



KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VIETGEO 2023 THỪA THIÊN HUẾ, NGÀY 28 & 29 THÁNG 9 NĂM 2023

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VIETGEO 2023

BAN TỔ CHỨC:

PGS.TS Võ Thanh Tùng
PGS.TS Tạ Đức Thịnh
GS.TS Trần Thanh Hải
PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo
PGS.TS Nguyễn Văn Lâm
TS Phan Tuấn Anh
PGS.TS Lê Văn Thắng
PGS.TS Lê Hoài Đức
PGS.TS Đỗ Quang Thiên
PGS.TS Bùi Trường Sơn
PGS.TS Nguyễn Trường Thọ
ThS Nguyễn Thanh Bình
TS Nguyễn Thị Thanh Huyền

Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Hội Địa chất công trình và Môi trường Việt Nam
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam
Hội Địa chất thủy văn Việt Nam
Trường Đại học khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM
Trường Đại học Giao thông vận tải
Trường Đại học khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế

Đồng Trưởng ban
Đồng Trưởng ban
Phó Trưởng ban
Phó Trưởng ban
Phó Trưởng ban
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên

BAN KHOA HỌC:

PGS.TS Bùi Trường Sơn
PGS.TS Trần Thanh Nhân
GS.TS Đỗ Minh Đức
PGS.TS Nguyễn Thị Nụ
PGS.TS Đậu Văn Ngộ
PGS.TS Phạm Quý Nhân
PGS.TS Nguyễn Đức Mạnh
PGS.TS Nguyễn Quang Tuấn
TS Nguyễn Bách Thảo
TS Nguyễn Tiến Hùng
TS Lê Quang Duyên
TS Nguyễn Văn Phóng
TS Nguyễn Thành Dương
TS Phạm Đức Thọ
TS Bùi Trọng Vinh
TS Đào Hồng Hải
TS Nguyễn Công Định
TS Nguyễn Thị Thanh Nhân
TS Trần Thị Phương An
TS Trần Hữu Tuyên
TS Nguyễn Thị Thủy
TS Hoàng Ngô Tự Do
TS Bùi Thị Thu
TS Đỗ Thị Việt Hương

Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Khoa học tự nhiên - ĐHQGHN
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM
Hội Địa chất thủy văn Việt Nam
Trường Đại học Giao thông vận tải
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam
Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM
Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM
Trường Đại học Giao thông vận tải
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế

Trưởng ban
Phó Trưởng ban
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên

BAN THƯ KÝ:

TS Nguyễn Thành Dương
PGS.TS Trần Thanh Nhân
TS Nguyễn Thị Thủy
ThS Phạm Thị Ngọc Hà
ThS Nguyễn Văn Hùng
TS Nguyễn Thị Thanh Nhân
TS Trần Thị Phương An

Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế

Trưởng ban
Phó Trưởng ban
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên
Ủy viên

**THỪA THIÊN HUẾ, VIỆT NAM
NGÀY 28 & 29 THÁNG 9 NĂM 2023**

**ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT
VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN
BỀN VỮNG - VIETGEO 2023**

Ban biên tập:

**TẠ ĐỨC THỊNH
BÙI TRƯỜNG SƠN
NGUYỄN VĂN LÂM
NGUYỄN THÀNH DƯƠNG
TRẦN THANH NHÀN
NGUYỄN VĂN HÙNG**



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

VIETGEO 2023

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG - VIETGEO 2023

**THỪA THIÊN HUẾ, VIỆT NAM
NGÀY 28 & 29 THÁNG 9 NĂM 2023**

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC

Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Hội Địa chất công trình và Môi trường Việt Nam
Hội Địa chất thủy văn Việt Nam
Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Giao thông Vận tải
Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP Hồ Chí Minh

ĐƠN VỊ ĐỒNG HÀNH

Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP Hồ Chí Minh
Công ty TNHH XNK Phú Thành Phát
Công ty TNHH Nam Miền Trung
Công ty Cổ phần Khoa học Công nghệ Bách khoa TP Hồ Chí Minh
Trung tâm Nghiên cứu Địa kỹ thuật
Công ty TNHH Premium Silica Huế
Công ty Cổ phần tư vấn địa chất CT Đà Nẵng
Công ty CP Đầu tư phát triển GMC

NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ CỦA KẾT CẤU CHỐNG GIỮ KHO CHỨA KHÍ NGẦM LPG CỦA HSVC TẠI CÁI MÉP, VŨNG TÀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ

Vũ Tiến Dũng¹, Đặng Văn Kiên^{2*}, Joséphine DONNARD³

¹Nghiên cứu sinh ngành Kỹ thuật Xây dựng Công trình ngầm, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Trường Đại học Mỏ - Địa chất; ³Trường Đại học Polytech Grenoble, Cộng hòa Pháp

*Tác giả chịu trách nhiệm: kienxdn@gmail.com

Tóm tắt

Vấn đề địa kỹ thuật trong xây dựng công trình ngầm luôn rất phức tạp, dẫn đến khó có thể dự báo chính xác điều kiện địa chất trong các khu vực đường hầm đi qua do những hạn chế của các phương pháp khảo sát cũng như sự tồn tại các mặt phân cách, sự không đồng nhất của khối đá. Phương pháp phân tích số đã được đưa vào ứng dụng trong bài toán địa kỹ thuật và góp phần phân tích đặc điểm biến dạng dẻo và tính phi tuyến của các quan hệ ứng suất biến dạng của khối đá xung quanh. Bài báo thể hiện kết quả mô hình số tại kho chứa khí ngầm Cái Mép, Vũng Tàu. Căn cứ vào hồ sơ thiết kế kỹ thuật do chủ đầu tư cung cấp, các điều kiện đầu vào của mô hình thiết kế, kết quả tính toán bằng phần mềm RockScienc-Phase2 (mô hình 2D) đã chỉ ra ứng xử của kết cấu chống kho chứa khí ngầm tại dự án kho chứa khí ngầm LPG của HSVC tại Cái Mép. Kết quả nghiên cứu sẽ là tài liệu tham khảo bổ ích cho các dự án tương lai trong điều kiện tương tự.

