

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

VÕ NHẬT LUÂN

NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM ĐỊA KỸ THUẬT KHU VỰC
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH PHỤC VỤ
PHÁT TRIỂN GIAO THÔNG NGẦM

Ngành: Kỹ thuật địa chất
Mã số: 9520501

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT

HÀ NỘI, 2023

Công trình được hoàn thành tại Bộ môn Địa chất công trình, Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS Đỗ Minh Toàn

2. PGS.TS Nguyễn Thị Nụ

Phản biện 1: GS.TS Đỗ Minh Đức

Trường ĐH Khoa học Tự nhiên - ĐHQGHN

Phản biện 2: PGS.TS Nguyễn Châu Lâm

Trường ĐH Giao thông vận tải

Phản biện 3: PGS.TS Hoàng Việt Hùng

Trường ĐH Thủy Lợi

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án cấp trường, họp tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, Thành phố Hà Nội vào hồi ...giờ, ngày....tháng....năm 2023

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

Thư viện Quốc Gia, Hà Nội

Thư viện Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay, Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) phải đối diện với những hệ lụy của quá trình đô thị hóa, gây quá tải cơ sở hạ tầng giao thông đường bộ đô thị. Quỹ đất nội đô ngày càng cạn kiệt, cần hướng tới khả năng phát triển song song cả chiều cao lẫn chiều sâu đô thị.

Trong tương lai, không gian ngầm (KGN) trung tâm Thành phố sẽ tập trung phát triển chạy dọc theo 8 tuyến metro xuyên tâm, với hơn 73 km đoạn tuyến đi ngầm và hơn 72 nhà ga ngầm, chứng tỏ nhu cầu xây dựng KGN của Thành phố rất lớn.

Để phục vụ công tác quy hoạch, thiết kế, xây dựng KGN Thành phố, cần có hệ thống cơ sở dữ liệu về đặc điểm địa kỹ thuật (ĐKT). Thành phố đã có Bản đồ địa chất đô thị; Bản đồ địa chất công trình (ĐCCT) và Bản đồ địa chất thủy văn (ĐCTV) tỷ lệ 1/50.000 và một số tài liệu liên quan khác.

Tuy nhiên, các tài liệu này hoặc là phục vụ mục đích chung hoặc là phục vụ chủ yếu xử lý nền đất yếu cho một số dạng công trình khác nhau. Song, nghiên cứu đầy đủ, có tính hệ thống, chuyên sâu về đặc điểm điều kiện ĐKT của Thành phố phục vụ xây dựng các CTGTN (các tuyến metro, nhà ga, hầm chui,...) còn chưa có.

Do vậy, đề tài: *“Nghiên cứu đặc điểm địa kỹ thuật khu vực Thành phố Hồ Chí Minh phục vụ phát triển giao thông ngầm”* rất cấp thiết.

2. Mục đích nghiên cứu

Mục đích của luận án là đánh giá đặc điểm và phân khu ĐKT, tính toán dự báo các vấn đề ĐKT phát sinh khi xây dựng công trình giao thông ngầm (CTGTN) khu vực TP.HCM.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: môi trường ĐKT (MTĐKT) khu vực TP.HCM phục vụ xây dựng CTGTN.

Phạm vi nghiên cứu: đánh giá đặc điểm ĐKT liên quan đến xây dựng CTGTN đô thị (dạng tuyến) TP.HCM, phân bố đến chiều sâu trong vùng tương tác giữa CTGTN với môi trường địa chất (MTĐC).

4. Nội dung nghiên cứu

- Tổng quan ĐKT và CTGTN; Tình hình nghiên cứu ĐKT phục vụ xây dựng CTGTN đô thị trên thế giới và Việt Nam;
- Đánh giá đặc điểm ĐKT TP.HCM: MTĐC, hệ thống kỹ thuật (HTKT) và sự tương tác giữa HTKT với các yếu tố của MTĐC.
- Phân khu ĐKT phục vụ xây dựng các CTGTN Thành phố;
- Dự báo các vấn đề ĐKT phát sinh khi xây dựng CTGTN;
- Đề xuất các giải pháp đảm bảo ổn định khi xây dựng CTGTN.

5. Phương pháp nghiên cứu

Luận án sử dụng tổ hợp các phương pháp nghiên cứu:

- Phân tích hệ thống: phân chia các hợp phần trong hệ thống MTĐKT, nghiên cứu sự tương tác giữa chúng;
- Kế thừa: thu thập, phân tích, tổng hợp và kế thừa các tài liệu, các công trình nghiên cứu đã được công bố.
- Lý thuyết: bổ sung những cơ sở lý thuyết mới trong nước và thế giới về ĐKT trong thi công xây dựng các CTGTN.
- Thực địa: đi thực tế tại tuyến metro số 1 nhằm bổ sung số liệu phục vụ tính toán và dự báo các vấn đề ĐKT khi thi công CTGTN.
- Sử dụng mô hình số và phần mềm Plasix 2D, 3D.

6. Luận điểm bảo vệ

Luận điểm 1: căn cứ vào đặc điểm ĐKT trên quan điểm phục vụ xây dựng CTGTN, khu vực nghiên cứu được chia thành 2 khu, 4 phụ khu và 12 khoảng ĐKT. Kết quả phân khu là cơ sở khoa học phục vụ quy hoạch, thiết kế và thi công các CTGTN dạng tuyến tại TP.HCM.

Luận điểm 2: khi thi công đường hầm bằng TBM, để độ lún giới hạn cho phép không lớn hơn 15mm, trong điều kiện ĐKT như khoảng II.A.1 thì độ sâu đặt hầm tối ưu $\geq 22\text{m}$ với đường kính hầm $D \leq 6\text{m}$, trong điều kiện ĐKT như khoảng II.B.1 thì độ sâu đặt hầm tối ưu $\geq 15\text{m}$ với đường kính hầm $D \leq 7,0\text{m}$.

7. Các đóng góp khoa học mới của luận án

- Luận án đã góp phần vào việc xây dựng cơ sở lý thuyết và phương pháp luận nghiên cứu ĐKT;

- Luận án đã tiến hành phân chia khu vực TP.HCM thành 02 khu, 4 phụ khu và 12 khoảng ĐKT phục vụ thi công CTGTN dạng tuyến;
- Dự báo và phân tích sự biến đổi của sụt lún mặt đất khi thi công đường hầm bằng phương pháp TBM; đề xuất các giải pháp ĐKT đảm bảo ổn định khi thi công xây dựng các CTGTN khu vực TP.HCM.

8. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Góp phần bổ sung cơ sở khoa học về nội dung và phương pháp luận nghiên cứu đặc điểm ĐKT phục vụ xây dựng CTGTN đô thị;

Tài liệu tham khảo tốt để định hướng cho quy hoạch, khảo sát, thiết kế và thi công các CTGTN tại TP.HCM.

9. Cơ sở tài liệu

Sử dụng các tài liệu do Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên Nước miền Nam; Phân viện KHCN Xây dựng phía Nam và các công ty, cơ quan khác cung cấp với 3.182 hình trụ hồ khoan, 39.372 mẫu đất thí nghiệm; Tài liệu Thiết kế kỹ thuật của tuyến metro số 1. Các tài liệu thu thập từ công tác khảo sát thực địa các tuyến metro và nhiều tài liệu liên quan khác.

10. Cấu trúc luận án

Nội dung luận án gồm 3 chương và minh họa bởi 37 bảng số liệu, 56 hình vẽ và đồ thị, 6 phụ lục tính toán cùng với 4 công trình nghiên cứu đã công bố và danh mục 118 tài liệu tham khảo.

Chương 1: TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU ĐỊA KỸ THUẬT PHỤC VỤ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG NGẦM ĐÔ THỊ

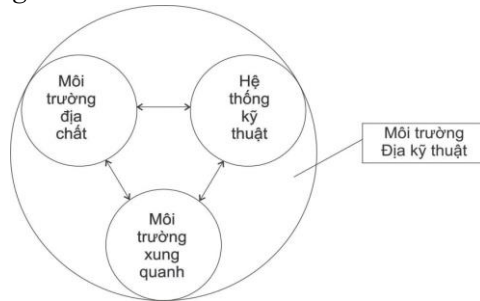
1.1. Tổng quan địa kỹ thuật và công trình giao thông ngầm đô thị

1.1.1. Tổng quan về địa kỹ thuật

Khái niệm ĐKT: trên cơ sở lược khảo các khái niệm ĐKT của các tác giả trong và ngoài nước, tác giả đề xuất *ĐKT là ngành khoa học thuộc lĩnh vực xây dựng, sử dụng các nguyên lý và phương pháp của ĐCCT, cơ học đất, cơ học đá và các ngành khoa học khác liên quan, chuyên nghiên cứu sự tương tác giữa các yếu tố của MTĐKT.*

Trong đó, *MTĐKT là vùng không gian có giới hạn của MTĐC, HTKT và môi trường xung quanh (MTXQ), là nơi diễn ra các hoạt*

động kinh tế-xây dựng của con người cùng với các quá trình cơ, lý, hóa phát sinh do tác dụng tương tác giữa MTĐC, MTXQ và các hoạt động xây dựng công trình.



