

Nghiên cứu ảnh hưởng do lún đến Tháp Bút khi thi công Tuyến đường sắt đô thị số 2 Hà Nội đoạn ga Hàng Đậu – ga Hoàn Kiếm

Study on the effect of subsidence on Thap But during the construction of the Urban Railway Line – No2 in Hanoi, the section from Hang Dau station - Hoan Kiem station

Nguyễn Công Giang, Nguyễn Thị Phương, Nguyễn Tiến Long

Tóm tắt

Thi công hầm và đào sâu trong đất yếu dẫn đến sự dịch chuyển mặt đất làm xuất hiện sụt lún tại bề mặt. Phần lớn công tác đào diễn ra trong môi trường đô thị có mật độ khá dày đặc, có khả năng ảnh hưởng đến mặt bằng xung quanh hoặc kết cấu dưới lòng đất trong phạm vi khu vực ảnh hưởng. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng lún khi thi công tuyến đường sắt số 2 Hà Nội đoạn ga Hàng Đậu – ga Hoàn Kiếm lên Tháp Bút. Từ đó xác định quy mô của sụt lún có thể xảy ra đóng vai trò lớn trong việc thiết lập các quy định và chỉ dẫn kỹ thuật cho các biện pháp thi công và trong thiết kế các biện pháp giảm thiểu rủi ro tại những vị trí cần thiết.

Từ khóa: Sụt lún, tuyến đường sắt số 2 Hà Nội, Tháp Bút, biến dạng

Abstract

Tunnel construction and deep excavation in soft soil lead to ground displacement that causes subsidence at the ground surface. Much of the excavation takes place in a fairly dense urban environment, potentially affecting surrounding ground or underground structures within the affected area. This paper studies the subsidence effect during the construction of Metro Line 2 in Hanoi, from Hang Dau Station to Hoan Kiem Station to Thap But. Since then, determining the scale of possible subsidence plays a big role in establishing regulations and technical instructions for construction methods and in designing risk mitigation measures at necessary point locations.

Key words: Subsidence, Metro Line 2 in Hanoi, Thap But, Deformation

TS. Nguyễn Công Giang

Bộ môn Địa kỹ thuật - Công trình ngầm, Khoa Xây dựng Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

ĐT: 0942538888, Email: gianglientca@gmail.com

KS. Nguyễn Thị Phương

Học viên cao học, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

ĐT: 0336627285, Email: phuongctn25@gmail.com

KS. Nguyễn Tiến Long

Cán bộ kỹ thuật Công ty cổ phần ACUD

ĐT: 0915924251, Email: halan444b@gmail.com

Ngày nhận bài: 11/11/2021

Ngày sửa bài: 17/11/2021

Ngày duyệt đăng: 18/11/2021

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình thi công ga và tuyến ngầm khi đi qua các nền địa chất khác nhau thì sự ảnh hưởng do máy đào tác dụng lên nền địa chất cũng khác nhau. Từ đó ảnh hưởng lên các công trình hiện hữu trên mặt đất gây ra hiện tượng lún hoặc xô dịch công trình nguy hiểm. Khi thi công tuyến đường tàu điện ngầm metro Nhổn – ga Hà Nội, khi thi công đào đoạn nhà ga S9 (Kim Mã) thì một số hộ gia đình cách công trường xây dựng khoảng 3 m có hiện tượng bị xô nghiêng, trần nhà bị nứt và một số căn nhà phải sử dụng cọc sắt để chống đỡ. Phân tích quy mô sụt lún và ảnh hưởng của quá trình lên các công trình lân cận sẽ giảm thiểu tối đa sự cố xảy ra, giữ an toàn cho các công trình quan trọng cấp Quốc gia có vai trò văn hóa – lịch sử như Tháp Bút.

Bài báo đã nghiên cứu nền địa chất khu vực Tháp Bút và đưa ra ảnh hưởng lún khi thi công tuyến tàu điện ngầm số 2 Hà Nội lên Tháp Bút. Đã nghiên cứu các lý thuyết tính toán và kiểm tra bằng phần mềm Plaxis 3D về ảnh hưởng của thi công tuyến lên công trình.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu cơ sở tính toán lý thuyết lún bề mặt.

