

VIỆN CƠ HỌC

HỘI CƠ HỌC VIỆT NAM

**TUYỂN TẬP CÔNG TRÌNH KHOA HỌC**  
**HỘI NGHỊ CƠ HỌC KỸ THUẬT TOÀN QUỐC**  
**Kỷ niệm 40 năm thành lập Viện Cơ học**

Hà Nội, 09/04/2019

**Tập 1. Cơ học Vật rắn**

**Cơ học Đất, Đá và Môi trường rời**

**Cơ học Tính toán**



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ**

**Tuyển tập công trình khoa học  
Hội nghị Cơ học Kỹ thuật toàn quốc  
Kỷ niệm 40 năm thành lập Viện Cơ học**

Hà Nội, 09/4/2019

**Tập 1. Cơ học Vật rắn  
Cơ học Đất, Đá và Môi trường rời  
Cơ học Tính toán**



<b>PHẦN 2. CƠ HỌC ĐẤT, ĐÁ VÀ MÔI TRƯỜNG RỜI</b>	<b>501</b>
<b>Châu Trường Linh, Nguyễn Thu Hà và Lê Hồng Long</b>	
Nghiên cứu ảnh hưởng của gờ liên kết đến tương tác đất - cốt trong tường chắn đất với cốt tự chế tạo	503
<b>Nguyen Thanh Nam and Nguyen Xuan Man</b>	
A case study on the determination of the excavated trench depth in unsaturated soil constructed by trench method without supporting structures	509
<b>Nguyễn Thành Nam và Nguyễn Xuân Mãn</b>	
Cảnh báo lún sụt mặt đất do khai thác không gian ngầm ở các đô thị và các giải pháp phòng ngừa	517
<b>Dương Hồng Thâm và Đỗ Thị Kim Trúc</b>	
Nhận dạng những điểm không chắc chắn trong bài toán giá trị nền bằng bác thăm (PVD)	525
<b>PHẦN 3. CƠ HỌC TÍNH TOÁN</b>	<b>533</b>
<b>Nguyễn Đông Anh, Trần Tuấn Long và Nguyễn Xuân Thành<sup>1</sup></b>	
Cách tiếp cận đối ngẫu áp dụng cho bài toán ổn định Euler dạng thanh một đầu ngầm một đầu khớp	535
<b>Trần Anh Dũng, Trần Thế Truyền và Lê Hải Hà</b>	
Nghiên cứu đánh giá tuổi thọ môi của bản bê tông dự ứng lực liên khối tại vị trí đường ngang trên đường sắt tại các nút giao quốc lộ và đường sắt	542
<b>Phuc L.H Ho, Phuong H. Nguyen, Canh V. Le, Hung D. Phan and Thanh Tran-Cong</b>	
A computational homogenization analysis of materials using the integrated radial basis functions-based meshless method	550
<b>Nguyễn Hoàng Phương, Lê Văn Cảnh và Nguyễn Trung Kiên</b>	
Kỹ thuật đồng nhất hóa kết cấu tấm mỏng chịu uốn	560
<b>Vương Văn Thanh, Phạm Quý Đức Thịnh, Đặng Quang Sơn, Trần Thế Quang, Nguyễn Tuấn Hưng và Đỗ Văn Trường</b>	
Tính chất cơ học của vật liệu MoS <sub>2</sub> đơn lớp cấu trúc 1H và 1T: Một nghiên cứu sử dụng phương pháp động lực học phân tử	568
<b>Nguyễn Mạnh Tiến, Nguyễn Duy Khương, Nguyễn Xuân Hùng và Vũ Công Hòa</b>	
Phân tích tĩnh mô hình ba chiều cho vật liệu phân lớp chức năng có phần tử áp điện bằng phân tích đẳng hình học	575
<b>Nguyễn Duy Văn, Vương Văn Thanh, Giáp Văn Lợi, Nguyễn Tuấn Hưng và Đỗ Văn Trường</b>	
Tính chất cơ học và điện tử của vật liệu hai chiều cấu trúc lục giác: Một nghiên cứu sử dụng phương pháp ab initio	583
Chỉ dẫn tra cứu tên tác giả	591

## 6. CONCLUSION

- ◆ Due to the existence of negative pore-water pressure, the total cohesion forces increases. Also, the loss of soil mass which located behind the retaining wall induces the crack. This is a point that can be used to consider whether the open trench needs to be strengthened at a certain depth or not;
- ◆ Previous works assumed that the distribution of the matric suction is linearly decreased with the depth; consequently, the tolerances are normally higher than those in reality;
- ◆ In this paper, the distribution of matric suction is assumed to be third order polynomial for determination of the depth of open trench without supporting structure;
- ◆ As can be seen from numerical calculation:
  - The magnitude of  $k_{kc}$  is nonlinearly increased with the level of groundwater table; however, once the level of groundwater reaches the certain value, the value of  $k_{kc}$  almost constant and tends to reach the critical value;
  - Under the same conditions:
    - + The value of  $k_{kc}$  decreases with an increase of effective friction angle;
    - + The value of  $k_{kc}$  does not significantly increase as the effective cohesion goes up;
    - + The value of  $k_{kc}$  is notably increased as the pore-water pressure coefficient,  $k$ , increases.

