

Giải pháp đường hầm thông minh cho đô thị Hà Nội

Smart tunnel solution for the Hanoi urban areas

Hồ Bá Tuấn Anh, Nguyễn Trường Huy

Tóm tắt

Trong những năm gần đây, Hà Nội đang phải đối mặt với tình trạng tắc nghẽn giao thông và lụt lội. Để giải quyết vấn đề này bài báo trình bày một giải pháp là xây dựng đường hầm thông minh, ở đó bao gồm cả hầm đường bộ và hầm thoát nước nhằm giải quyết thực trạng trên. Nội dung bài báo bao gồm các vấn đề về giải pháp đường hầm thông minh, các thông số về lựa chọn hướng tuyến, mặt cắt ngang dựa trên điều kiện địa chất của Hà Nội. Bài báo đã thực hiện phân tích mô hình số của đường hầm thông minh dựa trên các điều kiện của Hà Nội. Cuối cùng là các kết luận và kiến nghị.

Từ khóa: đường hầm thông minh, điều kiện địa chất Hà Nội, tuyến, mô hình hầm

Abstract

In recent years, Hanoi is facing traffic congestion and flooding problems. To solve this issue, the paper presents a solution is to build a smart tunnel, which includes both highway tunnel and storm water tunnel for these situations. Paper content includes the issues about smart tunnel, parameters of alignment and tunnel cross-sections based on geological conditions of Hanoi. The paper has also analyzed the simulation model of the smart tunnel based on the geological Hanoi conditions. Finally, conclusions and recommendations included for the application of smart tunnel in Hanoi.

Key words: smart tunnel, geological of Hanoi, alignment, tunnel model

Hồ Bá Tuấn Anh

ĐT: 0948866597

Email: Hotuananh@gmail.com

TS. Nguyễn Trường Huy

Bộ môn công trình ngầm đô thị

Khoa Xây dựng

Ngày nhận bài: 04/8/2020

Ngày sửa bài: 14/8/2020

Ngày duyệt đăng: 14/8/2020

1. Đặt vấn đề

Ở Việt Nam giao thông tại các thành phố lớn đang trở nên vô cùng bức xúc và phức tạp. Hàng năm nhà nước tốn hàng nghìn tỷ đồng để khắc phục, cải tạo hệ thống đường xá cũng như đưa ra các biện pháp làm giảm ùn tắc giao thông, tuy nhiên, các phương án đưa ra đã thể hiện những nhược điểm, ít khả thi vì khó khăn trong công tác giải phóng mặt bằng. Một phương án được xem là hữu hiệu cũng đã được đề cập và đang được quan tâm nhiều hiện nay đối với các thành phố lớn là sử dụng hệ thống đường ngầm đô thị.

Cùng với đó là tình trạng khi mưa xuống đường thường xuyên bị ngập lụt, hiện trạng mưa là ngập này vẫn chưa có giải pháp dứt điểm.

Đường hầm thông minh là một trong những giải pháp được nhóm nghiên cứu đề xuất. Công trình kết hợp 2 trong 1: Hầm thoát nước và đường ngầm đô thị nhằm thực hiện một lúc 2 mục tiêu chống lụt lội và tắc nghẽn giao thông.

2. Đường hầm thông minh

Đường hầm thông minh là một trong những dự án sáng tạo trên thế giới khi kết hợp khái niệm hệ thống đường hầm ướt và khô. Đường hầm phục vụ cho lối đi của xe cộ và cũng là kênh để chuyển hướng nước mưa từ trung tâm thành phố Hà Nội.

Chế độ đầu tiên: ở trong điều kiện bình thường. Đây là nơi, không có tình trạng lũ lụt phát sinh trong trung tâm thành phố hoặc lượng mưa thấp. Trong trường hợp này, toàn bộ tầng trên và tầng dưới sẽ được sử dụng hoàn toàn có đường cao tốc giao thông. Hệ thống vận hành trên tự động trên điều khiển thông minh để theo dõi tình hình để chạy đường hầm trơn tru.

Chế độ thứ hai: khi có nước lũ được chuyển vào đường hầm bằng cách sử dụng tầng thứ ba (kênh thấp hơn). Điều này xảy ra khi lượng mưa vừa phải và có thể được chuyển qua tầng dưới. Khi điều này xảy ra, đường hầm vẫn mở phương tiện để đi qua như đường tránh. Hai tầng trên sẽ được giữ mở bao gồm phần kênh dưới khi nước được chuyển hướng.