Hình 1.1: Mối quan hệ giữa MTĐKT với MTĐC và MTXQ

MTĐKT luôn tồn tại sự tương tác giữa HTKT với MTĐC và MTXQ. Quá trình tương tác này sẽ phát sinh các vấn đề ĐKT - là vấn đề bất lợi phát sinh do tương tác giữa hoạt động kinh tế-xây dựng của con người, MTĐC và MTXQ. Các vấn đề ĐKT gây mất ổn định công trình và làm suy thoái MTĐC, ảnh hưởng xấu đến hoạt động sống của con người.

Nội dung nghiên cứu của ĐKT:

- Đặc điểm MTĐKT có liên quan đến thiết kế, thi công và đảm bảo sự ổn định lâu dài của các công trình xây dựng (CTXD);
- Đặc điểm các CTXD về dạng, quy mô, tính chất làm việc; mối tương tác của chúng với MTĐC, MTXQ, dự báo sự mất ổn định công trình, thiết kế các giải pháp nền móng đảm bảo ổn định công trình.

Đối tượng nghiên cứu của địa kỹ thuật xây dựng (ĐKTXD):

- MTĐC và HTKT trong mối quan hệ tương tác giữa chúng;
- Các phương pháp tính toán thiết kế nền móng, dự báo sự biến đổi MTĐC khi thi công và khai thác công trình, thiết kế các giải pháp phòng chống sự cố nền móng đảm bảo ổn định lâu dài các công trình.

Các phương pháp sử dụng trong nghiên cứu ĐKTXD: Phương pháp kế thừa; Thực nghiệm; Tính toán; Phương pháp số và mô hình hóa; Phương pháp phân tích hệ thống.

1.1.2. Tổng quan về công trình giao thông ngầm đô thị

Khái niệm CTGTN đô thị: là một dạng của CTN, được bố trí dưới bề mặt đất, thực hiện chức năng giao thông như: đường tàu điện ngầm, nhà ga tàu điện ngầm, hầm đường ô tô, hầm cho người đi bộ, hầm vượt sông và các CTN phụ trợ kết nối.

Phân loại các CTGTN đô thị: Sơ đồ mặt bằng (công trình có chiều dài lớn và hạn chế); Kích thước tiết diện ngang (CTN tiết diện nhỏ; trung bình và lớn); Chiều sâu đặt công trình (CTN nông và sâu).

1.1.3. Các phương pháp thi công xây dựng CTGTN đô thị

Phương pháp đào mở: đất được đào lộ thiên, tạo không gian cho CTN, sau thi công đất được đắp lại, áp dụng cho các công trình dân dụng móng nông, đường hầm giao thông ngắn, đặt nông.

Phương pháp đào kín: bao gồm các phương pháp: khoan nổ truyền thống, khiên đào, NATM, phương pháp đặc biệt (giếng chìm hơi ép, làm lạnh, phun vữa, nổ ép, hầm chìm).

1.1.4. Các vấn đề ĐKT phát sinh khi thi công CTGTN đô thị

a. Đối với thi công bằng phương pháp đào mở : Ổn định thành hố đào và chuyển vị các công trình lân cận; Cát chảy vào hố đào; Nước chảy vào hố đào; Ổn định đáy hố đào.

b. Đối với thi công bằng phương pháp đào ngầm

Vấn đề sụt lún mặt đất: là kết quả của sự lún sụt bề mặt đất, là sự biến dạng của bề mặt địa hình do hoạt động xây dựng CTN đô thị.

1.2. Tình hình nghiên cứu ĐKT phục vụ xây dựng CTGTN đô thị

1.2.1. Các nghiên cứu trên thế giới

- *Các nghiên cứu về MTĐC:* nhiều tác giả cho rằng các yếu tố MTĐC đóng vai trò quan trọng trong xây dựng CTN như: Hashash (1992), Hai-Min Lyu và nnk (2019), Salma Akter và nnk (2018), Jinchun Chai và nnk (2020),... Trong đó, Estanislao Pujades và nnk (2015), Xiaokang Zheng (2020) nhận định điều kiện ĐCTV, nhất là động thái nước dưới đất phải được dự báo cẩn trọng vì đây là những yếu tố gây nhiều khó khăn nhất trong quá trình thi công CTGTN.

- *Các nghiên cứu về đặc trưng cơ lý của đất đá:* Anatoliy Grigoryevich và nnk (2019), đã chỉ ra 3 thông số kỹ thuật của đất là độ bền, tính biến dạng và tính thấm, đặc tính ứng xử của các yếu tố này cần xem xét khi thi công CTGTN. Terzaghi (1950) đề xuất hệ thống phân loại đất phục vụ xây dựng CTGTN dựa trên đặc điểm ứng xử của đất. Ngoài ra, Terzaghi (1977) đã đánh giá ổn định của CTN, cho đất cát và dăm sạn. Peck (1969), đã đánh giá chỉ số ổn định CTN đối với các loại đất dính. Đối với đá, Terzaghi (1946) đã phân loại khối đá dựa trên các yếu tố bất lợi khi xây dựng CTN. Don U. Deer (1960), đã đề xuất chỉ số RQD đánh giá chất lượng của đá thông qua tỷ lệ lấy lõi khi khoan đá. Bieniawski (1976) đã đề xuất phương pháp đánh giá chất lượng và cường độ của khối đá theo RMR. Ngoài ra, Barton (1974) đã đề xuất phương pháp phân loại đá theo Q.

- *Các nghiên cứu về tính toán và dự báo ổn định CTGTN:* các tác giả quan tâm nhất là vấn đề sụt lún mặt đất khi thi công CTN. Các tác giả Z. H. Xu (2018), Wong, K.S (2009), Xia Bian et al (2016), G.A. Pittaro (2017), E. Karimzade (2017), B. Butchibabua (2019), Takao Kono và nnk (2020), Baolin Hu và nnk (2019), Minoru Kuriki (2020), S. Goodarzi et al (2020),...nhận định việc đào hầm sẽ ảnh hưởng đến các cấu trúc liên kề, cần phải ngăn chặn sự chuyển vị của tường chắn đất. Trong nền đất sét yếu, việc cải tạo nền thường được áp dụng để giảm sự dịch chuyển của tường chắn đất.

Nhìn chung, chưa có công trình nào nghiên cứu một cách hệ thống, đầy đủ các nội dung của đặc điểm ĐKT trên quan điểm phục vụ xây dựng các CTGTN đô thị.

1.2.2. Các nghiên cứu tại Việt Nam

- *Các nghiên cứu về MTĐC:* Nguyễn Thế Phùng và nnk (2004), Đỗ Ngọc Anh và nnk (2018) cho rằng sự ổn định của khối địa tầng là điều kiện quan trọng khi xây dựng các CTGTN. Nguyễn Ngọc Dũng (2018), Lê Đàm Ca và nnk (2020), Nguyễn Quang Phích (2020) đều nhận định mực nước ngầm ảnh hưởng lớn khi đào hầm.

- Các nghiên cứu về đặc trưng cơ lý của đất đá: Nguyễn Sỹ Ngọc và nnk (2018) cho rằng phải nghiên cứu trạng thái ứng suất của đá nằm ở xung quanh CTN, nó phụ thuộc vào dạng và tiết diện CTN. Nguyễn Thị Nụ và nnk (2020), nhận định đối với thi công tuyến metro Nhôn - ga Hà Nội, cần xác định độ mài mòn của cát và sỏi vì nó ảnh hưởng đến độ mòn của thiết bị và hiệu suất đào.

