

# MỘT SỐ VẤN ĐỀ ĐỊA KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG TRONG XÂY DỰNG HÀM TÀU ĐIỆN NGẦM Ở VIỆT NAM

PGS. TS. **ĐOÀN THẾ TƯỜNG**

Viện KHCN Xây dựng

*Tóm tắt: Bài báo trình bày những đặc điểm về điều kiện tự nhiên, kinh tế, xã hội và những thách thức về kỹ thuật, công nghệ cần kể đến trong xây dựng ngầm ở nước ta nhằm bảo vệ môi trường đô thị và phát triển bền vững. Một chương trình nghiên cứu thiết lập một quy trình đánh giá tác động môi trường, đảm bảo chất lượng xây dựng ngầm cũng được đề xuất.*

## Mở đầu

Tàu điện ngầm (TĐN) là công trình cơ sở hạ tầng giao thông đô thị không thể thiếu trong một đô thị phát triển. Các nước láng giềng đã vượt trước chúng ta khá nhiều. Tại Đài Loan, hai thành phố lớn Đài Bắc và Cao Hùng đều có hệ thống tàu điện ngầm. Đài Bắc đưa tuyến TĐN đầu tiên vào hoạt động từ năm 1996, hiện đang khai thác 106 km đường, 94 ga, đang thi công xây dựng 60 km và 52 ga và có kế hoạch xây dựng thêm 98 km nhằm hoàn tất hệ thống TĐN 270 km với năng lực vận chuyển 3,6 triệu/ng.ngy. Tuyến TĐN đầu tiên của Bangkok (Chaloem Ratchamongkhon) được khởi công vào năm 1996 và đưa vào khai thác vào năm 2004 dài 21,5 km và là giai đoạn đầu của dự án hệ thống đường sắt đô thị (MRT) dài 326 km, trong đó có 42 km đi ngầm qua sông và khu vực nội đô đông đúc, nhạy cảm. Singapore bắt đầu xây dựng MRT vào năm 1993 với tuyến dài 67 km (trong đó có 20 km ngầm) và tiếp tục phát triển cho tới nay với tuyến Đông-Bắc 20 km đi ngầm (1998) và tuyến vành đai 34 km ngầm (2002).

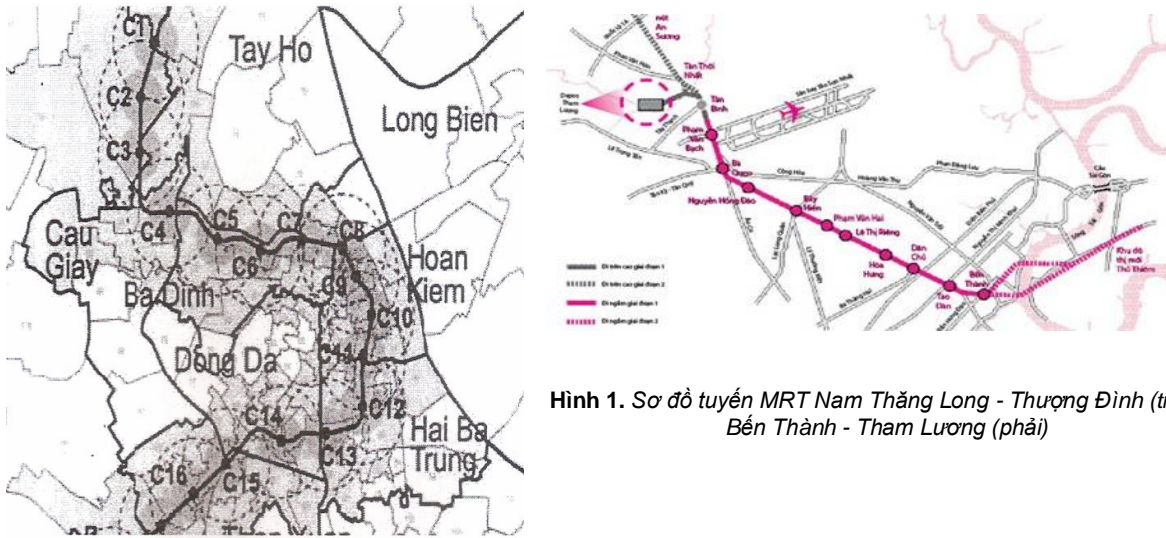
Việt Nam mạnh mẽ phát triển TĐN từ những năm 80 của thế kỷ trước với quy hoạch TĐN Hà Nội do Liên Xô giúp đỡ, nhưng cho đến thời điểm này chưa có dự án TĐN nào thực sự khởi động. Nghị định Chính phủ năm 2008 quy định, tất cả các đô thị có dân số trên 1 triệu dân đều phải có quy hoạch ngầm song song với quy hoạch trên mặt và phải có TĐN. Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh đều đã có mạng quy hoạch phát triển đường sắt đô thị cho tới năm 2020 và đã có Ban Quản lý dự án Đường sắt đô thị. Theo đó, Hà Nội có 5 tuyến với tổng chiều dài khoảng 160 km (Quyết định 90/2008/QĐ-TTg, ngày 9/7/2008) và Tp. Hồ Chí Minh có 6 tuyến, tổng chiều dài chừng 150 km (101/QĐ-TTg, ngày 22/1/2007). Tại Hà Nội, 2 tuyến số 1 và 3 đã được nghiên cứu chi tiết và tuyến số 3 về hình thức đã được khởi công.