Chế độ thứ ba: là khi bão lớn đổ bộ vào thành phố. Khi điều này xảy ra, hệ thống sẽ đóng việc di chuyển giao thông ở tất cả các tầng. Đường hầm sẽ được kiểm tra đầy đủ trước khi đóng cửa để được sử dụng hoàn toàn như một kênh để thoát nước. Sau khi các sàn này được đóng lại, đường hầm sẽ chỉ được sử dụng làm hệ thống thoát nước mưa. Các cửa nhận nước sẽ mở để cho phép nước lũ chảy vào đường hầm. Ba sàn sẽ được sử dụng để dẫn lượng nước dư thừa từ thành phố đến một giếng lớn - ở đây là hồ điều hòa. Sau khi bão qua, đường hầm sẽ được làm sạch khỏi nước mưa trước khi xe được phép vào. Hồ điều hòa ở cuối kênh được trang bị để chứa nhiều hơn lượng nước cho phép giúp hệ thống vận hành hiệu quả hơn.

3. Phân tích lũ lụt và hệ thống thoát nước và tắc nghẽn giao thông, các yếu tố ảnh hưởng của địa chất thủy văn, giải pháp định hướng tuyến

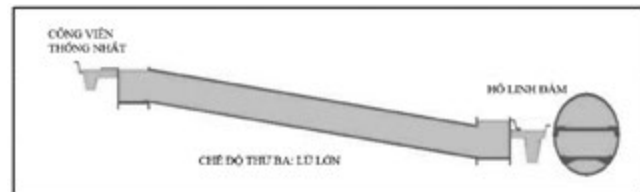
a) Hiện trạng cơ sở hạ tầng giao thông, cấp thoát nước:

Về giao thông, trên địa bàn thành phố Hà Nội có khoảng 16.132 km đường bộ, trong đó đường do Bộ GTVT quản lý khoảng 80 km, thành phố quản lý khoảng 1.015 km, các quận, huyện, thị xã quản lý 2.090 km còn lại các xã, phường, thị trấn quản lý 12.947 km.

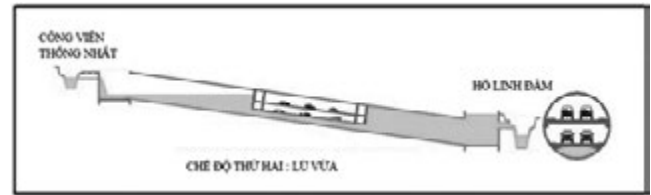
Về cấp thoát nước, sau hai giai đoạn Dự án thoát nước Hà Nội, hiện nay hoàn chỉnh được hệ thống thoát nước mưa khu vực nội thành thuộc lưu vực sông Tô Lịch, sông Lừ, sông Sét và sông Kim Ngưu với diện tích 77,5km² (gồm các quận Ba Đình, Hoàn Kiếm, Đống Đa, Hai Bà Trưng, Hoàng Mai, Tây Hồ và một phần các quận Cầu Giấy, Thanh Xuân). Hệ thống này có thể giải quyết được tình trạng úng ngập cho những trận mưa có cường độ 300mm/l² ngày. Đối với khu vực phía tây thành phố



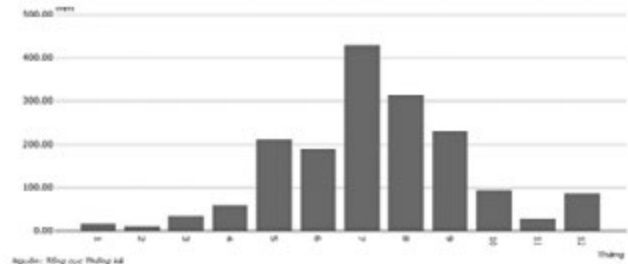
Hình 1. Chế độ vận hành thứ nhất của đường hầm thông minh



Hình 3. Chế độ vận hành thứ ba của đường hầm thông minh



Hình 2. Chế độ vận hành thứ hai của đường hầm thông minh



Hình 4. Lượng mưa các tháng trong năm ở Hà Nội năm 2018 (nguồn Tổng cục thống kê năm 2018)

như: các quận Hà Đông, Nam Từ Liêm, Bắc Từ Liêm,... vẫn bị úng ngập sâu, tiêu thoát chậm là do nằm ngoài phạm vi dự án thoát nước.

b) Về lũ lụt:

Thủ đô Hà Nội có một lượng mưa hàng năm khá lớn, lượng mưa trung bình năm khoảng 1.250-1.870 mm vì thuộc vùng khí hậu nhiệt đới ẩm gió mùa. Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10 thường tập trung tới 85% lượng mưa cả năm. Mưa lớn nhất thường vào tháng 7 và tháng 8, đây cũng là tháng thường có nhiều cơn bão nhất, mực nước các sông dâng cao gây khó khăn cho việc tiêu thoát nước của Thành phố.

c) Về tắc nghẽn giao thông:

Theo nghiên cứu bộ giao thông về vận hành tuyến xe buýt nhanh thì lưu lượng xe lưu thông vào giờ cao điểm sáng ở Hà Nội trong 30 phút: Xe máy: 4753 xe; Ô tô: 465 xe; Xe buýt thường: 9 xe; Xe buýt BRT: 8 xe.