Từ khóa: kho chứa khí ngầm; ứng xử cơ học; kết cấu chống; chuyển vị; phương pháp số; Cái Mép.

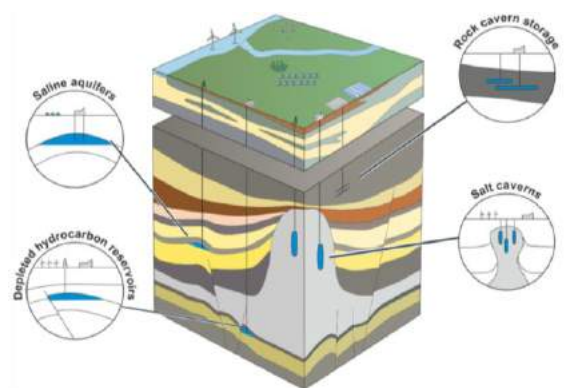
1. Tổng quan về kho chứa khí ngầm

Hiện nay, trong bối cảnh khủng hoảng năng lượng toàn cầu do chiến tranh nên an ninh năng lượng đặt ra một yêu cầu quan trọng về lưu trữ nguồn cung cấp năng lượng nhằm đáp ứng cho các ngành công nghiệp và dịch vụ. So với các kho lạnh lộ thiên tương đương, việc sử dụng, xây dựng các kho lạnh ngầm nhiều công dụng có những ưu điểm nổi bật sau đây: cho phép làm giảm đáng kể chi phí làm lạnh do nhiệt độ, độ ẩm trong kho lạnh ngầm gần như không thay đổi; không tồn tại hiện tượng mất mát năng lượng làm lạnh như trong các kho lạnh lộ thiên (Công ty Hóa chất Hyosung VINA, Báo cáo thiết kế kỹ thuật kho chứa ngầm Cái Mép, 2019). So với các nhà máy lộ thiên tương đương, phương án xây dựng các nhà máy ngầm có những ưu điểm sau đây: cho phép giảm các chi phí sử dụng thường xuyên để sửa chữa mái che, chi phí sơn, kính và chi phí bảo vệ; đảm bảo khả năng chống cháy tốt; có khả năng nguy trang tốt cho nhà máy; có khả năng chống lại hiện tượng xâm nhập của các chất độc, chất phóng xạ hạt nhân từ phía ngoài vào công trình ngầm.

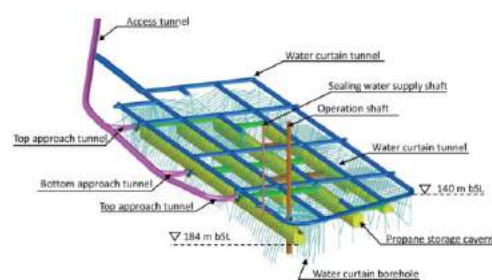
Hiện nay có thể tận dụng các đường hầm, hầm trạm trong các mỏ khai thác hầm lò chuẩn bị đóng cửa để làm kho chứa ngầm. Ngoài ra, kho chứa ngầm có thể xây dựng hoàn toàn mới dưới dạng các công trình ngầm, hầm trạm bằng phương pháp ngầm. Các kho chứa ngầm cũng có thể được xây dựng bằng phương pháp hóa lý (ví dụ như bằng phương pháp hòa tan các vỉa muối bằng nước ngọt). Bảng 1 giới thiệu các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật xây dựng các kho chứa lộ thiên và các kho chứa ngầm xây dựng bằng phương pháp ngầm thông thường và phương pháp hòa tan các vỉa muối. Số liệu trong Bảng 1 cho thấy: phương pháp xây dựng kho chứa ngầm bằng giải pháp hòa tan các vỉa muối có các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cao nhất.

Bảng 1. So sánh giá thành xây dựng quy đổi cho kho chứa (Võ Trọng Hùng, 2013).

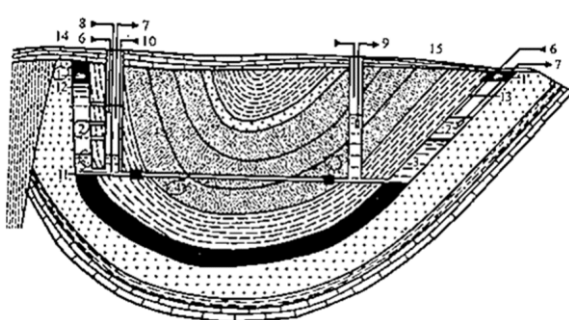
Chủng loại kho chứa	Giá thành xây dựng quy đổi cho kho chứa, %	Chi phí thép, kg/m ³	Chi phí lao động cho 1,0 m ³ , người - giờ
Kho chứa thép xây dựng bằng phương pháp lộ thiên	100,0	317,5	9,0
Xây dựng bằng phương pháp thông thường	22,5	7,1	2,7
Xây dựng bằng phương pháp hòa tan vỉa muối	3,8	4,8	0,8



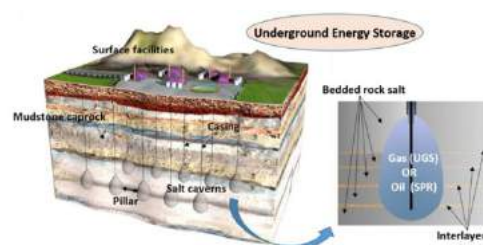
a. Các phương pháp chứa khí ngầm.



b. Phối cảnh kho chứa PLG dưới lòng đất Kurashiki (Park, E.-S., at el. 2013).



c. Kho chứa ngầm có thể được bố trí trong các đường hầm, đường lò tại các mỏ khai thác hầm lò đã đóng cửa.



d. Phương pháp hòa tan vữa muối.

