



# NGHIÊN CỨU QUẢN LÝ RỦI RO LÚN BỀ MẶT KHI THI CÔNG CÔNG TRÌNH NGẦM BẰNG MÁY ĐÀO HẦM LOẠI NHỎ

**Đặng Trung Thành**

*Trường Đại học Mở-Địa Chất*

*Email: dangtrungthanh@khoaxaydung.edu.vn*

## TÓM TẮT

Hiện tượng lún bề mặt trong thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ là một trong những sự cố làm kéo dài thời gian xây dựng và tăng giá thành xây dựng công trình. Hiện tượng lún bề mặt được phân làm hai dạng chính: các biến dạng lớn và các biến dạng có tính hệ thống. Các biến dạng lớn được hình thành chủ yếu do sự dịch chuyển của đất đá khi đào thừa tiết diện. Các biến dạng có tính hệ thống xuất hiện do khe hở kỹ thuật giữa ống kích và đất đá xung quanh công trình ngầm. Trong thực tế, hai dạng biến dạng này đã gây ra nhiều sự cố khác nhau như: sụt lún bề mặt, lực ma sát giữa ống kích và đất đá xung quanh tăng nhanh gây vỡ ống kích trong quá trình kích đẩy. Chính vì lý do đó, trong bài báo tác giả phân tích, đánh giá nguyên nhân gây sự cố và đưa ra một số giải pháp phòng ngừa, khắc phục.

**Từ khóa:** Máy đào hầm loại nhỏ, quản lý rủi ro, biến dạng có tính hệ thống.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự cố lún bề mặt là một yếu tố quan trọng liên quan đến tiến độ, giá thành khi thi công và xây dựng các đường hầm tiết diện nhỏ. Nguyên nhân gây lún bề mặt trong thi công công trình ngầm (CTN) tiết diện nhỏ thường chia ra làm 2 dạng: lún với kích thước lớn và sự lún có tính hệ thống.

Hiện tượng lún bề mặt với kích thước lớn xảy ra do hiện tượng mất đất đá xung quanh CTN do việc khai đào quá tiết diện. Việc mất một lượng đất đá lớn có thể dẫn đến những lỗ hổng ở bên trên của đường hầm được xây dựng. Ngoài ra nguyên nhân xảy ra sụt lún lớn do sử dụng phương pháp thi công không thích hợp, quy trình vận hành không theo quy chuẩn hoặc do điều kiện địa chất thay đổi bất thường. Rủi ro dạng này có thể được giảm thiểu thông qua việc điều tra chi tiết về điều kiện địa kỹ thuật, sử dụng các phương tiện và phương pháp điều tra thích hợp kết hợp với những người có kinh nghiệm vận hành, thi công. Việc phân tích, đánh giá nguyên nhân gây sự cố và đưa ra một số giải pháp phòng ngừa, khắc phục là một nội dung quan trọng trong thi công công trình ngầm.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Xác định và đánh giá rủi ro

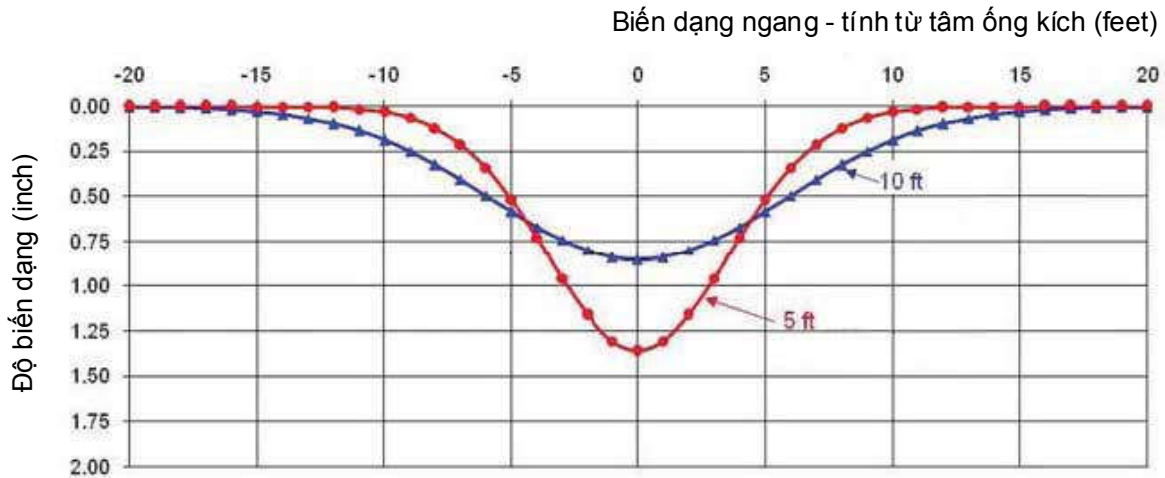
Hiện tượng sụt lún có hệ thống là hiện tượng sập đổ do khe hở kỹ thuật dẫn đến việc đào thừa

