

TRƯỜNG ĐẠI HỌC

KHOA HỌC QUỐC GIA
MĂNG LƯỢNG
KHÍ HẬU (ENCCR - 2026)



ISBN: 978-604-76-3382-1



SÁCH KHÔNG BÁN

TUYỂN TẬP HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA: CÔNG NGHỆ MĂNG LƯỢNG VÀ ỨNG PHÓ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU (ENCCR - 2026)



TUYỂN TẬP HỘI NGHỊ
CÔNG NGHỆ
VÀ ỨNG PHÓ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM



HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA

CÔNG NGHỆ NĂNG LƯỢNG VÀ ỨNG PHÓ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU (ENCCR – 2026)

Hà Nội, 6/2026

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

BAN KHOA HỌC

- 1 PGS.TS Nguyễn Thế Vinh
- 2 TS Nguyễn Tiến Hùng
- 3 PGS.TS Trần Đình Kiên
- 4 PGS.TS Triệu Hùng Trường
- 5 PGS.TS Tống Thị Thanh Hương
- 6 PGS. TS Nguyễn Văn Thịnh
- 7 PGS. TS Nguyễn Xuân Thảo
- 8 TS Lê Đức Vinh
- 9 TS Nguyễn Khắc Long
- 10 TS Nguyễn Trần Tuấn
- 11 TS Tô Hữu Toàn
- 12 TS Nguyễn Thị Hải Yến

BAN BIÊN TẬP

- 1 PGS.TS Nguyễn Thế Vinh
- 2 PGS. TS Nguyễn Văn Thịnh
- 3 PGS. TS Lê Quang Duyên
- 4 TS Nguyễn Khắc Long
- 5 TS Nguyễn Tiến Hùng
- 6 TS Tô Hữu Toàn
- 7 TS Lê Đức Vinh

MỤC LỤC

1. COP26 và tác động đến ngành dầu khí biển Việt Nam: thực trạng và định hướng “Dầu khí xanh”	1
<i>Trương Hoài Nam, Mai Văn Cảnh, Đồng Thị Minh Hà</i>	
2. Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong sàng lọc và lựa chọn phương pháp gia tăng thu hồi dầu, thử nghiệm tại mỏ Tê Giác Trắng	13
<i>Đặng Duy, Nguyễn Tiến Hùng, Nguyễn Hải An</i>	
3. Ảnh hưởng của hóa lỏng đất đến bể chứa xăng dầu và biện pháp phòng ngừa	23
<i>Đặng Quang Huy, Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn</i>	
4. Đánh giá cấu trúc bộ chuyển đổi DC/AC một pha điện mặt trời đến việc lựa chọn thông số bộ lọc sóng hài đảm bảo tiêu chuẩn kết nối	31
<i>Đỗ Đức Thành, Ngô Thanh Tuấn</i>	
5. Cơ sở kỹ thuật - kinh tế của mô hình cụm CCUS tập trung và định hướng cho Việt Nam	39
<i>Doãn Thị Trâm, Lê Quang Duyệt, Nguyễn Khắc Long, Nguyễn Văn Thành, Trần Văn Quảng</i>	
6. Investigation of seasonal correlation between land surface temperature and spectral indices: A case study in Gia Lai province	51
<i>Eaint Chit Phone, Le Mai Son, Nguyen Manh Hung</i>	
7. Assessing the influence of surface characteristics on evapotranspiration in evergreen forest ecosystems	57
<i>Le Mai Son, Nguyen Thu Ha</i>	
8. Ứng dụng mặt phản xạ mô phỏng đáy biển phục vụ dự báo địa nhiệt cho khu vực Đông Bắc bể trầm tích Nam Côn Sơn	64
<i>Lê Ngọc Ánh, Nguyễn Hải Bình, Bùi Thái Sơn, Hà Văn Thành, Vương Gia Bảo</i>	
9. Quản lý rủi ro sinh cát trong phát triển mỏ tầng Mioxen giữa, bể Cửu Long dưới góc nhìn tích hợp yếu tố địa kỹ thuật và kinh tế	71
<i>Lê Vũ Quân, Nguyễn Văn Thịnh</i>	
10. Tích hợp thuộc tính địa chấn và phân tách phổ nghiên cứu dự báo vỉa chứa địa tầng Oligocen muộn khu vực lô X bể Cửu Long	80
<i>Nguyễn Duy Mười, Lê Ngọc Ánh, Nguyễn Thị Minh Hồng, Bùi Thị Ngân, Nguyễn Thị Thu Hằng</i>	
11. Ảnh hưởng các yếu tố tới sự phát triển chiều cao khe nứt đối với giếng X tầng Oligocene trong quá trình nứt vỉa thủy lực	87
<i>Nguyễn Hữu Trường</i>	
12. Thực trạng và thách thức khi triển khai lưu giữ CO₂ trong thành hệ địa chất tại Việt Nam	97
<i>Nguyễn Khắc Long, Trương Văn Từ, Nguyễn Văn Thành, Doãn Thị Trâm, Phạm Hồng Sơn, Đỗ Minh Cường</i>	
13. Hydrogen trắng (hydrogen tự nhiên): Cơ chế hình thành, tiềm năng và định hướng nghiên cứu cho Việt Nam	108
<i>Nguyễn Thế Vinh, Lê Quang Duyệt, Nguyễn Hải An</i>	