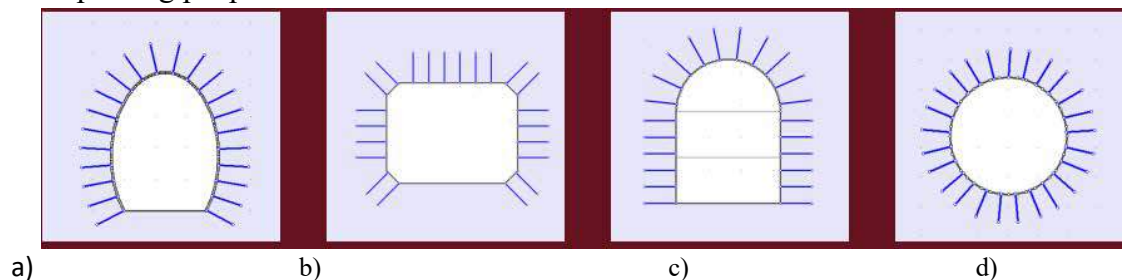
Hình 1. Các phương thức lưu trữ khí dưới lòng đất.

2. Hình dạng và phương pháp tính toán kho chứa khí ngầm

Với kho chứa khí ngầm hầm thường đào với một số dạng tiết diện chủ yếu như (Hình 2):

- Hình nấm với mái vòm bằng bê tông;
- Hình móng ngựa với tường thẳng đứng;
- Hình elip được thiết kế tối ưu để phân bố ứng suất trong khối đá bao quanh nó;
- Hình vòm tường xiên;

Hình dạng tiết diện có ảnh hưởng lớn tới độ ổn định của kho chứa ngầm đào trong đá rắn cứng như đá granite. Do vậy việc lựa chọn hình dạng phù hợp cho phép nâng cao độ ổn định của kho ngầm. Thực tế các tiết diện hình elip đứng được sử dụng nhiều cho các kho chứa khí ngầm bố trí trong đá cứng (Võ Trọng Hùng, 2013). Việc tính toán kho chứa khí ngầm có thể tiến hành theo các phương pháp:



Hình 2. Một số hình dạng của kho chứa khí ngầm.

a) Hình elip; b) Hình chữ nhật cạnh vát; c) Hình vòm; d) Hình tròn

Phương pháp giả thiết vòm áp lực trong môi trường đất rời rạc: với các tác giả điển hình như V.Ritter, M.M.Protodiakonov, Komerell, K.Terzaghi, A.Birbaumer, M.M.Protodiakonov - Tximbarevich... Đặc biệt đối với các kho chứa ngầm và gian máy có tiết diện lớn, vùng phá hủy hình thành xung quanh công trình ngầm rất lớn dẫn đến việc tính toán kết cấu chống không còn phù hợp. Các giải thuyết hay sử dụng cho trường hợp hầm tiết diện lớn gồm tính toán áp lực lên nóc hầm theo Moxtkop, tuy nhiên giả thuyết *không phản ánh đầy đủ ảnh hưởng của quá trình đào chia gương khi thi công kho chứa khí ngầm*.

Phương pháp phân loại đá: để xác định áp lực đá (còn gọi là phương pháp dựa trên đánh giá số lượng các chỉ tiêu của đá) với các tác giả điển hình Deere, Lauffer, Bieniawski, Barton,... các hệ thống phân loại sử dụng như RQD, RMR, Q... Ưu điểm của nhóm phương pháp này là kết quả tương đối chính xác hơn; sử dụng kỹ thuật đánh giá kết quả hiện đại. Bên cạnh đó vẫn tồn tại nhược điểm phải đo trực tiếp trên hiện trường do những kỹ sư địa chất hiện trường có kinh nghiệm. Với hệ các kho chứa ngầm thông thường sử dụng hệ thống phân loại khối đá Q của Barton, Lien và Lunde, RMR...