- Các nghiên cứu về tính toán và dự báo ổn định CTGTN: Tác giả Đoàn Thế Tường (2012) đã khuyến cáo khi xây dựng tàu điện ngầm bằng TBM cần chọn lựa các thông số của hầm (đường kính, độ sâu, công nghệ thi công,...) hợp lý nhằm giảm thiểu sự biến đổi bất lợi cho công trình và MTXQ. Nguyễn Văn Hiến (2019), Phạm Huy Giao và nnk (2020), Đỗ Minh Ngọc và nnk (2020), Đỗ Ngọc Thái (2020) đã tính toán sụt lún mặt đất khi thi công CTN bằng TBM. Đối với TP.HCM, các tác giả Võ Minh Quân (2017), Lê Bảo Quốc (2019), Huỳnh Quốc Thiên (2020), Nguyễn Trung Hiếu và nnk (2020), Võ Nhật Luân và nnk (2021),... đã tính toán lún bề mặt khi thi công tàu điện ngầm. Kết quả, độ lún bề mặt khi thi công hầm bằng TBM phụ thuộc vào áp lực gương đào, đường kính và chiều sâu đặt hầm.

Như vậy, tại Việt Nam nói chung, TP.HCM nói riêng, chưa có công trình nghiên cứu nào nghiên cứu một cách đầy đủ về đặc điểm ĐKT phục vụ xây dựng CTGTN. Các nghiên cứu chủ yếu tập trung đánh giá tác động đối với các công trình mặt khi thi công hầm. Do vậy, tác giả sẽ đi sâu nghiên cứu đặc điểm ĐKT và tính toán dự báo các vấn đề ĐKT phát sinh khi thi công CTGTN khu vực TP.HCM.

Chương 2: ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG ĐỊA KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

2.1. Đặc điểm môi trường địa chất Thành phố Hồ Chí Minh

2.1.1. Đặc điểm địa tầng, địa chất Đệ tứ

Các phức hệ thạch học chủ yếu là:

- Trầm tích biển mQ_{2-3} : cát mịn, trạng thái xốp, bão hòa;
- Trầm tích hỗn hợp sông-biển-đầm lầy $ambQ_{2-3}$: bùn sét, bùn sét pha, xám nâu, xám đen; sét, sét pha, dẻo mềm - dẻo cứng;

- Trầm tích hỗn hợp sông-biển **amQ₂¹⁻²**: Sét, á sét, đôi chỗ lẫn sạn; Cát hạt mịn-trung;
- Trầm tích hỗn hợp sông-biển **amQ₁³**: sét dẻo mềm-cứng; á cát bão hòa nước, trạng thái dẻo; cát trung-thô, chặt vừa, bão hòa nước;
- Trầm tích hỗn hợp sông-biển **am^{CM}Q₁²⁻³**: sét, á sét, nửa cứng-cứng, đôi chỗ chảy-dẻo chảy; á cát, cát mịn-trung, chặt vừa;
- Phức hệ thạch học trầm tích hỗn hợp sông-biển **am^{CM}Q₁¹**: Sét, á sét, dẻo mềm-dẻo cứng; á cát, cát xốp-chặt vừa, bão hòa nước.

2.1.2. Đặc điểm tính chất xây dựng của đất đá

Luận án dựa vào bản đồ ĐCCT khu vực TP.HCM tỷ lệ 1/50.000, nhận thấy tính chất xây dựng của đất chủ yếu gặp 2 dạng:

- Đất có chất lượng xây dựng khá bao gồm sét, á sét dẻo cứng, ít gặp hơn có dẻo mềm (3/4 diện tích phân bố dạng 1 là phức hệ thạch học amQ₁³). Đất nằm ngay trên mặt, bề dày trung bình 20m, dưới nó là các phức hệ thạch học sét, á sét, á cát nguồn gốc sông-biển Pleistocene trung-thượng (amQ₁²⁻³), nghèo nước dưới đất.

- Đất yếu gồm 2 loại: sét, á sét trạng thái chảy, dẻo chảy (chiếm 3/4 diện tích); cát hạt mịn-trung chứa nước có áp, đa phần là các trầm tích hiện đại Q₂, nguồn gốc sông biển đầm lầy hoặc sông biển, gặp ngay trên mặt, bề dày từ 10-30m, trung bình và phổ biến là 18m.

2.1.3. Đặc điểm hiện tượng địa chất động lực công trình

Các hiện tượng địa chất động lực công trình ảnh hưởng tới xây dựng CTGTN gồm sụt lún mặt đất và cát chảy.

2.1.4. Đặc điểm địa hình, địa mạo

Theo hình thái và nguồn gốc thành tạo, tác giả phân chia địa hình, địa mạo TP.HCM thành 3 kiểu chính: *Đồi thấp bóc mòn xâm thực*; *Đồng bằng tích tụ*; *Đầm lầy trũng thấp tích tụ ven sông và biển*.

2.1.5. Đặc điểm thủy văn, hải văn và địa chất thủy văn

Thủy văn: TP.HCM có 2 hệ thống sông chính chảy qua là sông Đồng Nai, sông Sài Gòn và có 5 hệ thống kênh rạch chính với tổng chiều dài khoảng 55 km phục vụ tiêu thoát nước.

Đặc điểm hải văn: TP.HCM có hơn 123km đường bờ biển, chế độ bán nhật triều không đều.

ĐCTV: tác giả quan tâm chủ yếu đến 2 tầng chứa nước:

- *Tầng chứa nước không áp Holocene (qh)* ở Cần Giờ, Bình Chánh, các phần thấp của Củ Chi, Hóc Môn, Thủ Đức. Đây là tầng chứa nước ngầm, mực nước nằm nông, từ 0,5-2,12m hoặc nhỏ hơn.

- *Tầng chứa nước có áp Pleistocene (qp)* trong trầm tích rời cát hạt mịn - trung chứa nước có áp (qp_3). Nước khá phong phú, mực nước áp lực gặp ở độ sâu 1m đến hơn 10m cách mặt đất.

2.1.6. Đặc điểm khí độc hại

Quá trình xây dựng tuyến metro tại TP.HCM không bị ảnh hưởng bởi các loại khí độc.

2.2. Đặc điểm hệ thống kỹ thuật của Thành phố Hồ Chí Minh

2.2.1. Khái quát chung về hệ thống kỹ thuật của TP.HCM

a. Hiện trạng sử dụng đất:

Tổng diện tích tự nhiên toàn Thành phố là 209.554 ha, trong đó:

- 13 quận nội thành cũ 14.199,88 ha, bằng 6,78% tổng diện tích;
- 6 quận mới chiếm 35.182,21 ha, bằng 16,79% tổng diện tích;
- Khu ngoại thành 160.172,38 ha, bằng 76,43% tổng diện tích.

Như vậy, diện tích 18 quận nội thành và TP. Thủ Đức chiếm hơn 23%, đây là nơi có mật độ xây dựng (MĐXD) cao, nhiều nhà cao tầng có tải trọng lớn, đa dạng về quy mô và chủng loại CTXD.

Diện tích các huyện ngoại thành là đất nông nghiệp chiếm 54,5%.

b. Hiện trạng xây dựng nhà ở và các tòa cao ốc

Thành phố hiện có 1.458 tòa nhà đã đưa vào khai thác, bao gồm 276 tòa nhà cao trên 100m và 1.179 tòa nhà cao tầng, chúng tỏ diện tích bề mặt khu vực nội đô hầu như đã được xây dựng.

c. Hệ thống công trình giao thông đường bộ

- Tổng các tuyến đường do Sở GTVT quản lý là 844 tuyến (không bao gồm tuyến hẻm dưới 3,5m) với tổng chiều dài khoảng 1.356 km;

- TP.HCM hiện có hơn 500 cây cầu lớn nhỏ, với hơn 61 km chiều dài và 756.560 m² diện tích mặt cầu;

- TP.HCM hiện có trên 2.500m chiều dài hầm đường bộ, với diện tích 9.028,96m² như: Hầm An Sương; Hầm Thủ Thiêm,...

- Quỹ đất dành cho hệ thống giao thông tỉnh rất lớn 1.032,98 ha. Hiện tại, hệ thống bến bãi chủ yếu là các bến xe khách, xe buýt, xe hàng và các trạm kỹ thuật bảo dưỡng xe buýt,...đạt xấp xỉ 228 ha.