Mật độ phương tiện giao thông cao nhất là vào giờ cao điểm buổi sáng khi các phương tiện giao thông di chuyển từ vùng ngoại ô đi vào trung tâm thành phố. Lưu lượng tham gia giao thông quá đông, vượt quá thiết kế của đường dẫn đến tình trạng ùn tắc giao thông. Việc tắc nghẽn chủ yếu là do đường giao đồng mức, gây xung đột giữa các dòng phương tiện. Bên cạnh đó, điểm dừng đỗ phương tiện công cộng còn yếu, biển báo cảnh báo chưa đồng bộ và còn đang thiếu. Trong những năm gần đây, Hà Nội chỉ phát triển thêm 5 tới 10 km đường mỗi năm. Thêm nữa, hiện tượng ngập úng mỗi khi mưa lớn cũng gây khó khăn cho người tham gia giao thông.

d) Các yếu tố ảnh hưởng do địa chất thủy văn của Hà Nội:

Hà nội là thành phố nằm trong đồng bằng châu thổ sông Hồng. Sự phân bố của đất đá trên toàn bộ khu vực thực hiện dự án, các lớp đất yếu thường gây ra sụt lún nền nghiêm trọng.

Bảng 1: Thông số mô hình đất nhập vào plaxis

Đặc trưng	Kí hiệu	Lớp 2: Sét pha dẻo mềm	Lớp 3: sét pha nửa cứng	Lớp 4: Cát hạt bụi	Lớp 5: Cát lẫn sỏi	Lớp 6: Cát hạt mịn lẫn sạn cuội	Lớp 7: Lớp cuội sỏi lẫn cát	Đơn vị
Mô hình		Hardening Soil						
Chiều dày		9,4	10,4	11,7	3,5	4,5	6,5	m
Loại ứng xử thoát nước		Undrained	Undrained	Drained	Drained	Drained	Drained	
Hệ số rỗng	e	1,878	0,743	0,8305	0,5	0,5	0,5	
Trọng lượng riêng tự nhiên	γ	15,3	19,7	19	20	20	21	kN/m ³
Trọng lượng riêng bão hòa	γ_{bh}	15,83	19,9	19,12	21	21	22,65	kN/m ³
Module cát tuyến	E_{50}^{ref}	900	3033	13359	24000	15357	78157	kN/m ²
Module tiếp tuyến	E_{oed}^{ref}	900	3225	10687	19412	12285	62525	kN/m ²
Module dỡ tải - gia tải	E_{ur}^{ref}	2702	9098	40077	72000	46071	234500	kN/m ²
Hệ số mũ	m	0,033	1,06	0,7	0,7	0,7	0,7	
Hệ số poisson	ν	0,495	0,2	0,25	0,3	0,3	0,4	
Lực dính	C	16	21,6	0	0	0	0	kN/m ²
Góc ma sát trong	ϕ	10,59	17	36,31	31,5	36,6	42,15	độ

+ Lỗ rỗng trong đất, các loại đất sét yếu, cát chảy.

+ Nước ngầm có thể chứa sunfat, gây hại cho xi măng.

+ Sự phù hợp của điều kiện địa chất khi thi công đường hầm thông minh

Công việc khoan đào hầm sẽ ảnh hưởng đến dòng nước ngầm. Điều này trực tiếp gây ra hồ sụt và có thể gây thiệt hại về tài sản hoặc sự cố trên bề mặt của vị trí thực hiện dự án.

e) Giải pháp tuyến định hướng:

Để lựa chọn tuyến, nhóm đã nghiên cứu đề xuất phương án tuyến và vị trí thoát nước, trên cơ sở đánh giá, so sánh trên các tiêu chí về đảm bảo an toàn, kỹ thuật, đánh giá mức độ ảnh hưởng đến dân cư, các công trình và cảnh quan khu di tích, chi phí giải phóng mặt bằng, hiệu quả kinh tế, đảm bảo kỹ thuật chạy xe, thoát lũ...