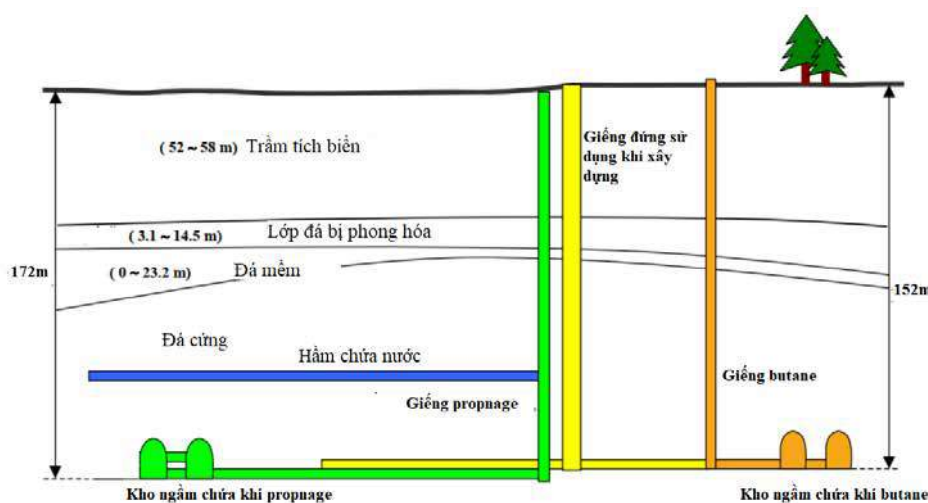
Phương pháp số đã được sử dụng khá phổ biến trong việc mô phỏng ảnh sự ổn định của kho chứa ngầm trên thế giới do những ưu điểm vượt trội cho phép tính toán các kho chứa ngầm có hình dạng khác nhau. Tại Việt Nam, do kho chứa ngầm là công trình cấp đặc biệt và còn mới mẻ do chưa được sử dụng nhiều. Gần đây, các tác giả (Đặng Văn Kiên, Võ Trọng Hùng, 2020; Dang Van Kien, Do Ngoc Anh, Do Ngoc Thai, 2022) đã có những nghiên cứu đầu tiên về công trình này dựa trên việc mô phỏng số đánh giá ổn định của kho chứa khí ngầm và hệ thống giếng đứng tại dự án Kho ngầm chứa LPG của HSVC tại Cái Mép bằng phương pháp số thông qua việc sử dụng phần mềm Rock Sciene-RS2-Phase 2. (Đặng Văn Kiên, 2020; Dang Van Kien, 2022). Tuy nhiên, các nghiên cứu đến nay mới chỉ dừng lại ở giai đoạn thi công kho chứa, chưa kể đến ảnh hưởng của các yếu tố khác trong thời gian sử dụng kho chứa như áp lực khí bên trong...

3. Ứng dụng phương pháp số mô phỏng ứng xử kết cấu chống kho chứa khí ngầm LPG của HSVC tại Cái Mép

Dự án Kho ngầm chứa LPG của HSVC tại Cái Mép, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, Việt Nam là dự án Kho chứa khí ngầm lớn nhất Đông Nam Á và là dự án Kho chứa khí ngầm đầu tiên tại Việt Nam thuộc Nhóm A (theo khoản 2, Điều 8, Luật Đầu tư công số 49/2014/QH13 ngày 18/06/2014), cấp công trình đặc biệt do Công ty TNHH Hóa chất Hyosung Vina làm chủ đầu tư, do Công ty Consultant for Technical Design Document: HDEC - HSHI JV KOREA của Hàn Quốc thiết kế và Công ty cổ phần Thiết kế Công nghiệp Hóa chất là đơn vị tư vấn thẩm tra.

Kho chứa khí ngầm LPG Cái Mép, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu gồm hai kho ngầm chứa khí đều có tiết diện ngang hình elip đứng theo thiết kế. Trong đó, điểm sâu nhất của kho ngầm chứa khí propane nằm ở độ sâu từ -150 m tới -172 m, đáy sâu nhất của kho là -192 m so với mực nước biển. Kho này có sức chứa 170.000 tấn với 4 khoang chứa, chiều rộng mỗi khoang là 17 m, chiều cao 22 m (Công ty Hóa chất Hyosung VINA, Báo cáo thiết kế kỹ thuật kho chứa ngầm Cái Mép, 2019).

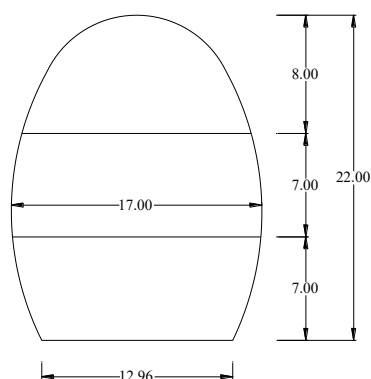
Kho chứa khí ngầm butane nằm ở độ sâu từ -110 m đến -132 m, với điểm sâu nhất là -152 m so với mực nước biển. Kho này có sức chứa 70.000 tấn với 2 khoang. Tổng chiều dài hầm của kho chứa gần 4,8km, với kích cỡ và sức chứa trên, kho chứa khí ngầm LPG tại Bà Rịa - Vũng Tàu được coi là lớn nhất Đông Nam Á có dạng như hình 3 với tiết diện mặt cắt ngang khu chứa khí như hình 4.



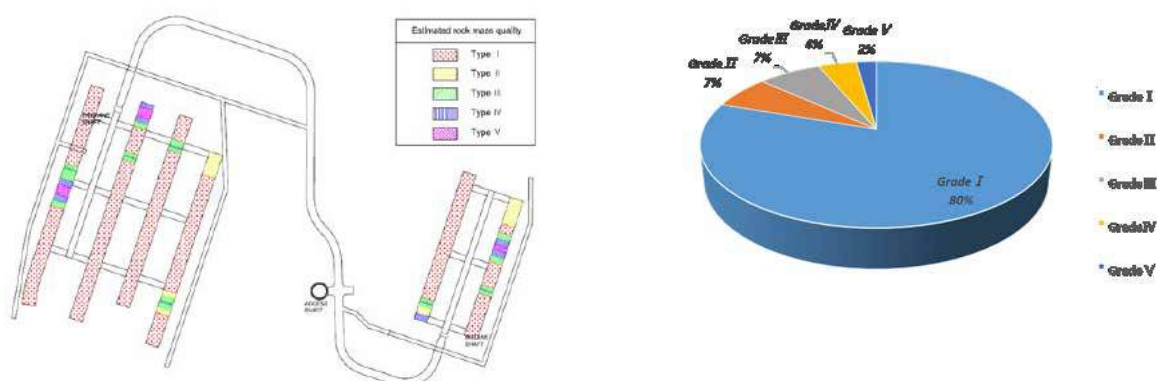
Hình 3. Sơ đồ bố trí các kho chứa ngầm với 2 loại propnag và butane.