Nghiên cứu sụt lún trong mặt cắt ngang và lún dọc đoạn hầm theo chiều dọc.

Đưa vào mô hình tính toán trên phần mềm Plaxis 3D đưa ra kết quả ảnh hưởng của thi công tuyến số 2 Hà Nội lên Tháp Bút.

Nhóm tác giả sử dụng phương pháp nghiên cứu sau đây: Nghiên cứu tài liệu, tiêu chuẩn, quy phạm kỹ thuật, pháp luật, phân tích tổng hợp.

3. Cơ sở lý thuyết

3.1 Cơ sở lý thuyết tính toán lún bề mặt

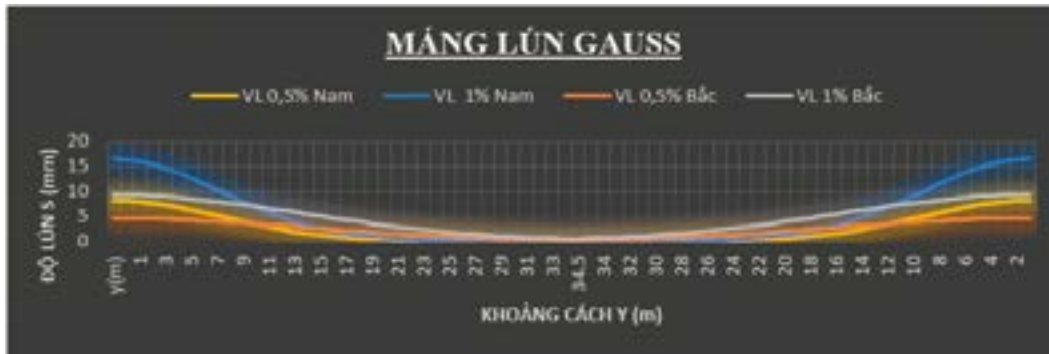
Trong quá trình đào hầm, mặt đất được đỡ xung quanh hầm di chuyển vào phía trong do ứng suất bị giảm và điều này là kết quả của những hệ số khác nhau, như sau: mất mát bề mặt, mất do khiên đào, mất mát do rỗng phía sau phụ thuộc vào áp lực, thể tích và độ chính xác của bơm vữa vào lỗ rỗng xung quanh phần vỏ hầm được lấp đất, mất mát lâu dài do biến dạng lớp vỏ sau khi bơm vữa. Tổng cộng hai lần lún xung quanh hầm được gọi là “sự mất mát xung quanh hầm”. Tổng mất mát trước hầm và mất mát xung quanh hầm tạo ra tổng thể tích mất mát “ V_L ”, do kết quả của công tác đào hầm.

