

**TẠP CHÍ**

Kính gửi: Ông Đặng Văn Kiên  
Trường Đại học Mỏ-Địa chất  
Phường Đức Thắng, Quận Bắc Từ Liêm, HÀ NỘI

# **CÔNG NGHIỆP MỎ**

**MINING INDUSTRY JOURNAL**

**NĂM THỨ XXIX SỐ 6 - 2020**

**CƠ QUAN NGÔN LUẬN CỦA HỘI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ MỎ VIỆT NAM**





# TẠP CHÍ CÔNG NGHIỆP MỎ

CƠ QUAN NGÔN LUẬN  
CỦA HỘI KH&CN MỎ VIỆT NAM

NĂM THỨ XXIX  
SỐ 6 - 2020

✪ Tổng biên tập:  
GS.TS.NGND. VÕ TRỌNG HÙNG

✪ Phó Tổng biên tập  
kiêm Thư ký Toà soạn:  
TS. TẠ NGỌC HẢI

✪ Ủy viên Phụ trách Trị sự:  
KS. TRẦN VĂN TRẠCH

✪ Ủy viên Ban biên tập:  
TS. NGUYỄN BÌNH

PGS.TS. PHÙNG MẠNH ĐẮC

TSKH. ĐINH NGỌC ĐĂNG

TS. NGHIÊM GIA

PGS.TS.NGUT. HỒ SĨ GIAO

TS. NGUYỄN HỒNG MINH

GS.TS.NGUT. VÕ CHÍ MỸ

PGS.TS. NGUYỄN CẢNH NAM

KS. ĐÀO VĂN NGÂM

TS. ĐÀO ĐẮC TẠO

TS. PHAN NGỌC TRUNG

GS.TS.NGND. TRẦN MẠNH XUÂN

✪ TOÀ SOẠN:

Số 655 - Phạm Văn Đồng

Bắc Từ Liêm-Hà Nội

Điện thoại: 36649158; 36649159

Fax: (844) 36649159

Email: info@vinamin.vn

Website: http://vinamin.vn

✪ Tạp chí xuất bản với sự cộng tác  
của: Trường Đại học Mỏ-Địa chất;  
Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ-  
Luyện kim; Viện Khoa học Công  
nghệ Mỏ; Viện Dầu khí

✪ Giấy phép xuất bản số:  
319/GP-BVHTT ngày 23/7/2002  
của Bộ Văn hoá Thông tin

✪ In tại Công ty CTCP  
KH & CN Hoàng Quốc Việt  
18 Hoàng Quốc Việt - Hà Nội  
Điện thoại: 024.37562778

✪ Nộp lưu chiểu:  
Tháng 12 năm 2020

# MỤC LỤC

## ❑ TIỂU ĐIỂM - HỘI NGHỊ KHOA HỌC KỸ THUẬT MỎ TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXVII

❖ Hội nghị Khoa học Kỹ thuật Mỏ Toàn quốc lần thứ XXVII

NB. 1

## ❑ 30 NĂM THÀNH LẬP HỘI TUYỂN KHOÁNG VIỆT NAM

- ❖ Hội Tuyển khoáng Việt Nam - 30 năm thành lập và phát triển Nguyễn Minh Đường 4
- ❖ Quản lý kỹ thuật công nghệ - Nền tảng phát triển vững chắc của Tổng Công ty Khoáng sản-TKV Lý Xuân Tuyên 10
- ❖ Một số thành tựu và định hướng phát triển khoa học công nghệ của Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ-Luyện kim Đào Duy Anh 13
- ❖ Công tác tuyển khoáng của Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-Vinacomin Nguyễn Hữu Nhân 17
- ❖ Những thành tựu trong sàng tuyển chế biến than tại Công ty Tuyển than Cửa Ông-TKV Nguyễn Quang Hưng 19
- ❖ Ứng dụng khoa học công nghệ và đổi mới thiết bị tuyển tại Chi nhánh mỏ Tuyển đồng Sin Quyền, Lào Cai-Vimico Trần Trọng Quỳnh 23
- ❖ Vấn đề đào tạo nguồn nhân lực trong lĩnh vực chế biến khoáng sản Nhữ Thị Kim Dung 29
- ❖ Hoạt động của Trung tâm Khoa học Công nghệ Chế biến và Sử dụng khoáng sản qua các kỳ đại hội Lê Việt Dũng 32
- ❖ Người thầy đầu tiên về chuyên ngành Tuyển khoáng Việt Nam Trần Văn Trạch 35

## ❑ KHAI THÁC MỎ

- ❖ Xác định các thông số áp lực nhằm điều khiển đá vách cho lò chợ vỉa 17 sử dụng giá khung ZH/1600/16/24F Công ty than Mông Dương Nguyễn Phi Hùng 33

## ❑ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH NGÂM VÀ MỎ

- ❖ Nghiên cứu ảnh hưởng hình dạng mặt cắt ngang tới trạng thái ứng suất trong vỏ đường hầm tàu điện ngầm Hà Nội dưới tác động của động đất Nguyễn Chí Thành 40
- Nguyễn Đình Hùng
- ❖ Nghiên cứu đánh giá độ ổn định của kết cấu chống các kho ngầm chứa khí tại Vũng Tàu bằng phương pháp số Đặng Văn Kiên 45
- Võ Trọng Hùng

## ❑ TUYỂN VÀ CHẾ BIẾN KHOÁNG SẢN

- ❖ Nghiên cứu quá trình tách, thu hồi đồng và kẽm từ hỗn hợp xỉ, bụi lò nấu đúc đồng Lộng Thượng, Hưng Yên Trần Trung Tới 51