Xây dựng TĐN luôn là một thách thức lớn về kinh tế, kỹ thuật và cả môi trường. Bài viết trên cơ sở các đặc điểm xây dựng TĐN ở nước ta, một số vấn đề kỹ thuật quan trọng khi xây dựng TĐN, nêu ra các vấn đề thiết yếu cần nghiên cứu và chuẩn bị ngay nhằm quản lý chất lượng của các dự án xây dựng TĐN.

## Các đặc điểm xây dựng TĐN ở nước ta

Xét về các mặt kinh tế, xã hội, kỹ thuật, đất nền và môi trường, các công trình TĐN ở nước ta được xây dựng trong các điều kiện sau đây.

1. Các thành phố lớn ở nước ta đều phân bố trên các đồng bằng ven sông, biển và có điều kiện đất nền bất đồng nhất cả theo diện và theo chiều sâu, phân lớp mỏng phức tạp và nhiều đất yếu, nước dưới đất khá phong phú và phân bố nông. Đây được coi là điều kiện rất bất lợi cho xây dựng TĐN. Một tuyến TĐN có thể đi qua nhiều điều kiện đất nền khác nhau và đòi hỏi các công nghệ thi công khác nhau cũng như tác động khác nhau đến môi trường, nhà và công trình xung quanh. Tuyến TĐN Nam Thăng Long-Thượng Đình cắt qua ít nhất 3 vùng đất nền khác nhau (hình 1) lần lượt là nền đất sét đồng nhất (từ ga C1 đến C4), nền đa lớp có đất yếu phân bố phức tạp (từ ga C5 đến C14) và nền 2 lớp với đất cát mịn bão hòa nước từ độ sâu 3-5 m trở xuống (từ ga C15, C16). Mặt cắt tuyến Nhổn - Ga Hà Nội (hình 2) cho thấy đoạn ngầm của tuyến này nằm trọn trong nền đất với đất bùn yếu sâu tới 30 m.



Hình 1. Sơ đồ tuyến MRT Nam Thăng Long - Thượng Đình (trái) và Bến Thành - Tham Lương (phải)



Hình 2. Mặt cắt dọc tuyến MRT Nhôn - Ga Hà Nội

Tại Tp. Hồ Chí Minh, hai kiểu nền đất phổ biến gây nhiều khó khăn cho xây dựng TĐN. Đó là kiểu với đất bùn rất yếu phân bố ngay từ trên mặt và trải xuống sâu tới 30 - 40 m hoặc nền đất cấu tạo bởi các đất hạt rời bão hòa nước, xốp. Sự cố sập hầm khi thi công kích đẩy hầm thoát nước thải Nhiêu Lộc-Thị Nghè xảy ra chính trong kiểu địa tầng này. So sánh với Bangkok, trong phạm vi tới 30 m chiều sâu, điều kiện đất nền đường như còn thuận lợi hơn. Địa tầng bao gồm hai lớp đất: đất bùn yếu ở trên dày chừng 10 m và lớp đất sét dẻo cứng, cách nước ở phía dưới dày trong khoảng 15-20 m. Lớp đất sét này là môi trường rất thích hợp để phân bố các tuyến ngầm TĐN.