14. Đánh giá tác động của hệ thống pin lưu trữ năng lượng BESS đến lưới điện trong xí nghiệp công nghiệp kết hợp điện mặt trời áp mái	122
<i>Nguyễn Thị Bích Hậu, Đỗ Đức Thành</i>	
15. Giải pháp lưu trữ năng lượng tích hợp trong ngành dầu khí: lưu trữ CO₂, hydro và khí nén trong các mỏ dầu khí cạn kiệt	130
<i>Nguyễn Thị Hải Yến</i>	
16. Đặc điểm địa chất - địa tầng lô X, bể Nam Côn Sơn- ý nghĩa đối với tích tụ dầu khí	136
<i>Nguyễn Thị Minh Hồng</i>	
17. Results of determination of radon concentration and radiation dose caused by radon in the Sin Quyen copper mine area, Lao Cai	143
<i>Nguyen Thi Thu Trang, Nguyen Van Dung, Dao Dinh Thuan</i>	
18. Cải tiến hệ axit sét và quy trình bơm giúp gia tăng sản lượng mỏ Đại Hùng, lô 05-1(a)	150
<i>Nguyễn Thiện Bảo, Nguyễn Xuân Ninh, Lê Đức Tuệ, Trương Tuấn Anh, Lê Trung Tâm, Phạm Đức Thành, Trương Lê Hiếu Nghĩa, Nguyễn Quốc Dũng, Chu Văn Lương, Hoàng Văn Minh, Trần Anh Khoa, Nguyễn Văn Trung</i>	
19. Tổng quan về phương pháp nghiên cứu và quy trình xây dựng mô hình hệ thống dầu khí	162
<i>Nguyễn Thị Minh Hồng, Lê Ngọc Ánh, Nguyễn Duy Mười, Bùi Thị Ngân, Nguyễn Thị Thu Hằng, Đỗ Minh Cường</i>	
20. Tổng quan các giải pháp nâng cao hiệu quả công tác nứt vỉa thủy lực	170
<i>Nguyễn Tiến Hùng, Vũ Hồng Dương</i>	
21. Nghiên cứu lựa chọn chèo khoan hợp lý cho công đoạn 14½” × 16½” giếng khoan thăm dò dầu khí TTN-2X	180
<i>Nguyễn Trần Tuấn</i>	
22. Mô phỏng và tối ưu hoá chế độ làm việc Gaslift cho giếng khoan ngang dưới ảnh hưởng của dòng chảy không ổn định	188
<i>Nguyễn Văn Đô, Lê Vũ Quân</i>	
23. Results of a survey on environmental radioactivity in the Sin Quyen copper mine area, Lao Cai province	194
<i>Nguyen Van Dung, Nguyen Thi Thu Trang, Nguyen Do Hương Giang</i>	
24. Đánh giá hiệu quả công nghệ Downhole Vibration - RatPACK™ trong xử lý sự cố kẹt các giếng khoan dầu khí có độ nghiêng lớn	201
<i>Nguyễn Văn Thành, Tô Hữu Toàn, Nguyễn Khắc Long, Doãn Thị Trâm, Lê Quang Duyên, Lê Văn Nam</i>	
25. Ứng dụng mô hình Random Forest dự báo sản lượng dầu tại các vị trí khoan tiềm năng	209
<i>Trịnh Việt Thắng, Lê Thế Hùng, Nguyễn Văn Đô</i>	
26. Tái sử dụng công trình dầu khí ngoài khơi ngừng hoạt động cho mục tiêu quan trắc, an ninh và phát triển bền vững biển Việt Nam	217
<i>Trương Hoài Nam, Đồng Thị Minh Hà</i>	
27. Kỹ nguyên trí tuệ nhân tạo trong công nghiệp dầu khí: Định hướng công nghệ và lộ trình chiến lược cho hoạt động thăm dò khai thác tại Việt Nam	227
<i>Trương Quốc Lâm, Nguyễn Hải An</i>	

- 28. Ứng dụng công nghệ Hiway trong nút vĩa thủy lực để gia tăng khả năng dẫn dòng và tối ưu hiệu quả khai thác** 237
Trương Văn Tì, Nguyễn Tiến Hùng, Nguyễn Khắc Long
- 29. Ảnh hưởng của vật liệu gia cố thành giếng đến tính toàn vẹn vành đá xi măng tại vĩa suy giảm áp suất: thực trạng, giải pháp và định hướng nghiên cứu** 244
Vũ Mạnh Hào, Đinh Đức Huy, Lê Vũ Quân, Nguyễn Văn Đô

Ảnh hưởng của hóa lỏng đất đến bể chứa xăng dầu và biện pháp phòng ngừa

Đặng Quang Huy^{1,2*}, Phạm Văn Hùng^{1,2}, Vũ Minh Ngạn^{1,2}

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

² Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Hóa lỏng đất là thảm họa thiên nhiên thường xảy ra trong đất rời bão hòa nước, khi đó áp lực nước lỗ rỗng tăng cao, áp lực hữu hiệu giảm đi đột ngột khiến đất mất khả năng chịu lực, nền đất chuyển sang trạng thái gần như chất lỏng. Hiện tượng này gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sự ổn định và an toàn của các công trình xây dựng nói chung và bồn chứa xăng dầu nói riêng. Khi nền đất bị hóa lỏng, bồn chứa có thể xảy ra các hiện tượng như lún không đều, nghiêng, trượt ngang hoặc đẩy nổi. Ngoài ra, chuyển vị nền đất còn làm phá hoại hệ thống đường ống kết nối, gây rò rỉ nhiên liệu, cháy nổ và ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Bài báo này tổng hợp một số hư hại điển hình của các bồn chứa năng lượng do hóa lỏng đất trên thế giới, đồng thời cũng đưa ra phương án phổ biến để cải tạo đất nền, nâng cao khả năng kháng hóa lỏng khu vực bể chứa.

