

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG THIẾT BỊ ĐO ĐỘ CHẶT BẰNG MÁY ĐO MẬT ĐỘ ĐIỆN EDGe TRONG CÔNG TÁC KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG CÔNG TRÌNH

Bùi Thị Ánh¹, Nguyễn Văn Ngọc², Nguyễn Thị Ngân³

^{1,2,3}Viện Chuyên ngành Địa kỹ thuật - Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: ¹buithianhdc1994@gmail.com, ²nguyenvannogocdct@gmail.com, ³thanhngan_hp@yahoo.com

DOI: <https://doi.org/10.59382/hnkh17-ibst.2025.ses3-1>

TÓM TẮT: Một trong những chỉ tiêu để đánh giá chất lượng các công trình xây dựng là đánh giá độ chặt của nền đất đắp. Hiện nay, có rất nhiều phương pháp cũng như thiết bị để kiểm tra độ chặt của đất nền, trong số đó có thiết bị đo độ chặt bằng máy đo mật độ điện EDGe Complete (model E). Đây là thiết bị đo bằng điện an toàn thuận tiện không sử dụng phóng xạ nên không cần phải xin giấy phép cũng như chứng chỉ an toàn phóng xạ của thí nghiệm viên. Thao tác thực hiện nhanh gọn, không phá hủy vật liệu nền nên đặc biệt rất phù hợp với công trình cần tiến độ thi công nhanh. EDGe bao gồm hai thiết bị độc lập, một thiết bị sử dụng trong phòng thí nghiệm và một thiết bị sử dụng tại hiện trường; EDGe cung cấp các phép đo mật độ điện ngoài thực địa không dùng hạt nhân dựa trên dữ liệu thử nghiệm trong phòng thí nghiệm. Bài báo trình bày nghiên cứu sơ bộ thí nghiệm bằng thiết bị đo điện EDGe, phương pháp thí nghiệm này mới, chưa áp dụng tại Việt Nam nhiều nên chưa có tiêu chuẩn thí nghiệm, đây cũng là nghiên cứu bước đầu cho công tác biên soạn tiêu chuẩn sau này.

TỪ KHÓA: Độ chặt, Máy đo mật độ điện EDGe,...

ABSTRACT: One of the criteria for assessing the quality of construction works is to evaluate the compaction of the embankment. Currently, there are many methods and devices to test the compaction of the foundation, including the EDGe Complete (model E) electrical density measuring device. This is a safe and convenient electrical measuring device that does not use radiation, so there is no need to apply for a license or radiation safety certificate from the experimenter. The operation is quick and does not destroy the foundation material, so it is especially suitable for projects that require fast construction progress. The EDGe includes two independent devices, one for use in the laboratory and one for use in the field; the EDGe provides non-nuclear field electrical density measurements based on laboratory test data. The article presents a preliminary study of testing using EDGe electrical measuring equipment. This testing method is new and has not been widely applied in Vietnam, so there are no testing standards yet. This is also an initial study for the future standard compilation.

KEYWORDS: Compaction, EDGe electrical density gauge,...

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong lĩnh vực xây dựng nền móng và công trình giao thông, chất lượng đầm nén của đất đắp đóng vai trò quyết định đối với sự ổn định, khả năng chịu tải và tuổi thọ của công trình. Độ chặt của lớp đất được đánh giá thông qua hệ số đầm chặt K, giữa tỷ lệ giữa khối lượng thể tích khô của đất tại hiện trường và khối lượng thể tích khô lớn nhất trong phòng thí nghiệm. Giá trị K không chỉ là chỉ tiêu phản ánh hiệu quả thi công mà còn là thông số kiểm soát chất lượng bắt buộc trong quá

trình nghiệm thu các lớp kết cấu nền đắp. Một nền đất không đạt độ chặt yêu cầu có thể dẫn đến hiện tượng lún không đều, nứt kết cấu hoặc hư hỏng sớm công trình, gây thiệt hại về kinh tế. Do đó, việc lựa chọn phương pháp kiểm tra độ chặt tại hiện trường vừa chính xác và an toàn luôn là vấn đề được quan tâm trong quản lý chất lượng xây dựng. Trong bối cảnh đó, thiết bị đo mật độ điện (Electrical Density Gauge - EDG) được phát triển như một giải pháp tiềm năng cho các phương pháp kiểm tra độ chặt truyền thống.

