



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

HÀ NỘI 14 - 11 - 2024

ERSD 2024



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC

Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG)

CÁC ĐƠN VỊ PHỐI HỢP TỔ CHỨC

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam

Tổng hội Địa chất Việt Nam

Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam

Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu

Hội Cơ học Đá Việt Nam

Hội Công trình ngầm Việt Nam

Hội Dầu khí Việt Nam

Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam

Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam

Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam

Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam

Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam

Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam

Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban

GS.TS Trần Thanh Hải, *Trường Đại học Mở Địa - chất*

Phó Trưởng ban

PGS.TS Triệu Hùng Trường, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Ủy viên

GS.TS Võ Chí Mỹ, *Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam*

GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*

GS.TS Nguyễn Quang Phích, *Hội Công trình ngầm Việt Nam*

GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS. TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Văn Lâm, *Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam*

PGS.TS Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo, *Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam*

PGS.TS Đặng Trung Thành, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*

PGS.TS Lê Đức Tình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Như Trung, *Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam*

PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Trần Thị Phúc An, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*

TS Đào Hồng Quảng, *Viện Khoa học Công nghệ Mỏ*

TS Nguyễn Quốc Thập, *Hội Dầu khí Việt Nam*

TS Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Lê Ái Thụ, *Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam*

TS Bùi Yên Tĩnh, *Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu*

BAN KHOA HỌC

Trưởng ban

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Phó trưởng ban

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Ủy viên

GS.TSKH Hoàng Ngọc Hà, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
GS.TS Võ Trọng Hùng, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*
GS.TS Trương Xuân Luận, *Tổng Hội Địa chất Việt Nam*
GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*
GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*
PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Lê Ngọc Ánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Nguyễn Quang Minh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Xuân Núi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Ngô Xuân Thành, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Lê Minh Thống, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*
PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Nguyễn Văn Xô, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Đỗ Như Ý, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*
TS Lê Quang Duyến, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Cao Khải, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Văn Phóng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Bách Thảo, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

BAN BIÊN TẬP

Trưởng ban

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Phó Trưởng ban

PGS.TS Nguyễn Viết Nghĩa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Ủy viên

PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS. TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Khắc Long, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

BAN THƯ KÝ

Trưởng ban

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Phó Trưởng ban

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Ủy viên

PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Khắc Long, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
ThS Hoàng Thu Hằng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
ThS Nguyễn Thanh Hải, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
ThS Phạm Đức Nghiệp, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

WEBSITE HỘI THẢO

Thông tin chi tiết của Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững - ERS2024 được đăng tải trên trang Website chính thức của Hội nghị tại địa chỉ: <http://ersd.humg.edu.vn/>

ĐỊA CHỈ LIÊN HỆ

Phòng Khoa học công nghệ, Trường Đại học Mở - Địa chất, số 18 phố Viên, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội, Việt Nam. ĐT: (+84) 24.3838643

MỤC LỤC

Ban tổ chức hội nghị	i
Mục lục.....	iii
Lời nói đầu	v
Chương trình hội nghị	vii
Tiểu ban Dữ liệu lớn và chuyển đổi số trong khoa học trái đất, tài nguyên môi trường.....	1
Tiểu ban Trí tuệ nhân tạo, IOT, Blockchain và ứng dụng.....	38
Tiểu ban Cơ - Điện.....	71
Tiểu ban Dầu khí tích hợp.....	114
Tiểu ban Địa chất và tài nguyên du lịch.....	238
Tiểu ban Địa chất công trình - Địa kỹ thuật.....	312
Tiểu ban Địa chất thủy văn và Tài nguyên nước.....	430
Tiểu ban Tài nguyên địa chất và Quản lý bền vững.....	516
Tiểu ban Quản lý tài nguyên và Môi trường.....	597
Tiểu ban Công nghệ mới trong xử lý môi trường.....	730
Tiểu ban Phát triển bền vững khoa học công nghệ Mô và Môi trường.....	818
Tiểu ban Phát triển bền vững công nghiệp khai thác và Quản lý an toàn.....	899
Tiểu ban Những tiến bộ trong chế biến khoáng sản và tái chế.....	971
Tiểu ban Xây dựng công trình với phát triển bền vững.....	1039
Tiểu ban Kỹ thuật Trắc địa - Bản đồ và Hệ thống thông tin địa lý.....	1301
Tiểu ban Vật lý, Hóa học và ứng dụng.....	1384
Tiểu ban Toán, Cơ học và ứng dụng.....	1512
Tiểu ban Ngôn ngữ học.....	1634