Từ khóa: Hóa lỏng đất; Bồn chứa dầu; Kháng hóa lỏng; Đầm chặt đất.

1. Đặt vấn đề

Bồn chứa xăng dầu là công trình dùng để lưu trữ các sản phẩm dầu mỏ như xăng, dầu diesel, dầu thô hoặc các loại nhiên liệu lỏng khác trước khi phân phối và sử dụng. Các bồn chứa này thường được chế tạo bằng thép, có dạng hình trụ với kích thước rất lớn và được xây dựng tại các kho cảng xăng dầu, nhà máy lọc hóa dầu hoặc khu công nghiệp. Tùy theo mục đích sử dụng, bồn chứa có thể được đặt nổi trên mặt đất hoặc chôn ngầm dưới đất. Ở Việt Nam hiện nay có rất nhiều hệ thống bồn chứa dầu quy mô lớn phục vụ cho hoạt động năng lượng và công nghiệp, tập trung tại các kho xăng dầu của Petrolimex, PV Oil, cũng như tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất và Nhà máy Lọc hóa dầu Nghi Sơn. Trong bối cảnh thị trường năng lượng thế giới biến động mạnh do các yếu tố địa chính trị, các nhà máy lọc dầu và các tập đoàn năng lượng tại nước ta đang mở rộng quy mô lưu trữ, bổ sung bể chứa với số lượng lớn.



Hình 1. Khu vực bể chứa dầu thô nhà máy Lọc dầu Dung Quất. (<https://thanhtra.com.vn>).

* Tác giả liên hệ

Email: dangquanghuy@humg.edu.vn

Hóa lỏng đất là một hiện tượng địa kỹ thuật xảy ra khi đất rời bão hòa nước chịu tác động rung động mạnh, đặc biệt thường xảy ra trong các trận động đất. Dưới tác dụng của tải trọng động, áp lực nước lỗ rỗng trong đất tăng lên nhanh chóng đồng thời làm giảm áp lực hữu hiệu giữa các hạt đất, khiến đất mất khả năng chịu cắt và ứng xử giống như chất lỏng. Hóa lỏng đất thường xảy ra ở các lớp địa chất là cát rời, cát pha hoặc bùn cát có mực nước ngầm cao. Khi hóa lỏng xảy ra, nền đất có thể bị lún, nứt, phun cát và nước lên bề mặt hoặc gây mất ổn định cho khu vực xung quanh. Hóa lỏng đất là một trong những nguyên nhân gây thiệt hại nghiêm trọng cho công trình và cơ sở hạ tầng của con người trong các trận động đất lớn, được kiểm chứng qua các thảm họa động đất như tại Niigata (1964), Kobe (1995), hay Kocaeli, Thổ Nhĩ Kỳ năm 1999 (Chung, 1996; Hamada và nnk., 1999; Erdik, 2000).

Trong các trận động đất, bồn chứa xăng dầu là một trong những công trình thường xuyên nhận được sự chú ý của các nhà khoa học do chúng rất nhạy cảm với hiện tượng này. Khi nền đất bị hóa lỏng, bồn chứa có thể bị lún, nghiêng, biến dạng đáy hoặc phá hủy hệ thống đường ống, gây nguy cơ rò rỉ nhiên liệu và cháy nổ nghiêm trọng. Việc nghiên cứu, đánh giá ảnh hưởng của hóa lỏng đất đến bồn chứa xăng dầu có ý nghĩa rất lớn trong thiết kế và bảo đảm an toàn cho các công trình dầu khí. Các biện pháp cải tạo nền đất kháng hóa lỏng do vậy cũng được đầu tư nghiên cứu và được ứng dụng nhiều trong thực tiễn. Trong bài báo này, nhóm tác giả giới thiệu các hư hỏng điển hình của bể chứa xăng dầu do hóa lỏng đất và phương pháp đầm chặt đất, phương pháp phổ biến nhất thường được sử dụng nâng cao khả năng kháng hóa lỏng đất nền khu vực có bể chứa xăng dầu.

2. Ảnh hưởng của hóa lỏng đất đến bồn chứa xăng dầu

Ảnh hưởng của hóa lỏng đất được các nhà khoa học chú ý từ những năm 1920, tuy nhiên phải đến trận động đất tại Niigata năm 1964, hóa lỏng đất mới thực sự gây ra sự phá hủy trên diện rộng và nặng nề, đòi hỏi sự nghiên cứu toàn diện của các nhà khoa học. Từ đó đến nay, nhiều hư hỏng của bể chứa xăng dầu do nguyên nhân hóa lỏng đất đã được ghi nhận nghiên cứu.