tiết diện. Khe hở kỹ thuật là một yếu tố kỹ thuật cần thiết với bất cứ một CTN nào sử dụng máy đào hầm. Khe hở kỹ thuật làm giảm lực ma sát xung quanh hệ thống ống kích với đất đá xung quanh CTN, nó được sử dụng để bơm ép dung dịch làm giảm ma sát và dễ dàng điều khiển hướng đi của máy đào. Trong hoặc sau quá trình thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ (MĐHLN), đất đá xung quanh ống kích có thể sụt, lấp đầy hoặc nếu đất có tính trương nở khi gặp nước sẽ tác động lên đường ống, làm đầy các khoảng hở được tạo nên bằng MĐHLN. Quá trình sụt liên tiếp xảy ra cho đến khi hình thành một khoảng trống trên bề mặt đất như một phễu lún sụt. Sự sụt, lún có tính hệ thống có thể được điều chỉnh bằng cách giảm công tác đào quá tiết diện, bơm ép vữa bentonit trong quá trình thi công và vữa lấp đầy xung quanh đường ống sau khi lấp đặt. Sự cố sụt lún trên bề mặt có tính hệ thống sẽ giảm:

- > Theo chiều sâu của công trình ngầm;
- > Mức độ đào vượt trong giới hạn cho phép;
- > Điều kiện đất đá được cải thiện;
- > Đường kính của đường hầm nhỏ.

#### 2.1.1. Xác định rủi ro

Để xác định sự cố lún sụt bề mặt có thể xảy ra và gây nguy hại đến các các tuyến đường, các công trình tiện ích hay các công trình lân cận thì cần thiết



Hình 1. Đồ thị mô tả mức độ lún sụt bề mặt cho hai trường hợp là công trình nằm ở độ sâu 5 feet và 10 feet [3]

Ghi chú: 1 inch = 2,54 cm; 1 feet = 30,48 cm.

phải tiến hành nghiên cứu điều tra chi tiết các điều kiện địa chất, các tài liệu địa chất và các đặc tính biểu hiện cơ học của đất đá khu vực CTN đi qua. Việc nghiên cứu chi tiết làm giảm thiểu những rủi ro bất lợi đến bề mặt, có thể dẫn đến những sự cố lớn và gây thiệt hại cho nhà đầu tư. Các vấn đề tiềm ẩn nguy hiểm như đất đá yếu, bị nén ép, đất cát và sỏi được xếp loại kém (đặc biệt là số lượng lỗ rỗng), và mực nước ngầm cao.

Một yếu tố quan trọng là phải xác định được các đặc trưng biến dạng hay phá hủy bên trên và bên dưới bề mặt CTN là do lún sụt. Việc điều tra khảo sát được thực hiện bằng cách quan sát thực tế với các đặc trưng điển hình trên bề mặt hoặc nghiên cứu trên các bản vẽ kỹ thuật với nhiều dự án khác nhau. Những sự cố tiềm ẩn nguy hiểm là lún sụt các công trình, đường cao tốc, đường ray, tuyến đề hoặc là các công trình ngầm khác. Dự đoán các rủi ro có thể xảy ra trong điều kiện, thời gian như thế nào.

Cuối cùng là xác định độ sụt lớn nhất cho phép tại công trình. Độ sụt lớn nhất tại hiện trường sẽ phải nhỏ hơn độ sụt cho phép để tránh các nguy hiểm có thể gây ra với chính công trình đó hoặc các công trình lân cận. Bảng 1 trình bày tiêu chuẩn (đề xuất) độ lún sụt cho phép [1]. Tuy nhiên, các giá trị trong Bảng 1 chỉ là sơ bộ có tính tham khảo và trong từng trường hợp cụ thể thì độ lún cho phép tại hiện trường phải nhận được sự đồng thuận của

chủ đầu tư. Bên cạnh đó các điều kiện thực tế tại thời điểm lún trong quá trình khai đào CTN cũng phải được xem xét một cách thấu đáo. Ví dụ, nếu chiều dài một CTN được thi công trong môi trường sét thì đây là nguyên nhân chính gây ra lún theo thời gian do đặc tính của nền đất.