## References

1. Bang S. 1985. Active earth pressure behind retaining walls. *Journal of Geotechnical Engineering* 111(3):407-412.
2. Bishop A. 1959. The effective stress principle. *Teknisk Ukeblad* 39:859-863.
3. Bishop A, and Donald I. 1961. The experimental study of partly saturated soil in the triaxial apparatus. *Proceedings of the 5th international conference on soil mechanics and foundation engineering, Paris.* p 13-21.
4. Bishop AW, and Blight G. 1963. Some aspects of effective stress in saturated and partly saturated soils. *Geotechnique* 13(3):177-197.
5. Budhu M. 2000. *Soil Mechanics and Foundations*: Wiley.
6. Fredlund D, Morgenstern NR, and Widger R. 1978. The shear strength of unsaturated soils. *Canadian geotechnical journal* 15(3):313-321.
7. Fredlund DG. 2014. The emergence of unsaturated soil mechanics. *Canadian Geotechnical Journal* 51(12):ix-x.
8. Fredlund DG, and Rahardjo H. 1993. *Soil mechanics for unsaturated soils*: John Wiley & Sons.
9. Fredlund DG, Rahardjo H, and Fredlund MD. 2012. *Unsaturated soil mechanics in engineering practice*: John Wiley & Sons.
10. Fredlund DG, Xing A, Fredlund MD, and Barbour S. 1996. The relationship of the unsaturated soil shear to the soil-water characteristic curve. *Canadian Geotechnical Journal* 33(3):440-448.
11. Kartoza B.A. 1983. *Mechanic of Tunneling*.
12. Lambe TW, and Whitman RV. 2008. *Soil mechanics SI version*: John Wiley & Sons.
13. Terzaghi K. 1941. General wedge theory of earth pressure. *American Society of Civil Engineers Transactions*.
14. Terzaghi K, Peck RB, and Mesri G. 1996. *Soil mechanics in engineering practice*: John Wiley & Sons.
15. Terzaghi K. 1936. The shearing resistance of saturated soils and the angle between the planes of shear. *Proceedings of the 1st international conference on soil mechanics and foundation engineering*: Harvard University Press Cambridge, MA. p 54-56.
16. Wang Y-Z. 2000. Distribution of earth pressure on a retaining wall. *Geotechnique* 50(1):83-88.

## Cảnh báo lún sụt mặt đất do khai thác không gian ngầm ở các đô thị và các giải pháp phòng ngừa

Nguyễn Thành Nam<sup>1</sup>, Nguyễn Xuân Mãn<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Cục Kinh tế - Đô thị và Xây dựng

<sup>2</sup>Đại học Mỏ - Địa chất

\*Email: mannxdoky@gmail.com

**Tóm tắt:** Khai thác không gian ngầm đô thị là sự phát triển tất yếu trong quy hoạch đô thị ở các thành phố lớn trên thế giới và ở Việt Nam. Khái niệm khai thác không gian ngầm được hiểu với các nghĩa rộng là quá trình tự nhiên và nhân tạo sử dụng lòng đất phục vụ phát triển đô thị, đáp ứng nhu cầu của đời sống kinh tế - xã hội một cách bền vững. Với cách hiểu đó, khai thác không gian ngầm đô thị bao gồm: Xây dựng các công trình ngầm (CTN) với nhiều mục đích sử dụng như giao thông, kho chứa, gian hàng, rạp hát, bãi đỗ xe ngầm, nhà máy sản xuất ngầm; Khai thác khoáng sản; Khai thác nước dưới đất, khai thác chất lỏng như dầu, các dung dịch khác; Khai thác khoáng sản bằng hầm lò; Hang động và sỏi ngầm, cát chảy tạo không gian rỗng trong lòng đất. Khai thác không gian ngầm thường kéo theo sự hình thành không gian rỗng (lỗ hổng trống) trong lòng đất; gây nên sự mất cân bằng của địa tầng; từ đó làm thay đổi trạng thái ứng suất - biến dạng của địa tầng. Quá trình trên đây diễn ra với các đặc điểm, tính chất, quy mô rất khác nhau và phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Nếu quá trình này không được dừng hay hạn chế sẽ dẫn đến lún sụt đất của địa tầng và tạo nên các vùng lún sụt lên đến mặt đất tự nhiên; tạo ra các hố sụt lún (hố tự thân). Đây là hiện tượng tai biến địa chất, tai biến kỹ thuật làm thiệt hại lớn đến đời sống kinh tế - xã hội của đô thị. Do đó việc điều tra, khảo sát để dự báo, xác định nguyên nhân, cơ chế của hiện tượng để tìm ra giải pháp ngăn ngừa, giảm tổn thất là vấn đề cấp bách. Bài báo này đề cập đến một số vấn đề của hiện tượng lún sụt mặt đất nhằm tìm ra giải pháp ngăn ngừa, phòng tránh thích hợp.