3.2 Kiểm tra lún – biến dạng của hầm trong quá trình thi công

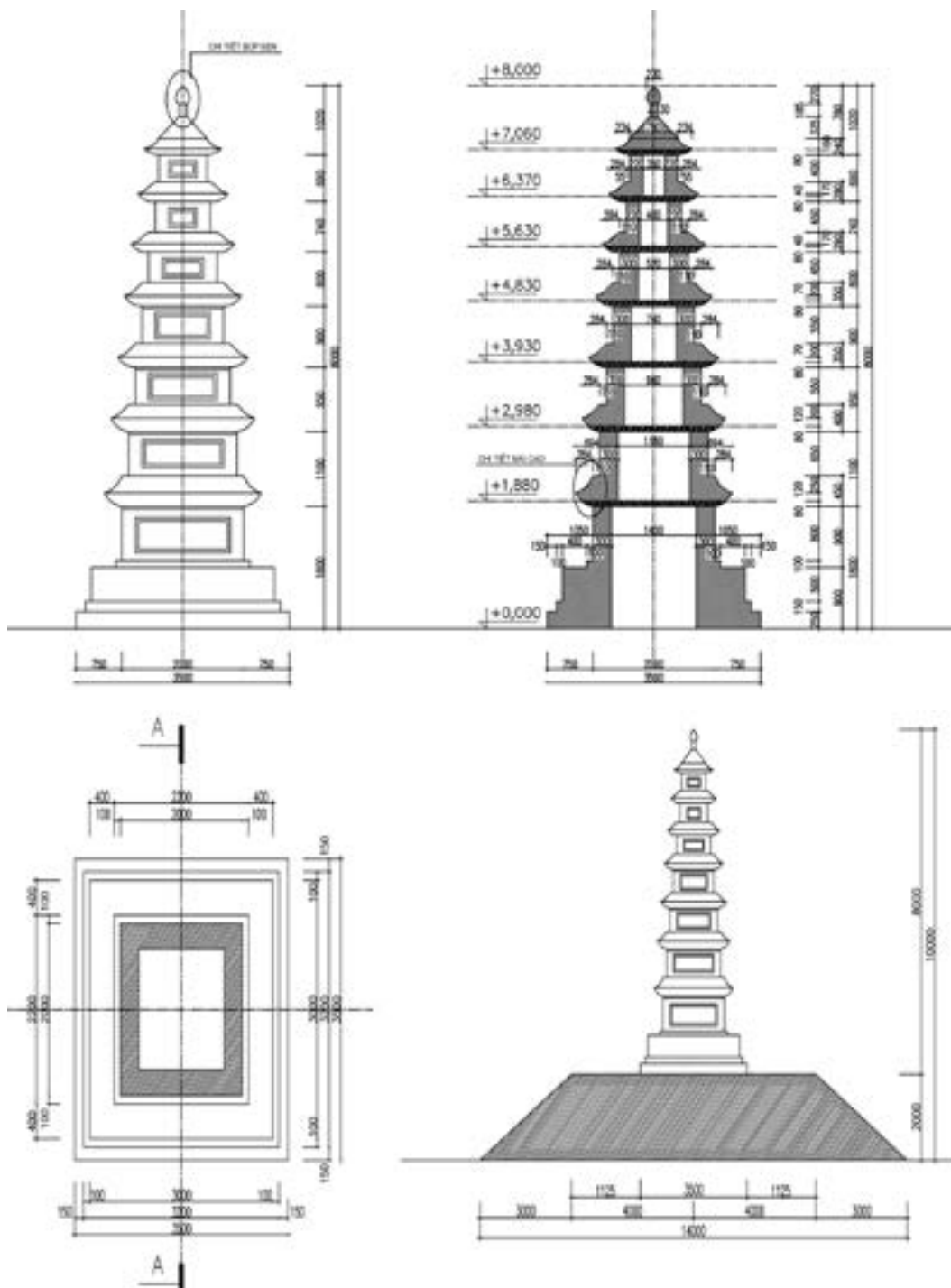
Kiểm tra ở trạng thái bất lợi nhất khi đã thi công xong đường hướng Bắc và thi công đường hướng Nam từ ga C9 về ga C8 tại KM 9 +756 2 tuyến hầm có tim hầm ở cao độ -6,00m (sâu 16m so với mặt đất) đường hướng Bắc cách chân tháp Bút 1 đoạn trên hình chiếu theo trục Ox = 8,0m. Bài toán kiểm tra sẽ được thực hiện thông qua kiểm tra tính toán thủ công bằng excel và Plaxis 3D V20, (Hình 1).

4. Mô hình hóa quá trình lún do thi công lên Tháp Bút bằng phần mềm Plaxis 3D

4.1. Thông số vỏ hầm và khiên đào (máy TBM)



Hình 1. Đồ thị máng lún Gauss cho đường hầm hướng Bắc – Nam



Hình 2. Kích thước và thông số của Tháp Bút

Bảng 1. Thông số vật liệu khiên và vỏ hầm

THÔNG SỐ	TÊN	GIÁ TRỊ	ĐƠN VỊ
Loại vật liệu TBM	Material Type	Elastic	-
Modul đàn hồi vỏ thép	E	210.10 ⁶	KN/m
Độ dày vỏ	d	0,18	m
Hệ số Poisson	ν	0,1	
Trọng lượng	W	60,0	KN/m ² /m
Loại vật liệu vỏ hầm	Type	Bê tông	
Trọng lượng riêng	ρ	25,0	KN/m ³
Modul đàn hồi	E	3,25.10 ⁷	KN/m ²
Hệ số Poisson	ν	0,1	-
Độ dày vỏ hầm	d	0,3	m
Độ sâu tim hầm	Z0	-16,0	m