Bảng 1. Đề xuất độ lún sụt cho phép cho các công trình thực tế [1]

Tính năng công trình	Độ lún sụt cho phép (cm)
Các công trình ngầm kỹ thuật	2,54
Các đường phố trên bề mặt	1,27÷2,54
Đường cao tốc	0,63÷1,27
Các đường ống	0,63÷1,27
Các tuyến đề	1,27÷2,54
Các tuyến đường sắt	0,63÷1,27

### 2.1.2. Đánh giá rủi ro

Các sự cố lún, sụt trên bề mặt có thể được dự đoán, ước lượng, đánh giá. Trên cơ sở đó có thể đề ra các giải pháp hữu ích để đảm bảo an toàn, bảo vệ các công trình trên bề mặt. Các tính toán được Wallin và các cộng sự (2008) [3] nghiên cứu, tính toán chi tiết. Mức độ lún trên bề mặt phụ thuộc vào điều kiện đất đá, đường kính ngoài của ống kích, khe hở kỹ thuật (diện tích phần đào vượt), độ sâu đặt đường hầm. Ngoài ra Wallin cũng chỉ ra rằng sự thay đổi độ lún trên bề mặt được tính từ từ tâm của ống kích sang hai bên công trình ngầm được miêu tả như một phổ lún (hình 1).



**2.2. Mối quan hệ giữa thể tích phễu lún với thể tích biến dạng do khe hở kỹ thuật hình thành xung quanh đường hầm**

Ba yếu tố có ảnh hưởng đến mức độ biến dạng do khe hở kỹ thuật gây nên sẽ lan truyền lên đến bề mặt đất là:

- > Sự tách bóc khối đất của MĐHLN;
- > Độ bền của đất;
- > Dung dịch khoan/dung dịch giảm ma sát quanh ống kích.

Hiện tượng mất đất xảy ra trong điều kiện các lớp đất bị dẫn ra trong các lớp đất chặt hoặc lớp đất chặt này bị lồi lõng và có thể sập đổ vào bên trong của khoảng trống xung quanh ống kích được tạo ra. Thể tích đất tăng, thể tích của phễu lún giảm và gây lún sụt bề mặt bên trên công trình.

Vòm sập đổ là hiện tượng dịch chuyển của đất ở phía trên hệ thống CTN và nó lan truyền tới bề mặt đất gây ra lún, sụt. Kích thước vòm sập lở phụ thuộc vào điều kiện địa chất, địa chất công trình, đường kính CTN và thời gian. Ví dụ, nếu công trình đi qua một lớp bùn thì nó có khả năng bị nén ép nhanh chóng và hoàn toàn xung quanh đường hầm. Tuy nhiên nếu CTN được thi công trong điều kiện đất chặt, cát hạt thô và sét cứng có tính ổn định cao thì chỉ có sụt lở nhẹ và trong cùng một điều kiện thời gian sẽ gây lún sụt nhỏ và chậm hơn. Tương tự vậy, nếu đường hầm có đường kính lớn thì đất đá sẽ có độ ổn định kém và có thể dẫn tới sự cố do vòm sụt lở bên trên đường hầm. Đường kính đường hầm có ảnh hưởng tới kích thước vòm lún sụt và có thể được giảm thiểu bằng cách bổ sung dung dịch bơm ép vữa bentonite để thay thế phần khe hở kỹ thuật do đào thừa tiết diện gây ra. Trong điều kiện đất ổn định, các dung dịch bentonite được bơm vào khe hở kỹ thuật xung quanh CTN trong quá trình kích đẩy. Các dung dịch này sẽ chèn lấp một phần đáng kể các khoảng trống và ngăn chặn sự dịch chuyển các lớp đất bên trên.

**2.3. Giảm thiểu rủi ro do sự cố gây nên**

Nếu độ lún sụt tính toán vượt quá độ lún sụt cho phép đối với yêu cầu của một công trình cụ thể trên bề mặt thì thiết kế kỹ thuật sẽ được điều chỉnh để giảm thiểu rủi ro trong quá trình thi công đường hầm. Cách đơn giản nhất để giảm sự cố do

lún là làm cho đất đá có tính ổn định hơn. Ví dụ: độ sâu đặt hầm được tăng lên cũng làm giảm độ lún sụt ở phía trên đỉnh đường hầm nhưng mặt khác nó mở rộng vùng ảnh hưởng và tác động lên bề mặt. Điều này là không mong muốn vì nếu trên bề mặt có nhiều công trình tiện ích lân cận, gần công trình thi công sẽ bị ảnh hưởng do phễu lún được mở rộng. Việc giảm thiểu sự đào thừa tiết diện là một phương án khác để giảm thiểu rủi ro gây lún sụt bề mặt. Tuy nhiên, việc giảm khe hở kỹ thuật lại gây ra một số rủi ro khác như: lực kích đẩy tăng lên gây khó khăn trong vận hành, ống kích dễ bị hư hại trong quá trình kích đẩy. Chính vì những lý do đó, khi áp dụng bất kỳ phương án cụ thể nào để giảm thiểu rủi ro thì phải được xem xét và phải đảm bảo cho một dự án khả thi trong từng trường hợp cụ thể.