## ❑ CƠ KHÍ VÀ CƠ ĐIỆN MỎ

- ❖ Tính dòng điện rò trong phần mạch xoay chiều của các mạng điện mỏ hỗn hợp ở chế độ quá trình quá độ Kim Ngọc Linh 56
- ❖ Ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn trong thiết kế chế tạo máy tuyển từ tại các nhà máy tuyển than Đỗ Như Ý 60
- ❖ Ứng dụng google map API và Google Firebase xây dựng phần mềm giám sát và cảnh báo trượt lở đất Phạm Thi Thanh Loan 63
- ❖ Nghiên cứu xác định một số thông số ổ trượt bồi trơn bằng nước của máy rửa quặng hai trục vít cánh vuông MR 2284 và nnk Tạ Ngọc Hải 68
- và nnk

## ❑ THÔNG GIÓ, AN TOÀN VÀ BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG

- ❖ Hiệu quả của hệ thống giám sát và tự động hóa điều khiển tập trung của các trạm quạt gió chính mỏ than Mạo Khê Đào Văn Chi 73
- Vũ Đức Trọng

## ❑ ĐỊA CƠ HỌC, ĐỊA TIN HỌC, ĐỊA CHẤT, TRẮC ĐỊA

- ❖ Ứng dụng công nghệ WEBGIS quản lý dữ liệu phục vụ nghiên cứu và quản lý tài nguyên nước lưu vực sông Ba Đặng Tuyết Minh 78

## ❑ KINH TẾ, QUẢN LÝ

- ❖ Hệ thống văn bản pháp quy quản lý tài nguyên khoáng sản và hoạt động khoáng sản - Quá trình hoàn thiện, đổi mới, vấn đề đặt ra và kiến nghị Lê Văn Thành 84
- ❖ Hoạt động sản xuất kinh doanh năm 2020 và triển vọng năm 2021 của ngành thép Việt Nam Nghiêm Gia 90

## ❑ THÔNG TIN, SỰ KIỆN

- ❖ Lễ kỷ niệm 30 năm thành lập và Đại hội đại biểu Hội Tuyển khoáng Việt Nam lần thứ IV (nhiệm kỳ 2020-2025) PV. 98
- ❖ Gian BK-21-mỏ Bạch Hồ - Công trình chào mừng Đại hội đại biểu toàn quốc lần thứ XIII của Đảng NB. 99
- ❖ Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững-ERSD-2020 NB. 100
- ❖ Tin ngành mỏ Việt Nam CNM 102
- ❖ Tin ngành mỏ thế giới CNM 108

Ảnh Bìa 1: Chi nhánh luyện đồng Lào Cai-Tổng Công ty Khoáng sản-TKV (Ảnh VTH)



# NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA KẾT CẤU CHỐNG CÁC KHO NGẦM CHỨA KHÍ TẠI VŨNG TÀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ

ĐẶNG VĂN KIÊN, VÕ TRỌNG HÙNG  
Trường Đại học Mở-Địa chất  
Email: dangvankien@humg.edu.vn

Trong số các loại công trình ngầm dạng hầm trạm tiết diện lớn (công trình ngầm kích thước lớn và rất lớn) trên thực tế thường gặp các loại công trình ngầm có tiết diện mặt cắt ngang thay đổi từ 60 đến 100 m<sup>2</sup> trong ngành khai thác khoáng sản. Còn trong ngành xây dựng thủy điện, thủy công và xây dựng nhà máy điện nguyên tử ngầm, diện tích mặt cắt ngang của chúng có thể đạt tới giá trị 1000 m<sup>2</sup> và lớn hơn nữa. Chiều dài các công trình ngầm thay đổi trong khoảng từ 20÷40 m, chiều cao của chúng có thể đạt tới giá trị 70 m và lớn hơn.

Trong ngành khai thác khoáng sản, các loại hầm trạm tiết diện lớn là các hầm trạm trong tổ hợp các hầm trạm nghiền đập-chứa quặng và một số hầm trạm ngầm sâu giếng. Thể tích của chúng có thể đạt tới giá trị hàng nghìn m<sup>3</sup>. Trong lĩnh vực xây dựng công nghiệp và xây dựng năng lượng, thể tích các hầm trạm bố trí trạm biến thế, các thiết bị tuốc bin của nhà máy thủy điện ngầm, nhà máy thủy điện nguyên tử ngầm cũng như các loại thiết bị có thể đạt tới giá trị 400.000 m<sup>3</sup> và lớn hơn. Đặc điểm cơ bản của quá trình thiết kế công trình ngầm tiết diện lớn là việc cố gắng bố trí chúng trong khối đá đủ ổn định và bền vững, không có hiện tượng thấm thấu của nước ngầm. Do các hầm có tiết diện quá lớn dẫn đến việc tính toán, thiết kế kết cấu chống rất phức tạp, ít tài liệu đề cập. Ngoài ra, công tác thi công các hầm lớn tiết diện lớn và rất lớn gặp rất nhiều khó khăn do trạng thái ứng suất tập trung rất lớn xung quanh đường hầm, công tác thi công hầm và kết cấu chống giữ thường phức tạp. Đặc biệt là độ ổn định của công trình ngầm thấp do tiết diện khoảng trống sau khi đào lớn dẫn đến cần có những giải pháp về tính toán kết cấu và lựa chọn giai đoạn thi công hợp lý.

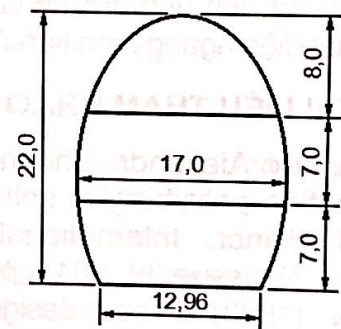
Bài báo sử dụng phương pháp số để tính toán kiểm tra độ ổn định của các kho ngầm chứa LPG

của Công ty HSVC tại Vũng Tàu nằm ở độ sâu 10 m, trên cơ sở đó có những đánh giá về độ ổn định của công trình trên.