4.2. Thông số của Tháp Bút (Hình 2)**Bảng 2. Thông số vật liệu mô hình Tháp Bút**

THÔNG SỐ	TÊN	GIÁ TRỊ	ĐƠN VỊ
Loại vật liệu cuội sỏi dưới chân gò đá	Material Type	Elastic	-
Modul đàn hồi lớp cuội sỏi	E	155.10 ⁶	KN/m
Độ sâu lớp cuội sỏi	z	3,0	m
Hệ số Poisson	ν	0,1	
Trọng lượng riêng	ρ	19,4	KN/m ³
Lực dính	c	0	KN/m ²
Góc ma sát	ϕ	49	°
Loại vật liệu gò đá	Type	Elastic	
Modul đàn hồi gò đá	E	100.10 ⁶	KN/m
Hệ số Poisson	ν	0,1	
Trọng lượng riêng	ρ	21	KN/m ³
Lực dính	c	0	KN/m ²
Loại vật liệu thành tháp	Material Type	Elastic	-
Modul đàn hồi thành tháp	E	20.10 ⁶	KN/m
Độ dày thành tháp	d	0,3	m
Hệ số Poisson	ν	0,1	
Trọng lượng riêng	ρ	18	KN/m ³
Lực dính	c	-	KN/m ²
Góc ma sát	ϕ	-	°
Loại vật liệu sàn tháp	Material Type	Elastic	-
Modul đàn hồi thành tháp	E	20.10 ⁶	KN/m
Độ dày thành tháp	d	0,2	m
Hệ số Poisson	ν	0,1	
Trọng lượng riêng	ρ	18	KN/m ³
Lực dính	c	-	KN/m ²
Góc ma sát	ϕ	-	°

4.3. Trình tự mô hình tính toán phần mềm Plaxis 3D V20

Tính toán giả định trong trạng thái đã thi công xong đường hướng Bắc và đào ngược đường hướng Nam từ C9

về phía C8 (Hình 3).

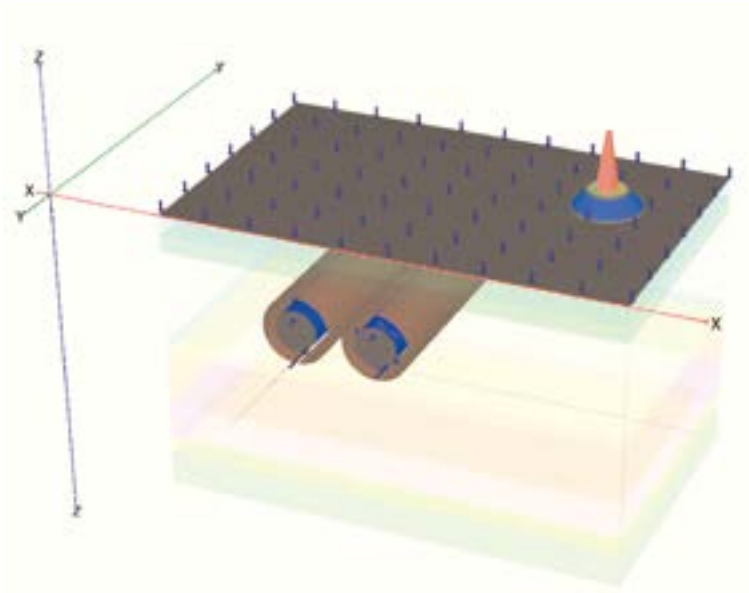
- Phase 1 : Kích hoạt tải trọng mặt đất – kích hoạt Tháp Bút
- Phase 2 : Kích hoạt đường hướng Bắc
- Phase 3 : Kích hoạt TBM hướng Nam
- Phase 4 : Đào đất đường hướng Nam
- Phase 5 : Lắp vỏ hầm hướng Nam 1 – phun vữa đốt hầm 2
- Phase 6 : Lắp vỏ hầm 2 hướng Nam – phun vữa đốt hầm 3 kích đẩy TBM
- Phase 7 : Lắp vỏ hầm 3 hướng Nam – phun vữa đốt hầm 4 kích đẩy TBM
- Phase 8 : Lắp vỏ hầm 4 hướng Nam