2.2.2. Đánh giá đặc điểm và phân cấp hệ thống kỹ thuật TP.HCM

HTKT của TP.HCM có những đặc điểm sau:

- Phần diện tích có MĐXD cao, quy mô các hạng mục xây dựng có tải trọng lớn, nhiều dạng xây dựng ngầm, móng sâu, trong đó có metro, đó là phần lớn thuộc 13 quận nội thành. Trên những diện tích này không thuận lợi quy hoạch xây dựng và thi công các dạng xây dựng ngầm;

- Phần diện tích chiếm tới 54,5% của Thành phố là đất nông nghiệp, chủ yếu là đất canh tác, dân cư tập trung thành các tụ điểm như ấp hoặc các thị trấn nhỏ. Các công trình nhà ở thưa thớt, các nhà thường thấp tầng, móng nông, hệ thống hạ tầng kỹ thuật chưa phát triển. Trên những diện tích này rất thuận lợi quy hoạch xây dựng và thi công các dạng xây dựng ngầm;

- Phần diện tích còn lại, khoảng 22% diện tích Thành phố: là phần diện tích trung gian, những vị trí mới đưa vào quy hoạch xây dựng. MĐXD thưa thớt, chủ yếu là móng nông, ít hoặc chưa có các nhà cao tầng, dạng xây dựng ngầm. Những diện tích này tương đối thuận lợi cho việc quy hoạch và triển khai thi công các dạng xây dựng ngầm.

HTKT được phân theo **mức độ khó khăn cho xây dựng CTGTN**, theo 3 tiêu chí: MĐXD; dạng CTXD và quy mô CTXD. Trong đó:

- **HTKT được đánh giá “Rất khó khăn cho xây dựng CTGTN” - Mức độ 1:** là khu vực 13 quận nội thành cũ, có MĐXD cao với nhiều dạng CTXD (dân dụng, giao thông, hạ tầng kỹ thuật, CTN,...). Khu vực này, cần lưu ý những vị trí tập trung các công trình xây dựng trên bề mặt hoặc ngầm có độ nhạy cảm cao với thi công và khai thác công trình như các công trình móng nông, kết cấu ít bền vững, nhạy với lún không đều. Khi quy hoạch, thi công các CTGTN cần phải tính đến các giải pháp: tối ưu là tránh thiết kế các tuyến GTN đi qua các vị trí này, nếu bắt buộc đi qua thì phải chú ý hiệu quả kinh tế và có giải pháp đảm bảo ổn định công trình lân cận.

- **HTKT được đánh giá “Khó khăn cho xây dựng CTGTN” - Mức độ 2:** là khu vực trung gian, chiếm 22% diện tích Thành phố, là những khu

vực có MĐXD thấp hơn so với khu vực có HTKT mức độ 1. Nơi đây không tổ hợp nhiều dạng CTXD như khu vực có HTKT mức độ 1, các CTXD có quy mô nhỏ, cấp thấp, chủ yếu sử dụng móng nông hoặc móng cọc ma sát tiết diện nhỏ, chiều sâu đặt móng nhỏ. Việc xây dựng CTGTN có thể vẫn được tiến hành nhờ di chuyển các công trình lân cận hoặc có các giải pháp thi công hợp lý nhằm đảm bảo ổn định các công trình lân cận này.

- HTKT được đánh giá “Ít khó khăn cho xây dựng CTGTN” - Mức độ 3: là khu vực chiếm 54,5% diện tích đất nông nghiệp Thành phố, là những khu vực có MĐXD, dạng CTXD cũng như quy mô các hạng mục kỹ thuật thấp, chủ yếu sử dụng móng băng, chiều sâu đặt móng nhỏ, chưa có nhiều các CTXD, nên đa phần không cần tính toán hoặc sử dụng các giải pháp ĐKT đặc biệt khi thiết kế và thi công các CTGTN.

2.3. Phân khu ĐKT TP.HCM phục vụ xây dựng CTGTN

2.3.1. Mục đích phân khu địa kỹ thuật

- Phục vụ tính toán dự báo định lượng các vấn đề ĐKT khi thi công các CTGTN dạng tuyến. Thiết kế, thi công các giải pháp ĐKT đảm bảo ổn định bền vững cho CTGTN dạng tuyến.

2.3.2. Nguyên tắc phân khu địa kỹ thuật

Các đơn vị phân khu từ cao xuống thấp: Khu; Phụ; Khoảnh ĐKT.

2.3.3. Tiêu chí phân khu địa kỹ thuật

- Khu ĐKT dựa vào đặc điểm và tính năng xây dựng của đất đá;
- Phụ khu ĐKT dựa vào đặc điểm nước dưới đất và đặc điểm phát sinh các vấn đề ĐKT;
- Khoảnh ĐKT dựa vào đặc điểm điều kiện thi công CTGTN dạng tuyến (HTKT).

2.3.4. Phương pháp thành lập sơ đồ phân khu địa kỹ thuật

1) Phương pháp chỉnh lý số liệu thu thập

Tham khảo TCVN 9153:2012 *Công trình thủy lợi - Phương pháp chỉnh lý kết quả thí nghiệm mẫu đất*.

2) Kỹ thuật thành lập sơ đồ phân khu ĐKT

Sơ đồ phân khu ĐKT được xây dựng trên nền bản đồ địa chất Độ tứ cùng tỷ lệ, thể hiện đầy đủ vị trí, diện phân bố các đơn vị khu, phụ khu và khoảnh ĐKT. Ký hiệu phân khu ĐKT tại bảng 2.12

Bảng 2.11: Ký hiệu các đơn vị phân khu ĐKT

STT	Khu		Phụ khu		Khoảnh	
	Ký hiệu	Mô tả	Ký hiệu	Mô tả	Ký hiệu	Mô tả
1		Khu I: thuận lợi cho thi công và xây dựng giao thông ngầm		Phụ khu I.A: đất tốt là đất dính trạng thái dẻo mềm đến cứng		Khoảnh I.A.1
						Khoảnh I.A.2
						Khoảnh I.A.3
				Phụ khu I.B: nền là đá gốc lộ ngay trên mặt		Khoảnh I.B.1
						Khoảnh I.B.2
						Khoảnh I.B.3
2		Khu II: không thuận lợi cho thi công và xây dựng giao thông ngầm		Phụ khu II.A: đất yếu là đất dính trạng thái dẻo chảy đến chảy		Khoảnh II.A.1
						Khoảnh II.A.2
						Khoảnh II.A.3
				Phụ khu II.B: đất yếu là cát gặp nước dưới đất		Khoảnh II.B.1
						Khoảnh II.B.2
						Khoảnh II.B.3

2.3.5. Kết quả phân khu ĐKT

Bảng 2.13: Đặc điểm ĐKT các khu, phụ khu và khoảnh phục vụ xây dựng GTN

Khu	Phụ khu	Khoảnh	Phạm vi phân bố	Đất đá đường ngầm đi qua	Đặc điểm nước dưới đất	Mức độ thuận lợi, khó khăn khi thi công xây dựng GTN
Ngầm nông						
I	I.A	I.A.1	Rải rác ở Cù Chi, Hóc Môn, Bình Chánh, Tân Bình, Bình Thạnh, Q6, 9.	Sét, á sét, trạng thái dẻo mềm đến cứng	Nghèo nước	Thuận lợi, chú ý các vấn đề ĐKT: trượt thành hố móng, mất ổn định nền,...nhưng không nghiêm trọng.
		I.A.2	Chiếm phần lớn ở Cù Chi, gặp rải rác ở Hóc Môn, Gò Vấp, Thủ Đức			Thuận lợi, chú ý các vấn đề ĐKT: trượt thành hố móng, mất ổn định nền,...lưu ý công trình sử dụng móng cọc cắm sâu hơn 12-15m.
		I.A.3	Ở huyện Cù Chi, Bình Chánh, rải rác ở Q9.			Thuận lợi, chú ý các vấn đề ĐKT: trượt thành hố móng, mất ổn định nền,...điều kiện thi công tương đối thuận lợi
	I.B		Phía Đông Bắc Q9	Đá có tuổi J ₁ -K ₁	Không có nước	Không phát sinh vấn đề ĐKT khi thi công, nhưng công tác đào gặp khó khăn.
II	II.A	II.A.1	Rải rác ở Hóc Môn, Bình Chánh, Q1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, Bình Thạnh, Gò Vấp, Nhà Bè, Thủ Đức	Bùn sét, bùn á sét, sét, á sét trạng thái chảy đến dẻo chảy	Mức nước dưới đất nằm nông, từ 2-8m	Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: mất ổn định thành hố móng, nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...điều kiện thi công khó khăn.
		II.A.2	Rải rác ở Cù Chi, Bình Chánh, Gò Vấp, Tân Bình, Nhà Bè, Q9.			Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: mất ổn định thành hố móng, nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...
		II.A.3	Phần lớn diện tích Cần Giuộc, phía Nam Cù Chi, Hóc Môn, Q12, Bình Chánh, Q9, Nhà Bè			Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: mất ổn định thành hố móng, nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...điều kiện thi công thuận lợi.
	II.B	II.B.1	Ở Q1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, TP. Thủ Đức, một phần nhỏ ở phía Nam Cần Giuộc, Hóc Môn, Cù Chi	Cát hạt mịn - thô, trạng thái xốp đến chặt vừa	Mức nước dưới đất nằm nông, từ 2-8m	Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: mất ổn định thành hố móng, mất ổn định nền,...điều kiện thi công khó khăn
		II.B.2	Một phần nhỏ ở Cù Chi, Hóc Môn			Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: mất ổn định thành hố móng, nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...
		II.B.3	Ở Đông Bắc Cù Chi, một phần nhỏ ở Hóc Môn, phía Nam, Đông Nam Cần Giuộc			Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: mất ổn định thành hố móng, nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...điều kiện thi công thuận lợi.