MỤC LỤC

Nghiên cứu thực nghiệm hiện trường gia cố nền đất yếu bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay <i>Nguyễn Trọng Dũng, Tạ Đức Thịnh</i>	1043
Nghiên cứu áp dụng kết cấu chống giữ tổ hợp bằng vì thép kết hợp neo cho đường lò dọc vỉa than Công ty than Mạo Khê – TKV <i>Đào Viết Đoàn</i>	1049
Nghiên cứu tính toán lựa chọn bước chống vì thép cho đường lò một đường xe nằm dưới moong mỏ Núi Béo <i>Đào Viết Đoàn</i>	1056
Nghiên cứu chế tạo và xác định một số tính chất cơ học của bê tông cốt sợi polypropylene dưới tác động của nhiệt độ <i>Nguyễn Đình Hải, Lê Thu Trang</i>	1063
Phân vùng quy hoạch ngoại thành các thành phố lớn để quản lý phát triển đô thị theo hướng bền vững <i>Lê Thị Thanh Hằng</i>	1071
Thí nghiệm từ biến đầm đá cho mô hình đàn nhót tuyến tính phân tích biến dạng xung quanh hầm tiết diện tròn theo thời gian <i>Nguyễn Huy Hiệp, Đinh Quang Trung</i>	1077
Nghiên cứu đề xuất giải pháp phòng chữa cháy khi thi công công trình ngầm <i>Đào Huy Hoàng, Trần Anh Tuấn, Tống Anh Tuấn, Nguyễn Viết Thanh, Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong, Phạm Đức Thọ, Nguyễn Lê Đạt, Đặng Trung Thành</i>	1083
Nghiên cứu tổng quan về phương pháp cọc đá dăm để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất <i>Đặng Quang Huy, Vũ Minh Ngạn, Phạm Văn Hùng</i>	1089
Nghiên cứu một số giải pháp giảm độ lún đường đầu cầu xây dựng trên nền đất yếu <i>Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn, Đặng Quang Huy</i>	1096
Nghiên cứu phương pháp tính toán sức chịu tải và độ lún nền đường đắp trên nền đất yếu gia cố bằng cọc đất xi măng <i>Phạm Văn Hùng</i>	1103
Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về bê tông bọt-khí với cấu trúc rỗng thay đổi trong điều kiện phòng thí nghiệm <i>Tăng Văn Lâm, Võ Đình Trọng, Phạm Đức Lương, Vũ Kim Diễm</i>	1109
Nghiên cứu ảnh hưởng của tro xỉ nhà máy điện đốt rác đến tính chất cơ học của bê tông cường độ cao <i>Tăng Văn Lâm, Võ Đình Trọng, Hoàng Anh Cương</i>	1117
Nghiên cứu ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ giếng đứng của tổ hợp kho chứa khí ngầm đào trong đá cứng bằng phương pháp số <i>Ngô Hoàng Minh, Đặng Văn Kiên, Vũ Tiến Dũng, Đỗ Ngọc Anh, Trần Tuấn Điệp</i>	1124
Thiết kế cọc khoan nhồi chôn trong nền đá theo tiêu chuẩn Châu Âu EC7 với một ví dụ thiết kế <i>Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Bùi Văn Đức</i>	1132
Cải tạo và khôi phục các công trình ngầm để phát triển bền vững <i>Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong</i>	1139

Nghiên cứu tổng quan về phương pháp cọc đá dăm để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất

Đặng Quang Huy^{1,*}, Vũ Minh Ngan¹, Phạm Văn Hùng¹

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Hóa lỏng đất là một thảm họa tự nhiên gây ra thiệt hại vô cùng to lớn cho các công trình của con người. Các biện pháp cải tạo nền đất, nâng cao khả năng kháng hóa lỏng do đó đã được các nhà khoa học chú trọng nghiên cứu trong thời gian gần đây để giảm thiểu thiệt hại do hóa lỏng đất gây ra. Trong số các phương pháp đó, cọc đá dăm là phương pháp đã được sử dụng từ lâu để cải tạo nền, ngoài ra, đây là phương pháp cũng rất hiệu quả trong việc giảm nguy cơ hóa lỏng của nền đất. Bài báo này giới thiệu tổng quan các nguyên lý nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của phương pháp cọc đá dăm cùng một số nghiên cứu điển hình của các tác giả trên thế giới cũng như những nét cơ bản nhất trong thi công, sử dụng cọc đá dăm. Thêm vào đó, bài báo cũng phân tích đánh giá ứng dụng của cọc đá dăm trong một số công trình cụ thể để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất.

Từ khóa: cọc đá dăm; hóa lỏng; cải tạo nền

1. Đặt vấn đề

Hóa lỏng đất là hiện tượng thường xảy ra tại các khu vực nền đất rời xốp ở trạng thái bão hòa nước khi chịu tải trọng động đất hoặc các loại tải trọng động khác như nổ mìn, sóng biển hoặc tải trọng do phương tiện lưu thông trên đường. Hóa lỏng đất được biểu hiện thông qua các hiện tượng như cát sôi, sụt lún không đều, chuyển dịch ngang của nền hoặc mất khả năng chịu lực của nền dưới công trình. Những sự cố này đã gây ra tổn thất đáng kể, làm hư hỏng công trình, ảnh hưởng tới cuộc sống và an toàn của con người. Chính vì thế, nghiên cứu các biện pháp nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất là một trọng những vấn đề được lưu tâm rất lớn trong lĩnh vực địa kỹ thuật. Các biện pháp giảm thiểu hóa lỏng đất có thể kể đến như thay thế đất, làm tăng độ chặt của đất, giảm độ bão hòa, phun vữa kết dính... Phương pháp cọc đá dăm dù đã được sử dụng từ lâu để gia cố nền đất, cải tạo nền đất yếu song với mục đích để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng thì lại là một phương pháp khá mới và chỉ được nghiên cứu, ứng dụng trong vài thập niên gần đây.