Kết quả tính toán về biến dạng nền đất và vỏ hầm được thể hiện tại hình 4, vùng ảnh hưởng do đào hầm bằng máy TBM gây ra (Hình 5), và biến dạng nền đất trong quá trình thi công bằng máy TBM (Hình 6)

4.4. Kết quả thu được**Bảng 3. Tổng hợp kết quả thu được**

THÔNG SỐ	TÊN	GIÁ TRỊ	ĐƠN VỊ
Biến dạng nền đất chung	Tiêu chí	-	-
Đẩy trời max	U_z	2,04	cm
3Đẩy trời min	U_z	0,4	cm
Biến dạng nền đất tháp bút	Tiêu chí	-	-
Đẩy trời max	U_z	0,7	cm
Đẩy trời min	U_z	- 0,1	cm
Biến dạng vỏ hầm đường Bắc	Tiêu chí	-	-
Biến dạng max	U_z	3,9	cm
Biến dạng min	U_z	1,4	cm
Biến dạng vỏ hầm đường Nam	Tiêu chí	-	-
Biến dạng max	U_z	5,09	cm
Biến dạng min	U_z	-2,4	cm
Nội lực vỏ hầm đường Bắc mặt cắt qua Tháp Bút			
Mômen cực đại	M_{max}	189,3	kN/m
Lực dọc cực đại	N_{max}	927,5	kN
Lực cắt cực đại	Q_{max}	182,7	kN
Nội lực vỏ hầm đường Nam mặt cắt qua Tháp Bút			
Mômen cực đại	M_{max}	192,4	kN/m
Lực dọc cực đại	N_{max}	1121,4	kN
Lực cắt cực đại	Q_{max}	192,4	kN

Từ kết quả thu được tại bảng 3 có thể thấy: Nền đất phía đường Đinh Tiên Hoàng có sự đẩy trời nhất định song không quá lớn so với độ sâu đặt hầm chỉ 2,04 cm lại không có công trình kết cấu BTCT ở phía trên nên sự đẩy trời này là không nguy hiểm. Nền đất vĩa hè phía Tháp Bút gần như không có sự biến dạng, một số điểm có biến dạng thì cũng không đáng kể, không gây nguy hại cho công trình. Biến dạng của vỏ hầm $U_{z-max} = 5,09\text{cm} < D_{hầm} / 100 = 6,6\text{cm}$ là đảm bảo an toàn. Sự đẩy trời của hầm diễn ra nguyên nhân chủ yếu là do lớp đất nằm giữa 2 hầm chịu lực tác dụng ép vào nhau từ 2



Hình 3. Mô hình kiểm tra ổn định Tháp Bút

phía khi thi công hầm dẫn đến lớp đất nằm giữa 2 hầm bị trôi lên trên mặt đất, không hề xảy ra lún.

5. Kết luận

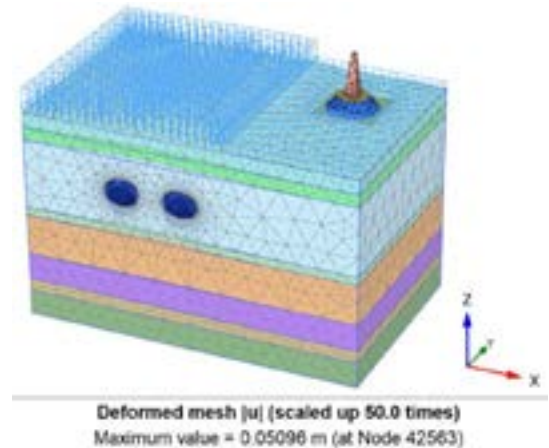
Khi thực hiện tuyến đường ngầm và các ga ngầm đi qua khu vực có đặc điểm phức tạp thì cần khảo sát cụ thể và chi tiết các ảnh hưởng trong quá trình thi công có thể xảy ra để kịp thời có biện pháp phòng tránh và sửa chữa. Khảo sát và mô hình hóa quá trình thi công là cần thiết để quản lý các yếu tố rủi ro có thể xảy ra.