Tuy nhiên, mức độ chính xác và độ tin cậy của phương pháp EDG phụ thuộc đáng kể vào đặc tính đất, độ ẩm, thành phần hạt và điều kiện môi trường địa chất. Ở Việt Nam, số liệu đánh giá, hiệu chuẩn và ứng dụng thực tế của thiết bị này còn hạn chế, dẫn đến nhu cầu cần thiết về một nghiên cứu kiểm chứng toàn diện. Do đó, việc tiến hành nghiên cứu, đánh giá của phương pháp EDG là cần thiết, từ đó góp phần xây dựng cơ sở khoa học cho việc đưa thiết bị này vào áp dụng rộng rãi trong thực tế thi công. Tại một số nước khu vực châu Á, phương pháp kiểm tra này vẫn đang được tiến hành nghiên cứu thực hiện, phát triển vì việc đo mật độ bằng EDG được coi là mới, đang trong giai đoạn tìm hiểu.

2. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Giới thiệu thiết bị

Máy đo mật độ điện mới Model E (EDGE) của Humboldt được sử dụng để xác định mật độ và độ ẩm của các vật liệu, đất tự nhiên phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của dự án. EDGE bao gồm hai thiết bị độc lập, một thiết bị sử dụng trong phòng thí nghiệm và một thiết bị sử dụng tại hiện trường, hoạt động cùng với việc sử dụng ứng dụng Microsoft để đảm bảo các phép đo chính xác. EDGE cung cấp mối tương quan trực tiếp giữa dữ liệu thử nghiệm Proctor của mẫu đất, vật liệu đại diện trong phòng thí nghiệm và kết quả đo của cùng loại vật liệu trên hiện trường.

2.2. Phương pháp đo

a. Thiết bị đo trong phòng thí nghiệm EDGE

Trong quá trình thử nghiệm trong phòng thí nghiệm, cảm biến phòng thí nghiệm EDGE và máy tính xách tay hoặc máy tính bảng Windows 10 được sử dụng để thu thập và quản lý dữ liệu vật lý và điện trong quá trình thử nghiệm Proctor. Phần mềm tạo ra đường cong Proctor hiển thị mật độ khô tối đa ở độ ẩm tối ưu được tính toán, được lưu, in để báo cáo khách hàng, các mối tương quan rút ra từ thực nghiệm liên quan đến các đặc tính điện và vật lý của vật liệu/đất được lên kế hoạch đổ và đầm nén trên các công trường xây dựng, chẳng hạn như xây dựng đường hoặc nền móng khác. Dữ liệu vật lý và điện từ thử nghiệm Proctor được lưu trên máy tính xách tay của phòng thí nghiệm. Sau đó, dữ liệu này có thể được truyền đến máy tính bảng Windows 10 tại hiện trường để sử dụng với thiết bị hiện trường EDGE nhằm kiểm tra chất lượng của dự án triển khai.