Cọc đá dăm, hay còn gọi là cọc đá, là một giải pháp hiệu quả trong việc cải thiện nền đất, nâng cao khả năng chịu lực của đất, đặc biệt là trong các khu vực có nền đất yếu. Phương pháp này bao gồm việc tạo ra các cột đá từ đá dăm có kích thước khác nhau, được đầm nén chặt vào các lỗ khoan sẵn trong đất nền. Cọc đá dăm giúp tăng độ chặt và khả năng thoát nước của đất, làm giảm áp lực nước lỗ rỗng và duy trì sức chịu tải của đất khi có rung động hoặc động đất. Đồng thời, các cọc này hoạt động như các cột chịu lực, phân phối tải trọng từ các công trình xây dựng một cách hiệu quả, giúp giảm nguy cơ sụt lún và thiệt hại cấu trúc. Với quy trình thi công đơn giản, chi phí thấp và tính bền vững cao, cọc đá dăm là lựa chọn tối ưu cho các dự án xây dựng yêu cầu độ ổn định và an toàn cao (Barksdale và Bachus, 1983).

Cọc đá dăm cũng đóng vai trò quan trọng trong các dự án cải tạo đất ven biển, đặc biệt là các dự án xây dựng cảng biển, đê biển, và các công trình bảo vệ bờ biển. Tại các khu vực này, cọc đá dăm không chỉ cải thiện độ ổn định của nền đất mà còn giúp giảm thiểu tác động của sóng và thủy triều, bảo vệ các công trình khỏi sự xói mòn và hư hại. Hơn nữa, trong các dự án cải tạo đô thị, cọc đá dăm được sử dụng để gia cố nền móng của các công trình hiện có, giúp nâng cao khả năng chống chịu của các công trình trước các yếu tố ngoại cảnh và thời gian. Tại Việt Nam, cọc đá dăm được ứng dụng chưa lâu nhưng đã góp phần quan trọng trong việc cải tạo, gia cố nền đất tại các công trình như thi công cầu Vàm Cống thuộc Quốc lộ 1A, cải tạo nền khu đô thị Sala, cảng biển Tiên Sa Đà Nẵng hay khu lọc hóa dầu Dung Quất.

Có thể thấy, cọc đá dăm là một trong những biện pháp nền móng, gia cố nền được ứng dụng rất rộng

* Tác giả liên hệ

Email: dangquanghuy@humg.edu.vn

rãi và lâu đời trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Mặc dù vậy, ứng dụng của phương pháp này trong việc cải tạo khả năng chống hóa lỏng của nền đất vẫn còn hạn chế, đặc biệt là ở Việt Nam. Do vậy, trong bài báo này, nhóm tác giả đi sâu vào tổng hợp và phân tích các kết quả nghiên cứu điển hình để hệ thống hóa và làm sáng tỏ hơn về hiệu quả kháng hóa lỏng của nền đất yếu sử dụng phương pháp cọc đá dăm trong việc nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất.

2. Cơ sở lý thuyết về hóa lỏng đất và cọc đá dăm

2.1. Cơ chế hóa lỏng đất

Hóa lỏng đất là hiện tượng xảy ra khi đất mất đi độ cứng và biến đổi thành dạng lỏng dưới tác động của lực địa chấn như động đất. Cơ chế này thường xảy ra ở những vùng đất có cấu trúc hạt nhỏ và độ rỗng lớn, chứa nhiều nước. Khi có động đất hoặc rung động mạnh, áp lực nước lỗ rỗng giữa các hạt đất tăng lên nhanh chóng làm giảm lực ma sát và lực kết dính giữa các hạt đất, khiến chúng không còn liên kết chặt chẽ với nhau. Khi lực ma sát giữa các hạt đất bị giảm, đất mất đi độ cứng và trở nên giống như chất lỏng, không còn khả năng chịu tải trọng từ các công trình xây dựng trên nó.

Hiện tượng hóa lỏng đất dễ xảy ra ở những vùng đất có cấu trúc hạt mịn như đất cát và đất bùn, đặc biệt là khi mức nước ngầm cao. Khi đất chứa nhiều nước trong các khe hở giữa các hạt, áp lực nước dễ dàng tăng lên khi có động đất. Những trận động đất mạnh và kéo dài càng làm tăng khả năng xảy ra hiện tượng hóa lỏng đất, gây ra nhiều hậu quả nghiêm trọng cho các công trình xây dựng và an toàn của con người.

Nhìn chung, hóa lỏng đất thường xảy ra khi hội tụ đầy đủ bốn yếu tố sau: đất bão hòa nước, điều kiện thoát nước của đất kém, cấu trúc nền đất gồm chủ yếu các hạt rời ở trạng thái xốp và chịu tải trọng rung động hoặc tải gia tải nhanh. Để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất, người ta dựa phần lớn vào các yếu tố đó để đưa ra các biện pháp phù hợp.