3.1. Đặc điểm của khối đá xung quanh đường hầm

Theo kết quả khảo sát, khối đá xung quanh đường hầm được thể hiện trên Bảng 1. Các kho chứa ngầm được đặt hoàn toàn trong đá rắn cứng loại I theo phân loại khối đá Q của Barton như hình 5 và Bảng 1, Bảng 2 (Công ty Hóa chất Hyosung VINA, Báo cáo thiết kế kỹ thuật kho chứa ngầm Cái Mép, 2019). Theo đó phần phía trên đường hầm đào trong sét pha, cát, toàn bộ kho ngầm đặt trong lớp đá gốc với đặc tính như Bảng 3. Trên cơ sở đó kết cấu gia cố các kho ngầm được thể hiện trên Bảng 4 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.



Hình 4. Hình dạng và kích thước của kho ngầm tại dự án LPG Cái Mép.



Hình 5. Phân bố các loại đá xung quanh các kho chứa ngầm và hệ thống công trình ngầm của dự án.

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 Scienc-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 152 m. Để nghiên cứu ảnh hưởng của phương pháp số, phương pháp thi công dự kiến là sử dụng khoan nổ mìn với biện pháp đào chia gương thành 3 bậc nhằm đảm bảo tầm hoạt động của thiết bị khoan (Boomer 352, chiều cao khoan tối đa 8 m) 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 (step) tương ứng.

Bảng 1. Đặc tính đất và đá (Công ty Hóa chất Hyosung VINA, Báo cáo thiết kế kỹ thuật kho chứa ngầm Cái Mép, 2019)

Loại	Trọng lượng, kN/m ³	Lực dính kết, kPa	Góc mất trong, độ	Môđun 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 2. Phương pháp phân loại khối đá theo chỉ số Q (Công ty Hóa chất Hyosung VINA, Báo cáo thiết kế kỹ thuật kho chứa ngầm Cái Mép, 2019)

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

Bảng 3. Đặc tính của các loại đất đá xung quang kho chứa ngầm

Loại đá	Trọng lượng thể tích không bão hòa, kN/m ³	Trọng lượng thể tích bão hòa, kN/m ³	Lực dính kết, kPa	Góc ma sát trong, độ	Môđun biến dạng, MPa	Hệ số Poisson	Góc dẫn nờ, độ	Hệ số, K ₀
Sét	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

Bảng 4. Kết cấu gia cố các kho chứa ngầm

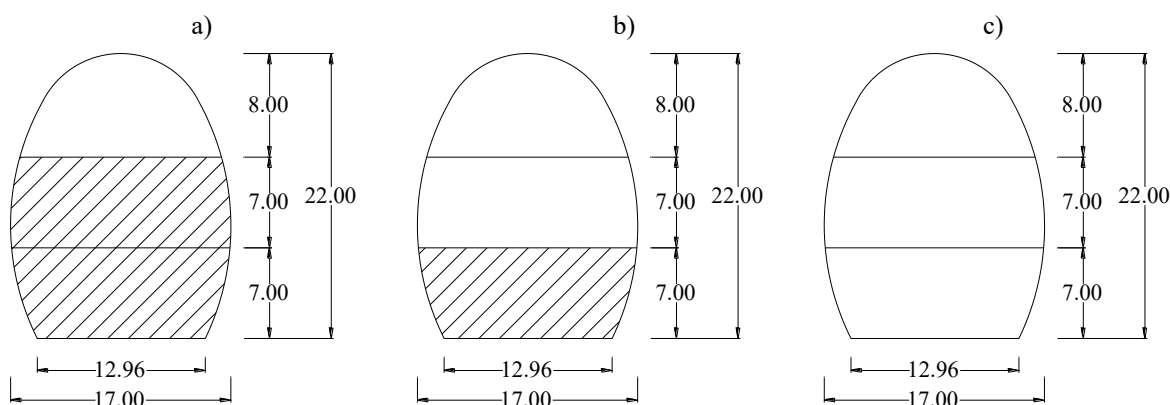
Phân loại	Kết cấu chống		I [>40]	II [40~10]	III [10~4]	IV [4~1]	V [1~0,1]
Kho chứa ngầm 17 × 22 m	Bê tông phun, cm	Dày	5,0	5,0	6,0	12,0	20,0
	Neo	Khoảng cách	Neo điểm	1 neo/5,0 m ²	1 neo/4,0 m ²	1 neo/2,0 m ²	1 neo/1,0 m ²
		Dài	4,85 m				

Bảng 5. Khả năng mang tải của hệ thống kết cấu chống kho chứa ngầm (Công ty Hóa chất Hyosung VINA, Báo cáo thiết kế kỹ thuật kho chứa ngầm Cái Mép, 2019).