2.1. Hóa lỏng đất tại Niigata năm 1964

Sự phá hủy một số bể chứa dầu do hiện tượng hóa lỏng trên diện rộng trong trận động đất Niigata năm 1964 có lẽ là trường hợp đầu tiên thuộc loại này được biết đến trong lĩnh vực địa kỹ thuật. Theo báo cáo của Watanabe (1966), chín bể chứa sản phẩm dầu mỏ cao 10,7 m và đường kính 25,2 m với dung tích 5.000 m³ đã bị hư hại đáng kể, với độ lún tối đa là 50 cm. Những bể chứa dầu này được xây dựng trên nền cát tơi xốp dày khoảng 8m từ bề mặt và có giá trị N từ 5 đến 10 trong thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT. Ngược lại, hai bể chứa có dung tích 20.000 m³ với kích thước cao 13,76 m và đường kính 44,58 m chỉ bị hư hại nhẹ, nguyên nhân được giải thích là do lớp cát nằm dưới các bể chứa này đã được nén chặt bằng kỹ thuật đầm rung đến độ sâu 7 m (Watanabe, 1966).

2.2. Vịnh Prince William, Alaska (1964)

Trận động đất lớn ở Vịnh Prince William, Alaska năm 1964 đã bộc lộ một số điểm yếu của các bể chứa chất lỏng (Rinne, 1967). Cho đến năm đó, các bể chứa hầu như chưa từng bị hư hỏng lớn do hóa lỏng và động đất. Mặc dù hầu hết thiệt hại đối với các bể chứa là do nguyên nhân trực tiếp từ chấn động của nền đất, tuy nhiên một số ít bể chứa còn bị ảnh hưởng bởi sự sụt lún đất, sạt lở đất do hóa lỏng hoặc sóng thần.

Các hư hỏng của bể chứa trong trận động đất ở Vịnh Prince William được phân loại như sau:

- Hư hỏng uốn cong vòm vỏ gần đáy bể;
- Hư hỏng uốn cong vòm mái hình nón và gần đỉnh vỏ bể;
- Hư hỏng các đường ống nổi;

Hư hỏng uốn cong vòm vỏ gần đáy bể là một loại hư hỏng thường gặp trong các bể chứa. Trong một số trường hợp, hiện tượng uốn cong vòm vỏ đáy bể có thể dẫn đến sự sụp đổ của bể, khi đó, ở chân bể phình ra giống như hình dạng chân voi. Các tấm đế không được neo xung quanh đáy bể bị đẩy chồi lên khoảng 5 cm.

Ở một số bể chứa mái hình nón, vị trí mối nối giữa mái và vỏ có hiện tượng cong vênh và rách ở mối nối mái vỏ, kèm theo đó là các vỏ bị cong vênh bên dưới mối nối. Điểm yếu tại mối nối vỏ và mái là chủ yếu thiết kế bể chứa để đảm bảo sự hư hỏng và giải phóng áp suất quá lớn bên trong trong trường hợp hỏa hoạn. Tuy nhiên, trong trường hợp này, sự xô đẩy do chấn động của chất lỏng chứa bên trong bể đã tạo áp suất lớn tác động lên vỏ và mặt dưới của mái làm chúng bị biến dạng và rách ngay cả khi hỏa hoạn không xảy ra.

Hư hỏng các đường ống nổi xảy ra do các đường ống nổi không thể biến dạng theo bất kỳ hướng nào khi gặp chấn động. Rinne (1967) đã ghi nhận một đường ống nổi bị vỡ tại vòi phun của bể, làm tràn dầu chứa bên trong dẫn đến một vụ hỏa hoạn lớn. Trong các trường hợp khác bể không được neo, cấu trúc bể bị dịch chuyển đến khoảng 1,5 m làm hỏng mối nối cách vỏ một đoạn ngắn. Tuy nhiên, may mắn trong các trường hợp này là các van thép tại vòi phun của vỏ đã được đóng lại, ngăn chặn sự tràn đổ của chất lỏng bên trong ra bên ngoài. Như vậy, có thể thấy trong trận động đất này, các hư hỏng xảy đến chủ yếu do chấn

động của động đất, một số ít hư hỏng xảy ra do sự hóa lỏng đất làm dịch chuyển các cấu trúc dẫn đến vỡ đường ống kết nối (Rinne, 1967).

2.3. Kobe, Nhật Bản (1995)

Kobe là khu vực tập trung rất nhiều kho chứa dầu, mặc dù trận động đất năm 1995 xảy ra với cường độ khá mạnh (gia tốc cực đại đạt đến 0,91 g) tuy nhiên, ngay cả tại khu vực bị ảnh hưởng nặng nề nhất bởi trận động đất, hầu hết các kho chứa xăng dầu đều hoạt động tốt, không bị hư hại đáng kể. Tại khu vực cảng, nơi ảnh hưởng nặng nề nhất bởi hiện tượng hóa lỏng đất cũng không có sự cố nghiêm trọng nào được ghi nhận nhờ vào việc sử dụng móng cọc bên dưới các kho chứa (Sitar, 1995). Chỉ tại một số bể chứa sử dụng móng bè mới xảy ra hiện tượng lún không đều tại đáy bể làm nghiêng một số kho chứa, từ đó dẫn đến sự hư hỏng của các đường ống nối cứng bên dưới bể chứa (Sitar, 1995).



Hình 2. Khu phức hợp Hanshin Silos (Christovasilis, 2006).