2.2. Cơ sở lý thuyết, phương pháp thiết kế, thi công cọc đá dăm

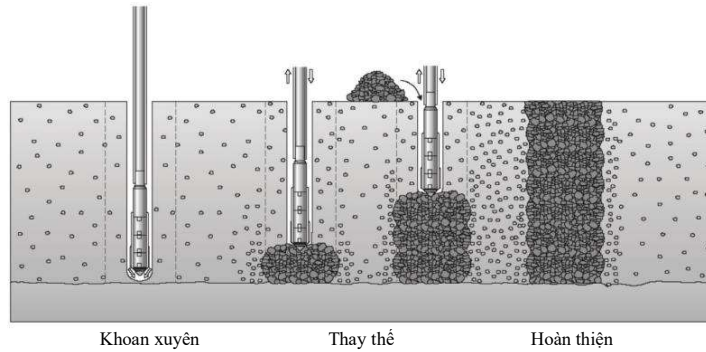
Cọc đá dăm đã được sử dụng từ lâu để nâng cao khả năng sức chịu tải, tăng nhanh tốc độ cố kết, tăng sự ổn định và nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất. Phương pháp này có nguồn gốc từ những năm 1830 tại Pháp khi người ta sử dụng đá dăm hoặc cuội sỏi để thay thế một phần đất tại hiện trường khu vực cần cải tạo (Hughes và Withers, 1974). Cho tới năm 1930 phương pháp này được sử dụng phổ biến ở Châu Âu và tới những năm 1970 thì phổ biến ở Mỹ và các nước khác trên thế giới. Cùng với đó, các nghiên cứu sâu hơn về tính toán, thiết kế và các phương pháp thi công được phát triển trong những năm sau đó bởi rất nhiều tác giả khác nhau trên thế giới. (Hughes và Withers, 1974; Engelhardt và Golding, 1975; Madhav và nnk., 1979; Datye và Nagaraju, 1981; Priebe và Keller, 1995).

Rất nhiều biện pháp thi công đã được phát triển với nhiều loại kích cỡ hạt, đường kính của cọc đá dăm khác nhau phù hợp với từng loại đất từ đất cát xốp cho đến các loại nền đất yếu, khả năng áp dụng từng biện pháp phụ thuộc vào kỹ thuật từng đơn vị thi công, hiệu quả của từng khu vực nền và điều kiện vật liệu địa phương. Thông thường, đường kính của cọc đá thường từ 0,7m đến 1,2m, khoảng cách giữa các cọc từ 1,5m đến 3,0m, chiều sâu của cọc đá tùy thuộc vào thiết kế và đất nền hiện hữu, thiết bị hiện có tại Việt Nam hiện nay có thể thi công cọc đá đến chiều sâu 20m. Hiệu quả của phương pháp thi công, tạo lỗ hoặc không tạo lỗ trước, số lượng lần nâng lên của mũi khoan cũng như cường độ của lực đầm chặt trong mỗi lần nâng, khoảng cách giữa các cọc đá dăm được nghiên cứu kỹ bởi Madhav and Thiruselvam (1988).

Cọc đá dăm thi công bởi phương pháp đầm rung làm chặt, đầm rung thay thế, rung động kết hợp hoặc phương pháp khoan có ống bao. Phương pháp đầm rung làm chặt và đầm rung thay thế sử dụng thiết bị đầm rung chấn động làm chặt các hạt vật liệu rời. Thiết bị này đầm sâu vào lòng đất do trọng lượng bản thân nó kết hợp với lực rung và áp lực xối nước xung quanh để giảm ma sát. Lực rung do thiết bị gây ra làm các hạt đất rời di chuyển, sắp xếp lại và trở nên chặt hơn do bị chiếm chỗ. Đối với phương pháp đầm rung thay thế, có hai biện pháp thi công chính là nhồi vật liệu từ bề mặt (nhồi ướt) và nhồi vật liệu từ dưới đáy hay còn gọi là nhồi khô. Hình 1 thể hiện các bước thi công chính của phương pháp đầm rung thay thế nhồi vật liệu từ bề mặt (Hayward Baker, 2004). Hình 2 thể hiện các bước thi công chính của phương pháp đầm rung thay thế nhồi vật liệu từ dưới đáy (Fecan-tài liệu nội bộ). Tại Mỹ và Châu Âu, phương pháp đầm rung thường được sử dụng để thi công cọc đá dăm, tại Ấn Độ người ta lại hay sử dụng phương pháp khoan có ống bao (Hình 3). Tại Việt Nam, phương pháp đầm rung sâu nhồi vật liệu từ đáy thường được sử dụng để thi công.

Phương pháp cọc đá dăm có thể được sử dụng để cải tạo nhiều loại đất khác nhau từ đất cát tơi xốp, đất phù sa, đất sét pha và các loại đất có lực cắt không thoát nước nhỏ. Tuy nhiên, với đất sét và bùn nhạy cảm lớn với rung động thì không nên sử dụng cọc đá dăm để gia cố. Phương pháp này thường áp dụng phù hợp cho các dạng công diện rộng như nền đường, bồn bể chứa, kho bãi nhằm tăng tính ổn định và kiểm soát độ lún.