**Từ khóa:** Không gian ngầm, lún sụt, tai biến địa chất, tai biến kỹ thuật

### 1. Thực trạng tình hình lún sụt mặt đất

Hố sụt (tiếng Anh: sinkhole), thường được truyền thông gọi là hố địa ngục, hố tự thân, là hố sinh ra do sự sụt lún đất đá trên bề mặt khi đất bên dưới bị làm rỗng dần dần đến mức không còn đủ liên kết để đỡ các khối đất đá bên trên. Hố sụt là một hiện tượng tương tác tự nhiên, và có những nguyên nhân khác nhau.

Thời gian gần đây, trên thế giới và ở Việt Nam xuất hiện nhiều hố sụt lún với quy mô, tính chất khác nhau, làm ảnh hưởng đến giao thông đô thị, ảnh hưởng đến phát triển kinh tế - xã hội và gây tổn thất lớn cả về người và vật chất. Vấn đề này cần phải được nghiên cứu một cách khoa học để có thể dự báo, cảnh báo sự xuất hiện và đưa ra giải pháp khắc phục một cách hiệu quả.

Trên thế giới hiện tượng sụt lún mặt đất xảy ra tại nhiều nước như: Trung Quốc, Đức, Anh, Brazil, Nhật.... Các nhà khoa học đã và đang nghiên cứu tìm hiểu nguyên nhân sự hình thành hố sụt lún. Đồng thời đưa ra các biện pháp cảnh báo sớm để phòng ngừa và giảm thiểu tác động của hiện tượng sụt lún đất đời sống xã hội.

Ở trong nước đã có nhiều đề tài khoa học nghiên cứu về hiện tượng sụt lún mặt đất tại Tp. Hồ Chí Minh và ở một số địa phương khác để tìm hiểu nguyên nhân hình thành các hố sụt lún do các yếu tố tự nhiên hay nhân tạo. Theo thống kê [1, 4] (Nguyễn Xuân Mãn, 2008), vào mùa mưa năm 2011 trên địa bàn Tp. Hồ Chí Minh xảy ra 59 vụ sụt lún mặt đất, một số hố sụt lún chỉ ra trong bảng 1 [1, 4]:

Tại Tp. Hồ Chí Minh đã tiến hành hội thảo khoa học triển khai thực hiện đề tài: "Khảo sát điều tra, đánh giá nguyên nhân và đề xuất giải pháp khắc phục lún sụt mặt đất trên địa bàn Tp. Hồ Chí Minh" và đề tài: "Điều tra, khảo sát, dự báo hiện tượng hạ thấp mặt đất do khai thác nước ngầm ở khu vực Tp.



Hồ Chí Minh và đề xuất giải pháp khắc phục". Tại hội thảo đã có nhiều ý kiến của các nhà khoa học, nhân mạnh về những nguyên nhân gây lún sụt nền đất cũng như các giải pháp phòng ngừa, khắc phục. Nhiều ý kiến của các nhà khoa học cho rằng cần đề ra quy chuẩn được nghiên cứu sâu, toàn diện, chi tiết và đủ chu đáo. Bởi vậy cần phải có sự nghiên cứu và tìm kiếm thêm để giải quyết một cách căn cứ [4].