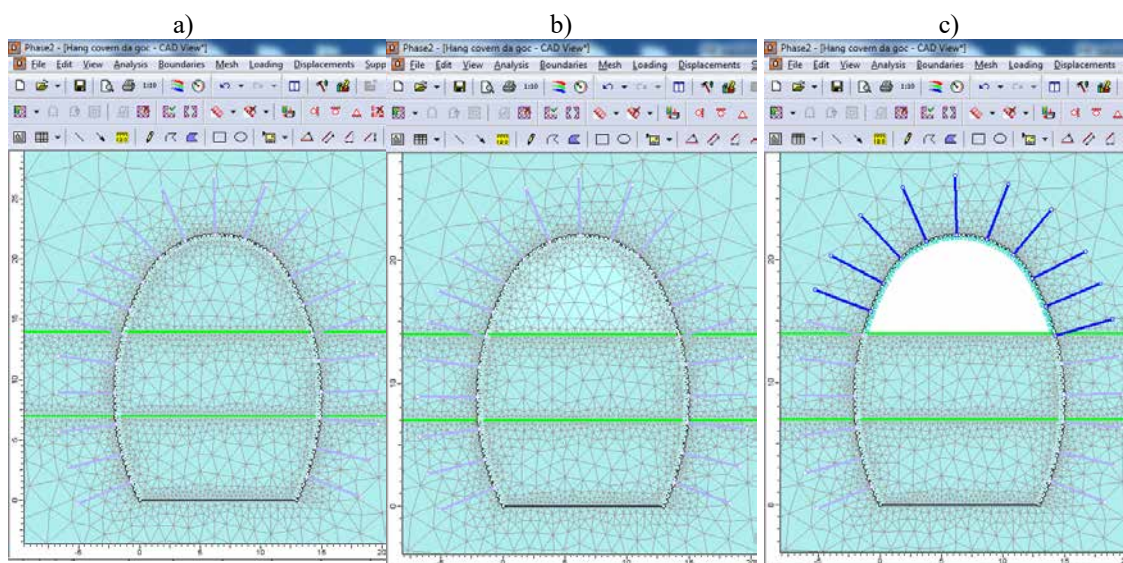
Loại hầm	Ứng suất cho phép của bê tông phun		Lực kéo cho phép của neo [kN]	Ghi chú
	Ứng suất nén [MPa]	Ứng suất kéo [MPa]		
Kho chứa ngầm	10.40	4.50	166	

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

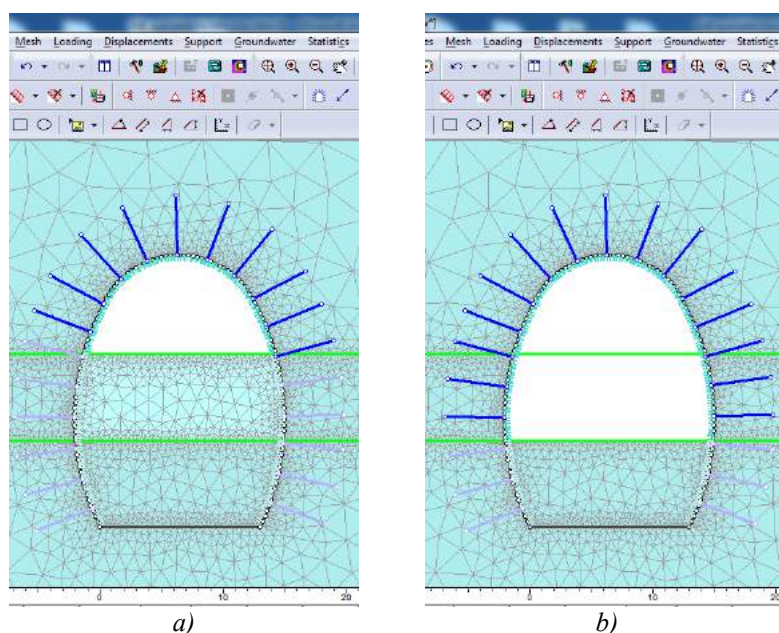
Trên cơ sở các dữ liệu đầu vào và biện pháp thi công dự kiến kho chứa ngầm, các giai đoạn tiến hành mô phỏng sự ổn định của kho chứa ngầm theo 3 giai đoạn như hình 6. Quá trình mô phỏng sử dụng phần mềm Rock Scienc-Phase 2 với các thông số đầu vào như Bảng 5. Quá trình mô phỏng được thể hiện trên các hình hình 7, hình 8 và hình 9.



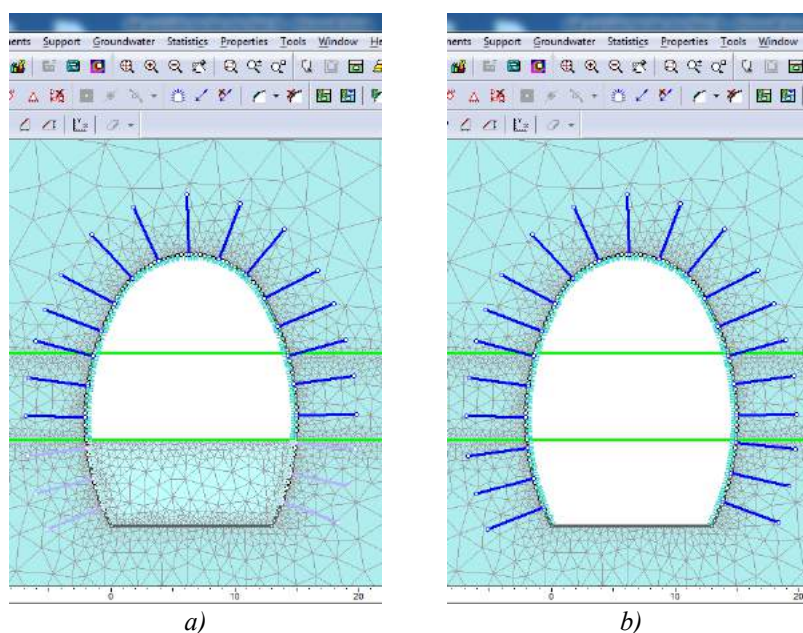
Hình 6. Các giai đoạn đào hầm chứa tương ứng với biện pháp đào chia bậc:
a - Giai đoạn 1 - đào bậc trên; b - Giai đoạn 2 - đào bậc dưới 1; c - Giai đoạn 2 - đào bậc dưới 2



Hình 7. Mô phỏng điều kiện biên và các giai đoạn đào bậc trên kho ngầm: a - Xây dựng điều kiện biên, trường ứng suất ban đầu; b - Giảm mô đun 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.