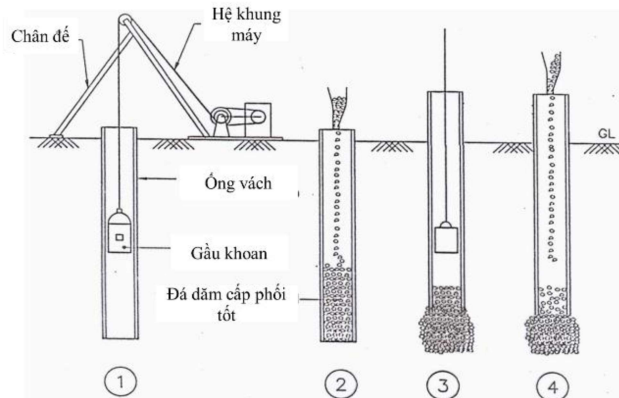
Thiết kế cọc đá đầm cần xem xét đến nhiều yếu tố khác nhau phụ thuộc vào mục đích của việc sử dụng cọc, trong đó các mục đích chủ yếu như làm chặt đất, gia cường đất hay thoát nước. Từ các mục đích đó, đường kính cọc, hình dạng cọc hay chiều dài của cọc và cấp phối của thành phần đá đầm sẽ được tính toán trong quá trình thiết kế. Một số quan điểm thiết kế cọc đá đầm đã được đưa ra bởi Barksdale và Bachus (1983) hay Priebe và Keller (1995). Trên thế giới, các quan điểm này đã được đưa vào tiêu chuẩn như IS 15284 hay JGS (1998), tại Việt Nam, chúng ta sử dụng tiêu chuẩn Trụ đá đầm rung sâu – Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu TCCS 66:2015/IBST.



Hình 1. Phương pháp đầm rung thay thế nhồi vật liệu từ bề mặt (Hayward Baker, 2004).



Hình 2: Sơ họa quá trình thi công cọc đá bằng phương pháp đầm rung sâu nhồi dưới đáy (FECON)



Hình 3. Phương pháp khoan có ống bao (Datye và Nagaraju, 1981)

3. Nguyên lý cải thiện khả năng kháng hóa lỏng nền đất của phương pháp cọc đá đầm

Cọc đá đầm đã được ứng dụng để cải tạo và gia cố nền đất từ rất lâu, tuy vậy các ứng dụng của chúng trong việc nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất thì mới được bắt đầu nghiên cứu và ứng dụng

từ năm 1977 bởi Seed và Booker. Nhìn chung, tác dụng nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của cọc đá dăm thể hiện ở bốn điểm đó là:

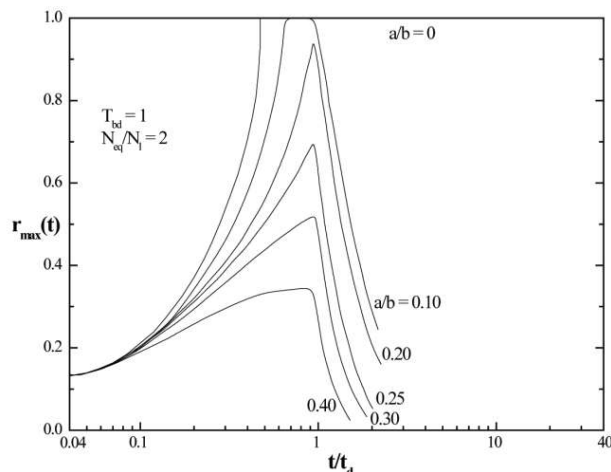
- Cọc đá dăm đóng vai trò thoát nước nhanh và cho phép tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng một cách nhanh chóng, từ đó áp lực nước lỗ rỗng không thể tăng nhanh trong đất nền khiến áp lực nước hữu hiệu không bị giảm mạnh và đất vẫn có khả năng chịu tải.

- Cọc đá dăm làm chặt đất.
- Cọc đá dăm gia cố nền đất.
- Cọc đá dăm làm thay đổi việc truyền chấn động trong nền đất.

3.1. Cọc đá dăm đóng vai trò thoát nước và phát tán áp lực nước lỗ rỗng

Khi các cọc đá dăm được thi công trong đất, do cấu trúc của đá dăm có khoảng rỗng giữa các hạt rất lớn do vậy nước có thể dễ dàng di chuyển trong phần không gian này, độ thấm của cọc đá dăm so với nền đất gốc là vô cùng lớn. Trong quá trình động đất hoặc rung động, nước không thoát được ra ngoài dẫn tới áp lực nước tăng lên nhanh chóng, khi có cọc đá dăm trong nền đất, khả năng thoát nước tăng lên đáng kể, do đó cho phép áp lực nước lỗ rỗng tiêu tan nhanh chóng và duy trì được áp lực hữu hiệu của đất, giúp nền đất không bị hóa lỏng. Trong trường hợp khi chưa có động đất hoặc tải trọng đáng kể có thể gây hóa lỏng, cọc đá dăm cũng đóng vai trò quan trọng trong việc làm tăng độ thấm của nền, giúp nước thoát nhanh ra ngoài và đẩy nhanh quá trình cố kết khiến đất đặc chắc hơn.

Seed và Booker (1977) đã áp dụng lý thuyết đơn chiều về sự biến thiên áp lực nước lỗ rỗng để tính toán khả năng thoát nước của cọc đá dăm trong nhiều điều kiện động đất khác nhau. Các tác giả giả thiết rằng khả năng thoát nước của cọc đá dăm là hoàn hảo. Kết quả của nghiên cứu đó được thể hiện trong Hình 4. Hình vẽ thể hiện sự thay đổi của tỉ số áp lực nước lỗ rỗng (với áp lực hữu hiệu ban đầu) khi đạt giá trị lớn nhất theo thời gian (trong lúc động đất xảy ra) với các tham số điều kiện động đất khác nhau. Khi tỉ số áp lực nước lỗ rỗng đạt bằng 1, áp lực nước lỗ rỗng chính bằng áp lực hữu hiệu ban đầu của đất và áp lực hữu hiệu tại thời điểm đó bị triệt tiêu hoàn toàn, đất bị hóa lỏng. Nếu tỉ số này nhỏ hơn 1, càng nhỏ thì khả năng hóa lỏng của đất càng giảm đi. Kết quả này cũng được kiểm chứng bởi rất nhiều các nghiên cứu sau đó như của Tokimatsu và Yoshimi (1980), Onoue (1988).