2. Quy hoạch không gian trên mặt đất và không gian ngầm ở nước ta không đồng bộ và thường không được nghiên cứu trong mối quan hệ tương hỗ với nhau. Chính vì vậy, khó có khả năng sử dụng không gian ngầm hiệu quả. Các tuyến TĐN không thể lựa chọn hiệu quả nhất về công nghệ chạy tàu, năng lực vận chuyển do phải tránh các công trình trên mặt. Có thể so sánh mạng lưới TĐN của các nước phát triển Nga, Anh, Pháp với những tuyến thẳng tắp và những tuyến vành đai với các tuyến ngoằn ngoèo, gẫy khúc của các nước châu Á.

3. Các đô thị lớn nước ta thường tập trung đông dân cư với các đường phố nhỏ hẹp, nhà công trình có kết cấu yếu, nhạy lún không thể sử dụng các biện pháp thi công rẻ tiền như đào mở và luôn phải áp dụng các biện pháp phức tạp chống ảnh hưởng của thi công và cả khai thác công trình TĐN tới nhà, công trình và môi trường lân cận. Do vậy, cần thiết công nghệ thi công hiện đại và tốn kém.

4. Môi trường địa chất của các đô thị lớn nước ta vốn yếu và nhạy cảm với các tác động không chỉ tự nhiên (động đất,...) mà còn dưới tác động nhân tạo vốn ngày càng gia tăng do nhu cầu phát triển kinh tế (khai

thác tài nguyên trong lòng đất). Vấn đề này cần được kể đến trong quá trình xây dựng TĐN để đảm bảo phát triển bền vững. Ví dụ vấn đề khai thác nước dưới đất tại Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh. Thiết kế TĐN tại Bangkok được yêu cầu kể đến độ lún do khai thác nước dưới đất tập trung trong vòng 120 năm và kết quả là các mối nổi động (co dãn) thích ứng với độ lún lệch tới 100 mm đã được sử dụng tại các vị trí tiếp giáp của tường các nhà ga với hầm chạy tàu. Độ lún dự phòng cho các công trình TĐN Bangkok là 800 mm do lún lâu dài.

5. Xây dựng TĐN không chỉ cần công nghệ cao về nhiều lĩnh vực mà nước ta chưa thể làm chủ chúng trong tương lai gần mà còn cần nguồn vốn đầu tư lớn, nước ta khó có thể tự mình trang trải. Do vậy cần vốn đầu tư và hỗ trợ kỹ thuật từ nước ngoài mà mỗi nước lại có một công nghệ riêng của mình. Cần định hướng chiến lược phát triển TĐN để có thể thu hút vốn từ nhiều nguồn, nhiều nước và có thể tự chủ, thống nhất quản lý vận hành khai thác hiệu quả công trình TĐN không bị lệ thuộc vào kỹ thuật nước ngoài.

### Các vấn đề kỹ thuật cơ bản xây dựng TĐN

Thi công và khai thác TĐN ở nước ta có nguy cơ dẫn đến các biến dạng lớn cho đất nền và làm hư hỏng các công trình hiện hữu trên mặt cũng như dưới đất. Do vậy, thiết kế hầm TĐN đòi hỏi các biến dạng gây ra phải nằm trong giới hạn cho phép chấp nhận được. Sau đây là một số vấn đề cơ bản cần chú ý nhằm đảm bảo yêu cầu nói trên.

#### 1. Vấn đề ổn định hầm

Hai bài toán ở đây là ổn định chu vi hầm và ổn định gương hầm.

- Ổn định chu vi hầm: Xét một hầm tròn, bán kính R trong đất đồng nhất và đẳng hướng có ứng suất ban đầu trước khi đào tại độ sâu tâm hầm là  $\sigma_0$ . Ứng suất thẳng đứng tại mép hầm sẽ lớn nhất là  $\sigma_1 = 2\sigma_0$  và giảm dần tới giá trị ban đầu ở khoảng cách R và vùng dẻo sẽ phân bố xung quanh hầm khi  $\sigma_0 > c_u$  sức kháng cắt không thoát nước của đất quanh hầm. Nếu khối lượng thể tích tự nhiên trung bình của đất được lấy là 1,8 g/cm<sup>3</sup> thì khi tâm hầm phân bố ở độ sâu hơn 10 m, các hầm nằm trong đất dính có sức kháng cắt không thoát nước  $c_u$  dưới 0,18 kG/cm<sup>2</sup> đều bị mất ổn định. Đây là điều thường thấy trong địa tầng của Hà Nội và Tp. HCM. Đối với đất rời, đương nhiên hầm bị mất ổn định ngay khi vừa đào xong. Kết quả này cho thấy, cần thiết gia cường đất xung quanh hầm trước khi đào hoặc phải nghiên cứu áp dụng công nghệ thi công thích hợp để có thể chống lại tác dụng của áp lực phát sinh xung quanh hầm.