Việc bơm ép vữa ngay sau khi lắp đặt đường ống sẽ có hiệu quả giảm thiểu rủi ro lún bề mặt do nó ngăn chặn sự hình thành hình vòm sụt lở phía trên đường hầm. Việc bơm ép vữa có hiệu quả nhất ở những vị trí đất đá xung quanh CTN có độ cứng tốt, giữ được một khoảng hở hình vành khuyên cho đến khi việc thi công đường hầm được hoàn thành. Công tác bơm ép vữa phải được thực hiện ngay sau khi đường hầm được thi công sẽ đem lại hiệu quả tốt nhất. Ngoài ra, công tác bơm ép vữa cũng giúp tránh rò rỉ, chống thấm cho đường hầm khi đi qua sông hoặc thân đê.

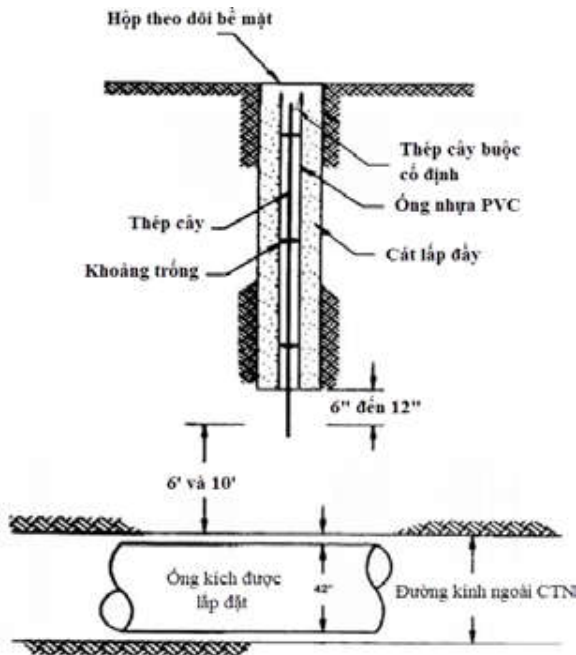
**2.4. Khảo sát, giám sát và kiểm tra trước khi thi công**

Trước khi thi công CTN bằng MĐHLN thì phải nghiên cứu, quan sát các công trình trên mặt và xung quanh khu vực xây dựng dự án. Việc khảo sát cho phép chủ đầu tư và nhà thầu thi công đánh giá sơ bộ được các rủi ro có thể xảy ra trên bề mặt khi có bất kỳ sự lún sụt bề mặt nào xảy ra trong quá trình thi công. Từ đó, chủ đầu tư và các nhà thầu thi công có thể đưa ra được biện pháp phòng ngừa và khắc phục sự cố, thiệt hại có thể gây ra trước khi quá trình thi công được bắt đầu.

Để giám sát hiện trường, các đặc điểm tại hiện trường được ghi lại bằng các video với các camera tĩnh có các mốc thời gian, ngày giờ, địa điểm ghi nhận cụ thể. Một vài điểm giám sát có thể được sử dụng để theo dõi lún sụt, bao gồm:

- Các điểm giám sát bề mặt;
- Các điểm giám sát bên ngoài;
- Các thiết bị đo độ nghiêng;
- Các thiết bị đo sự dịch chuyển của lỗ khoan.

Phương pháp đơn giản để quan sát sự dịch chuyển của bề mặt là đặt mìa nhưng phương pháp này không có độ tin cậy trong việc cảnh báo lún. H.2 cung cấp một phương pháp quan sát dịch chuyển bề mặt có giá thành rẻ, đáng tin cậy để phát hiện các sụt lún trước khi các khoảng trống bên dưới lan truyền lên đến mặt đất. Bằng việc giám sát dịch chuyển của thành đất xung quanh lỗ khoan, các lỗ khoan này được khoan ở các vị trí được xác định trước.