Phương án đề xuất nằm tại vị trí giáp hồ Công viên Thống Nhất và điểm cuối là Hồ Linh Đàm, do khoảng cách đủ lớn và không gây ra ảnh hưởng lún; ít chịu tác động khi thi công xây dựng, vận hành khai thác. Công trình phụ trợ và các cửa lên xuống được bố trí vào đất của các khoảng đất công rộng rãi, giảm thiểu công tác giải phóng mặt bằng, kiến trúc được thiết kế hài hòa, không phá vỡ cảnh quan tuyến phố, không phát sinh chi phí giải phóng mặt bằng và giảm thiểu rủi ro của việc chậm tiến độ triển khai dự án. Với phương án tuyến trên chi phí đầu tư xây dựng thấp, ít rủi ro, phức tạp phát sinh trong thi công; vị trí thoát nước được đặt gần các hồ chứa lớn của Hà Nội.

Dựa vào hình 6, tác giả xác định đoạn tuyến có chiều dài khoảng 5,8 km đường thiết kế với độ dốc thiết kế bé nhất là 0,003 đến 0,005 (theo TCVN 7957 - 2008 về thoát nước). Với phương án thoát nước từ hồ công viên Thống Nhất về hồ Linh Đàm, các hồ này cần được cải tạo để lưu lượng nước chứa mưa dự kiến.

4. Giải pháp đường hầm thông minh cho đô thị Hà Nội

Ở đây, đối với điều kiện đô thị Hà Nội thì việc thi công sử dụng máy TBM là tốt nhất do là phương pháp thi công đào kín, không ảnh hưởng đến bề mặt. Hình dạng đường hầm đề xuất của nhóm tác giả là hình tròn, có đường kính trong là 11,83m; 2 làn xe mỗi làn xe có chiều cao là 2,55m, vỏ hầm dày 0,5m.

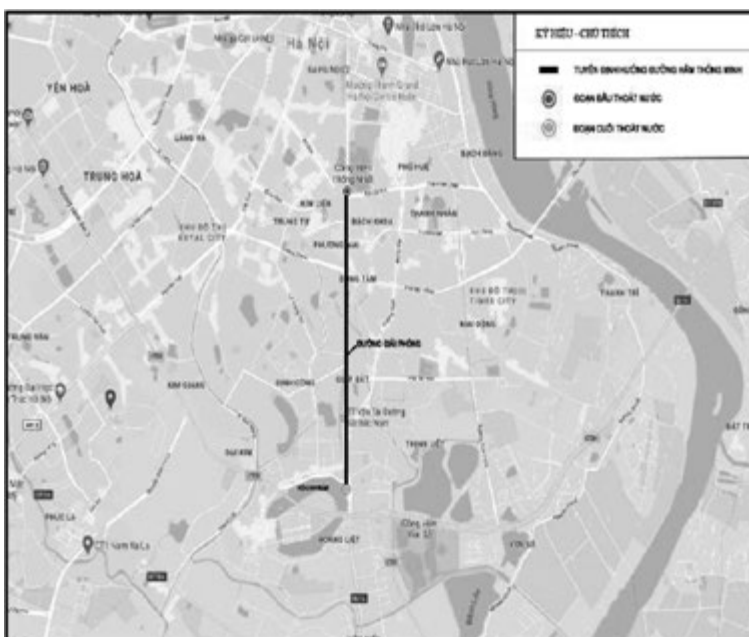
Lựa chọn chiều sâu đặt hầm: đề xuất điểm đầu tại độ sâu H = 10m, điểm cuối H = 30m.

Sau khi xử lý thông số một mặt cắt địa chất để đưa vào mô hình tính toán, tiến hành mô hình hóa trong phần mềm địa kỹ thuật Plaxis 3d V20 với các tham số địa kỹ thuật như bảng 1:

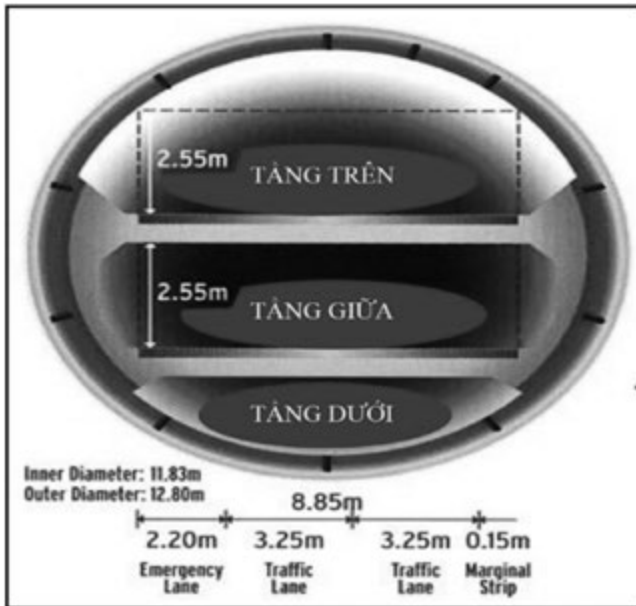
- + Lớp đất đắp thay bằng tải phân bố tương ứng là 9kN/m^2 tương đương với đất đắp 0.8m
- + Cấp độ bền bê tông vỏ hầm: B40
- + Chiều sâu đặt hầm thay đổi từ 9,4m; 15m; 20m; 25m; 30m.



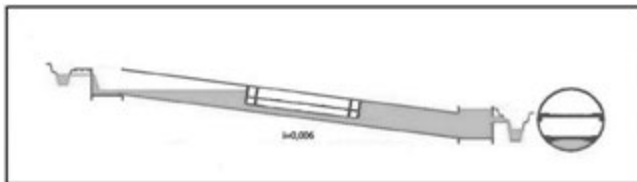
Hình 5. Định hướng tuyến đường hầm thông minh, đoạn thoát nước và giao thông



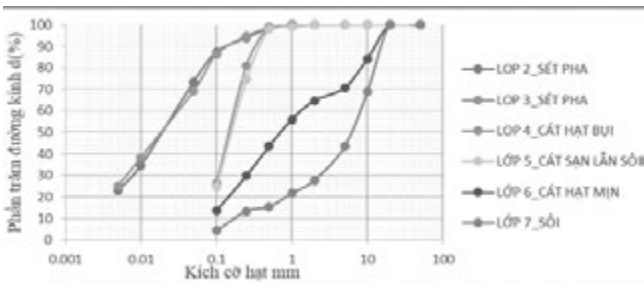
Hình 6. Đoạn thoát nước dự kiến từ hồ Bảy Mẫu đến hồ Linh Đàm



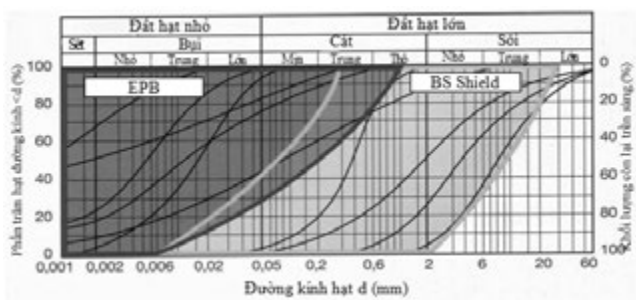
Hình 7. Cấu tạo đường hầm thông minh dựa trên Smart tunnel của Malaysia



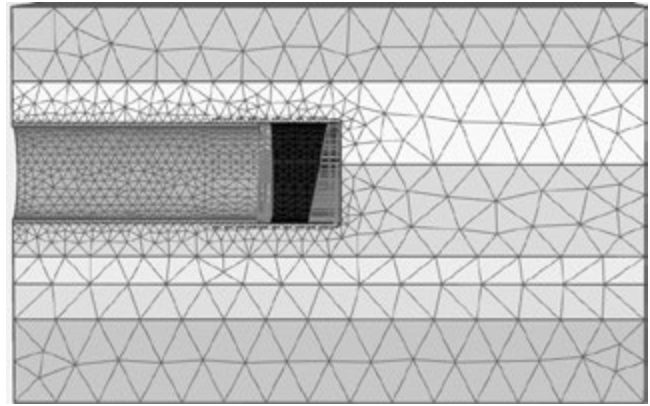
Hình 8. Độ dốc thiết kế thoát nước cho đường hầm thông minh



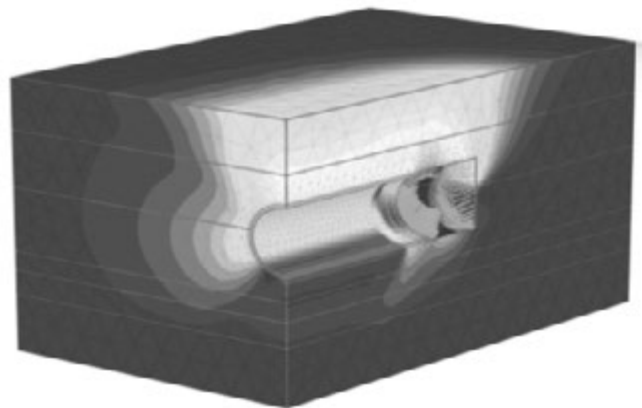
Hình 9. Kích cỡ hạt của lát cắt địa chất phân tích