Khu	Phụ khu	Khoảnh	Phạm vi phân bố	Đất đá đường ngầm đi qua	Đặc điểm nước dưới đất	Mức độ thuận lợi, khó khăn khi thi công xây dựng GTN
Ngầm sâu						
I	I.A	I.A.1	Ở trung tâm và phía Nam Củ Chi, Bình Chánh, Hóc Môn, Tân Bình, TP. Thủ Đức, Q9, 2, 3, Bình Thạnh	Sét, á sét, trạng thái dẻo mềm đến cứng	Nghèo nước	Thuận lợi, chú ý vấn đề mất ổn định nền,...nhưng không nghiêm trọng.
		I.A.2	Gặp chủ yếu ở huyện Củ Chi, một phần TP. Thủ Đức, Q2			Thuận lợi, chú ý các vấn đề ĐKT: mất ổn định nền,...lưu ý công trình sử dụng móng cọc cắm sâu hơn 25-30m.
		I.A.3	Ở huyện Củ Chi, Bình Chánh, một phần TP. Thủ Đức			Thuận lợi, chú ý vấn đề mất ổn định nền,...điều kiện thi công tương đối thuận lợi
	I.B		Gặp ở phía Đông Bắc Q9	Đá có tuổi J ₁ -K ₁	Không có nước	Không phát sinh vấn đề ĐKT, công tác đào khó khăn.
II	II.A	II.A.1	Gặp ở các Q1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, Nhà Bè	Bùn sét, bùn á sét, sét, á sét trạng thái chảy đến dẻo chảy	Mực nước dưới đất nằm nông, từ 2-8m	Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...điều kiện thi công khó khăn.
		II.A.2	Một số nơi huyện Nhà Bè, Bình Chánh, Củ Chi			Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: mất ổn định thành hố móng, nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...
		II.A.3	Ở huyện Củ Chi, Bình Chánh, Nhà Bè, Cần Giuộc, phân bố không rộng			Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: mất ổn định thành hố móng, nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...điều kiện thi công thuận lợi.
	II.B	II.B.1	Phía Tây Nam, Nam Củ Chi, phía Bắc Hóc Môn.	Cát hạt mịn -thô, trạng thái xốp đến chặt vừa	Mực nước dưới đất nằm nông, từ 2-8m	Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...điều kiện thi công khó khăn
		II.B.2	Phía Bắc Cần Giuộc, Nam Bình Chánh, rải rác ở Q9, 3, Hóc Môn, Củ Chi			Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...
		II.B.3	Phân bố hầu hết trên địa bàn TP.HCM			Khó khăn, chú ý các vấn đề ĐKT: nước chảy vào hố móng, mất ổn định nền,...điều kiện thi công thuận lợi.

Chương 3: DỰ BÁO CÁC VẤN ĐỀ ĐỊA KỸ THUẬT VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP ỔN ĐỊNH KHI THI CÔNG CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG NGẦM

3.1. Đặc điểm quy mô và công nghệ thi công CTGTN TP.HCM

3.1.1. Về đặc điểm quy mô công trình giao thông ngầm

Hệ thống đường sắt đô thị TP.HCM theo quy hoạch gồm 8 tuyến metro. Tuy nhiên, mới chỉ có tuyến số 1 Bến Thành - Suối Tiên cơ bản hoàn thành. Tuyến số 1 có đoạn đi ngầm dài 2,6 km qua 03 ga và đoạn đi trên cao 17,1 km qua 11 ga, tổng chiều dài là 19,7 km. Độ sâu trung bình của tuyến hầm là khoảng 15-25m. Tuyến gồm 2 hầm đi song song với đường kính ngoài của mỗi hầm là 6,65m.

3.1.2. Về đặc điểm công nghệ thi công các CTGTN

Tại TP.HCM, đã và đang tồn tại cả hai phương pháp thi công là đào mở và đào kín. Phương pháp đào kín đang áp dụng khiến đào TBM để thi công các đoạn đi ngầm của tuyến metro số 1.

3.2. Dự báo các vấn đề ĐKT khi thi công CTGTN

3.2.1. Phương pháp tính toán và lựa chọn phần mềm tính toán

- *Phương pháp tính toán*: phương pháp phần tử hữu hạn;
- *Phần mềm tính toán*: phần mềm Plaxis 2D;
- *Lựa chọn mô hình đất*: sử dụng mô hình Hardening Soil.

3.2.2. Phân tích lựa chọn các mặt cắt địa kỹ thuật để tính toán

Theo kết quả phân khu ĐKT, các khoảnh II.A.1 và II.B.1 là những khoảnh có đặc điểm ĐKT điển hình, khả năng dễ phát sinh các vấn đề ĐKT khi thi công, nên sẽ được lựa chọn để kiểm toán.

3.2.3. Dự báo các vấn đề ĐKT khi thi công mở

a. Đào mở trong điều kiện ĐKT khoảnh II.A.1

Trong điều kiện ĐKT tại khoảnh II.A.1, luận án khảo sát ổn định của hố đào, bằng phần mềm Plaxis 2D, trong 2 trường hợp:

- Đào mở có mái dốc (1:1; 1:1,5; 1:2)

Bảng 3.4. Thông số địa chất đầu vào mô hình Plaxis

	Lớp 0 - Lớp đất phủ	Lớp 1 - Lớp bùn sét	Lớp 2- Sét, sét pha, dẻo chảy	Lớp 3 - Sét, sét pha, dẻo cứng
Mô hình	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil
Chiều dày (m)	2,0	4,0	6,1	6,5
Kiểu thoát nước	Thoát nước	Không thoát nước loại A	Không thoát nước loại A	Không thoát nước loại A
γ (kN/m ³)	18,5	15,0	17,5	19,3
e	0,5	2,2	1,152	0,895
E_{50}^{ref} (kPa)	10.000	2.000	3.000	8.000
E_{oed}^{ref} (kPa)	10.000	2.000	3.000	8.000
E_{ur}^{ref} (kPa)	30.000	6.000	9.000	24.000
m	0,5	1	1	1
c^* (kPa)	1	16	20	25
φ^* (độ)	30	19	22	28
ν (-)	0,3	0,3	0,3	0,3

- Kết quả đào mở với mái dốc trong điều kiện đất yếu (bùn, sét dẻo chảy) là rất khó khăn, có nguy cơ cao gây mất ổn định mái dốc. Mặt bằng thi công trong môi trường đô thị bị hạn chế, nên việc đào hố với các mái dốc lớn (1:2; 1:3) thường bất khả thi.

- Đào mở có tường chắn đất với 3 phương án:

+ Phương án 1: Cừ larsen 16m + 2 tầng văng chống

+ Phương án 2: Cừ larsen 16m + 2 tầng neo đất

+ Phương án 3: Cừ larsen 18m + 2 tầng văng chống

Bảng 3.6. So sánh các phương án đào hầm mở tại khoảnh II.A.1

Tiêu chí so sánh	PA1: Cừ Larsen + văng chống	PA2: Cừ Larsen + Neo đất	PA3: Kéo dài cừ Larsen
Chuyển vị nền	$U_{\max}=24,8\text{cm}$	Chuyển vị rất lớn do tụt neo	$U_{\max}=20,95\text{cm}$
Chuyển vị tường chắn	$U_{\max}=17,9\text{cm}$	Chuyển vị rất lớn do tụt neo	$U_{\max}=15,48\text{cm}$
Momen uốn tường cừ	$M_{\max}=432,1\text{ kN/m}$	Neo bị kéo tụt trước khi đào đến bước cuối cùng	$M_{\max}=402,2\text{ kN/m}$
Hệ số ổn định	FOS = 1,9	Neo bị kéo tụt trước khi đào đến bước cuối cùng	FOS=2,27

- Cần áp dụng phương pháp tường chắn đất với hệ chống giữ bằng văng chống hoặc neo đất khi đào mở tại khoảnh II.A.1.