## 1. Giới thiệu về kho ngầm

### 1.1. Chức năng và kích thước của kho ngầm

Các kho chứa ngầm được sử dụng để lưu trữ propan và butan, mặt cắt điển hình được xác định theo dung lượng lưu trữ khí theo thiết kế. Theo thiết kế của [1], các kho chứa ngầm có tiết diện hình elip ngược với chiều cao tổng cộng 22,0 m, chiều rộng là 17,0 m, chiều dài các kho chứa là 256,0 m (hình H.1). Mặt bằng bố trí hệ thống kho chứa ngầm chứa khí propan và butan tại dự án Cẩm Mép thể hiện trên hình H.2.



H.1. Hình dạng và kích thước của kho ngầm

### 1.2. Đặc điểm của khối đá xung quanh đường hầm

Theo kết quả khảo sát, đặc tính khối đá xung quanh đường hầm được thể hiện trên Bảng 1. Các kho chứa ngầm được đặt hoàn toàn trong đá cứng loại I theo phân loại khối đá của Barton et al năm 1974 [2] như hình H.3 và Bảng 1, Bảng 2. Theo đó, phần phía trên đường hầm đào trong đá pha, cát, toàn bộ kho ngầm đặt trong lớp đá cứng với đặc tính như Bảng 4. Trên cơ sở đó, kết cấu gia cố các kho ngầm được thể hiện trên Bảng 5.



tương ứng. Khả năng mang tải của bê tông phun (thể hiện qua ứng suất nén và kéo cho phép) và khả năng chịu kéo của thanh neo theo kết quả thí nghiệm hiện trường thể hiện trong Bảng 5 [1].

**1.3. Phương pháp nghiên cứu**

Vấn đề địa kỹ thuật cho hầm rất phức tạp đến mức khó có thể dự báo trong các khu vực lân cận do sự tồn tại của các mặt phân cách và sự không đồng nhất của khối đá xung quanh đường hầm. Do đó, hiện tại rất khó khăn để phát triển các phần mềm tính toán kết cấu hầm mà cân nhắc đến tất cả các yếu tố phức tạp này. Tuy nhiên, phân tích hầm đã tạo ra nhiều phát triển đáng chú ý trong vài năm qua do sự phát triển của các phương pháp số và sự phát triển của máy tính điện tử, với các trường hợp khó để giải quyết bằng phương trình đàn hồi, độ nhớt và độ dẻo của các đặc tính động của nền đất khi hình thành các định luật, điều kiện lún của vật liệu đất, dạng hình học và các điều kiện biên của kết cấu được mô phỏng trước đó. Do vậy các phương pháp số đã được giới thiệu đến nghiên cứu địa kỹ thuật và góp phần phân tích đặc tính trượt, điều kiện dẻo và mối quan hệ phi tuyến tính giữa ứng suất và biến dạng [3].

Do vậy các vấn đề thực tế đã được phân tích thành công ngoài những trường hợp đơn giản, lựa chọn được các thiết kế hợp lý. Chúng tôi sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần

mềm Rock Science-RS2-Phase 2 để nghiên cứu trạng thái ứng suất biến dạng và đánh giá mức độ ổn định của các kho chứa ngầm LPG của HSVC tại Vũng Tàu nằm ở độ sâu 100 m [2]. Để nghiên cứu ảnh hưởng bằng phương pháp số, phương pháp thi công dự kiến là sử dụng khoan nổ mìn với biện pháp đào chia gương thành 3 bậc với chiều cao tương ứng là: bậc 1, H=8,0 m; bậc 2, H=7,0 m; bậc 3, H=7,0 m. Theo đó, quá trình mô phỏng cũng sẽ chia làm 3 giai đoạn tương ứng.

Bảng 1. Phương pháp phân loại khối đá theo chỉ số Q [2]

Cấp đá	I	II	III	IV	V
Q	Q>40	40≥Q>10	10≥Q>4	4≥Q>1	1≥Q>0,1
Chất lượng đá	Rất tốt	Tốt	Trung bình	Yếu	Rất yếu

Bảng 2. Kết cấu gia cố các kho chứa ngầm [1]

Phân loại	Kết cấu chống		I	II	III	IV	V
			>40	40~10	10~4	4~1	1~0,1
Hang đào 17×22 m	Bê tông phun, cm	Dày	5,0	5,0	6,0	12,0	20,0
		Khoảng cách	Neo điểm	1 neo/ 5 m <sup>2</sup>	1 neo/ 4 m <sup>2</sup>	1 neo/ 2 m <sup>2</sup>	1 neo/ 1 m <sup>2</sup>
	Neο	Dài	4,85 m				

Bảng 3. Đặc tính đất và đá [1]

Loại	Trọng lượng thể tích, kN/m <sup>3</sup>	Lực dính kết, kPa	Góc ma sát trong, độ	Mô đun biến dạng, MPa	Hệ số Poisson
Loại I	26,6	9000	54,8	41000	0,25
Loại II	26,5	7100	52,6	31300	0,25
Loại III	26,4	5100	49,4	16100	0,25
Loại IV	26,1	3700	44,5	8300	0,25
Loại V	25,6	2500	40,6	4400	0,26

Bảng 4. Đặc tính của các loại đất đá xung quang kho chứa ngầm [1]