- Ổn định gương hầm: Đất trên bề mặt gương đào của hầm cũng bị mất ổn định trong quá trình đào. Theo lý thuyết và kinh nghiệm, nguy cơ mất ổn định gương đào được đánh giá bằng tỷ số ổn định Nt như công thức và bảng dưới đây:  $Nt = (Pz - Pa)/c_u$ .

trong đó: Pz - áp lực bản thân của đất, tính đến tâm hầm;

Pa - áp lực bên trong tác dụng lên thành vách hầm;

$c_u$  - sức kháng cắt không thoát nước của đất quanh hầm.

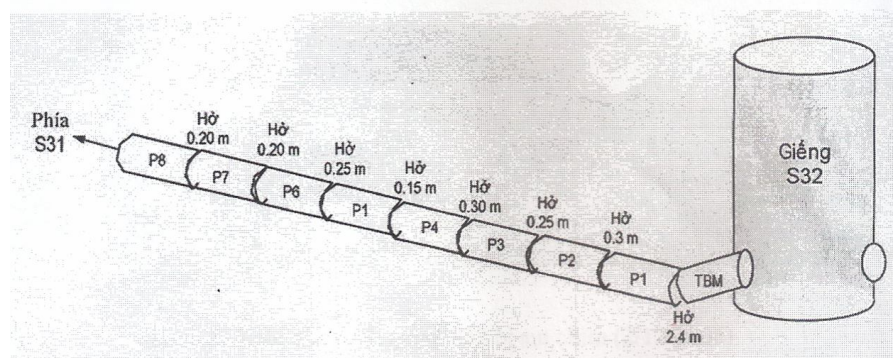
Có thể thấy, khi áp lực bản thân Pz gấp 6 lần sức kháng cắt không thoát nước của đất  $c_u$ , gương hầm sẽ mất ổn định và cần các biện pháp gia cường đất hoặc lựa chọn công nghệ thi công thích hợp nhằm tránh sập hầm và giảm biến dạng.

**Bảng 1. Tỷ số ổn định cho đất dính (Peck 1969, Phienwaja 1987)**

Chỉ số ổn định, Nt	Độ ổn định của hầm
1	Ổn định
2-3	Từ biến yếu
4-5	Từ biến cho phép
6	Mất ổn định

Vấn đề mất ổn định hầm đã xảy ra tại Bangkok chủ yếu phát sinh trong tầng cát nằm dưới lớp đất sét cứng ở độ sâu 20 - 30 m. Gương hầm bị sập và một hố lõm lớn đã tạo ra tại bề mặt đường bên trên hầm sâu 18 m ở

phía dưới, các đốt ống bê tông vỏ hầm bị vụn và nứt vỡ. Đây cũng là vấn đề liên quan đến sự cố sập tuyến hầm thoát nước Nhiêu Lộc - Thị Nghè (Tp. Hồ Chí Minh) mà nguyên nhân là mất ổn định tầng đất cát mịn dẫn đến các đốt hầm lún không đều và tuyến bị biến dạng (hình 3).



Hình 3. Sự cố tuyến ống Nhiêu Lộc - Thị Nghè

Xử lý đất nền đã được thực hiện khi thi công tuyến TĐN số 1 tại Bangkok. Biện pháp xử lý bao gồm phụt vữa xi măng vào đất sét yếu, cát hạt mịn và hút tháo nước chủ yếu tại các khu vực tiếp giáp giữa đường hầm và nhà ga, hầm chạy tàu và hầm phụ trợ nhằm tạo cho đất đủ độ bền và giảm tính thấm. Nhìn chung các biện pháp đều đạt hiệu quả, nhưng cũng có khu vực không đạt yêu cầu về tính thấm do tính bất đồng nhất của cát.

## 2. Vấn đề lún bề mặt đất

Môi trường địa chất sẽ bị biến dạng khi đào các hầm trong đất và biểu hiện bằng sự xuất hiện các phễu lún trên bề mặt đất. Các phễu lún này phát triển dọc theo tuyến hầm và cả theo chiều ngang ở một khoảng cách nào đó ở 2 bên hầm và kéo theo các biến dạng dẫn tới hư hỏng nhà và công trình hiện hữu liền kề với tuyến hầm ở trên và dưới mặt đất.