- Cừ lasen + văng chống và cừ lasen ngàm sâu vào lớp đất tốt, đây là phương án gia cố tối ưu. Hệ số ổn định $> 1,5$

- Neo đất không thích hợp cho các hố đào ở khu vực sét dẻo chảy, vì sức kháng của neo khu vực này nhỏ, gây mất ổn định hố đào.

b. Đào mở trong điều kiện ĐKT khoảnh II.B.1

Tương tự khoảnh II.A.1, luận án khảo sát ổn định của hố đào, trong điều kiện ĐKT tại khoảnh II.B.1.

Bảng 3.7. Thông số địa chất đầu vào mô hình Plaxis

	Lớp 0 - Lớp đất phủ	Lớp 2 - Sét, sét pha, dẻo mềm, dẻo cứng	Lớp 3 - Cát, trạng thái xốp đến chặt
Chiều dày trung bình lớp đất (m)	2	6	
Mô hình	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil
Kiểu thoát nước	Thoát nước	Không thoát nước loại A	Thoát nước
γ (kN/m ³)	18,5	19,5	19,6
e	0,5	0,895	0,62
E_{50}^{ref} (kPa)	10.000	7.500	14.000
E_{ed}^{ref} (kPa)	10.000	7.500	14.000
E_{ur}^{ref} (kPa)	30.000	22.500	42.000
m	0,5	1	0,5
c' (kPa)	1	25	1
ϕ' (độ)	30	28	29
ν (-)	0,3	0,3	0,3

Bảng 3.9. Các phương án đào hầm nông tại khoảnh II.B.1

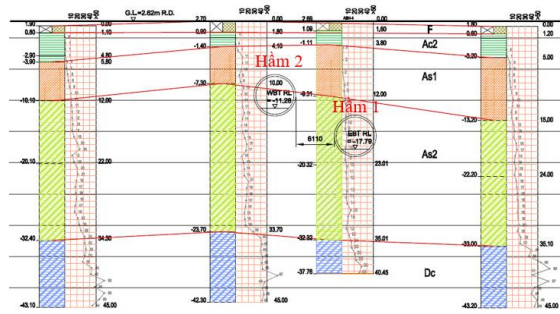
Tiêu chí so sánh	PA1: Cừ Larsen + văng chống	PA2: Kéo dài cừ Larsen	PA3: Cừ Larsen + Neo đất
Chuyển vị nền	$U_{\max}=7,5\text{cm}$	$U_{\max}=7,2\text{cm}$	$U_{\max}=3,7\text{cm}$
Chuyển vị tường chắn	$U_{\max}=2,5\text{cm}$	$U_{\max}=2,4\text{cm}$	$U_{\max}=2,6\text{cm}$
Momen uốn tường cừ	$M_{\max}=107,4$ kN/m	$M_{\max}=103,7$ kN/m	$M_{\max}=98$ kN/m
Hệ số ổn định tổng thể	FOS = 1,5	FOS = 1,7	FOS=1,59

Từ kết quả bảng 3.9, có thể đi đến một số kết luận sau:

- Chuyển vị tường chắn đất trong cát sẽ nhỏ hơn trong điều kiện sét dẻo chảy-dẻo mềm;
- Neo đất trong điều kiện ĐKT khoảnh II.B.1 có thể áp dụng;
- Tăng chiều dài tường cừ sẽ tăng chiều dài dòng thấm, qua đó giảm áp lực thấm và tăng hệ số an toàn của hố đào.

3.2.4. Phương pháp dự báo lún bề mặt khi thi công bằng TBM

Tác giả lựa chọn một mặt cắt của tuyến metro số 1 và có số liệu quan trắc để tính đối sánh. Mặt cắt tính toán có hai đường hầm đào song song. Đường hầm thứ nhất nằm sâu hơn, ở độ sâu 16,8m (tính từ tâm hầm) nằm trong lớp cát chặt vừa. Đường hầm thứ hai nằm nông hơn, ở độ sâu 11,5m (tính từ tâm hầm).

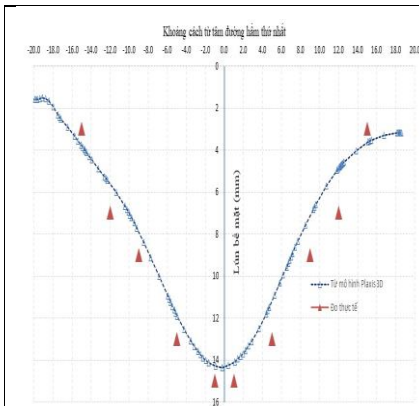


Hình 3.16. Mặt cắt địa chất tuyến metro số 1 tại Km 1+440

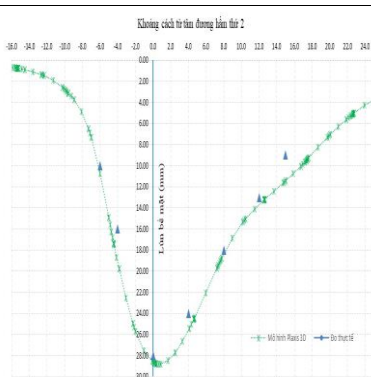
Bảng 3.9. Thông số đất vào mô hình

Lớp đất/thông số Mô hình	Đất lấp (F)	Lớp sét (AC2)	Lớp cát (AS1)	Lớp cát (AS2)
Kiểu thoát nước	Thoát nước	Không thoát nước loại B	Thoát nước	Thoát nước
γ (kN/m ³)	19	16,5	20,5	20,5
c' (kPa)	0,1	-	0,1	0,1
ϕ' (độ)	25	-	30	33
Cu (kPa)	-	10	-	-
v (-)	0,3	0,3	0,3	0,3
E_{s0}^{ref} (kPa)	10.000	3.000	12.500	37.500
E_{oed}^{ref} (kPa)	10.000	3.000	12.500	37.500
E_{ur}^{ref} (kPa)	30.000	90.000	37.500	112.500
m	0,5	1,0	0,5	0,5
Hệ số thấm, k(m/s)	1.00E-06	1.00E-09	2.00E-05	2.00E-05

Kết quả thu được:



Hình 3.21. Chuyển vị bề mặt khi đào hầm thứ nhất (hầm sâu hơn)

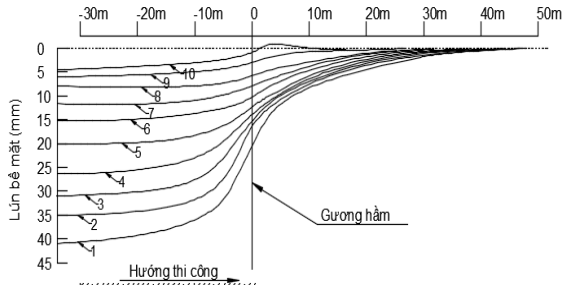


Hình 3.22. Chuyển vị bề mặt khi đào hầm thứ hai (hầm nông hơn)

3.3. Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến lún bề mặt khi thi công đường hầm bằng công nghệ TBM

3.3.1. Ảnh hưởng của áp lực gương

Độ lún mặt đất dọc gương hầm trong quá trình đào hầm thứ nhất (hầm sâu hơn) được thể hiện tại hình 3.25 khi sử dụng các giá trị áp lực gương (tại vị trí nóc hầm) tương ứng từ 100kPa đến 280 kPa.



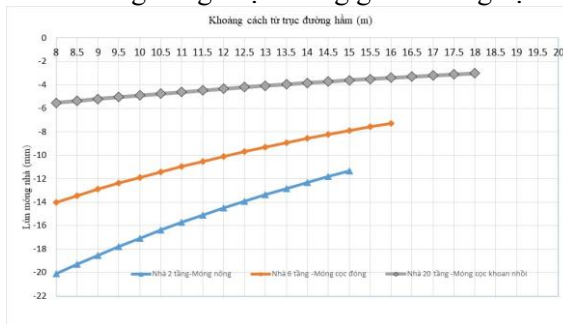
Hình 3.25. Sự phụ thuộc của độ lún bề mặt theo giá trị áp lực gương
1- $q=100$ kPa; 2- $q=120$ kPa; 3- $q=140$ kPa; 4- $q=160$ kPa; 5- $q=180$ kPa; 6-
 $q=200$ kPa; 7- $q=220$ kPa; 8- $q=240$ kPa; 9- $q=260$ kPa; 10- $q=280$ kPa.