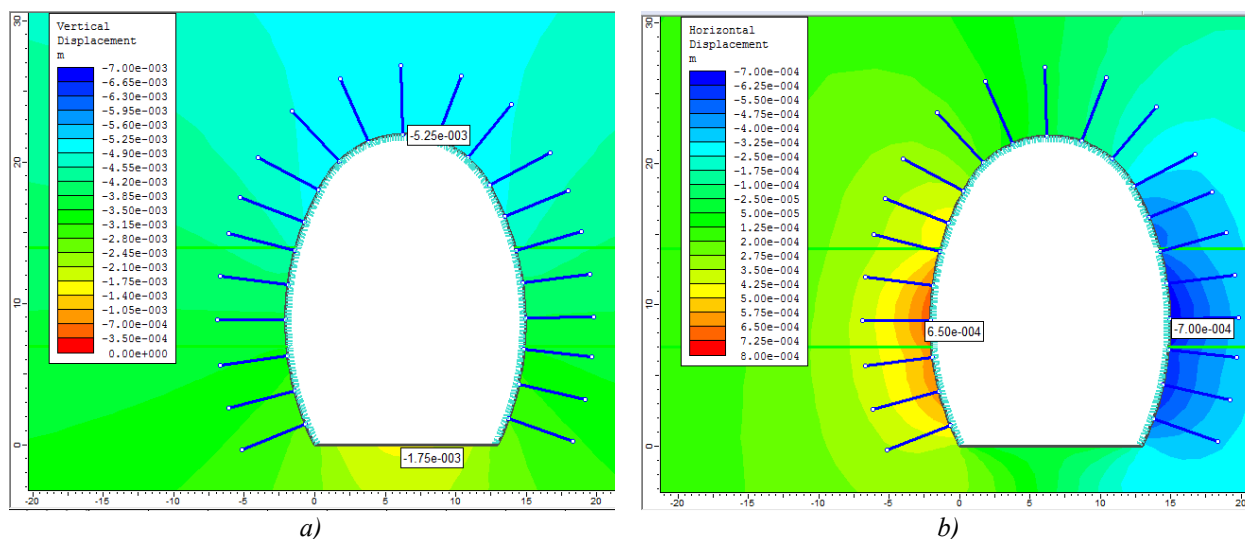


Hình 8. Mô phỏng các giai đoạn đào bậc 1: a - Bước 4; b - Bước 5.

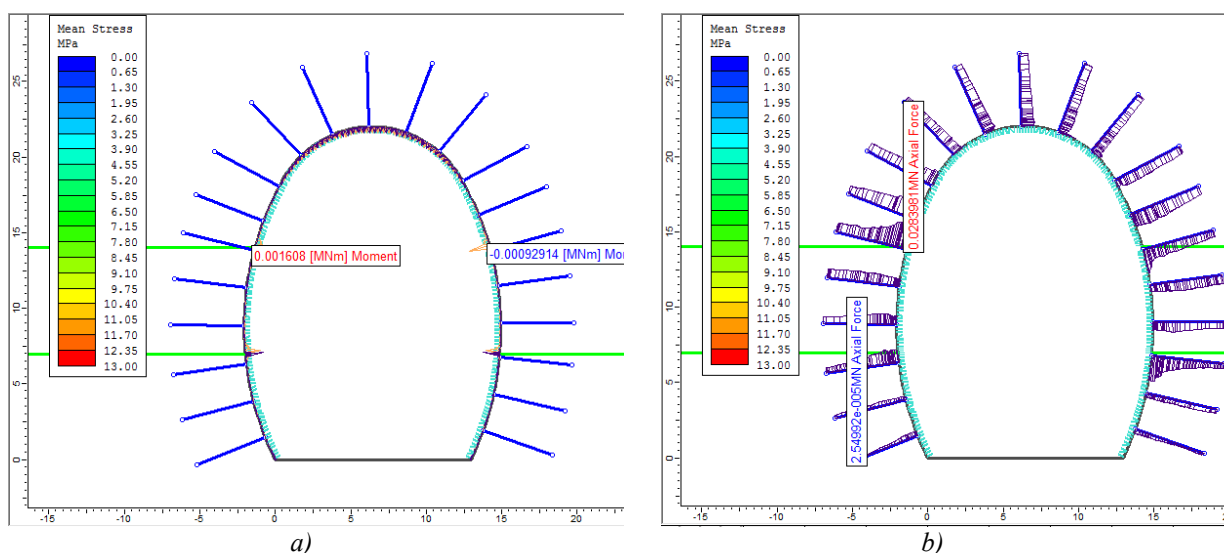


Hình 9. Các giai đoạn đào bậc 2: a - Step 6; b - Step 7.

Kết quả mô phỏng độ ổn định của gương hầm theo các bước đào được thể hiện trên các hình hình 10, hình 11. Việc so sánh kết quả giá trị ứng suất, chuyển vị trên biên hầm theo giá trị cho phép được thể hiện trên Bảng 6, Bảng 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.