Tại khu vực nhà ga LNG Senboku và Himeji, nằm cách Kobe hơn 20 dặm các bể chứa dầu hầu như không bị hư hại gì (Chung, 1996). Tại ba trạm phân phối khí đốt nằm dọc theo khu vực vịnh Osaka cũng không có thiệt hại nào được ghi nhận, mặc dù nơi đây rất gần tâm chấn động đất với gia tốc cực đại trong khoảng từ 0,80 đến 0,85g. Tại khu phức hợp Hanshin Silos (Hình 2), một số silo bị hư hại cấu trúc nghiêm trọng với các bộ phận vỏ bị cong vênh hoặc đứt gãy; một silo bị sập và làm hư hại các cấu trúc cầu cảng và cần cầu liên kề.



Hình 3. Bể chứa bị nghiêng tại khu phức hợp Nippon Gatsui (Christovasilis, 2006).



Hình 4. Bể chứa bị nghiêng tại kho chứa dầu Karumojima do sự trượt ngang của mặt đất bị hóa lỏng (Christovasilis, 2006).

Tại cảng Nagata, nằm ở khu vực phía tây Kobe, hiện tượng hóa lỏng đất xảy ra rất nghiêm trọng. Khu vực này ước tính đã chịu gia tốc động đất cực đại từ 0,50 đến 0,70 g. Tại khu phức hợp Nippon Gatlax, không có bể chứa nào được đặt trên hệ móng cọc và do vậy một số bể đã bị nghiêng do hóa lỏng đất (Hình 3). Tại kho chứa dầu Karumojima cách đó không xa, các hư hỏng tương tự cũng được ghi nhận khi một số bể chứa bị nghiêng do sự trượt ngang của mặt đất bị hóa lỏng (Hình 4).

2.4. Kocaeli, Thổ Nhĩ Kỳ (1999)

Vùng tâm chấn của trận động đất Kocaeli là khu vực công nghiệp hóa nhất của Thổ Nhĩ Kỳ, bao gồm các cơ sở như nhà máy lọc dầu hóa dầu và nhà máy chế tạo thép. Nhà máy lọc dầu Tupras, chiếm khoảng 1/3 sản lượng dầu của Thổ Nhĩ Kỳ, chịu thiệt hại nặng nề nhất trong khu vực. Nhà máy này được xây dựng vào năm 1961, bao gồm 112 bể chứa các sản phẩm khác nhau như naphtha, xăng và dầu hỏa với khoảng 40 trong số đó là các bể chứa thẳng đứng truyền thống. Sáu bể chứa hình trụ có mái nổi đã bị cháy sau trận động đất. Ngọn lửa bắt đầu từ tia lửa phát sinh do sự rung lắc của mái nổi ở một bể rồi lan sang các bể kế bên gây ra vụ cháy trong ba ngày (Hình 5) (Erdik, 2000). Nhìn chung, tất cả 46 bể chứa hình trụ có mái nổi đều bị hư hại trong khi các bể hình cầu hầu như không bị ảnh hưởng gì, trong khi chỉ có một bể chứa nước bị biến dạng hình chân voi (Hamada và nnk., 1999). Một số bể chứa bị dịch chuyển do hóa lỏng đất tuy nhiên thiệt hại không đáng kể.



Hình 5. Bể chứa bị phá hủy tại khu vực nhà máy lọc dầu Tupras (Erdik, 2000).

2.5. Thảm họa sóng thần ở Tohoku, Nhật Bản (2011)

Trận động đất ngoài khơi Thái Bình Dương vùng Tohoku năm 2011 (Mw9.0) xảy ra vào ngày 11 tháng 3 ở phía đông bắc Nhật Bản, kèm theo sóng thần lớn gây thiệt hại nghiêm trọng cho khu vực bờ biển Thái Bình Dương của Tohoku. Sóng thần và chấn động cũng gây ra thiệt hại chủ yếu cho các bể chứa dầu và các cơ sở chứa vật liệu nguy hiểm khác trong khu phức hợp công nghiệp hóa dầu, như hóa hoạn và rò rỉ dầu từ các bể chứa dầu và đường ống. Hóa lỏng đất không phải là nguyên nhân trực tiếp gây ra hư hỏng, nhưng hiện tượng này khiến nền đất bị trượt ngang, sụt lún từ đó làm biến dạng, ảnh hưởng tới các bể chứa (Zama và nnk., 2012).

Tại thành phố Iwaki dọc bờ biển Thái Bình Dương đã ghi nhận các thiệt hại do hiện tượng hóa lỏng đất gây ra bởi các trận động đất mạnh như thể hiện trong Hình 6. Đây là khu vực bể chứa do Viện Nghiên cứu Cảng và Sân bay Iwaki vận hành, đã chịu gia tốc đỉnh mặt đất (PGA) lên tới 1533,8 cm/s² tương ứng khoảng 1,5g trong trận động đất. Hình 6 cho thấy bể chứa dầu bị lún xuống do hiện tượng hóa lỏng đất xung quanh móng. Van của bể tiếp xúc nhẹ với mặt đất, do đó lớp nhựa đường bao quanh đã được loại bỏ để tránh hư hỏng phần cổ vòi phun trong trường hợp lún thêm do động đất trong tương lai. Hơn nữa, phần giữa của tấm đáy bị nâng lên tương đối khoảng 50 cm do sự dịch chuyển ngang của đất xung quanh bể và khu vực hàn của tấm đáy bị nứt và dầu bắt đầu bị rò rỉ.