Áp lực gương sinh ra bởi máy TBM lớn hơn thì độ lún bề mặt nhỏ hơn, áp lực gương quá lớn sẽ gây trồi mặt đất (trường hợp 10- $q=280$ kPa), cần tính toán giá trị áp lực gương phù hợp trước khi thi công.

3.3.2. Ảnh hưởng dạng kết cấu móng công trình đến lún bề mặt

Luận án lựa chọn 3 loại công trình với kết cấu móng điển hình:

- Loại 1: Móng trên nền cọc khoan nhồi với chiều sâu 40-50m, thường áp dụng cho các nhà cao tầng, có tải trọng lớn.
- Loại 2: Móng trên cọc vuông hoặc cọc PHC với chiều sâu khoảng 25m, áp dụng cho công trình có tải trọng trung bình đến lớn.
- Loại 3: Các móng nông hoặc móng gia cố bằng cọc tre.

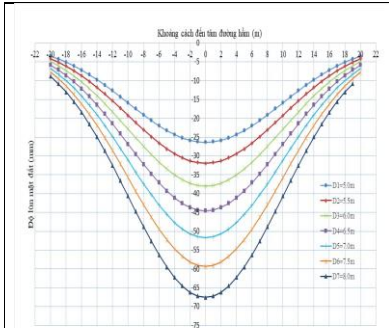


Hình 3.28. Dự báo độ lún của các công trình với các loại móng khác nhau trong vùng ảnh hưởng của tuyến hầm

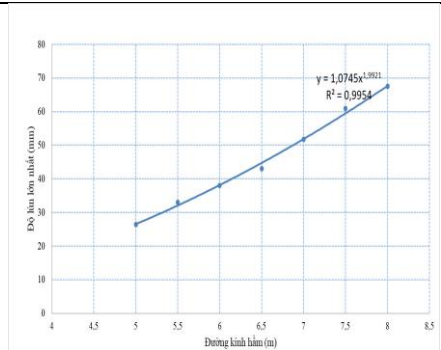
3.3.3. Ảnh hưởng của đường kính hầm

Tác giả đã thực hiện bài toán với các thông số: địa chất theo mục 3.2.3 (bảng 3.4 và bảng 3.7); chiều sâu đặt hầm 20m (tại tim hầm); áp lực gương; hoạt tải trên bề mặt 20 kPa. Đường kính hầm thay đổi theo các giá trị: 5m; 5,5m; 6,0m; 6,5m; 7,0m; 7,5m; 8,0m.

Tại khoảng II.A.1

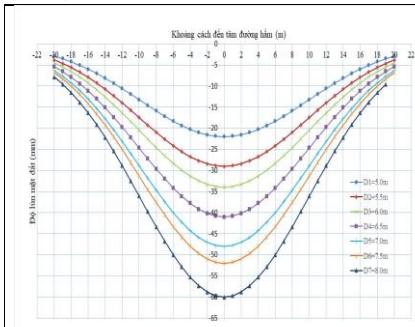


Hình 3.31. Biểu đồ phụ thuộc của độ lún theo đường kính hầm tại khoảng II.A.1

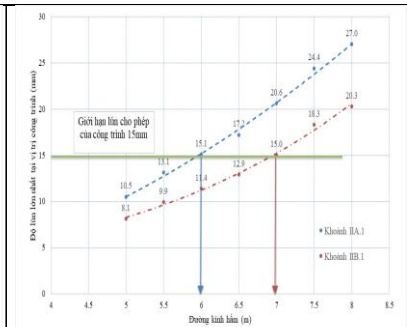


Hình 3.32. Biểu đồ phụ thuộc của độ lún lớn nhất theo đường kính hầm

Tại khoảng II.B.1



Hình 3.34. Biểu đồ phụ thuộc của độ lún theo đường kính hầm tại khoảng II.B.1

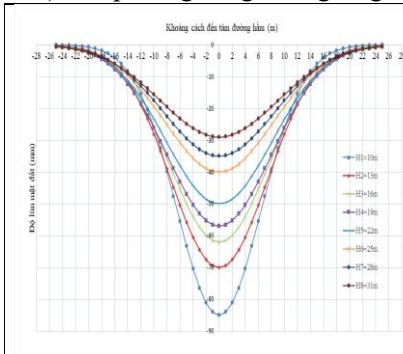


Hình 3.35. Độ lún của công trình với các đường kính hầm khác nhau

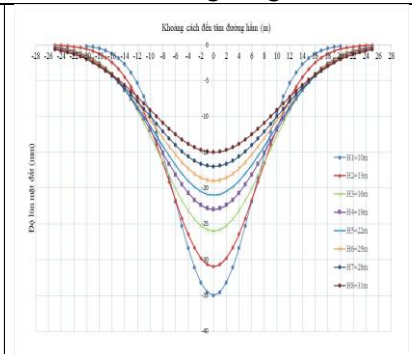
Lấy giới hạn độ lún của công trình là 15mm như các dự án đang được áp dụng, thì đối với khoảng II.A.1 đường kính hầm tối ưu $\leq 6,0\text{m}$, khoảng II.B.1 đường kính hầm tối ưu $\leq 7,0\text{m}$.

3.3.4 Ảnh hưởng của chiều sâu đặt hầm đến độ lún bề mặt

Tác giả giữ cố định các tham số địa chất ở mục 3.2.3 (bảng 3.4 và 3.7), đường kính hầm 6,6m, điều kiện hoạt tải phía trên 20 kPa, chỉ thay đổi chiều sâu đặt hầm từ 10-31m (chiều sâu này là phổ biến với điều kiện khai thác của tuyến tàu điện ngầm của TP.HCM và Hà Nội) và áp lực gương tương ứng để đảm bảo ổn định gương hầm.

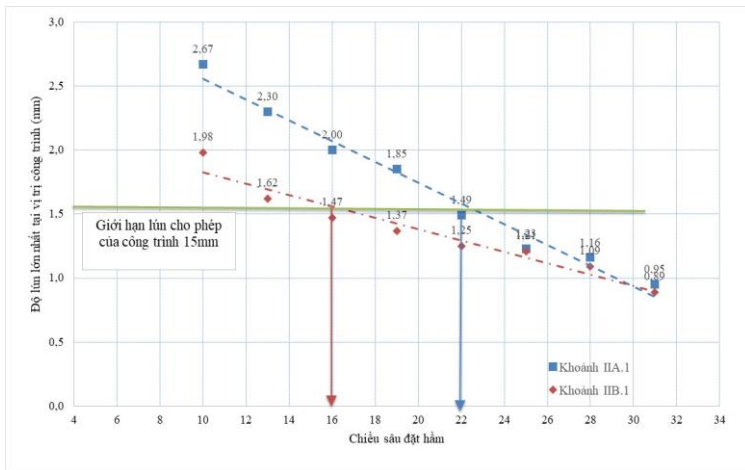


Hình 3.37. Biểu đồ phụ thuộc của độ lún theo chiều sâu đặt hầm tại khoảng II.A.1



Hình 3.38. Biểu đồ phụ thuộc của độ lún theo chiều sâu đặt hầm tại khoảng II.B.1

Việc đánh giá phân tích chiều sâu đặt hầm để đảm bảo độ lún công trình trong giới hạn cho phép được thể hiện tại hình 3.39.



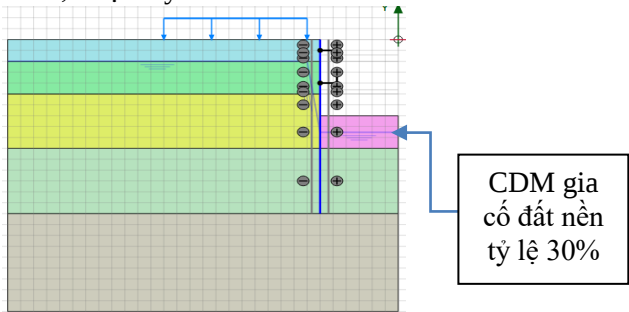
Hình 3.39. Độ lún công trình với các chiều sâu đặt hầm khác nhau

Với khoảng II.A.1, chiều sâu đặt hầm tối ưu $\geq 22\text{m}$, với khoảng II.B.1, chiều sâu đặt hầm tối ưu $\leq 16\text{m}$.