Phễu lún trên mặt đất ngang hầm trong môi trường đồng nhất, đẳng hướng có thể mô tả theo hàm phân bố Gausse với điểm lún cực đại  $S_{max}$  nằm ngay trên trục đứng của hầm. Thể tích phễu lún  $V_s$  có thể tính được theo:  $V_s = 2.5iS_{max}$ .

trong đó:  $i$  - hoành độ của điểm uốn của đường cong phễu lún, thường lấy  $i = 0,3-0,5H$  tùy theo điều kiện đất với  $H$  là độ sâu trục hầm;

$S_{max}$  - độ lún lớn nhất của phễu lún.

Thể tích phễu lún quan hệ trực tiếp với thể tích của hầm  $V_h$  và tỷ số  $V_s/V_h$  được gọi là giá trị tổn hao đất phụ thuộc vào tính chất của đất và công nghệ đào hầm. Giá trị tổn hao đất dao động trong khoảng 0,5 % đến 5 %, thường thấy 1,0-1,5 %. Giá trị 0,5 % có được khi áp dụng công nghệ thi công thích hợp như TBM, giá trị lớn tới 5 % hoặc hơn khi thi công bằng phương pháp truyền thống không gia cường trong điều kiện đất yếu. Tổng kết kinh nghiệm thi công TĐN ở Thái Lan cho thấy, lún bề mặt đất đo được trong khoảng 20-60 mm, tương ứng với tổn thất đất là 0,4-3,7 %.

Một số đặc điểm của phễu lún ảnh hưởng đến lựa chọn công nghệ thi công hợp lý như sau:

- Độ lún bề mặt đất tăng lên khi lượng tổn thất đất tăng lên. Ví dụ, hầm đường kính 8 m đặt ở độ sâu 30 m,  $S_{max}$  sẽ tương ứng là 9-16-32 và tăng mạnh tới 85 mm khi  $V_s/V_h$  là 0,5-1,0-2,0 và 5 %;

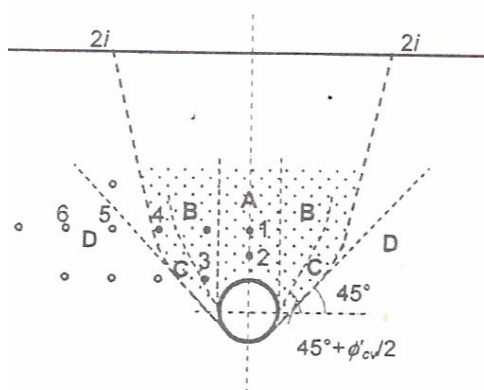
- $S_{max}$  sẽ giảm đi khi hầm được đặt sâu hơn. Tuy nhiên, khi ấy phễu lún sẽ mở rộng thêm và thể tích phễu lún không thay đổi;

- Kích thước của hầm ảnh hưởng rất nhiều tới quy mô lún bề mặt. Ví dụ, ở giá trị tổn hao đất là 1 %, độ sâu đặt hầm 30 m,  $S_{max}$  sẽ tương ứng là 2-17 và 50 mm với đường kính hầm là 3-8 và 14 m.

Vấn đề đặt ra là cần chọn lựa các thông số của hầm (đường kính, độ sâu, công nghệ thi công,...) hợp lý để tổn thất đất sẽ gây ra một độ lún trong phạm vi chấp nhận được nhằm giảm thiểu sự biến đổi bất lợi cho nhà, công trình và môi trường xung quanh.

3. Tương tác giữa nhà, công trình và môi trường xung quanh và tác động đào hầm. Bài toán nghiên cứu ứng xử của nhà hoặc bất cứ một loại công trình nào dưới tác động của phễu lún tạo ra do thi công đào hầm. Có thể phân tích tương tác công trình-đất bằng cách mô hình hóa rời rạc môi trường đất khi xây dựng hầm và nhà hoặc công trình. Ở đây cần biết ở mức độ biến dạng nào nhà và công trình sẽ bị hư hỏng. Lý thuyết và kinh nghiệm xây dựng hầm cho thấy, không nhận thấy các hư hỏng ở nhà và công trình khi lún không đều 0,1-0,15 %, trong khi đó các hư hỏng kết cấu bắt đầu hư hỏng ở lún không đều cỡ 2 %. Về nguyên tắc, không cần đánh giá tác động môi trường (trong đó có nhà và công trình) khi độ lún mặt đất dự báo không quá 10mm và độ dốc phễu lún không vượt quá 1/500.