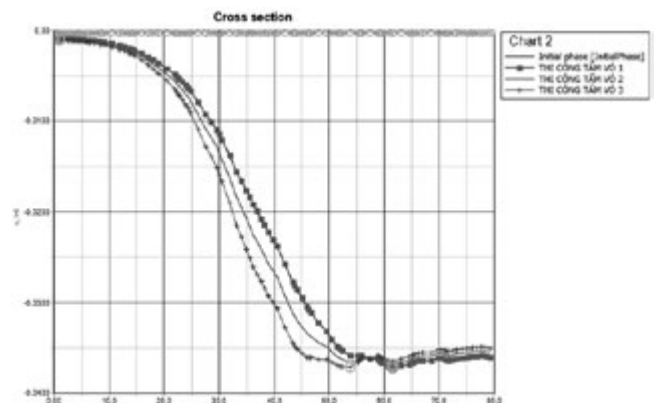
Hình 10. Bảng lựa chọn máy thông qua thành phần hạt



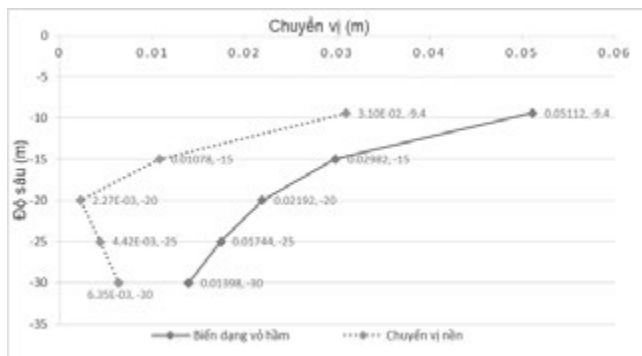
Hình 11. Quá trình tạo áp lực mặt gương đào và phun vữa sau vỏ hầm TBM



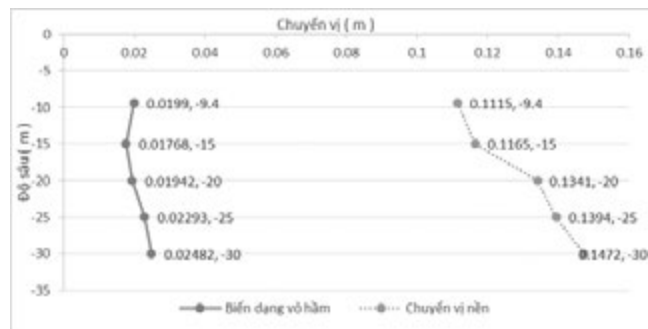
Hình 12. Ảnh hưởng của quá trình thi công gây ra sự ảnh hưởng đến đất nền



Hình 14. Biểu đồ lún nền khi thi công TBM qua đất yếu; 3 Tầm vỏ hầm điển hình



Biểu đồ 1. Tương quan biến dạng vỏ hầm và chuyển vị nền ứng với cấp tải nền 0kPa



Biểu đồ 2. Tương quan biến dạng vỏ hầm và chuyển vị nền ứng với cấp tải nền 50kPa

+ Áp cấp tải nền đường được thay đổi từ 0 kPa; 50 kPa (do tải trọng trên mặt đất truyền xuống).

Biểu đồ 1 và 2 biểu diễn tương quan chuyển vị nền và vỏ hầm.

Từ 2 biểu đồ trên, có thể thấy khi vỏ hầm đặt nông thì biến dạng lún của nền rất bé chứng tỏ rằng khi phần lực truyền lên nền ngoài ra còn truyền lên vỏ hầm.

Còn khi đặt sâu thì cả vỏ hầm và biến dạng lún của nền tăng điều này chứng tỏ khi chịu cấp tải lớn ở phần phía trên thì với nền địa chất Hà Nội đặt càng sâu chưa chắc đã tốt, vì chưa vận dụng được tối đa lợi thế của sự cùng làm việc giữa vỏ hầm và đất nền. Tuy nhiên căn cứ vào điều kiện địa

chất công trình tổng thể của Hà Nội và các kết quả khảo sát địa chất, nhận thấy rằng phần lớn đất sét nằm trong khoảng từ 0 đến 35m đầu, các lớp đất sét này thường cách nước tốt. Với công trình kết hợp với hầm giao thông cho nên để tránh độ sâu của đoạn hầm kết nối với giao thông mặt đất không nên quá sâu vì vậy nhóm tác giả đề nghị chiều sâu đặt hầm đối với đô thị Hà Nội nằm trong khoảng từ 10m đến 30m là độ sâu phù hợp với độ dốc thiết kế thoát nước tự nhiên là $I = 0,006$. Phương án hầm này mang tính khả thi cao có tính ứng dụng đặc biệt là đối với đường hầm thông minh trong đô thị. Ở mặt cắt địa chất khảo sát trên ta chọn chiều sâu đặt hầm là 15m.