Bảng 1. Một số hồ sụt lún điển hình được hình thành năm 2011

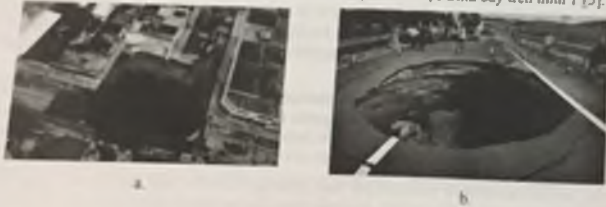
TT	Vị trí xuất hiện hồ sụt lún	Kích thước, m		Hình dạng	Thời điểm xuất hiện
		Dường kính	Chiều sâu		
1	Hai Bà Trưng-Nguyễn Văn Trỗi	1,0	1,5	Tròn	22/01/2011
2	Dương Quang Hàm-Ng. Thái Sơn	1,0	1,5	Tròn	28/02/2011
3	Đường Pasteur - Lê Thánh Tôn	1,5	1,0	Tròn	01/03/2011
4	Mạc Đinh Chi - Điện Biên Phủ	1,0	2,0	Đa giác	04/03/2011
5	CMTS - Võ Văn Tần	1,0	1,5	Đa giác	19/04/2011
6	48/2A Thống Nhất, Gò Vấp	1,5	2,0	Elip	05/05/2011
7	Ngã tư Trưng Chiểu	0,4	0,3	Tròn	22/05/2011
8	74 Bạch Đằng, Tân Bình	1,4	0,3	Elip	13/06/2011
9	34 Nguyễn Thị Nghĩa, Q.1	1,5	0,5	Đa giác	25/06/2011
10	Hai Bà Trưng - Trần Cao Vân	1,0	2,0	Tròn	06/07/2011
11	Bạch Đằng - Đinh Bộ Lĩnh	1,0	1,0	Đa giác	27/08/2011
12	386 Lê Văn Sỹ	0,5	1,0	Tròn	14/09/2011
13	Phan Đình Phùng - Trường Sa	5,0	4,0	Đa giác	19/09/2011
14	Võ Thị Sáu - Lý Văn Phức	0,8	0,6	Đa giác	03/10/2011
15	113/2 Trương Văn Hầu, Q.9	0,4	1,0	Tròn	27/10/2011
16	420 Tân Kỳ - Tân Quý	0,5	2,0	Tròn	14/11/2011
17	Chân cầu Thị Nghè, Q.1	0,8	1,0	E lip	28/11/2011
18	113 Trần Quốc Hoàn, Tân Bình	0,5	3,0	E lip	01/12/2011

Theo chúng tôi, những vấn đề cần phải nghiên cứu tiếp theo gồm:

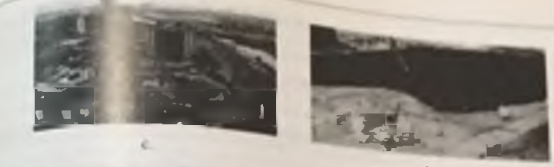
- Xác định các nguyên nhân và yếu tố hình thành hồ sụt lún,
- Mô hình tính toán hồ sụt lún,
- Dự báo, pháp phát hiện sớm hồ sụt lún,
- Đưa ra giải pháp khắc phục hồ sụt lún một cách hiệu quả.

Dưới đây trình bày các nguyên nhân gây ra hồ sụt lún cho điều kiện địa kỹ thuật cụ thể ở Tp. Hồ Chí Minh [1, 2, 3, 4].

Một số hình ảnh về hồ sụt lún trên thế giới và ở Việt Nam được trình bày trên hình 1 [5].



Hình 1. Các hồ sụt lún [5].



a. Hồ sụt lún hình tròn đường kính 10m, sâu 60cm, hồ này sụp xuống tại thành phố Guatemala vào 11/5/2010; b. Hồ sụt lún xuất hiện ở tỉnh Chão Giang - Trung Quốc vào tháng 6/2010; c. Các hồ sụt lún ngầm ở São Paulo Brazil vào 1/2007; d. Hồ sụt lún xuất hiện ở đường Nguyễn Thái Sơn, phường 5, quận Gò Vấp, Tp. Hồ Chí Minh, đường kính khoảng 1m, sâu 1,5m, bên dưới rừng hãm địa lún.

## 2. Nguyên nhân gây ra hồ sụt lún tại Thành phố Hồ Chí Minh

### 2.1. Nguyên nhân liên quan đến địa chất thủy văn, địa chất công trình

Tp. Hồ Chí Minh về đặc điểm địa chất công trình gồm ba phần vùng [3]

- **Vùng A:** Chu yếu phía tây bắc Thành phố, được cấu tạo bởi các loại đá cứng, chúng có cường độ kháng nén khác nhau, biến đổi từ 5 0 Mpa ~ 100,0 Mpa, địa hình núi thấp thuộc kiểu địa mạo xâm thực bán trụi, cao độ từ 40 ~ 80 m, độ dốc 10 ~ 50 độ, nước ngầm không phong phú với mực nước trên 10 m dưới mặt đất, phổ biến các hiện tượng phong hóa và trượt, sụt lún.
- **Vùng B:** Phân bố trên diện tích rộng gồm các quận nội thành, quận Tân Bình, quận 9 và các huyện Củ Chi, Hóc Môn, Gò Vấp, được cấu tạo bởi các lớp trầm tích cát, phù sa là các lớp đất cường độ cao, hiện diện tầng đất sét cứng và nua ctnm với bề dày lớn nằm ở độ sâu từ 20m-50m. Địa hình vùng B khá bằng phẳng, thuộc địa mạo bồn trũng - tích tụ, thực chất là bề mặt bồi đắp thêm vào của hệ thống sông Sài Gòn và sông Đồng Nai, nó nằm thấp hơn bề mặt mực nước ngầm tại vùng A, với độ cao địa hình (từ 25m, độ dốc 0,5-4%. Trong vùng B hiện diện tầng nước ngầm ở độ sâu 5-10m có lượng nước khá dồi dào và được bổ cấp thường xuyên. Tại vùng B có thể xảy ra nứt ngầm, cát chảy.
- **Vùng C:** Phân bố ở phía nam Thành phố, được cấu tạo bởi các trầm tích trẻ, hiện đại, nhiều nguồn gốc, đất yếu, cường độ chịu lực kém, tạo thành bề mặt bậc thềm thấp nhất của sông Sài Gòn - Đồng Nai và các chi lưu. Vùng C có địa hình không bằng phẳng, tuy nhiên bị chia cắt thành hẻm các chi nhánh dòng chảy, nước ngầm lộ ngay mặt đất. Địa tầng vùng C dày 10-30m nằm phủ trực tiếp trên các lớp đất cấu tạo nền vùng B và A.