Hình 4. Ảnh hưởng của đường kính và khoảng cách các cọc đến tỉ số áp lực nước lỗ rỗng

Theo một số tác giả, ngoài tác dụng thoát nước, cọc đá dăm còn có tác dụng phụ là nơi trữ nước cho nền đất. Trong thực tế, mực nước ngầm thường nằm ở một độ sâu nào đó so với mặt đất, còn cọc đá dăm khi thi công thường đỉnh cọc nằm tại cao độ mặt đất, do đó, trong thân cọc, khoảng cách từ mực nước ngầm đến đỉnh cọc có một khoảng không gian đáng kể, khi xảy ra rung động, khoảng không gian đó sẽ là nơi nước trong nền đất thoát ra, mực nước ngầm trong cọc lúc đó tăng lên so với mực nước ngầm nền đất xung quanh. Việc này giúp cho áp lực nước lỗ rỗng bị tiêu tán phần nào và làm cho sự hóa lỏng của nền đất xảy ra muộn hơn so với thông thường (Pestana và nnk, 1998)

3.2. Cọc đá dăm làm chặt đất

Một đặc điểm rất quan trọng của hóa lỏng đất đó là sự hóa lỏng của đất liên quan chặt chẽ đến độ đặc chắc hay hệ số rỗng của nền đất. Thông thường, đất càng chặt, hệ số rỗng càng nhỏ thì đất đó càng khó bị hóa lỏng và ngược lại. Cùng một loại cát, khi ở trạng thái lỏng xốp, độ rỗng lớn thì có thể bị hóa lỏng,

nhưng khi cát đó được đầm chặt đến một trạng thái nào đó thì khả năng hóa lỏng giảm đi đáng kể, thậm chí hoàn toàn không hóa lỏng.

Một trong những tác dụng chính của cọc đá dăm là làm cho nền đất trở nên chặt hơn, và do đó nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền. Khi thi công cọc đá dăm, trong quá trình tạo lỗ và đầm rung nhồi đá, đất bị nén ra xung quanh để lấy không gian cho đá dăm lên vào. Quá trình nén đó có tác dụng làm đất chặt hơn. Ngoài ra, tác động rung của thiết bị khiến đá dăm chặt hơn đồng thời cũng tác động đến cấu trúc hạt của nền đất gốc, làm cho các hạt đó sắp xếp lại và trở nên đặc chắc hơn. Hiệu quả làm chặt đất của cọc đá dăm do vậy cũng không đồng nhất theo không gian, thông thường, khu vực đất nền xung quanh, càng gần cọc đá dăm thì sẽ càng chặt, càng xa cọc thì hiệu quả giảm dần. Hiệu quả làm chặt đất này có thể được kiểm tra dễ dàng một cách gián tiếp thông qua các thí nghiệm hiện trường.

3.3. Cọc đá dăm gia cố nền đất

Cọc đá dăm gia cố được thi công bởi vật liệu hạt thô rời, là loại vật liệu không hóa lỏng do vậy khi thay thế đất, sự có mặt của cọc đá dăm làm cho khả năng của toàn bộ nền chứa đá dăm cũng tăng lên. Cọc đá dăm thường được thi công ở những khu vực nền đất yếu, nền đất cát xốp nhạy cảm với hóa lỏng, mô đun biến dạng và độ cứng rất lớn của cọc đá dăm khiến cho nền đất được gia cố hơn và làm khả năng bị hóa lỏng của nền đất giảm đi đáng kể.

3.4. Cọc đá dăm làm thay đổi việc truyền chấn động trong nền đất

Khi xảy ra động đất hoặc khi nền đất chịu các tải trọng động, cọc đá dăm chuyển tải trọng đó từ các công trình bên trên xuống các lớp đất sâu hơn, ổn định hơn. Cơ chế truyền tải trọng này làm giảm ứng suất lên các lớp đất dễ hóa lỏng, từ đó giảm thiểu nguy cơ lún và biến dạng cũng như khả năng hóa lỏng của nền.

4. Một số dự án thực tế

Một số dự án thực tế áp dụng cọc đá dăm để cải tạo nền đất, nâng cao khả năng kháng hóa lỏng được trình bày trong Bảng 1 (Hausler và Sitar, 2001).