STT	Phân loại nguy hiểm	Phân tích rủi ro	Xác suất xảy ra	Các biện pháp kiểm soát
1.	Đường hầm bị ngập do mưa	1	A	Hệ thống thoát nước tạm thời bao gồm máy bơm nước công suất lớn được đặt trong hầm
2.	Vấn đề an toàn trong khu vực làm việc	5	E	Tất cả các nhân viên làm việc ở công trường đều được trải qua một khóa huấn luyện an toàn và giao ban mỗi ngày trước khi bắt đầu công việc
4.	Lịch trình bị trì hoãn	4	D	Lập kế hoạch tiến độ hàng ngày, hàng tuần và hàng tháng, để tránh sự trì hoãn trong công việc
5.	Tình hình tài chính của dự án	2	A	Nếu được thực thi thì dự án sẽ được hỗ trợ mạnh mẽ từ chính phủ và tập đoàn tư nhân, nên dự án này không gặp vấn đề về tài chính
6.	Vấn đề môi trường	6	C	Dự án này được Bộ môi trường giám sát chặt chẽ để giảm thiểu khả năng gây ảnh hưởng tới môi trường
7.	Vấn đề an toàn cộng đồng	2	B	Khu vực xây dựng và phương pháp xây dựng sẽ không gây bất kỳ tổn hại nào tới cộng đồng
8.	Điều kiện khí hậu	3	C	Đối với vấn đề này, đường hầm thường xuyên chịu ảnh hưởng bởi mưa bão lớn nhưng đường hầm vẫn được bảo vệ đáng kể khỏi rủi ro
9.	Điều khiển giao thông	3	C	Dự án có ảnh hưởng tới giao thông trong khu vực xây dựng nhưng có đường vòng và biển báo để khắc phục vấn đề
10.	Vấn đề về hợp đồng (Lỗi các điều khoản)	5	D	Các điều khoản được làm rõ trong quá trình đàm phán
11.	Rủi ro nếu dự án đường hầm thông minh không được thực hiện	6	E	Sẽ có lũ lụt thường xuyên ở trung tâm thành phố, gây thiệt hại về người và của và gây tắc nghẽn giao thông
12.	Rủi ro nếu dự án đường hầm thông minh được thực hiện	2	A	Sẽ không có vấn đề về lũ lụt và tắc nghẽn giao thông trong thành phố
13.	Rủi ro của dự án đối với cộng đồng	1	B	Sẽ có nhiều lợi ích hơn là bất lợi và rủi ro cho cộng đồng nếu dự án được thực hiện

5. Giải pháp thi công đường hầm thông minh smart:

Dự án đường hầm thông minh, đoạn kết nối giao thông được phương pháp đào hở và phần thi công hạ máy để phục vụ cho việc sử dụng đường giao thông ở trong đường hầm thông minh (khoảng 10%). Việc thi công đào kín được tiến hành bằng cách dùng 2 máy TBM được sử dụng 2 phía của đường hầm, TBM sẽ hoàn thành 90% công việc.

Tuy nhiên đối về đề tài nghiên cứu khoa học sinh viên nhóm tác giả tập trung phân tích quá trình thi công TBM được mô hình hóa trên phần mềm plaxis 3D V20 để đánh giá sự lún nền khi phân tích thi công trên nền địa chất 9,4m đất yếu.

Căn cứ vào thành phần hạt lựa chọn công nghệ thi công khiến đào cân bằng áp lực bùn vữa (TBM loại Slurry Shield) đường kính 13,2m (có tính đến với phun vữa lấp đầy sau vỏ và dung sai của TBM) tương tự máy thi công đường hầm thông minh ở Malaysia.

Dựa vào biểu đồ lún khi thi công hầm trên đất yếu ta có thấy rằng khi thi công 3 đợt vỏ hầm điển hình (vị trí thân hầm) thì việc lún nền $U_{max} = 3,7$ cm giá trị là khá dĩ, ít ảnh hưởng đến các công trình lân cận. Do vậy, việc thi công TBM có thể giảm thiểu việc lún nền trong quá trình thi công tuyến hầm, đảm bảo và tránh ảnh hưởng các công trình lân cận ở phía trên.