Hiện tượng lún sụt mặt đất thường xảy ra ở những nơi có điều kiện địa chất đặc trưng như sau [5]:

- **Vùng phân bố đất sét:** Bên dưới là tầng đất sét có nhiều hang động chứa đầy nước ngầm, nên dễ nứt nẻ tạo ra nhiều hố dạng phễu, bên trên là lớp đất phủ gồm nhiều loại đất sét, sét pha cát hoặc cát pha sét. Mực nước trong hang động thường xuyên thay đổi.
- **Vùng phân bố đất lún ướt:** Đất lún ướt là đất không chịu nước, đất trong trạng thái xốp, độ chặt kém, để thấm nước do kích thước lỗ rỗng lớn. Khi nước thấm vào, các hạt sẽ mất liên kết, dễ sẽ di chuyển tích tụ chung của khối đất sẽ giảm nhiều, tạo nên hiện tượng lún, nên gọi là đất lún ướt.



Nền đường lún sụp còn có thể xảy ra ở những vùng đầm lầy bị chôn vùi có nhiều túi khí vĩnh viễn tự nhiên, ở các bãi chôn rêu than đá (thứ lâu nhất) ở nơi có nền cát xốp hoặc đất bùn sét hóa hóa khi chịu chấn động do nổ mìn hoặc do động đất để bị lún lợng.

2.2. Nguyên nhân do tác động của con người và các hoạt động khác

Có thể liệt kê các nguyên nhân do tác động của con người như sau:

Các công trình hạ tầng kỹ thuật hiện hữu được xây dựng qua nhiều thời kỳ, đã và đang xuống cấp gây sụt lún.

Việc thi công các công trình hạ tầng kỹ thuật nhằm tuân thủ nghiêm các quy trình thi công và nghiệm thu hiện hành.

Công tác phối hợp xử lý công trình hạ tầng kỹ thuật giữa các đơn vị quản lý chuyên ngành với các ban quản lý dự án, các chủ đầu tư và đơn vị thi công còn chậm, làm kéo dài thời gian thi công, làm móng đường bị ngập nước gây phá hủy kết cấu mặt đường (khi gặp trời mưa).

Đưa bàn Tp. Hồ Chí Minh thường xuyên bị ngập, thoát nước không kịp khi nước thủy triều dâng cao và mưa lớn làm nền mặt đường bị ngập nước, đây là tác nhân chính gây hư hỏng nền mặt đường; bên cạnh đó tại trung khai thác nhiều loại phương tiện vượt nhiều sơ vơn tại trọng thiết kế đã ảnh hưởng đến điều kiện khai thác của các công trình, gây hư hỏng nhanh công trình.

Việc khai thác nước ngầm tràn lan đã làm cho nhiều công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị bị lún không đều, đã ảnh hưởng đến công trình thoát nước hiện hữu, dễ bị gãy, xi, bể làm rò rỉ nước dẫn đến phá hủy kết cấu móng đường tạo ra các hố sụt.

Sự phối hợp giữa các sở ban ngành cùng quan lý các công trình trên địa bàn không thống nhất, thậm chí còn chồng chéo về chức năng - nhiệm vụ đã gây không ít khó khăn trong công tác quản lý, khai thác và bảo đảm chất lượng trong quá trình triển khai xây dựng.

2.3. Phân tích nguyên nhân gây ra hố sụt lún

Phân tích nguyên nhân gây ra hố sụt lún tại khu vực Tp. Hồ Chí Minh cho thấy đó là sự hình thành và phát triển trong thời gian dài, nhưng lại xảy ra đột ngột với biên độ lớn, tạo nên những hố sâu trên bề mặt địa hình.

Hiện tượng sụt lún thường xảy ra khi có đủ hai yếu tố sau đây:

Nền đất được cấu tạo bởi các loại đất xốp, kém chặt, độ rỗng lớn, hệ số thấm lớn tức là đất kém chịu nước (đất lún ướt).

Nước lưu thông trong nền đất tạo nên dòng chảy ngầm, làm cho vật liệu đất trở nên mềm yếu, hạt đất mất liên kết để tách ra khỏi khối đất, dễ bị dòng nước ngầm cuốn đi, tạo nên các hang rỗng trong nền đất. Hiện tượng này được gọi là tác dụng của xói ngầm. Như vậy hiện tượng sụt lún xảy ra là do tác dụng của xói ngầm.