Hình 2. Chi tiết các điểm giám sát bên ngoài [2]

Các thiết bị đo góc nghiêng được lắp đặt để xác định sự thay đổi độ nghiêng, giám sát các bờ dốc và các dịch chuyển của tường chắn. Các thiết bị đo dạng này có giá thành đắt nhưng có tính chính xác cao, đo được các vị trí có biến dạng nhỏ.

Bất kể phương pháp quan sát dịch chuyển nào được sử dụng, các phương án đó đều phải được thực hiện trước, trong và sau khi CTN hoàn thành.

Điều này đảm bảo rằng không có rủi ro về lún sụt trên bề mặt có thể xảy ra. Các số liệu đo trước khi xây dựng được sử dụng như là tiêu chuẩn để thiết lập một cơ sở dữ liệu xác định độ lún sau này. Các vị trí quan sát dịch chuyển được lắp đặt gần vị trí công trình thi công. Các nhà thầu nộp hồ sơ thi công phải được yêu cầu mô tả quy trình thi công, các biện pháp phòng ngừa và khắc phục sự cố lún sụt xảy ra trong quá trình xây dựng. Các kế hoạch dự phòng cũng cần phải được đưa ra để chủ đầu tư đánh giá xem nhà thầu đã có những biện pháp giảm, phòng ngừa rủi ro lún cho công trình. Ngoài ra các vị trí nhạy cảm, tiềm ẩn nhiều rủi ro xảy ra lún sụt thì cần được gia cố trước khi các nguy hiểm lớn hơn xảy ra.

Cuối cùng, chủ đầu tư, nhà thầu thi công, đội ngũ thiết kế kỹ thuật, thi công phải có trách nhiệm làm việc tận tâm, tỉ mỉ từng chi tiết, có các biện pháp phòng ngừa và khắc phục sự cố trong quá trình thi công CTN bằng MĐHLN thì các sự cố đáng tiếc có thể không xảy ra trong quá trình thi công và vận hành.

### 3. KẾT LUẬN

Nguyên nhân gây lún bề mặt trong thi công công trình ngầm tiết diện nhỏ gồm hai dạng: lún với kích thước lớn và sự lún có tính hệ thống. Mỗi dạng biến dạng được hình thành do các nguyên nhân khác nhau, tuy nhiên nó xuất hiện chủ yếu trong quá trình thi công. Trong khi đó, xuất phát từ thực tế là các chuyên gia Việt Nam chưa có nhiều kinh nghiệm trong lĩnh vực thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ cho nên các cơ quan quản lý, các cơ quan tư vấn thiết kế và các đơn vị thi công cần thiết tập hợp mọi lực lượng cán bộ chuyên môn, tìm hiểu các kinh nghiệm thiết kế, thi công ở nước ngoài, chuẩn bị đội ngũ thi công và đặc biệt phải tìm hiểu kỹ các khả năng có thể dẫn đến sự cố, chuẩn bị các giải pháp kỹ thuật cần thiết để xử lý khi xảy ra sự cố □



### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bennett, D. (1998), “*Jacking Forces and Ground Deformations Associated with Microtunneling*”, Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urbana, IL, pp. 485
2. Cording, E. J., Hansmire, W.H. (1975). “*Displacements around Soft Ground Tunnels*”, Proceedings, 5th Pan American Congress on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Buenos Aires, Argentina.
3. Wallin, M., Wallin, K., and Bennett, R.D. (2008), “*Analysis and Mitigation of Settlement Risks in New Trenchless Installations*”, No-Dig 2008 Proceedings, Grapevine, TX.

## RESEACH ON RISK MANAGEMENT OF SURFACE SETTLEMENT DURING TUNNELING BY MICROTUNNEL BORING MACHINES

Dang Trung Thanh

### ABSTRACT

*The phenomenon of surface settlement in the construction of underground works with a small tunneling machine is one of the problems that prolongs construction time and increases construction costs. Settlements associated include two types: large settlements and systematic settlements. Large settlements occur primarily because of loss of ground due to over-excavation. Systematic settlements associated with trenchless construction are primarily caused by the collapse of the overcut, or annular space, between the new pipe and the excavation. Therefore, within study presents risk assessment and management of settlement in order to improve the effectiveness during pipe jacking construction.*

**Keywords:** *Microtunnel boring machines (MTBM), risk management, systematic settlements.*

**Ngày nhận bài:** 11/02/2021;

**Ngày gửi phản biện:** 15/02/2021;

**Ngày nhận phản biện:** 15/3/2021;

**Ngày chấp nhận đăng:** 28/3/2021.

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*