3.4. Đề xuất các giải pháp ổn định khi thi công xây dựng CTGTN

3.4.1. Đối với CTGTN thi công bằng phương pháp đào mở

Luận án khảo sát cùng 1 bài toán về điều kiện địa chất và chiều sâu hố đào như mục 3.2.1 để thấy được sự hiệu quả của biện pháp gia cố nền bằng cọc xi măng đất (CDM). CDM được thiết kế dựa trên kinh nghiệm với các dự án có điều kiện địa chất tương tự: cường độ nén nở hông (qu) 800 kPa, tỉ lệ thay thế 30%.



Hình 3.40. Mô hình hố đào với nền gia cố CDM

Luận án tổng hợp các khuyến nghị cho quá trình đào hầm nông tại khoảng II.A.1 và II.B.1.

Bảng 3.13. Tổng hợp các khuyến nghị cho hầm nằm nông tại khoảng II.A.1 và II.B.1

Chiều sâu đặt hầm	Loại công trình hầm giao thông	Phương pháp thi công	Loại tường chắn đất	Loại hình kết cấu chống giữ	Khoảnh II.A.1		Khoảnh II.B.1	
					Địa chất tuyến hầm đi qua	Vấn đề ĐKT có thể xảy ra	Khuyến nghị giải pháp	Vấn đề ĐKT có thể xảy ra
< 10 m	- Hầm chui - Đoạn chuyển tiếp từ đoạn trên cao xuống đoạn ngầm (ramp dốc của tàu điện ngầm)	Đào lộ thiên (cut and cover)	- Cừ ván thép (Larsen IV); - Cọc liên kết	- Chống đỡ bằng thép ống hình; thép (cho khoảng II.A.1 và II.B.1). - Bàng neo đất cho khoảng II.B.1	Chủ yếu sét dẻo chảy	- Dịch chuyển quá mức của tường chắn đất do địa chất yếu; - Hiện tượng bùng nền do cột nước có áp.	- Gia cố nền bằng CDM tại chân hố đào	- Cát chảy vào hố đào - Kéo dài tường chắn dài dòng thám - Giải pháp thi công tránh hiện tượng hờ me cừ (cứ Larsen); - Cát chảy vào hố móng do dòng thám thủy lực (boiling)
10-15 m	Nhà ga tàu điện ngầm	Thi công mở	Tường bê tông cốt thép đổ tại chỗ (tường trong đất)	Sử dụng các sàn rỗng hầm làm hệ chống đỡ trong quá trình đào	Trong sét dẻo chảy và dẻo mềm	- Dịch chuyển quá mức của tường chắn đất do địa chất yếu; - Hiện tượng bùng nền do cột nước có áp.	- Gia cố nền bằng CDM tại chân hố đào; - Tinh toán kết cấu tường cầu chắn đủ chịu lực.	- Cát chảy vào hố đào qua khe do bức tường vây; - Cát chảy vào hố móng do dòng thám thủy lực (boiling)

3.4.2. Đối với CTGTN thi công bằng phương pháp đào kín

Lược án tổng hợp các khuyến nghị và đề xuất giải pháp phòng chống trong quá trình đào hầm sâu tại khoảng II.A.1 và II.B.1.

**Bảng 3.14. Tổng hợp các khuyến nghị cho hầm nằm sâu
tại khoảng II.A.1 và II.B.1**

Loại công trình hầm giao thông	Phương pháp thi công	Loại hình kết cấu chống giữ	Khoảnh II.A.1			Khoảnh II.B.I		
			Địa chất tuyến hầm đi qua	Vấn đề ĐKT có thể xảy ra	Khuyến nghị giải pháp	Địa chất tuyến hầm đi qua	Vấn đề ĐKT có thể xảy ra	Khuyến nghị giải pháp
Các tuyến hầm đường sắt đô thị	Tổ hợp khoan đào hầm TBM	Vỏ hầm bằng bê tông cốt thép đúc sẵn	Chủ yếu trong sét dẻo mềm	- Dịch chuyển bề mặt trong quá trình đào hầm. - Bục nước trước gương hầm	- Lựa chọn loại máy TBM tích hợp: loại áp lực đất EPB phù hợp với điều kiện địa chất TP.HCM - Lựa chọn đường kính và chiều sâu đặt hầm phù hợp	Cát trạng thái xốp đến chặt	- Dịch chuyển bề mặt trong quá trình đào hầm. - Bục nước trước gương hầm. - Cát chảy vào trong gương đào	- Lựa chọn loại máy TBM tích hợp: loại áp lực đất EPB phù hợp với điều kiện địa chất TP.HCM. - Kiểm soát tốt áp lực gương đào. - Thiết kế thành phần dung dịch phụt trước gương hầm phù hợp, giúp ổn định gương hầm.

KẾT LUẬN

L luận án rút ra một số kết luận sau:

1. Khu vực TP.HCM có diện tích đa phần là đất yếu, gồm 2 nhóm: đất dính (sét, á sét) trạng thái chảy, dẻo chảy (chiếm $\frac{3}{4}$ diện tích) và đất rời (cát hạt mịn - trung) chứa nước dưới đất, phân bố chủ yếu ngay trên mặt, bề dày từ 10-30m nhưng trung bình và phổ biến là 18m. Mực nước dưới đất nằm nông. Những đặc điểm này gây ảnh hưởng rất lớn đến công tác quy hoạch, thiết kế và thi công CTGTN.

2. TP.HCM có mật độ dân số cao, HTKT rất phức tạp, theo đặc điểm HTKT hiện hữu, trên quan điểm đánh giá mức độ gây khó khăn cho thi công xây dựng các CTGTN đô thị dạng tuyến, có thể phân chia HTKT của TP.HCM thành 3 mức độ: HTKT mức độ 1 - rất khó khăn cho xây dựng CTGTN; HTKT mức độ 2: khó khăn cho xây dựng CTGTN; HTKT mức độ 3: ít khó khăn cho xây dựng CTGTN.

3. Căn cứ vào đặc điểm ĐKT, trên quan điểm phục vụ xây dựng CTGTN, khu vực TP.HCM được phân ra thành 02 khu ĐKT (Khu I và Khu II lần lượt là thuận lợi và không thuận lợi cho thi công xây dựng CTGTN), 04 phụ khu và 12 khoảnh ĐKT.

4. Để đảm bảo độ lún bề mặt khi thi công bằng TBM, nằm trong giới hạn cho phép ($\leq 15\text{mm}$), tại khoảnh II.A.1, tối ưu chiều sâu đặt hầm $\geq 22\text{m}$ với đường kính hầm $\leq 6,0\text{m}$; tại khoảnh II.B.1, tối ưu chiều sâu đặt hầm $\geq 16\text{m}$ với đường kính hầm $\leq 7,0\text{m}$.

5. Các giải pháp đảm bảo ổn định khi thi công xây dựng CTGTN:

- Đối với các hố đào trong điều kiện địa chất là đất yếu phương pháp gia cố nền bằng CDM sẽ là biện pháp tối ưu.
- Đối với CTGTN nằm sâu thi công bằng công nghệ TBM, thiết kế áp lực gương phù hợp nhằm đảm bảo độ lún bề mặt cho phép.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

Tiếng Việt

1. Võ Nhật Luân, Nguyễn Thị Nụ, Đỗ Minh Toàn (2020), *Hiện trạng, định hướng phát triển hệ thống giao thông ngầm TP.HCM và nhiệm vụ công tác nghiên cứu ĐKT*, Hội nghị toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD2020), tr50-56, ISBN 978-604762277-1.

2. Nguyễn Văn Hùng, Võ Nhật Luân, Bùi Văn Bình, Phùng Hữu Hải, Nguyễn Tấn Sơn (2022), *Nghiên cứu đặc điểm ĐKT của phức hệ thạch học cát nguồn gốc sông biển Pleistocene trên (am^SQ₁³) khu vực Quận 1, TP.HCM phục vụ xây dựng CTN đô thị*, Hội nghị khoa học toàn quốc ĐKT và Xây dựng phục vụ phát triển bền vững (Vietgeo 2021), Phú Yên 05/2022, tr100-109, Mã ISBN: 978-604-67-2296-0.

Tiếng Anh

3. Vo Nhat Luan, Nguyen Thi Nu, Do Minh Toan (2021), *Consolidation Properties of Ho Chi Minh City Soil, Vietnam*, Iraqi Geological Journal, Pages 1-10, Vol.54, No.1A, ISSN: 2663-8754.

4. Vo Nhat Luan, Nguyen Thi Nu, Do Minh Toan (2021), *Prediction of Ground Subsidence During Underground Construction of Metro line 2, Section 1, Ben Thanh - Tham Luong*, Journal of the Polish Mineral Engineering Society, pages 543-553, Vol.1, No.2, 2021, ISSN: 1640-4920.