Một số loại lún tại khu vực Tp. Hồ Chí Minh có nguồn gốc nhân tạo. Đây là loại đất đắp tạo nên nền công trình và dùng để thi lập mặt đường sau khi đào lấp các hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị như hệ thống cấp thoát nước, các hệ thống cấp ngầm,... Các loại đất nguồn gốc nhân tạo do không đạt các yêu cầu của thiết kế, cấp phối hạt không hợp lý, nền đất kém chặt, có độ rỗng lớn, đất chứa nhiều hạt mịn (hạt sét, hạt bụi), dễ thấm nước. Khi trong nền đất có nguồn nước bổ sung tạo nên dòng ngầm gây ra hiện tượng xói ngầm. Do tác dụng của xói ngầm đã xuất hiện các hố sụt lún trong các nền đất cấu tạo bởi đất lún ướt nhân tạo.

1. Một bản vẽ sơ mặt đất đã khai thác không gian ngầm  
2. Một số chỉ số các giá trị chấp thuận ngầm

2. Mô hình tính toán sụt lún

2.1. Đặt vấn đề

Khi thấm qua đất đá nước có thể phá hoại chúng bằng tác dụng cơ học. Từ đất cát, cuội, sỏi mịn biến đổi các vật liệu có kích thước bé (sét, bụi, cát). Do đó đất trở nên sập rỗng hơn và trong chúng sẽ tạo thành các lỗ hổng lớn. Quá trình rửa trôi cơ học của hạt từ các tầng đất đá như vậy được gọi là quá trình xói ngầm. Do quá trình xói ngầm mà trong đất đá xuất hiện các hang hốc, phễu ngầm và gây nên hiện tượng sụp lún mặt đất, làm hư hại công trình xây dựng phía trên chúng. Giả thiết rằng do xói ngầm mà trong lòng đất tại một độ sâu H nào đó sẽ hình thành khoảng không gian rỗng. Điều này tương tự như ta xây dựng một công trình ngầm trong lòng đất. Đặt đây trình bày mô hình tính lún mặt đất do xói ngầm hay do khai thác một công trình ngầm trong lòng đất [1].

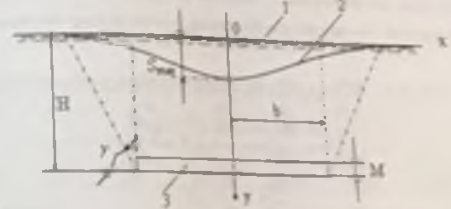
Xây dựng công trình ngầm trong nền đất yếu và đất sũng sẽ gây một hậu quả là làm cho mặt đất bị lún. Nghiên cứu lún mặt đất do xây dựng công trình ngầm ở Việt Nam chưa thực sự được quan tâm và có ít công trình đề cập. Lún mặt đất do xây dựng hầm Vân Đình ở Tp. Hồ Chí Minh là một trong những công trình về vấn đề này. Trong bài viết này các tác giả đề cập đến việc xem xét xác định đường cong lún mặt đất khi xây dựng công trình ngầm. Phạm vi đề cập của vấn đề: Chỉ xét yếu tố gây lún mặt đất do tạo ra khoảng không trong lòng đất. Bài viết chưa xét đến ảnh hưởng của các yếu tố gây lún khác.

2.2. Đặt bài toán

Giả sử trong lòng đất người ta đào một khoang không void các kích thước trước

Chúng ta cần xác định hình dạng đường cong lún và độ lún cực đại.

Ta đưa vào xem xét hệ trục tọa độ xoay như hình vẽ 2.



Hình 2. Sơ đồ bố trí công trình ngầm [1]

1 - mặt đất ban đầu; 2 - đường cong lún; 3 - công trình ngầm;

M - chiều cao công trình; H - chiều sâu đặt công trình ngầm; γ - góc ảnh hưởng

3.3. Giải bài toán theo mô hình nền biến dạng dẻo

Đối với đất đá yếu, sét chứa nước thì lớp đất đã được diễn tả bằng mô hình dẻo (hình 3).

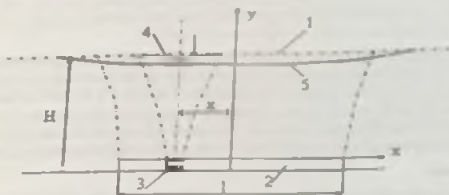
Giả thuyết tính toán: Chấp nhận một số giả thiết sau đây khi giải bài toán theo mô hình đất ổn biến dạng dẻo:

- Tại một cắt ngang bất kỳ của khối đá phía trên công trình ngầm nằm ngang thì sụt lún xảy ra như nhau với một thể tích đất đá bằng chính đất đá sụt vào đường hầm  $V = -2 \int C(x) dx \cdot C(x) \cdot \cos$

độ lệch chuyển đứng:

Chuyển dịch theo phương thẳng đứng của đất đá dọc trục tiếp trên công trình ngầm là đại lượng lớn nhất bằng  $aM$  ( $a$  là hệ số kể đến khả năng lập đầy chiều cao  $M$  của dịch chuyển đất đá vào khoảng trống của hầm,  $0 \leq a \leq 1,0$ ).