Bảng 1. Danh sách một số dự án áp dụng cọc đá dăm để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền

Năm	Địa điểm xảy ra động đất	Số khu vực	Cường độ động đất (M)
2018	Vịnh Palu, Indonesia	32	7.5
2011	Christchurch, New Zealand		6.2
2001	Nisqually (Ấn Độ)		6.8
1999	Ji-Ji, Đài Loan		7.6
1999	Kocaeli, Thổ Nhĩ Kỳ	5	7.4
1997	Kagoshima Hok, Nhật Bản	1	6.3
1995	Hyogoken Nanbu (Kobe), Nhật Bản	49	6.9
1994	Sanriku Haruka Oki, Nhật Bản	3	7.5
1994	Hokkaido Toho Oki, Nhật Bản	4	8.1
1994	Northridge, California, Hoa Kỳ	5	6.7
1993	Hokkaido Nansei Oki, Nhật Bản	4	7.8
1993	Kushiro Oki, Nhật Bản	5	7.8
1989	Loma Prieta, California	12	6.9

Michell và Wentz (1991) đã nghiên cứu ứng xử của cọc đá dăm trong trận động đất tại Loma Prieta năm 1989. Họ khảo sát ba công trình xây dựng trên nền san lấp bằng cát có độ chặt thấp tới trung bình cách tâm chấn khoảng 60km bao gồm một phòng khám nha khoa, một khu vực bến tàu tại Treasure Island, và một đại lộ tại Richmond. Cả ba công trình này đều được thiết kế để có thể chịu được gia tốc địa chấn 0.35g và thực tế đã phải chịu gia tốc địa chấn 0.11g-0.15g trong trận động đất năm 1989. Theo kết quả khảo sát, không xảy ra hóa lỏng đất tại các độ sâu được gia cố bởi cọc đá dăm, tuy vậy ở các độ sâu

lớn hơn và trong khu vực xung quanh công trình không được gia cố thì có quan sát thấy hiện tượng nền đất bị đứt gãy và cát sôi cho thấy các khu vực không gia cố đã bị hóa lỏng. Trận động đất tại Loma Prieta năm 1989 thực tế có cường độ chỉ ở mức trung bình nhưng đã xảy ra hóa lỏng tại các khu vực không gia cố, có thể thấy rõ ràng với các trận động đất có cường độ lớn hơn, hóa lỏng chắc chắn sẽ xảy ra và tác dụng của cọc đá dầm trong việc nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất là rất rõ ràng. Các kết quả tương tự về hiệu quả gia cố nền đất của cọc đá dầm trong việc làm giảm hóa lỏng cũng được quan sát tương tự ở các trận động đất đã liệt kê trong Bảng 1.

5. Kết luận

Hóa lỏng đất là một trong những thảm họa thiên nhiên gây ra thiệt hại lớn cho con người. Nghiên cứu các biện pháp để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền là một nội dung được các nhà khoa học chú trọng từ nhiều năm nay với kết quả nhiều biện pháp được áp dụng trong thực tế. Trong số đó, cọc đá dầm là một phương pháp có nhiều ưu điểm, không chỉ trong việc cải tạo, gia cố nền đất yếu mà còn trong nội dung làm giảm nguy cơ hóa lỏng đất của nền. Tác dụng làm giảm khả năng bị hóa lỏng đất của cọc đá dầm thể hiện ở bốn điểm:

- Cọc đá dầm đóng vai trò thoát nước nhanh.
- Cọc đá dầm làm chặt đất.
- Cọc đá dầm gia cố nền đất.
- Cọc đá dầm làm thay đổi việc truyền chấn động trong nền đất.

Trong thực tế, đã có rất nhiều công trình áp dụng cọc đá dầm để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền, kết quả quan sát qua một số trận động đất cho thấy hiệu quả của cọc đá dầm là rất rõ rệt, nền đất tại khu vực gia cố cọc đá dầm bị hóa lỏng ít hơn đáng kể so với các khu vực không gia cố.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành với sự giúp đỡ của đề tài B2022-MDA-04.

Tài liệu tham khảo

- Barksdale, R. D., & Bachus, R. C., 1983. *Design and Construction of Stone Columns* (Tech. Rep. No. FHWA/RD-83/026). Washington, DC: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Datye, K. R., & Nagaraju, S. S., 1981. Design approach and field control for stone columns. In *Proceedings of the 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Stockholm, Sweden (Vol. 3, pp. 637-640).
- E.A. Hausler, and N. Sitar, "Performance of soil improvement techniques in earthquakes", 4th *International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, San Diego, USA, March 26-31, 2001.
- Engelhardt, K., & Golding, H. C., 1975. Field Testing to Evaluate Stone column Performance in a Seismic Area. *Geotechnique*, 25(1), 61–69. doi:10.1680/ geot.1975.25.1.61
- Fecon, 2024. Tham khảo từ <https://fecon.com.vn/thi-cong-coc-da>
- Hayward Baker, 2004. Vibro systems. Tham khảo từ <http://www.HaywardBaker.com>
- Hughes, J. M. O., & Withers, N. J., 1974. Reinforcing of Soft Cohesive Soils with Stone Columns. *Ground Engineering*, 7(3), 42–49
- JGS. (1998). *Remedial Measures against Soil Liquefaction*. Rotterdam, The Netherlands: A.A. Balkema.
- J.K. Mitchell, and F.J. Wentz, "Performance of improved ground during the Loma Prieta Earthquake", University of California, Berkeley UCB/EERC, Report 91/12, 1991
- Madhav, M. R., Iyengar, N. G. R., Vitkar, R. P., & Nandia, A., 1979. Increased Bearing Capacity and Reduced Settlements Due to Inclusions in Soil. In *Proceedings of the International Conference on Soil Reinforcement: Reinforced Earth and Other Techniques*, Paris, France (Vol. 2, pp. 329-333)
- Madhav, M. R., & Thiruselvam, K., 1988. Effect of Installation Methods on Granular Pile Response. In *Proceedings of the International Symposium on Theory and Practice of Earth Reinforcement*, Kyushu, Japan (pp. 221-226).
- Onoue, A., 1988. Diagrams considering well resistance for designing spacing ratio of gravel drains. *Soil and Foundation*, 28(3), 160–168.
- Pestana, J. M., Hunt, C. E., Goughnour, R. R., & Kammerer, A. M., 1998. Effect of storage capacity on vertical drain performance in liquefiable sand deposits. In *Proceedings of the Second International Conference on Ground Improvement Techniques*, Singapore (pp. 373-380).
- Priebe, H. J., & Keller, G., 1995. Design of vibro replacement. *Ground Engineering*, 28(10), 31–37.

