, chiếu sáng và chữa cháy để đảm bảo sự an toàn khai thác của MUT.

Ở đây, xét đến sự chiếm dụng thể tích đất của giải pháp MUT có 6 loại đường ống kỹ thuật đô thị bố trí bên trong, bao gồm các khoang chứa: điện 110 kV, điện 10kV, nước sạch, nước

thải, cáp viễn thông, chiếu sáng... nhằm làm sáng tỏ lợi ích dài hạn của giải pháp MUT so với phương án thi công chôn lấp riêng rẽ các đường ống.

Giả sử phương án xây dựng MUT có đường kính trong 2.6m có diện tích hữu dụng 4.9m² như thể hiện trong Hình 2. MUT có chiều dài 1.5 km (được sử dụng thay thế một tập hợp song song của tất cả sáu loại đường ống kỹ thuật được chôn lấp trực tiếp). Chiều cao các giá là 0.6m. Đường kính ống nước sạch D300 và ống nước thải D500, ngoài ra còn có loại đường dây viễn thông và điện chiếu sáng đô thị.

Sự phân chia diện tích trong phương án MUT thể hiện trên Bảng 2, với đặc trưng về tuổi thọ điển hình các đường ống như sau: CNTT (5-10 năm), thông tin tín hiệu (15-20 năm), mặt đường (20 năm), điện (20-40 năm), trung tâm dữ liệu 20 năm, thoát nước mưa (30 năm), đường ống nước (100 năm) và cống rãnh (100 năm) [7], [8].

Khi đó, với diện tích mặt cắt ngang của MUT là 4,9 m²; cũng với các số lượng đường ống như trên – nếu chôn lấp riêng rẽ trực tiếp dưới lòng đất (không dùng MUT) cần diện tích chiếm dụng trong lòng đất của các đường ống chôn lấp là $2,5 \times (1,0 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 1,5) = 9,5 \text{ m}^2$ (tính theo QCVN 01-2008) [1] (giả thiết tổng mặt ngoài đường kính của các thiết bị là 2,5 mét) được thể hiện trong Bảng 3.

Nhận xét: Theo các công ty điện lực, khi lắp các đường dây 110 kV và 10 kV cần đặt là nhiều và phải xây dựng các hành lang điện ngầm cho cáp chôn riêng rẽ theo truyền thống, dẫn đến tổng chi phí đặt trực tiếp cao hơn so với các tuyến ống khác. Tuy nhiên, khi đặt chung với các loại đường ống khác, sẽ làm giảm đáng kể chi phí xây dựng ban đầu. Mặt khác, việc chôn lấp các đường ống riêng rẽ có tuổi thọ trung bình khoảng 20 năm [8] hơn nhiều so với phương án bố trí trong khoang kín của MUT do không bị ảnh hưởng của các yếu tố như độ ẩm, rò rỉ, nứt vỡ đường ống hoặc ăn mòn khi đặt trực tiếp trong đất.

Đối với các đường ống cấp nước/nước thải, chi phí lắp đặt các đường ống chôn lấp truyền thống và tần suất lắp đặt lại tương đối cao. Tuy nhiên, so với một số lượng lớn cáp điện và cáp thông tin được lắp đặt, việc bảo dưỡng đường ống cấp nước thường xuyên hay công tác kiểm tra đường ống thoát nước thải liên quan đến giải pháp môi trường khi thu gom trong các đường ống đến các trạm xử lý nước thải

(3) Lựa chọn vị trí MUT và thiết kế mạng/kết nối của các loại MUT khác nhau;

(4) Lựa chọn loại đường ống kỹ thuật dựa trên tính khả thi của việc lắp đặt đường ống kỹ thuật trong MUT;

(5) Xác định các thông số kỹ thuật gồm thiết kế ngăn/bố trí bên trong và mặt cắt MUT dựa trên các loại đường ống kỹ thuật, quy mô MUT, phương pháp xây dựng và các vấn đề an toàn;

(6) Xác định độ sâu và vị trí ngầm của MUT với các công trình ngầm khác để sử dụng không gian ngầm tốt hơn;