Loại đá	Trọng lượng thể tích không bão hòa, kN/m <sup>3</sup>	Trọng lượng thể tích bão hòa, kN/m <sup>3</sup>	Lực dính kết, kPa	Góc ma sát trong, độ	Mô đun biến dạng, MPa	Hệ số Poisson	Góc dẫn nở, độ	Hệ số, K <sub>0</sub>
Sét pha	16	18	1	25	15	0,2	0	0,577
Cát	17	20	1,6	33,5	30	0,2	4	0,448
Đá gốc	26,6	26,6	7100	52,6	31300	0,25	8,5	0,234

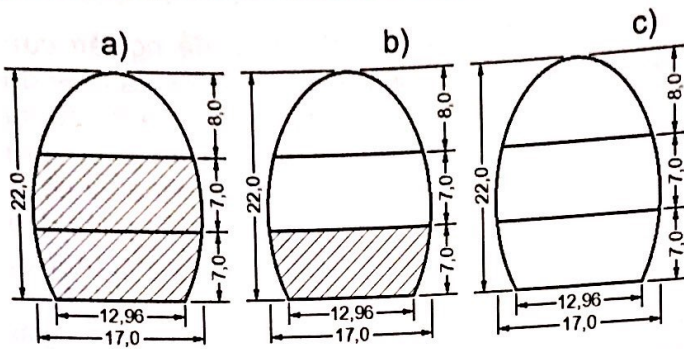
**2. Nghiên cứu độ ổn định của kho chứa ngầm bằng phương pháp số**

**2.1. Nghiên cứu độ ổn định của kho chứa ngầm bằng phương pháp số cho kho chứa ngầm đơn**

Trên cơ sở các dữ liệu đầu vào và biện pháp thi công dự kiến kho chứa ngầm, các giai đoạn tiến hành mô phỏng sự ổn định của kho chứa ngầm theo 3 giai

đoạn như hình H.2. Quá trình mô phỏng sử dụng phần mềm Rock Science-RS2-Phase 2 với các khả năng mang tải của hệ thống kết cấu bê tông phun chống kho ngầm [1]: ứng suất nén cho phép bằng 10,4 MPa; ứng suất kéo cho phép bằng 4,5 MPa; lực kéo cho phép của neo bằng 166 kN. Quá trình mô phỏng được thể hiện trên các hình H.3, H.4, H.5.

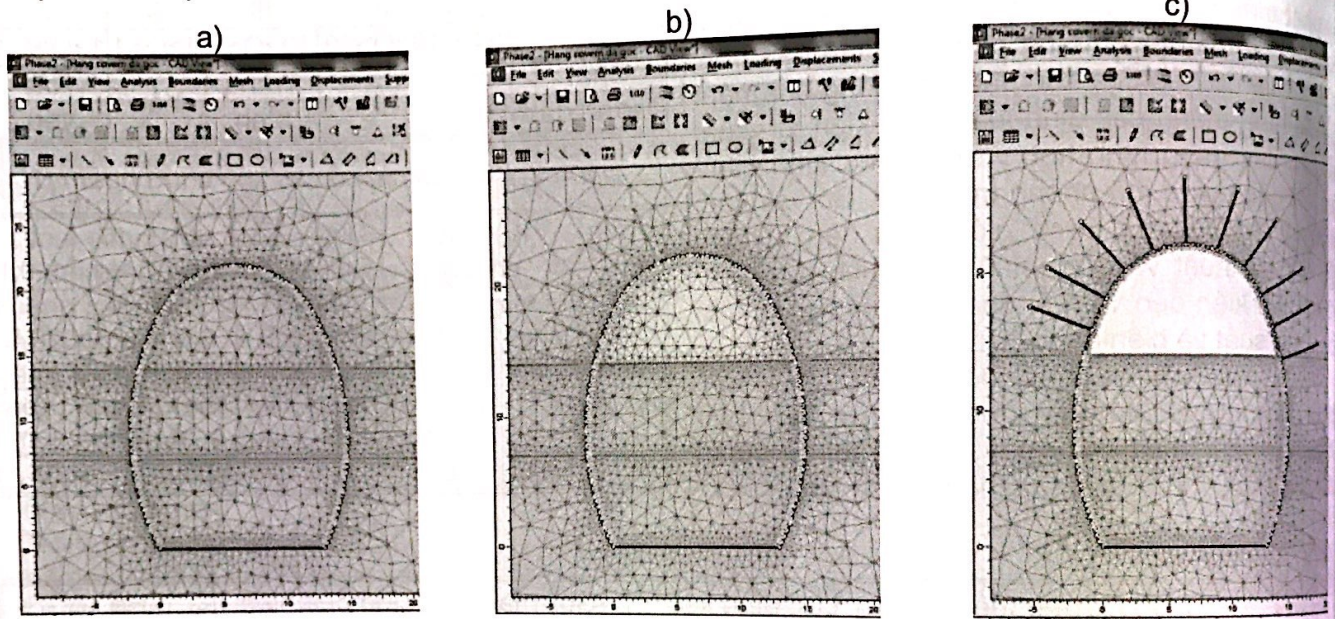




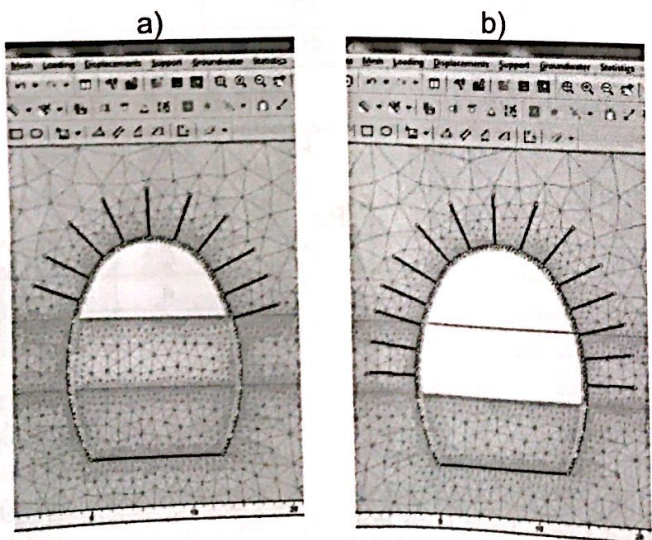
H.2. Các giai đoạn đào hầm chứa tương ứng với biện pháp đào chia bậc: a - Giai đoạn 1-Đào bậc trên; b - Giai đoạn 2-Đào bậc dưới 1; c - Giai đoạn 3-Đào bậc dưới 2