Seed, H. B., & Booker, J. R., 1977. Stabilization of potentially liquefiable sand deposits using gravel drains. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 103(7), 757–768.

TCCS 66:2015/IBST. Trụ đá đầm rung sâu – Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu.

Tokimatsu, K., & Yoshimi, Y., 1980. Effects of vertical drains on the bearing capacity of saturated sand during earthquakes. In *Proceedings of the International Conference on Engineering for Protection from Natural Disasters*, Bangkok, Thailand (pp. 643- 655).

ABSTRACT

Study on the application of stone column to improve the liquefaction resistance of the ground

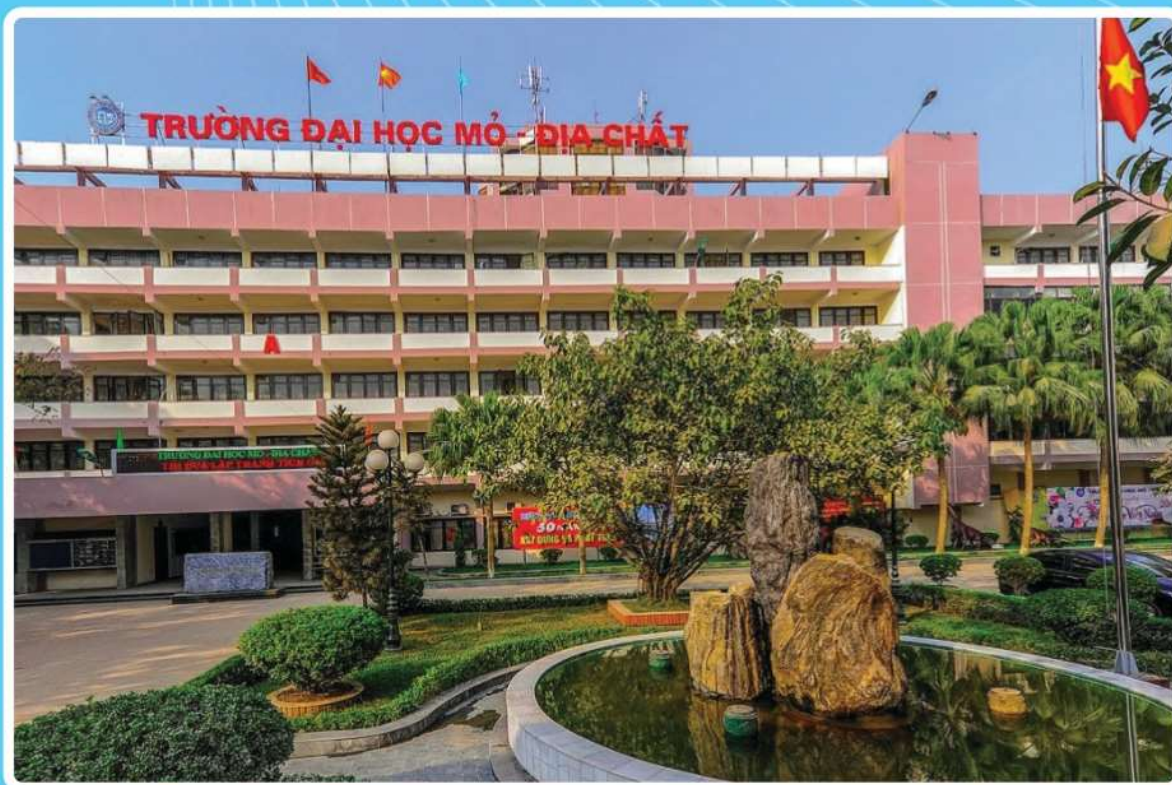
Dang Quang Huy¹, Vu Minh Ngan¹, Pham Van Hung¹

¹*Hanoi University of Mining and Geology*

Soil liquefaction is a natural disaster that causes enormous damage to human structures. Research on liquefaction mitigation techniques has therefore been focused by scientists recently. Among those methods, crushed stone pile is a method that has long been used to improve the ground. In addition, this method is also very effective in reducing the risk of soil liquefaction. This article introduces some research on stone column to improve soil liquefaction as well as the most basic features in construction and use of crushed stone piles. In addition, the article also analyzes and evaluates the application of stone column in some specific projects to improve soil liquefaction resistance.

Keywords: liquefaction; liquefaction mitigation; stone column

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)



ISBN: 978-604-76-3040-0



9 786047 630400

SÁCH KHÔNG BÁN