(7) Kết hợp việc xây dựng MUT với tàu điện ngầm, giao thông ngầm hoặc trung tâm thương mại ngầm, v.v.;

(8) Thiết kế hệ thống thông gió, chữa cháy, cấp điện, chiếu sáng, thoát nước, các công trình phụ trợ, lối vào, lối ra, v.v.;

(9) Quy hoạch xây dựng MUT dài hạn; và

(10) Đánh giá chi phí – chia sẻ lợi ích/phân bổ chi phí giữa các đơn vị cùng sử dụng MUT.

3.2. Ví dụ phân tích lợi ích của đường hầm kỹ thuật đa chức năng

Các đường hầm kỹ thuật đa năng có nhiều ưu điểm trong tiêu chí phát triển dài hạn. Tuy nhiên, bài toán tài chính của các dự án đường hầm kỹ thuật đa năng - MUT là một vấn đề lớn [4], [10],[11]. Chi phí xây dựng cao là một trở ngại cho việc xây dựng MUT, nhưng tiết kiệm chi phí sau xây dựng khiến MUT trở thành một giải pháp thay thế kinh tế khi xem xét tổng chi phí vòng đời. Mặt khác, đối với công tác quản lý, việc chia sẻ chi phí vòng đời của MUT là một vấn đề cần xem xét dựa trên các bên liên quan cùng có lợi ích khi sử dụng đường hầm kỹ thuật đa năng MUT, đặc biệt đối với các dự án có vốn đầu tư ban đầu xây dựng cao.

Chi phí xây dựng và bảo trì là chi phí chính của MUT. Đối với chính quyền địa phương, lợi ích của đường hầm là gián tiếp và nằm trong tầm nhìn dài hạn, liên quan đến các lợi ích công cộng đặc biệt như không phá vỡ mặt đường, giao thông không gián đoạn do đào hào và giải phóng diện tích mặt đất. Thông thường, cơ quan nhà nước là đơn vị chịu một phần chi phí xây dựng của đường hầm kỹ thuật đa năng và tổng chi phí bảo trì. Mỗi quan tâm của các công ty có đường ống là việc phân bổ phần còn lại của chi phí xây dựng MUT mà

Bảng 2. Phương án lắp đặt các đường ống tích hợp trong đường hầm MUT

	Cáp điện 110kV	Cáp điện 10kV	Ống cấp nước	Viễn thông	Nước thải	Loại khác
Diện tích chiếm dụng (m ²)	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Loại và số lượng	3	3	DN 300	8	DN500	5
Thời gian khai thác dự án (năm)	40	40	25	15	30	15
Chi phí bảo trì (%)	0	0	0.17	0.12	0.02	

Bảng 3. Phương án lắp đặt đường ống riêng rẽ bằng phương pháp chôn lắp truyền thống

	Cáp điện 110kV	Cáp điện 10kV	Ống cấp nước	Viễn thông	Nước thải
Diện tích chiếm dụng (m ²) theo QCVN 01-2008					
Loại và số lượng	3	3	DN 300	8	DN500
Thời gian khai thác dự án	20	20	15	10	25
Chi phí bảo trì (%)	0.15	0.1	0.18-0.25	0.18-0.25	0.18-0.25

Bảng 4. So sánh giữa phương án thi công chôn lắp truyền thống khi đặt đường ống trong hào và phương án MUT

Phương pháp đào	Tuyến ống đường kính trong 2600mm, độ sâu đặt công trình 4 m, dài 100m	
	Đào hở	Đào ngầm
Độ rộng hào/Đường kính ngoài ống	3400mm (độ rộng hào)	3000mm (Đường kính ngoài ống)
Phạm vi ảnh hưởng	3700mm	Không
Thể tích hào trên 1 m tuyến ống	12.9m ²	5.1 m ²
Khối lượng đá san lấp cho 1m tuyến ống	11.9 tấn	Không
Số chuyến xe tải có trọng tải 20 tấn cho 100m tuyến ống (chở đất đá thải)	136	18

sẽ giúp cho lợi ích của các công ty quản lý đường ống đạt hiệu quả cao hơn.