- Chuyển dịch ngang của các điểm nằm trên trục đối xứng  $y$  sẽ bằng 0
- Khi tọa độ  $x$  ra khỏi xa trục đối xứng thì độ lún tiến tới 0, đường cong lún tắt
- Chuyển dịch đất đá của môi trường phía trên mọi đường hàm phân bố cơ bản không bị ảnh hưởng từ dịch chuyển của các điểm nằm phía trên của các đường hàm phân bố cơ bản khác bên dưới.



Hình 3. Sơ đồ tính lún theo mô hình đơn [1]

1- bề mặt đất; 2- đường hầm (công trình ngầm); 3- đường hàm phân bố cơ sở; 4- đường lún do đường hàm phân bố cơ sở tạo ra; 5- Đường lún tổng cộng do công trình ngầm gây ra; H- Chiều sâu đất công trình ngầm theo phương trục  $y$ ; l- chiều dài đường hầm theo phương trục  $x$ .

Để miêu tả quá trình biến dạng dẻo của đất đá (hình 3) có thể sử dụng các phương trình cân bằng sau đây [1]:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} = X + \frac{\eta}{\rho} \nabla^2 v_x \\ \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} = Y + \frac{\eta}{\rho} \nabla^2 v_y \\ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Trong các công thức (1):  $\eta$  - độ nhớt của môi trường;  $v_x, v_y$  - các thành phần dịch chuyển;  $\nabla^2$  - toán tử Laplace;  $X, Y$  - hình chiếu tổng lực trên các trục  $x$  và  $y$ ;  $\rho$  - mật độ của đất.

Khi xác định lún tại thời điểm (giai đoạn) cuối của quá trình dịch chuyển có thể bỏ qua thành phần  $\frac{\partial v_x}{\partial t}$  và  $\frac{\partial v_y}{\partial t}$  (coi  $v_x, v_y$  là các hàm không đổi theo thời gian). Sử dụng các giả thiết trên, có thể rút ra thành phần dịch chuyển đứng cho một điểm trên bề mặt ( $y = H$ ) ứng với một đường hàm phân bố cơ sở sẽ là [1]:

$$\partial s \partial x = - \frac{a \omega l}{2} th(\omega \frac{x}{H}) dx \quad (2)$$

Thành phần lún tại một đất đá khối thực không gian  
Thành phần lún tại các giá trị pháp phẳng ngầm

Trong đó:  $x$  - thành phần dịch chuyển đứng do đường hàm phân bố cơ sở tạo ra;  $\omega$  - đại lượng đặc trưng cho tính chất cơ lý của đất đá, thường lấy bằng hệ số kiến cố  $f$  của đất đá, hệ số kiến cố của đất đá do giới sư người Nga Protodjkonov đã xác định gần đúng theo công thức:  $f = [\sigma] / \eta$ ,  $[\sigma]$  là cường độ chịu nén của đất đá, MPa;  $\eta$  - hàm tăng hyperbolic ( $\eta = \frac{1}{2}(e^{\sigma} + e^{-\sigma})$ )

Tích phân (2) với cận từ  $(-\frac{l}{2})$  đến  $(\frac{l}{2})$  cho ta toàn bộ độ lún  $S_{(x)}$  do công trình ngầm tạo ra

$$S_{(x)} = - \frac{a \omega l}{2} \left[ th\left(\omega \frac{x-l/2}{H}\right) - th\left(\omega \frac{x+l/2}{H}\right) \right] \quad (3)$$

Trong (3): các ký hiệu  $a, \omega$  đã đề cập ở (2) còn l được cho ra trên hình 3

Giá trị  $f$  là phương cách từ trục thẳng đứng đến có thể được lựa chọn bằng việc so sánh đường lún  $S_x$  xây dựng theo phương trình (3) với giá trị đo đạc quan trắc ở thực tế

4. Các ví dụ tính toán số  
4.1. Ví dụ tính toán 1:

Giả thiết cho  $M=10m$ ;  $a=0,20$ ;  $[\sigma]=40MPa$ ;  $\omega=f/[\sigma]=10/40MPa/10=4$ ;  $l=400m$ ;  $H=20m$ , tại đó:

$$S_{(x)} = - \frac{0,20 \cdot 10}{2} \left[ th\left(4 \frac{x-200}{20}\right) - th\left(4 \frac{x+200}{20}\right) \right]$$

$$S_{(x)} = th\left(\frac{x+200}{5}\right) - th\left(\frac{x-200}{5}\right)$$

Giá trị  $S_{(x)}$  cho trong bảng 1 (do đối xứng nên tính  $x \geq 0$ ;  $x = 0, 50, \dots, 210, 220$ )