Kết quả mô phỏng độ ổn định của gương hầm theo các bước đào được thể hiện trên các hình H.6, H.7. Việc so sánh kết quả giá trị ứng suất chuyển vị trên biên hầm theo giá trị cho phép được thể hiện như sau:

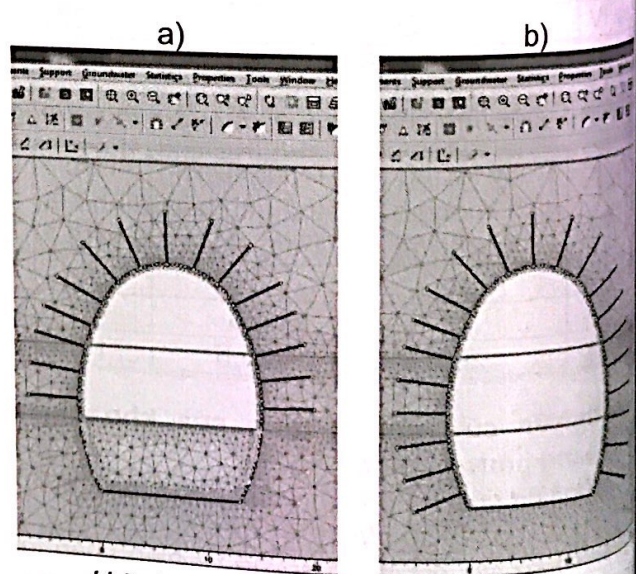
- Giá trị chuyển vị lớn nhất của đất đá xung quanh biên hầm chứa: chuyển vị ngang bằng 0,7 mm; chuyển vị đứng bằng 5,25 mm. Chuyển vị đảm bảo giá trị cho phép đủ bền;
- Ứng suất trong vỏ chống bê tông phun và lực dọc của thanh neo quanh hầm chứa: ứng suất nén lớn nhất bằng 3,84 MPa; ứng suất kéo lớn nhất bằng 2,23 MPa; lực dọc lớn nhất của neo 28,3 kN. Độ bền của bê tông phun và thanh neo đều đủ bền.



H.3. Mô phỏng điều kiện bên và các giai đoạn đào bậc trên kho ngầm: a - Xây dựng điều kiện biên, trường ứng suất ban đầu; b - Giảm modun của khối đá trong hang để chú ý đến biến dạng xung quanh biên hầm chứa sau khi đào và lắp dựng kết cấu chống bậc 1; c - Công tác khai đào, lắp dựng kết cấu chống bậc trên



H.4. Mô phỏng các giai đoạn đào bậc 1: a - Bước 4; b - Bước 5

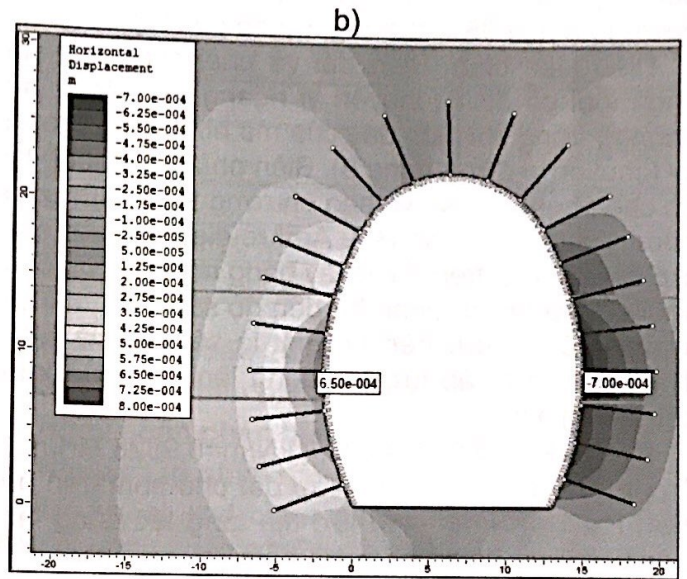
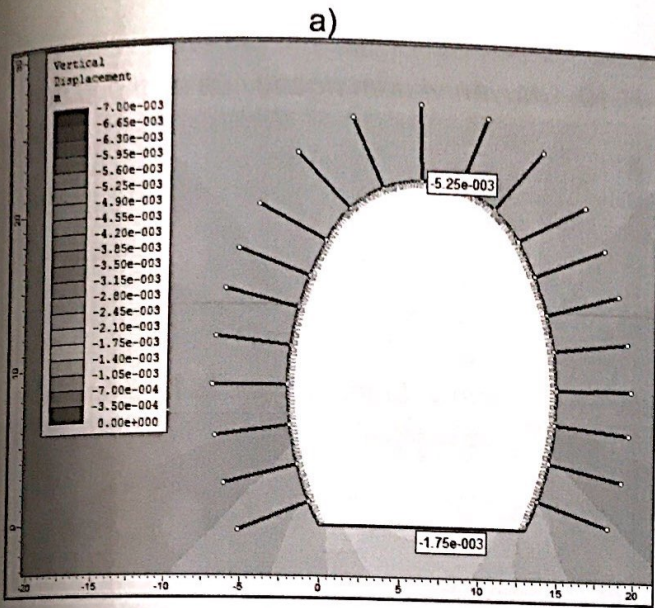