Hình 6. Bể chứa tại Iwaki bị lún do hiện tượng hóa lỏng đất xung quanh móng (Zama và nnk., 2012).

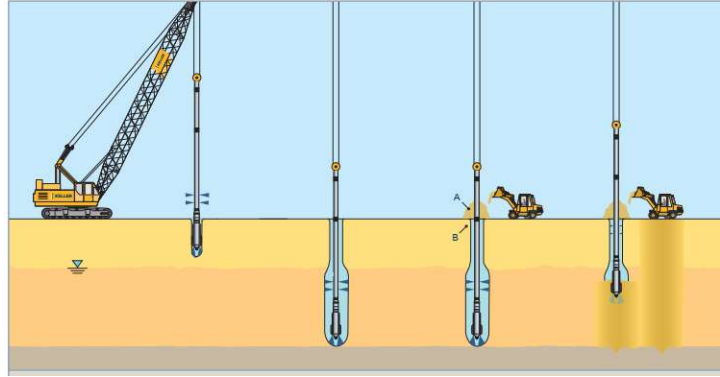
3. Phương pháp đầm chặt đất để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng đất tại khu vực bể chứa xăng dầu

Trong rất nhiều phương pháp nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất nói chung, phương pháp đầm chặt đất là một trong những giải pháp cải tạo nền được sử dụng phổ biến nhất, đơn giản nhưng mang lại hiệu quả cao nhất. Phương pháp này chủ yếu áp dụng cho các loại đất rời như cát hoặc cát pha ở trạng thái bão hòa nước, là những loại đất có nguy cơ hóa lỏng cao. Nguyên lý của phương pháp đầm chặt là làm tăng độ chặt tương đối của đất, giảm hệ số rỗng và tăng mức độ liên kết giữa các hạt đất. Khi nền đất được đầm chặt, cấu trúc đất trở nên ổn định hơn, khả năng chống biến dạng tăng lên và áp lực nước lỗ rỗng phát sinh trong quá trình động đất hoặc gia tải tĩnh sẽ giảm đáng kể. Nhờ đó, nguy cơ xảy ra hiện tượng hóa lỏng đất được hạn chế hiệu quả.

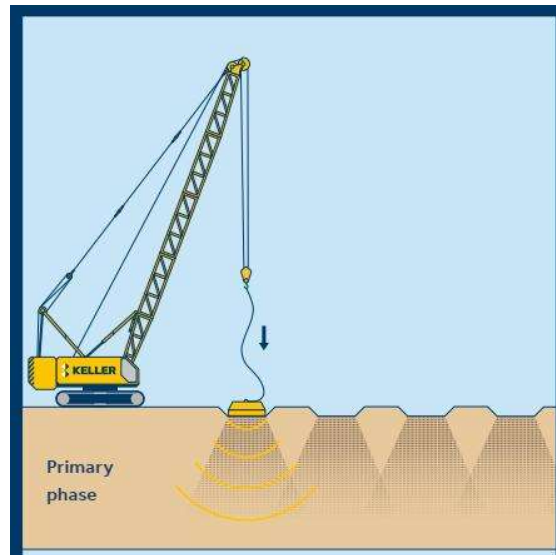
Trong điều kiện động đất, các hạt đất trong lớp cát rời có xu hướng sắp xếp lại dưới tác động của rung động. Đối với nền đất có trạng thái rời và bão hòa nước, quá trình này làm cho áp lực nước lỗ rỗng tăng nhanh, trong khi ứng suất hữu hiệu của đất giảm mạnh. Khi ứng suất hữu hiệu giảm gần bằng không, đất sẽ mất khả năng chịu lực và chuyển sang trạng thái giống như chất lỏng. Việc đầm chặt nền đất trước khi xây dựng công trình giúp làm giảm khoảng trống giữa các hạt đất, tăng ma sát nội và hạn chế xu hướng tái sắp xếp của các hạt đất khi có rung động, từ đó làm tăng sức kháng hóa lỏng của nền.

Hiện nay có nhiều kỹ thuật đầm chặt khác nhau được áp dụng tùy theo điều kiện địa chất và quy mô công trình. Một trong những phương pháp phổ biến là đầm rung sâu (vibro compaction) (Hình 7), trong đó

thiết bị rung được đưa xuống nền đất để tạo dao động mạnh, giúp các hạt cát dịch chuyển và sắp xếp lại theo trạng thái chặt hơn. Phương pháp này đặc biệt hiệu quả đối với nền cát rời ở độ sâu lớn. Ngoài ra, phương pháp đầm động lực (dynamic compaction) (Hình 8) cũng được sử dụng rộng rãi bằng cách thả quả nặng có khối lượng lớn từ độ cao nhất định xuống mặt đất nhằm tạo ra sóng xung kích làm chặt nền đất. Đối với các lớp đất nông, đầm rung bề mặt hoặc lu rung có thể được áp dụng để tăng độ chặt cho lớp đất phía trên.



Hình 7. Phương pháp đầm rung sâu (<https://www.kellerasean.com/>).