Bảng 1. Giá trị  $S_{(x)}$  thay đổi theo  $x$

$x, m$	0	50	100	150	190	200	210	220
$S_{(x)}, m$	2,0	2,0	2,0	1,9999	1,9640	1,000	0,0359	0,0006

4.2. Ví dụ tính toán 2:

Theo các giả thiết như trong ví dụ 1, thay đổi giá trị  $a = 2, 4, 6, 8$  và xác định  $S_{(x)}$  (xem bảng 2)

Bảng 2. Giá trị  $S_{(x)}$  thay đổi theo  $a$

$a$	$x, m$							
	0	50	100	150	190	200	210	220
2	2,0	2,0	1,9999	1,9999	1,7615	1,0000	0,2384	0,0359
4	2,0	2,0	2,0	1,9999	1,9640	1,000	0,0359	0,0006
6	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9950	1,0000	0,0049	0,00001
8	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9993	1,0000	0,0006	0,2 $10^{-6}$

4.3. Ví dụ tính toán 3:

Giữ nguyên các giá trị như ở ví dụ tính toán 1, thay đổi giá trị  $H = 10, 20, 30$  và  $40 m$  xác định  $S_{(x)}$  (bảng 4)



Bảng 4. Giá trị  $S(x)$  thay đổi theo  $H$ 

H, m	x, m							
	0	50	100	150	190	200	210	220
10	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9993	1,000	0,0006	0,2.10 <sup>-4</sup>
20	2,0	2,0	2,0	1,9999	1,9640	1,000	0,0159	0,0006
30	2,0	2,0	2,0	1,9999	1,8700	1,000	0,1288	0,0096
40	2,0	2,0	1,9999	1,9999	1,7615	1,000	0,2384	0,0359

### 5. Kết luận

- Lún sụt bề mặt đất gắn liền với quá trình xói ngầm, quá trình khai thác không gian ngầm tại vùng đất yếu, đất hạt mịn, độ rỗng lớn, dễ bị cuốn theo dòng tạo nên vùng rỗng.

- Lún sụt mặt đất có thể xác định bằng mô hình đất đá có biến dạng dẻo với giả thiết là xói ngầm tạo nên một khoang trống rỗng như khi xây dựng công trình ngầm trong lòng đất.

- Sử dụng mô hình đất đá có biến dạng dẻo để tính toán minh họa số cho thấy:

- Đường cong lún trên mặt đất do tồn tại không gian ngầm có giá trị cực đại  $S(x) = 2,0$  tại  $x = 0$ . Giá trị này sẽ giảm dần khi  $x$  tiến ra biên theo chiều dài công trình ngầm.

- Trị số lớn nhất của độ lún phụ thuộc nhiều vào chiều cao khoang không  $M$  (chiều cao công trình  $M$ ), phương pháp chống giữ khi đào và các yếu tố địa chất của môi trường.

- Đường cong lún sụt có dạng hàm tang hyperbolic.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Xuân Mãn (2008). *Điều tra, khảo sát hiện tượng lún mặt đất do khai thác nước tại khu vực Thành phố Hồ Chí Minh*. Đề tài Khoa học cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.
- [2] Nguyễn Hồng Đức (2009). *Cơ sở địa chất công trình và thủy văn công trình*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội.
- [3] Đỗ Tạo (2007). *Địa chất công trình*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
- [4] Hội thảo Khoa học (2011). *Cơ sở khoa học và giải pháp kỹ thuật để xác định hồ ngầm và công trình ngầm trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh*.
- [5] <https://news.zing.vn/sut-lun-dat-tin-tuc.html>
- [6] <http://www.ecgcorp.com/velav/mainbar.html>

## Nhận dạng ni

**Tóm tắt:** Giả sử có thể xem là xói bằng các chế độ phân riêng phần 1925 cho đến nay tâm vì mô tả sát khía cạnh: a) khu nước), thời gian thiên theo thời g do thi công (vấn *(epistemic uncer* lời giải số hoặc 1 nhân dạng nhữn; và chuẩn bị hướ

**Từ khóa:** Bắc th pháp đồng nhất

### 1. Mở đầu

Bắc thăm là ct giải bài toán theo đư xem như tạo một sự 1 bắc (D.T Bergado và giả thiết có phân lý 1 vật liệu đồng nhất, tỉ quy đổi, chuyển đổi phẳng thông thường mạnh rằng cho đến phẳng mà thôi) thì c nghiệm là thăm đứn là chủ yếu như bài t

Nghiên cứu n của tác giả về biến 1 không chắc chắn tr không chắc chắn (h cứu độ tin cậy của g