H.5. Mô phỏng các giai đoạn đào bậc 2: a - Bước 6; b - Bước 7

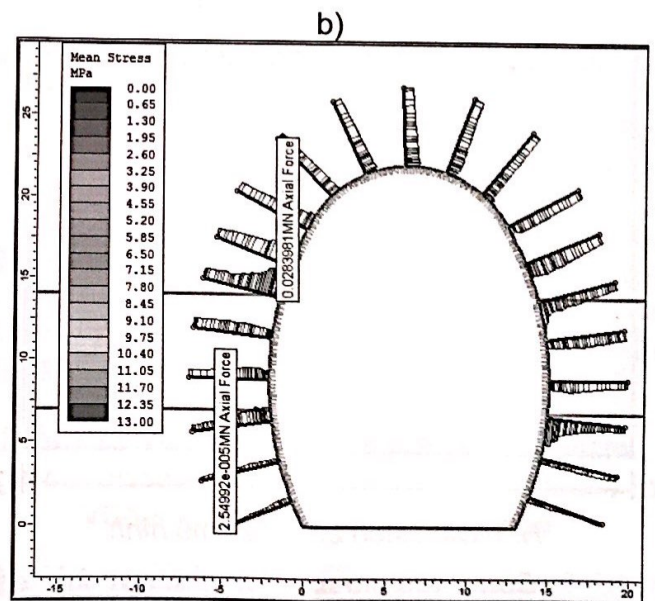
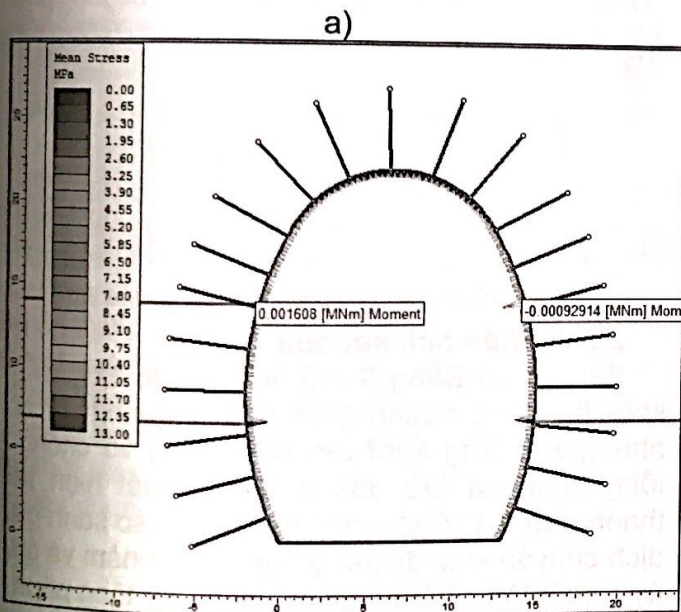


Kết quả thể hiện giá trị dịch chuyển khối đá xung quanh biên hầm và giá trị ứng suất lớn nhất trong vỏ chống bê tông phun và lực dọc lớn nhất xuất hiện trong thanh neo gia cố kho ngầm của dự án. Bằng cách so sánh giá trị dịch chuyển khối đá xung quanh

biên hầm và giá trị ứng suất lớn nhất trong vỏ chống bê tông phun và lực dọc lớn nhất xuất hiện trong thanh neo gia cố kho ngầm ở các bảng cho thấy, các giá trị thu được nhỏ hơn giá trị cho phép theo thí nghiệm hiện trường nên kho ngầm ổn định.



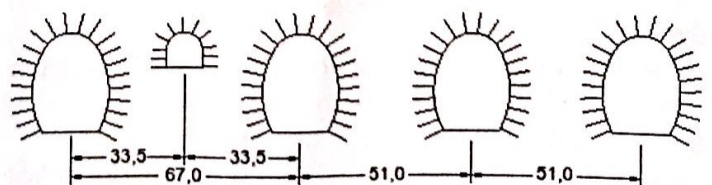
H.6. Giá trị dịch chuyển khối đá xung quanh biên hầm: a - Dịch chuyển thẳng đứng; b - Dịch chuyển nằm ngang



H.7. Kết quả tính toán độ bền của bê tông phun và neo đá: a - Ứng suất lớn nhất và nhỏ nhất trong lớp vỏ bê tông phun; b - Lực dọc trục lớn nhất và nhỏ nhất trong neo đá

## 2.2. Nghiên cứu độ ổn định của kho chứa ngầm bằng phương pháp số cho hệ thống các kho chứa ngầm khi thi công đồng thời

Hệ thống hầm chứa được đặt cạnh nhau với cao độ gần như nhau như hình H.8. Quá trình thi công sẽ ảnh hưởng đến nhau và đến độ ổn định của từng đường hầm, chúng tôi tiến hành kiểm tra ổn định của khối đá và kết cấu chống trong thời gian xây dựng đường hầm. Hệ thống bao gồm 4 hầm chứa và hầm kết nối nội bộ và đường dốc như hình H.8.