Hình 10. Giá trị dịch chuyển khối đá xung quanh biên hầm
a- Dịch chuyển thẳng đứng; b- Dịch chuyển nằm ngang.



Hình 11. 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.

Bảng 6. Giá trị chuyển vị lớn nhất của đất đá xung quanh biên hầm

Kho chứa ngầm	Dịch chuyển lớn nhất tại biên hầm		Ghi chú
	Chuyển vị ngang, mm	Chuyển vị đứng, mm	
	0,7	5,25	

Bảng 7. Ứng suất trong vỏ chống bê tông phun và lực dọc của thanh neo

Kho chứa ngầm	Bê tông phun		Lực dọc lớn nhất của neo, kN	Ghi chú
	Ứng suất nén lớn nhất, MPa	Ứng suất kéo lớn nhất, MPa		
	3,84 [10,40]*	2,23 [4,50]*		

Trong đó: * - Giá trị cho phép theo Bảng 5.

4. Kết quả và thảo luận

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

- An ninh năng lượng toàn cầu trong thời gian qua đặt ra đã đặt yêu cầu quan trọng về lưu trữ nguồn cung cấp năng lượng nhằm đáp ứng cho các ngành công nghiệp và dịch vụ. Do vậy, số lượng các kho chứa khí ngầm trong đá cứng tại Việt Nam sẽ tăng lên đòi hỏi những nghiên cứu về loại hình công trình này nhiều hơn.

- Việc tính toán, thiết kế và thi công các kho chứa khí ngầm - một loại công trình ngầm tiết diện lớn, cấp đặc biệt theo TCVN thường phức tạp do ảnh hưởng của nhiều yếu tố, đặc biệt là trạng thái ứng suất khối đá trong quá trình đào chia gương. Ngoài ra, với các kho chứa khí ngầm, kết cấu chống giữ có trạng thái chịu lực khác nhau trong giai đoạn thi công, và giai đoạn sử dụng.

- Phương pháp số là công cụ hữu hiệu hiện nay cho phép mô phỏng đầy đủ các bước đào cũng như ứng xử của khối đất đá xung quanh kho chứa khí ngầm với hình dạng phức tạp thường không phải là hình tròn.

- Bằng việc sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm bản quyền Rock Scienc-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 theo kết quả mô phỏng ở trên đều nằm trong giới hạn cho phép, do vậy biên kho chứa ổn định trong giai đoạn thi công.

- Cần có những nghiên cứu nhiều hơn về phương pháp tính toán thiết kế cũng như các giải pháp thi công về loại hình công trình ngầm đặc biệt này tại Việt Nam làm cơ sở xây dựng các bộ tiêu chuẩn, quy phạm trong giai đoạn tới tại Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- Công ty cổ phần Hóa chất Hyosung VINA Chemicals Co.,Ltd, 2019. Báo cáo thiết kế kỹ thuật kho chứa ngầm Cái Mép-LPG-CV-GR-U-0002. Vũng Tàu.
- Đặng Văn Kiên, Võ Trọng Hùng, 2020. *Nghiên cứu đánh giá độ ổn định của kết cấu chống các kho ngầm chứa khí tại Vũng Tàu bằng phương pháp số*, Tạp chí công nghiệp mỏ, 6, 48-53, 2020.
- Dang Van Kien, Do Ngoc Anh, Do Ngoc Thai, 2022. Numerical Simulation of the Stability of Rock Mass around Large Underground Cavern, Civil Engineering Journal, 8, 1, 81-91, 2022.
- <https://tuoitre.vn/xuong-kho-ngam-lon-nhat-dong-nam-a-dang-xay-dung-o-viet-nam-sau-200m-so-voi-muc-nuoc-bien-20210426211243906.htm>
- <https://nangluongquocte.petrotimes.vn/kho-luu-tru-khi-dot-ngam-duoi-long-dat-la-gi-501701.html>
- <http://pvos.vn/underground-lpg-cavern/#>
- Hydrocarbon Storage in Unlined Rock Caverns: Norway's Use and Experience
- Park, E.-S., Chung, S.-K., Lee, D.-H., & Kim, T.-G., 2012. Innovative Method of LNG Storage in Underground Lined Rock Caverns. Natural Gas - Extraction to End Use. doi:10.5772/45771.
- Võ Trọng Hùng, 2013. Thiết kế quy hoạch công trình ngầm. Nhà Xuất bản khoa học công nghệ. Hà Nội.

Research on the mechanical behavior of the rock support of LNG storage in Cai Mep, Vung Tau by numerical method

Vu Tien Dung¹, Dang Van Kien^{2,*}, Joséphine DONNARD³

¹ PhD student, Hanoi University of Mining and Geology

² Hanoi University of Mining and Geology; ³ Polytech Grenoble University, France

*Corresponding author: kienxdn@gmail.com

Abstract

Geotechnical problems such as tunnel are complicated to the extent that it cannot be expected in other areas since non-uniformities of discontinuous area and pores that exist in materials and various properties of the components. The numerical analysis method has been introduced to geotechnical engineering and has contributed to analysis of plastic (yielding) conditions and non-linearity of stress strain relations of the ground. The paper presents the numerical simulation result at caverns of CaiMep project in Vung tau. Based on the technical design documents provided by the investor, the input conditions of the design model, the calculation results by RockScienc-RS2-Phase2 software (2D model) presented the mechanical behavior of the rock support of LPG Storage. The research results will be useful references for future projects under similar conditions.

Keywords: LPG Storage caverns, mechanical behavior, rock support, displacement, numerical simulation, Cai Mep.