Một vấn đề thời sự nữa ở đây là tác động của biến dạng ngang và thẳng đứng của đất khi xây dựng hầm vào các cọc hiện hữu lân cận hầm. Vấn đề này khó hơn so với nhà và công trình ở chỗ cọc vừa chịu tải ngang vừa thay đổi sức mang tải đứng do lún nền đất. Jacobs năm 2005 bằng thí nghiệm ly tâm đã thấy có thể chia thành 2 khu vực với bản chất ứng xử khác nhau. Vùng trung tâm ngay trên hầm (A,B,C hình 4), cọc chịu lún lớn có thể lún hơn của đất do xuất hiện ma sát âm. Vùng bên (D), cọc ít bị ảnh hưởng do nằm ngoài vùng lún ảnh hưởng. Đo đạc biến dạng lún thêm của 339 nhà trên móng cọc dài 6-22 m dọc theo tuyến MRT Bangkok (đường kính hầm 6,3 m, sâu 20 m) cho kết quả là các nhà cao tầng trên cọc dài ít chịu ảnh hưởng (độ lún dưới 10 mm) hơn các nhà thấp trên cọc ngắn (độ lún trên 30 mm) và các nhà có độ lún thêm lớn (trên 20 mm) chỉ thấy trong phạm vi 30 m kể từ trục hầm.



**Hình 4.** Vùng ảnh hưởng đối với móng cọc  
A,B,C - Vùng ảnh hưởng rõ rệt; D - Vùng ít ảnh hưởng

#### 4. Quan trắc địa kỹ thuật

\* Quan trắc địa kỹ thuật là bắt buộc trong quá trình thi công và khai thác TĐN theo quan điểm kiểm soát sự cố và được sử dụng nhằm:

- Xác lập các giới hạn cho phép về bản chất ứng xử của hầm và công trình hiệu hữu liền kề;
- Đánh giá khoảng dao động của các ứng xử đó và xác định rằng các ứng xử thực tế nằm trong giới hạn chấp nhận được ở xác suất tin cậy hợp lý;
- Xác lập và bổ sung chương trình quan trắc nhằm kiểm tra xem các ứng xử của các đối tượng liên quan thực sự trong giới hạn cho phép, thông số nào cần đo, phương pháp đo và giá trị cho phép của chúng (giá trị ngưỡng);
- Xác lập một tập hợp các biện pháp xử lý nếu các số liệu đo biểu hiện các ứng xử vượt ra ngoài khoảng giới hạn chấp nhận được.

\* Thiết bị quan trắc được chọn lựa phụ thuộc vào các thông số cần đo bao gồm trắc địa bề mặt, đo nghiêng, đo lún theo chiều sâu, ứng suất, biến dạng của hệ thống chống đỡ gia cường, biến hình và lún của kết cấu hầm, các biến dạng, hư hỏng của nhà và công trình hiện hữu.

\* Quan trọng nhất của chương trình quan trắc là xác lập được thời gian biểu quan trắc cho từng thông số đo sao cho các số liệu phải được thu thập và xử lý đồng bộ, đúng thời điểm với mục đích điều chỉnh kịp thời các thông số thi công và đôi khi cả công nghệ thi công nhằm đảm bảo an toàn cho thi công và môi trường xung quanh.

#### 5. Công nghệ thi công TĐN

\* Thế kỷ XX, hầu hết các công trình ngầm đều được thi công bằng phương pháp đào mở. Đến nay, do tác động môi trường được đánh giá khá khắt khe nên đào kín thường được chọn lựa và đào ngầm bằng TBM là một tiến bộ nổi bật, một bước nhảy kỹ thuật trong 40 năm qua. Công nghệ TBM được phát triển do các tiến bộ về cơ cấu điện-cơ khí, do nắm bắt tốt hơn mối tương tác giữa đất, máy và con người. Ưu thế cơ bản của hệ thống cơ khí hóa bậc cao này là sự có mặt của một quá trình liên tục các công đoạn đào ngầm: đào đất, xả đất, lắp dựng ngay các hệ vỏ chống đỡ. Trong đất yếu, gương đào được ổn định bằng buồng gia áp chống lại nguy cơ sập gương hầm. Phân biệt 3 loại TBM với 3 phương thức gia áp khác nhau:

- Khiên vữa: khiên có buồng gia áp được lấp đầy bởi vữa sét đóng vai trò ổn định gương đào và vận chuyển đất đào. Khiên này thích hợp cho các đất rời dưới mực nước ngầm vì có thể điều chỉnh độ nhớt phù hợp với độ hạt và tính thấm của đất cần đào;

- Khiên cân bằng áp lực đất (EPB): khiên có buồng gia áp được lấp đầy bởi đất đào đã được xử lý để có độ sệt thích hợp, có khả năng tạo một áp lực đồng nhất lên gương đào. Khiên này thích hợp cho đất dính;

- Khiên khí nén: đất được đào bằng các phương tiện cơ khí và rơi vào buồng kín có áp lực khí nén. Khiên này thường sử dụng cho các hầm đường kính nhỏ.

\* Một số thành tựu công nghệ TBM trong những năm gần đây:

- Kích thước khiên đào: trong những năm 90 của thế kỷ XX, đường kính khiên đào không vượt quá 10-12 m, ngày nay đã vượt quá 15m. Ví dụ, khiên vữa sét 14,87 m trong dự án Groene Hart (Hà Lan), 15,43 m ở Thượng Hải (Trung Quốc), khiên EPB 15,20 m ở Madrid (Tây Ban Nha);

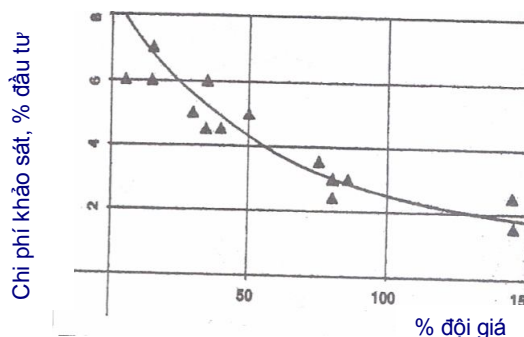
- Tốc độ đào: tốc độ kỷ lục hiện tại đã là 50 m/ngày trong đá mềm yếu đồng nhất và 10-20 m/ngày trong đất cát xốp hoặc đất sét yếu;

- Khống chế biến dạng: bằng cách điều chỉnh áp lực gương hầm và các thông số của công nghệ đào có thể khống chế lún bề mặt đất chỉ còn vài mm tới 1 hoặc 2 cm. Các thông số đào (áp lực buồng, tốc độ đào, mômen xoắn, tốc độ quay mâm đào, tốc độ xả đất thải,...) có thể được điều chỉnh liên tục trong quá trình đào một cách tự động thông qua sự xử lý tức thời các dữ liệu quan trắc nhằm đảm bảo độ tổn thất đất là nhỏ nhất trong trường hợp đào qua các đất có bản chất cơ học khác nhau. Loại khiên đào cũng có thể được khuyến cáo cần thay đổi khi địa tầng thay đổi đột ngột;

- Cấu tạo khiên đào: phát triển nhiều loại khiên đào đặc biệt đáp ứng với nhu cầu thực tế như khiên đào có khả năng mở rộng, có khả năng đổi hướng, khiên đào tiết diện không tròn, khiên đào nhiều mặt cắt tròn.

## 6. Vấn đề khảo sát địa kỹ thuật

Liên quan đến công tác khảo sát địa kỹ thuật, cần chú ý rằng, khảo sát địa kỹ thuật không chỉ đơn giản là cung cấp các số liệu đầu vào của đất nền phục vụ thiết kế các hạng mục của tuyến TĐN mà quan trọng hơn là đánh giá tác động tới nhà, công trình và môi trường xung quanh. Hình 5 cho thấy, khảo sát càng chi tiết, nguy cơ đội giá thành và chậm tiến độ càng giảm. Khi dành cho công tác khảo sát hơn 5 % tổng giá trị đầu tư TĐN, giá thành của toàn bộ công trình có thể được kiểm soát trong khoảng 20 %, khi giá trị đầu tư cho khảo sát không vượt quá 2 %, tổng mức đầu tư cho toàn bộ công trình có thể tăng gấp 2 hoặc 3 lần.



Hình 5. Chi phí khảo sát và giá thành công trình

## Kết luận

1. Xây dựng TĐN là một thách thức kỹ thuật, luôn tiềm ẩn các tai biến địa kỹ thuật không lường trước được. Cần cân trọng bổ sung kiến thức thêm qua từng bước thực hiện, điều chỉnh kịp thời các thông số của quá trình thi công nhằm giảm thiểu các tác động xây dựng và bảo vệ, sử dụng hợp lý, bền vững môi trường.