H.8. Hệ thống hầm chứa

### 2.2.1. Xây dựng mô hình số, lập điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho mô hình

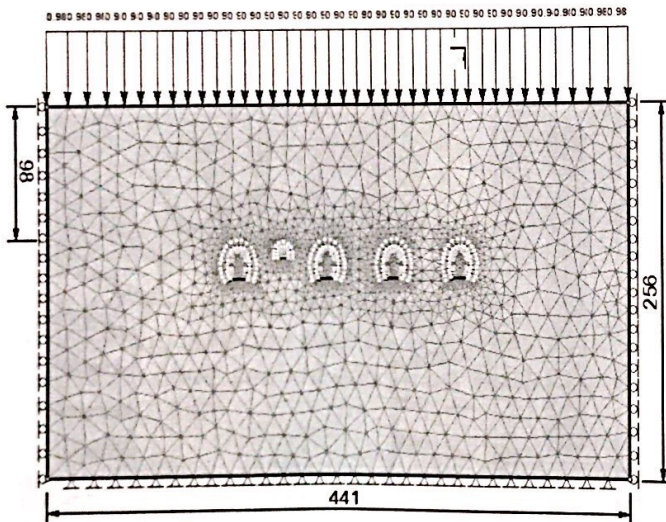
Mô hình ở thời điểm hiện tại, vùng phân tích được



chọn là 8.0 lần của đường kính hầm chứa theo phương ngang và phương thẳng đứng nhằm giảm ảnh hưởng của điều kiện ràng buộc tạo ra tại đường biên đến kết quả phân tích trong giới hạn cho phép của thiết kế. Chiều cao tính từ đỉnh hầm đến lớp biên phía trên bằng chính độ sâu đặt đường hầm là 98,0 m trong lớp đá gốc loại II.

Điều kiện biên: Biên trái và phải của mô hình chọn loại cố định (chuyển vị ngang tại biên bằng không), trong khi biên đáy của mô hình cũng tương tự (chuyển vị đứng bằng 0). Biên phía bề mặt để tự do cho phép chuyển vị theo phương thẳng đứng và nằm ngang như hình H.9. Áp lực địa tầng của các lớp đất đá phía trên được lấy bằng trọng lượng của khối đất đá rơi rớt phân bố đến độ sâu 54,6 m trên lớp đá gốc (2 lớp trên bề mặt là sét pha và cát). Theo đó giá trị áp lực tác dụng lên vòm của kho chứa có giá trị:

$P_d = H_d \times P_d = 54,6 \times 18 = 982,8 \text{ kN/m} = 0,9828 \text{ MN/m}$ .  
 Trong đó:  $H_d$  - Chiều dày lớp đất phủ phía trên bề mặt;  $P_d = 18 \text{ kN/m}^2$  - Áp lực địa tầng tác dụng lên diện tích  $1 \text{ m}^2$  bề mặt đường hầm.



H.9. Điều kiện biên của mô hình

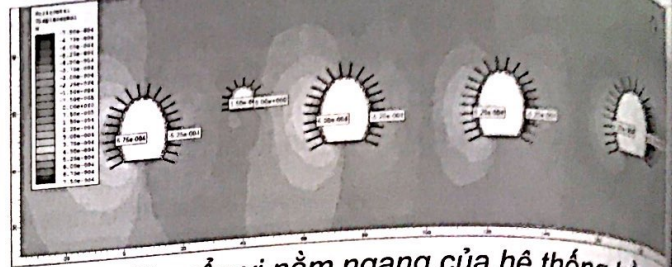
**2.2.2. Công tác khai đào, lắp đặt kết cấu chống giữ**

Các giai đoạn tính toán/xây dựng như sau:

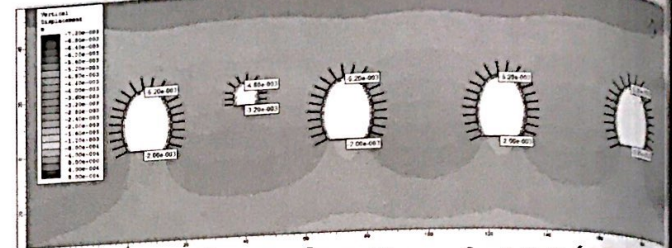
- Giai đoạn 1 - Xây dựng điều kiện biên, trường ứng suất ban đầu;
- Giai đoạn 2 - Giảm modun của khối đá trong hầm để chú ý đến biến dạng xung quanh biên hầm sau khi đào và lắp dựng kết cấu chống;
- Giai đoạn 3 - Công tác khai đào, lắp dựng kết cấu chống;
- Giai đoạn 4 - Quá trình đông cứng bê tông phun.

**2.2.3. Phân tích kết quả**

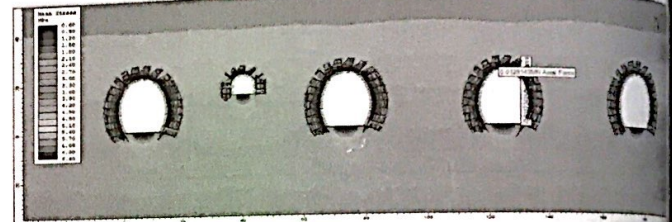
Kết quả tính toán mô hình số được thể hiện từ các hình H.10, H.11, H.12, H.13.