4. Kết luận

Trong thế kỷ 21, “chất lượng cuộc sống” được coi là phụ thuộc mạnh mẽ vào cơ sở hạ tầng đường ống kỹ thuật vô hình (ví dụ như điện, khí đốt, thông tin liên lạc, nước sạch và thoát nước thải) cũng như cơ sở hạ tầng giao thông hữu hình (tạo điều kiện cho việc di chuyển và đi lại của con người, lưu thông hàng hóa).

Quá trình xây dựng và phát triển đô thị và xây dựng công trình hạ tầng kỹ thuật ngầm là nhu cầu thực tế của các đô thị ở Việt Nam. Ưu điểm lớn của MUT liên quan đến khả năng lắp đặt, kiểm tra, bảo trì và mở rộng các đường ống kỹ thuật trong một môi trường an toàn mà không cần thiết phải cắt hoặc đào đường. Do đó, công nghệ này làm giảm

sự xáo trộn trực tiếp các đường ống kỹ thuật trong lòng đất, giảm tắc nghẽn giao thông cũng như tiếng ồn làm việc và ô nhiễm do cắt phá đường và đào rãnh. Nó cũng giảm chi phí bảo trì mặt đường đô thị bằng cách tăng tuổi thọ mặt đường; tạo điều kiện kiểm tra và bảo trì các đường ống kỹ thuật trong bất kỳ điều kiện khí hậu hoặc sử dụng không gian công cộng.

Qua ví dụ được thực hiện với bài toán trong mục 3.2 có thể thấy giải pháp xây dựng đường hầm kỹ thuật đa năng MUT là nhu cầu cần thiết để có thể xây dựng đô thị bền vững. Do vậy, cần có sự chuẩn bị các hiểu biết về công nghệ, các yêu cầu/tiêu chuẩn kỹ thuật và tính toán thiết kế đường hầm kỹ thuật đa chức năng trong điều kiện đô thị đặc thù của Việt Nam để có thể có sự chuẩn bị tốt nhất trong việc áp dụng, đáp ứng được yêu cầu xây dựng đô thị bền vững./

Tài liệu tham khảo

1. QCVN 01-2008/BXD, Quy chuẩn Việt Nam – quy hoạch xây dựng.
2. QCVN 07:3 -2016/BXD, Hào và tuyến kỹ thuật,
3. Nguyễn Đức Nguồn và nnk, Mạng kỹ thuật ngầm đô thị, NXB Xây dựng, 2008
4. Cano-Hurtado, J. J. and Canto-Perello, J.(1999) “Sustainable development of urban underground space for utilities”, *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 14, No. 3, pp. 335-340.
5. Dexter Hunt, (2017)., “Sustainable and economic futures – multi utility tunnels”, *Workshop Birmingham*.
6. <http://www.ita-aites.org/>
7. EI 07-017, (2007), “Design guidance for trenchless installation of casing, Engineering instruction”, New York State Department of Transportation.
8. ITU-T, “Multi-service infrastructure for smart sustainable cities in new-development areas”, *Focus Group Technical Specifications*, ITU (2015).
9. Hojjati, A, Jefferson, I, Metje, N & Rogers, “Christopher Sustainability assessment for urban underground utility infrastructure projects”, *Engineering Sustainability*, vol. 171, no. ES2, pp. 68-80,
10. Hunt, D.V.L, D. Nash, C.D.F. Rogers (2018), *Sustainable utility placement via Multi-Utility Tunnels, Tunnelling and Underground Space Technology Vol.39, pp.15–26, (2014)*.
11. Tianyu et al (2018), *Development and Applications of common utility tunnels in China, Tunneling and underground space technology, TUST*.
12. Y. Luo, A. Alaghbandrad, T.K. Genger; A. Hammad “History and recent development of multi-purpose utility tunnels”, *Tunnelling and Underground Space Technology* 103, (2020).