6. Một số khuyến nghị rủi ro từ kinh nghiệm của dự án Smart tunnel ở Malaysia

Chú thích xếp loại rủi ro:

Phân tích rủi ro:	Xác suất xảy ra:
+ Rất hiếm - 1	+ Cực thấp - A
+ Hiếm - 2	+ Rất thấp - B
+ Thỉnh thoảng - 3	+ Thấp - C
+ Điều đặn - 4	+ Đáng kể - D
+ Thường xuyên - 5	+ Chắc chắn - E
+ Liên tục - 6	

7. Kết luận, Khuyến Nghị

Kết luận

Đường hầm thông minh là một trong những dự án đem lại nhiều lợi ích cho người dân, để giải quyết lú lút và tắc nghẽn giao thông. Đây là loại đường hầm đã áp dụng thành công trên thế giới kết hợp kênh thoát lũ và đường giao thông trong cùng một hệ thống ngầm (Malaysia). Hệ thống giao thông ở đô thị Hà Nội cần đường hầm này vì nó là giải pháp tốt nhất cho những vấn đề hiện tại.

Kết quả chính của nghiên cứu là để đánh giá hiệu quả, để hiểu công nghệ và máy móc liệu có thể ứng dụng ở dự án này đối với đô thị Hà nội. Đường hầm vẫn còn mới ở Malaysia vì có rất ít thông tin liên quan đến dự án vì vậy chúng ta phải tiến hành đánh giá khi ứng dụng vào đô thị Hà Nội. Các công trình ngầm là rất cần thiết vì đó là hệ thống giao thông mới cho các khu vực đô thị và vùng sâu vùng xa trong tương lai.

Nhóm tác giả đã đề xuất tuyến hầm, kích thước và hình dạng của hầm. Dựa vào số liệu khảo sát địa chất của tuyến hầm để tiến hành tính toán thiết kế đường hầm. Mặt cắt ngang hầm được mô hình hóa trong phần mềm Plaxis 3D V20 sẽ cho kết quả sát với điều kiện thi công thực tế. Đây là điểm khác biệt, làm nổi bật tính mới, tính khoa học của đề tài.

Bài báo đã phân tích từ việc đánh giá tính ứng dụng khả thi, hướng tuyến, thông số hầm, đề xuất quy trình thi công và quản lý rủi ro để đảm bảo việc ứng dụng khả thi đường hầm thông minh.

Khuyến Nghị

Do thời gian có hạn, đề tài mới sử dụng số liệu địa chất của 1 hố khoan khảo sát trên tuyến để tính toán. Trong thời gian tới, nhóm đề tài sẽ thu thập thêm số liệu và có thiết kế tổng thể cho toàn tuyến đã lựa chọn./.

Tài liệu tham khảo

1. Công ty CP Khảo sát thiết kế xây dựng Hà Nội (2016). Báo cáo kết quả khảo sát địa chất công trình khu vực Hồ Ba Mẫu, Đống Đa, Hà Nội.
2. Nghiêm Mạnh Hiến (2010). Đặc Trưng Cơ Học Đất Nền - Ứng Dụng Tính Toán Trong Địa Kỹ Thuật.
3. Nguyễn Văn Vũ, Trần Mạnh Liễn, Nguyễn Huy Phương, Nguyễn Văn Thương (09/2019). Nghiên cứu, phân chia cấu trúc nền thành phố hà nội Và đánh giá khả năng xây dựng của chúng.
4. R. Whitlow (1997), Cơ Học Đất, nhà xuất bản giáo dục, Hà Nội.
5. Ng Kim-Soon, Nuhu Isah, Maimunah Binti Ali, Abd Rahman Bin Ahmad. Relationships Between Stormwater Management and Road Tunnel Maintenance Works, Flooding and Traffic Flow.
6. Kannapiran, R. K. M. (2012). A study and evaluation on SMART Project, Malaysia (Doctoral dissertation, University of Southern Queensland).
7. Plaxis 2D, 3D v20 Connect Edition, BENTLEY SYSTEMS, INCORPORATED, version 2020.
8. PhD. MAHMOUD ALI, MSC, BSC CAIRO UNIVERSITY RESEARCHER ASSISTANT, CRI (2016). Geotechnical Course, lecture no.1,2,3,4
9. Standard Specifications For Tunneling 2016: Cut And Cover Tunnels, Shield Tunnel.