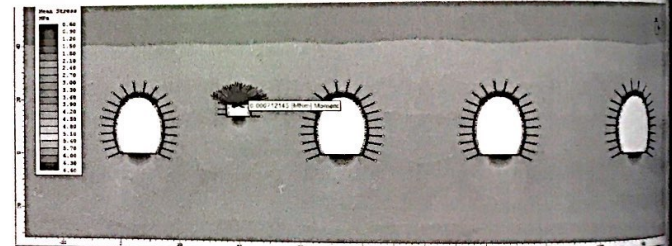
H.10. Chuyển vị nằm ngang của hệ thống hầm



H.11. Chuyển vị thẳng đứng của hệ thống hầm



H.12. Kết quả ứng suất trong vỏ chống bê tông phun



H.13. Kết quả lực kéo dọc trục của neo

**2.2.4. Phân tích kết quả**

Bảng 8 và Bảng 9 thể hiện giá trị dịch chuyển khối đá xung quanh biên kho chứa ngầm, cũng như giá trị ứng suất lớn nhất trong vỏ chống bê tông phun và lực dọc lớn nhất xuất hiện trong thanh neo gia cố kho ngầm. Kết quả so sánh giá trị dịch chuyển khối đá xung quanh biên hầm và giá trị ứng suất lớn nhất trong vỏ chống bê tông phun và lực dọc lớn nhất xuất hiện trong thanh neo gia cố kho ngầm ở các bảng cho thấy, các giá trị đều được nhỏ hơn giá trị cho phép theo thí nghiệm hiện trường nên kho ngầm ổn định.

**3. Kết luận**

Những kết quả nghiên cứu trên đây cho phép rút ra một số kết luận sau đây:

- Việc tính toán, thiết kế và thi công các hầm tiết diện lớn và rất lớn, trong trường hợp nghiên cứu là kho chứa khí ngầm của Công ty Hóa chất Hyosung VINA tại Vũng Tàu là hết sức phức tạp;
- Việc thi công chia bậc cho phép giảm ứng suất và biến dạng trên biên hầm;



Bảng 5. Giá trị dịch chuyển khối đá xung quanh biên hầm

Hạng mục hầm	Chuyển vị lớn nhất tại biên hầm	
	Chuyển vị ngang, mm	Chuyển vị thẳng đứng, mm
Hầm chứa 1	0,675	5,2
Hầm nổi và đường dốc nội bộ	0,150	4,8
Hầm chứa 2	0,600	5,2
Hầm chứa 3	0,525	5,2
Hầm chứa 4	0,675	5,2

Bảng 6. Ứng suất/ lực trong kết cấu chống

Hệ thống kết cấu chống	Bê tông phun (* - Giá trị cho phép)		Lực dọc lớn nhất của neo, kN
	Ứng suất nén lớn nhất, MPa	Ứng suất kéo lớn nhất, MPa	
	1,70 [10,40]*	1,82 [4,50]*	12,90 [166]*

> Phương pháp số là công cụ hữu hiệu hiện nay cho phép mô phỏng đầy đủ các bước đào hầm như ứng xử của khối đất đá xung quanh hầm tiết diện lớn khi đào chia bậc;

> Bằng việc sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm bản quyền Rock Science-RS2-Phase 2 tại Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở-Địa chất hoàn toàn cho phép mô phỏng đầy đủ quá trình thay đổi ứng suất, biến dạng trên biên khi khai đào kho chứa ngầm của dự án ngầm chứa khí tại Cái Mép, Vũng Tàu của công ty Hóa chất Hyosung VINA;

> Kết quả cho thấy khi kho chứa ngầm được bố trí trong lớp đá gốc ở độ sâu 100 m, với hệ thống kết cấu chống tạm lấy theo phương pháp phân loại khối đá của Barton et al. in 1974, hệ thống phân loại Q, các giá trị ứng suất và chuyển vị trên biên đều nằm trong giới hạn cho phép do vậy biên kho chứa ổn định;

> Kết quả bài báo cũng chỉ ra việc thi công đồng bộ hệ thống khi chứa không ảnh hưởng nhiều đến trạng thái ứng suất biến dạng trên biên hầm, đồng thời biên hầm của các kho chứa đều ổn định theo tiêu chuẩn thứ nhất về khả năng mang tải. □

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Công ty cổ phần Hóa chất Hyosung VINA Chemicals Co.,Ltd. Báo cáo thiết kế kỹ thuật kho chứa ngầm Cái Mép-LPG-CV-GR-U-0002. Vũng Tàu. 2019.
2. Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc. Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội. 2005.
3. User's Guide, 2D finite element program for calculating stresses and estimating support around underground excavations. 1998-2001 Rocscience Inc.
4. Võ Trọng Hùng. Xây dựng giếng đứng, hầm tiết diện lớn và rất lớn. Giáo trình Cao học. Bộ môn Xây dựng Công trình ngầm và Mỏ. Hà Nội, 2012.

**Ngày nhận bài:** 26/06/2020

**Ngày gửi phản biện:** 19/08/2020

**Ngày nhận phản biện:** 26/10/2020

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 10/12/2020

**Từ khóa:** kho chứa ngầm; hầm trạm tiết diện lớn; phương pháp số; Phase 2; hầm tiết diện lớn

**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

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả mô phỏng số tại dự án kho chứa khí Cái Mép ở Vũng Tàu. Kết quả tính toán bằng phần mềm Rock Science-RS2-Phase2, có thể đưa ra những kết luận sau: sự dịch chuyển tối đa của khối đá xung quanh các đường hầm nhỏ hơn giá trị cho phép; ứng suất nén lớn nhất và ứng suất kéo trong bê tông phun, lực dọc trục lớn nhất thu được không vượt giá trị cho phép. Vì vậy, khối đá chống đỡ đường hầm sẽ an toàn.

**Study on evaluating stability of structures against underground gas storage facilities in Vũng Tàu by numerical method**

**SUMMARY**

The paper presents simulation results of the Cái Mép underground gas storage facilities project in Vũng Tàu. Results calculated can give the following conclusions: the maximum displacement of the rock mass around the tunnels is less than the allowable value; maximum compressive stress and tensile stress in the sprayed concrete, the maximum axial force obtained does not exceed the permissible value. Therefore, the rock supporting the tunnel will be safe.