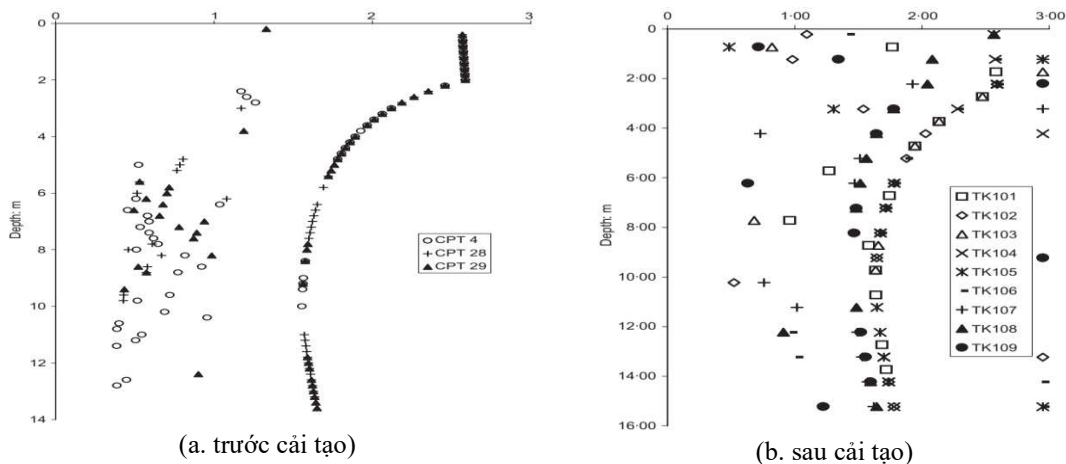


Hình 8. Phương pháp đầm động lực (<https://www.kellerasean.com/>).

Phương pháp đầm chặt đất mang lại nhiều ưu điểm như thi công tương đối nhanh, hiệu quả cải thiện nền cao và có thể xử lý trên diện tích lớn. Sau khi xử lý, nền đất không chỉ tăng khả năng chống hóa lỏng mà còn cải thiện sức chịu tải, giảm độ lún và tăng độ ổn định tổng thể của công trình. Tuy nhiên, hiệu quả của phương pháp phụ thuộc nhiều vào loại đất và điều kiện địa chất. Phương pháp này thường đạt hiệu quả cao đối với đất cát sạch hoặc cát pha ít hạt mịn, nhưng kém hiệu quả đối với đất sét hoặc đất có hàm lượng hạt mịn lớn.

Trong thực tế xây dựng, phương pháp đầm chặt đất được ứng dụng rộng rãi cho các công trình quan trọng như bồn chứa xăng dầu, cảng biển, sân bay, đê chắn sóng và các công trình công nghiệp nằm trong khu vực có nguy cơ động đất. Đối với bồn chứa xăng dầu, việc tăng khả năng kháng hóa lỏng của nền bằng phương pháp đầm chặt có ý nghĩa đặc biệt quan trọng nhằm hạn chế hiện tượng lún lệch, nghiêng bồn, phá hoại đáy bồn hoặc đứt gãy hệ thống đường ống trong quá trình động đất.

Trong một nghiên cứu đánh giá khả năng giảm thiểu nguy cơ hóa lỏng đất của các bể chứa dầu tại Neka, tỉnh Mazandaran, Iran, Majdi và nnk đã thấy rằng phương pháp đầm nén động đã giúp giảm thiểu thành công nguy cơ hóa lỏng đất đối với chín bể chứa dầu và các công trình khác tại dự án CROS. Sau quá trình đầm nén động lực, hệ số an toàn kháng hóa lỏng tại nền khu vực chứa bể chứa dầu tăng lên rõ rệt. Hầu như các kết quả thí nghiệm đều cho thấy hệ số an toàn lớn hơn 1 (Hình 9). Phương pháp này cũng cho thấy hiệu quả về mặt kinh tế và thời gian thi công so với các phương pháp khác (Bảng 1).



Hình 9. Hệ số an toàn hóa lỏng tại các bể chứa dự án CROS, Iran trước và sau khi cải tạo (Majdi và nnk., 2007).

Bảng 1. So sánh lợi ích giữa phương pháp đầm động lực và phương pháp cọc bê tông tại dự án CROS (Majdi và nnk., 2007).

Phương Pháp	Thời gian thi công (tháng)	Chi phí (triệu USD)	Lợi ích của phương pháp đầm động lực so với cọc bê tông	
			Thời gian	Chi Phí
Cọc bê tông	10	1,3	40%	38%
Đầm động lực	4	0,5		

Trong thực tế, đã có nhiều bể chứa dầu tránh được hư hỏng trong khi nền đất xung quanh bị hóa lỏng bởi nền bể chứa dầu đã được đầm chặt trong quá trình thi công. Vào thời điểm xảy ra trận động đất Miyagiken-oki ngày 12 tháng 6 năm 1978, các dấu hiệu hóa lỏng trên diện rộng đã được quan sát thấy trong lớp cát ở khu vực cảng cá Ishinomaki (Kenji và nnk., 1980). Tuy nhiên, ba bể chứa dầu được xây dựng trên lớp cát dày đặc được ổn định bằng kỹ thuật đầm nén chặt không bị hư hại gì mặc dù hiện tượng hóa lỏng đất đã xảy ra ở khu vực rộng lớn xung quanh bãi chứa dầu. Tại trận động đất ở Kobe năm 1995, mặc dù hóa lỏng đất xảy ra trên diện rộng, gây ra hậu quả rất nghiêm trọng cho các công trình hạ tầng cơ sở của con người, trong đó có một số bể chứa dầu tuy nhiên phần lớn các bể chứa dầu còn lại trong khu vực đã được xây dựng trên nền cát đầm chặt vẫn hoạt động tốt sau thảm họa.