Thi công Tuyến đường sắt đô thị số 2 Hà Nội đoạn ga Hàng Đậu – ga Hoàn Kiếm đi qua khu vực có mật độ dân cư đông đúc, nhiều công trình văn hóa và di tích lịch sử quan trọng nên đặc biệt cần quan tâm và tính toán đến tất cả các sự cố xảy ra. Một trong những công trình đặc biệt được nghiên cứu ảnh hưởng lún do tác động của thi công tuyến hầm ngầm là Tháp Bút.

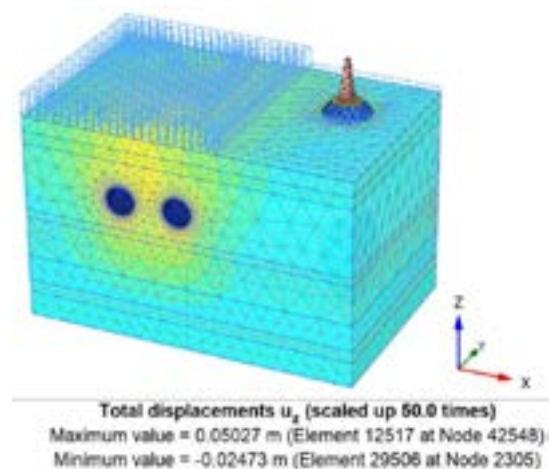
Việc sử dụng phần mềm Plaxis 3D để mô tả tác động thi công tuyến ngầm lên Tháp Bút cho ra các thông số cụ thể để tham khảo và đánh giá khi tiến hành thi công tuyến hầm./.

Tài liệu tham khảo

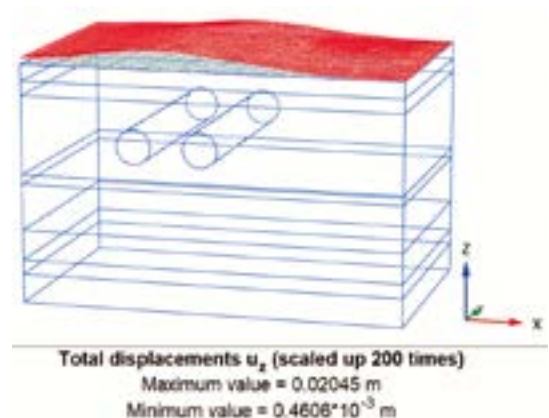
1. Ameen, M. *Computational Elasticity- Revised Edition*. Oxford, U.K.: Alpha Science International Ltd., 2008.
2. Bobet, A. *Analytical Solutions for Shallow Tunnels in Saturated Ground*. ASCE J. of Engineering Mechanics. December 2001, Vol. 127, 12, pp. 1258-1266.
3. Clough, G. W. and Schmidt, B. *Design and Performance of Excavation and Tunnels in soft clay*. Soft Clay Engineering. Amsterda: Elsevier, 1981, pp. 569-634.
4. Craig, R. F. *Craig's Soil Mechanics*, 7th ed. London, U.K. : Spon Press-Taylor and Francis Group, 2004.
5. George Thai. *Predicting Subsidence Resulting from Tunnel Excavation*. Waterloo, Ontario, Canada, 2010.
6. Nguyễn Công Giang, Kiều Minh Quang “Nghiên cứu một số phương pháp dự đoán lún bề mặt trong quá trình thi công tuyến metro bằng công nghệ khoan kích ngầm” *Tạp chí xây dựng*, 4-2017, trang 191-194.
7. Báo cáo tiền khả thi “Dự án tuyến Metro thành phố Hà Nội, đoạn Nam Thăng Long – Trần Hưng Đạo” - Ban quản lý dự án đường sắt đô thị Hà Nội (HRB).
8. Báo cáo khảo sát địa chất công trình – Địa chất thủy văn “Dự án tuyến Metro thành phố Hà Nội, đoạn Nam Thăng Long – Trần Hưng Đạo ” - Ban quản lý dự án đường sắt đô thị Hà Nội (HRB).



Hình 4. Kết quả biến dạng nền đất và vỏ hầm



Hình 5. Vùng ảnh hưởng do đào hầm bằng máy TBM gây ra



Hình 6. Biến dạng nền đất trong quá trình thi công bằng máy TBM