2. Nước ta đang ở trong giai đoạn đầu xây dựng công trình ngầm đô thị, trong đó khó khăn nhất là TĐN và cần có những bước nghiên cứu tích cực nhằm từng bước làm chủ công nghệ này. Căn cứ vào kinh nghiệm của các nước lân cận cùng một mức phát triển kinh tế, các đặc điểm về điều kiện tự nhiên, cần có một chương trình nghiên cứu đồng bộ tạo cơ sở khoa học thiết lập một quy trình đánh giá tác động môi trường của công cuộc xây dựng TĐN với mục đích thống nhất quản lý chất lượng các giai đoạn thực hiện một dự án xây dựng công trình ngầm đô thị nói chung và TĐN nói riêng nhằm sử dụng hợp lý không gian ngầm đô thị và phòng tránh các tai biến có thể xảy ra khi thi công và khai thác TĐN. Chương trình bao gồm các vấn đề sau liên quan đến khía cạnh địa kỹ thuật:

- Khảo sát địa kỹ thuật phục vụ xây dựng ngầm.

Quy trình khảo sát địa kỹ thuật không chỉ hoàn thiện các phương pháp khảo sát thí nghiệm phục vụ cung cấp số liệu đầu vào phù hợp với các phương pháp thiết kế xây dựng công trình ngầm mà tập trung vào đánh giá dự báo sự biến đổi của các thông số đó dưới tác động của các tác nhân tự nhiên và kỹ thuật ảnh hưởng đến sự làm việc lâu dài của công trình ngầm, ví dụ lún thêm do hút khai thác tập trung nước dưới đất hoặc quá trình ngược lại khi nước dưới đất được bù lại do giảm nhu cầu khai thác hoặc nghiên cứu quá trình lún lâu dài của các tầng đất yếu dưới tác động của tải trọng rung động khi TĐN chạy trong suốt thời kỳ khai thác,...

- Khảo sát, đặc trưng hóa hiện trạng của nhà, công trình và môi trường của các khu vực đô thị với mục đích không chỉ phục vụ quy hoạch khai thác không gian ngầm mà chủ yếu phục vụ xác định các tiêu chí (giá trị giới hạn) sử dụng làm các yêu cầu kỹ thuật cho thiết kế, thi công phải tuân thủ để đảm bảo bảo vệ và khai thác bền vững công trình cũng như môi trường. Ví dụ, các giá trị giới hạn về độ lún bề mặt, về độ tổn thất đất trong quá trình thi công và khai thác lâu dài công trình TĐN đối với từng khu vực có đặc điểm khác nhau của nhà, công trình. Các kết quả nghiên cứu này cũng sử dụng để xác định các yêu cầu kỹ thuật cho nhà, công trình sẽ được xây dựng trong phạm vi tuyến TĐN đang vận hành khai thác;

- Xây dựng hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật, quy trình kỹ thuật phục vụ quản lý chất lượng thiết kế, thi công, vận hành khai thác công trình TĐN với tiêu chí thu hút không hạn chế các vốn đầu tư, hỗ trợ kỹ thuật, công nghệ từ nước ngoài mà vẫn đảm bảo tự chủ quản lý khai thác vận hành không lệ thuộc kỹ thuật nước ngoài;

- Nghiên cứu hình thức hợp lý đào tạo nhân lực cho ngành xây dựng TĐN.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Alain Guilloux Tunnelling in soft ground and urban environment. *Geotechnics for sustainable development. Hanoi, Oct.2011.*
2. Báo cáo tổng kết đề tài "Các vấn đề kỹ thuật xây dựng công trình ngầm". *Đề tài độc lập cấp Nhà nước. Viện KHCN Xây dựng thực hiện. Chủ trì Đoàn Thế Tường, Hà Nội, 2002.*
3. Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu làm chủ công nghệ thi công công trình ngầm trong đất yếu các đô thị Việt Nam". *Đề tài độc lập cấp Bộ. Viện KHCN Xây dựng thực hiện. Chủ trì Đoàn Thế Tường, Hà Nội, 2005.*
4. PHIENEWEJ N., PHOTAYANUVAT C,... Geotechnical aspects in design and construction of Chalobemratchamongkhon underground MRT, Bangkok. *Int.sym. on underground excavation and tunnelling. Bangkok, Feb. 2006.*