4. Kết luận

Hóa lỏng đất là một trong những nguyên nhân chính gây ra hư hỏng nghiêm trọng cho các công trình của con người, đặc biệt là bể chứa xăng dầu, loại công trình quan trọng và rất nhạy cảm với hóa lỏng đất. Khi thảm họa này xảy ra, bể chứa có thể bị lún không đều, nghiêng, trượt ngang, dầy nổi hoặc hư hỏng, đứt gãy các hệ thống ống dẫn đến rò rỉ, cháy nổ. Để giảm thiểu nguy cơ này, có nhiều phương pháp đã được nghiên cứu và ứng dụng, trong đó, phương pháp đầm chặt đất là phương pháp phổ biến nhất do tính đơn giản, tiết kiệm cả về chi phí và thời gian thi công. Hiệu quả của phương pháp đầm chặt đất cũng được kiểm nghiệm tại nhiều khu vực xây dựng bể chứa trong thực tế.

Tài liệu tham khảo

- Christovasilis Ioannis P., (2006). *Seismic analysis of liquefied natural gas tanks*, Thesis of masters, University of New York at Buffalo.
- Chung, R., Editor, (1996). "The January 17, 1995 Hyogoken-Nanbu (Kobe) Earthquake", *NIST Special Publication 901, United States Department of Commerce Technology Administration, National Institute of Standards and Technology*, 538 pages.
- Cơ quan ngôn luận của thanh tra chính phủ và ngành thanh tra, (2026). <https://thanhtra.com.vn>
- Erdik, M., (2000). "Report on 1999 Kocaeli and Duzce Earthquakes", *Report No. 2000-12, Bogazici University, Department of Earthquake Engineering*, Istanbul, 38 pages.
- Hamada, M., Tohma, J. and Aydan, O., (1999). "The 1999 Kocaeli Earthquake, Investigation into Damage to Civil Engineering Structures", *Earthquake Engineering Committee, Japan Society of Civil Engineers*.
- Ishihara Kenji, Yasuhiro Kawase, and Miharuru Nakajima, (1980). Liquefaction characteristics of sand deposits at an oil tank site during the 1978 Miyagiken-oki earthquake. *Soils and Foundations Vol. 20, No. 2*.

- Kellerasean, (2026). <https://www.kellerasean.com/expertise/techniques/vibro-compaction>
- Kellerasean, (2026). <https://www.kellerasean.com/sites/keller-asean/files/2019-10/Brochure-asean-vibro.pdf>
- Majdi, A; Sharifi Soltani, A. and Litkouhi, S., (2007). Mitigation of liquefaction hazard by dynamic compaction, *Ground Improvement* 11, No. 3, 1-143
- Rinne, J. E., (1967). "The Prince William Sound, Alaska, Earthquake of 1964, and Aftershocks", *Vol. II, Part A, U.S. Coast and Geodetic Survey*, pp. 245-252.
- Sitar, N., Editor, (1995). "Geotechnical Reconnaissance of the Effects of the January 17, 1995, Hyogoken-Nambu Earthquake, Japan", *UCB/EERC-95/01, Earthquake Engineering Research Center*, University of California, Berkeley, 151 pages.
- Watanabe, T., (1966). "Damage to oil refinery plants and a building on compacted ground by the Niigata earthquake and their restoration," *Soils and Foundations*, Vol.6, No. 2, pp. 86-99.
- Zama S., Nishi H., Hatayama K., Yamada M., Yoshihara H. & Ogawa Y., (2012). *On Damage of Oil Storage Tanks due to the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (Mw9.0), Japan*. WCEE 2012.

ABSTRACT

The impact of soil liquefaction on fuel storage tanks and mitigation techniques

Dang Quang Huy^{1,2}, Pham Van Hung^{1,2}, Vu Minh Ngan^{1,2}

¹ Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

² Geotechnical Engineering, Construction Materials and Sustainability

Soil liquefaction is a geotechnical phenomenon that commonly occurs in loose, water-saturated soils subjected to dynamic loading, particularly during earthquakes. The phenomenon is characterized by a rapid increase in excess pore water pressure accompanied by a significant reduction in effective stress, causing the soil to lose its shear strength and load-bearing capacity and behave similarly to a fluid. Soil liquefaction poses a severe threat to the stability and safety of civil engineering structures in general, and fuel storage tanks in particular. Under liquefaction conditions, storage tanks may experience excessive settlement, differential settlement, tilting, lateral spreading, and uplift due to buoyancy effects. In addition, ground deformation associated with liquefaction can lead to severe damage to connected piping systems, potentially resulting in fuel leakage, fire hazards, explosions, and significant environmental contamination. This paper presents a review of typical cases of damage to fuel and energy storage tanks caused by soil liquefaction worldwide, and discusses commonly adopted ground improvement techniques aimed at enhancing the liquefaction resistance of foundation soils in storage tank areas.

Keywords: Soil liquefaction; Fuel storage tanks; Soil liquefaction mitigation techniques; Soil compaction.