Hình 1: Thiết bị đo EDGe-H-6500L.3F trong phòng



Hình 2: Thiết bị đo cảm biến EDG Lab

- 1) Bộ cảm biến đất, phiên bản phòng thí nghiệm
- 2) Đầu dò nhiệt độ
- 3) Phi tiêu 4 inch
- 4) Đế khuôn nhựa Proctor
- 5) Búa
- 6) Máy tính Windows 10
- 7) Đầu dò nhiệt độ spike
- 8) Dụng cụ đặt phi tiêu
- 9) Đầu dây sạc cảm biến

b. *Thiết bị đo hiện trường EDGe*: là thiết bị chạy bằng pin, có thể sử dụng ở mọi nơi và không có quy định liên quan đến thiết bị hạt nhân, sử dụng hộp đựng nhẹ để dễ dàng vận chuyển và lưu trữ. Chỉ cần lấy hộp đựng và đến địa điểm thử nghiệm. Trong quá trình kiểm tra chất lượng tại hiện trường, cảm biến trường EDGe và máy tính bảng hoặc máy tính chạy Windows 10 sẽ quản lý dữ liệu dự án. Phần cứng EDGe được sử dụng cùng với cảm biến trường EDGe và máy tính bảng để kiểm tra mật độ và độ ẩm của vật liệu đắp tại hiện trường.

- EDGe đo các đặc tính điện của vật liệu và tính toán các đặc tính vật lý bằng cách sử dụng mối quan hệ đã được thiết lập giữa các đặc tính điện và vật lý từ thử nghiệm hiệu chuẩn Proctor của cùng loại cốt liệu được thực hiện trong phòng thí nghiệm. Việc kiểm tra hiện trường mất vài phút để thực hiện và các đặc tính vật liệu được hiển thị theo thời gian thực cũng như được lưu để báo cáo. Báo cáo hiện trường EDGe cung cấp cho khách hàng dữ liệu kiểm soát chất lượng bao gồm mật độ khô của vật liệu được nén, mật độ ướt, phần trăm độ ẩm, độ nén tương đối, ngày, giờ, tọa độ GPS và bản đồ vị trí,

có thể bao gồm thông tin bổ sung về dự án như tên và số dự án, số nhận dạng duy nhất của cảm biến trường EDGe, tên nhà điều hành EDGe, tên công ty và các thông tin khác trong phần nhận xét, chẳng hạn như điều kiện thời tiết, nếu cần.



Hình 3: Thiết bị đo EDGe-H-6500F.3F hiện trường



Hình 4: Thiết bị đo cảm biến EDG Field Sites

- 1) Cảm biến đất, phiên bản hiện trường
- 2) Mẫu điện cực
- 3) Đầu dò nhiệt độ
- 4) Phi tiêu 6 inch
- 5) Máy tính bảng
- 6) Đầu dò nhiệt độ spike
- 7) Búa

- Ứng dụng EDGe: được cung cấp miễn phí trên Microsoft App Store. Ứng dụng này cho phép vận hành cả đơn vị phòng thí nghiệm và hiện trường của EDGe, cũng như cung cấp cho đơn vị hiện trường dữ liệu Proctor trong phòng thí nghiệm. Tại hiện trường, ứng dụng sẽ ghi lại mật độ khô, mật độ ướt, phần trăm độ ẩm, độ nén tương đối, ngày tháng - thời gian, tọa độ GPS và tạo bản đồ vị trí. Ứng dụng có thể tạo báo cáo ở định dạng PDF, có thể lưu hoặc chia sẻ với người khác.

- Tính năng của phần mềm EDGe:

- + Tải dữ liệu công việc.
- + Lưu và chia sẻ báo cáo tùy chỉnh ở định dạng PDF.
- + Vận hành cả Đơn vị Phòng thí nghiệm và Hiện trường.
- + Cung cấp cho Đơn vị Hiện trường Dữ liệu Giám thị.

+ Thời gian/Ngày tháng, tem GPS cho mỗi bài kiểm tra.

+ Tạo bản đồ vị trí.

+ Cần có máy tính/máy tính bảng nhưng không được bao gồm.

+ Sử dụng trong phòng thí nghiệm: Bắt kỳ Máy tính xách tay hoặc Máy tính bảng chạy Windows 10 nào có Bluetooth® LE 4.0 trở lên (ví dụ: MS Surface Pro hoặc MS Surface Go 3).

+ Sử dụng tại hiện trường: Máy tính bảng MS Surface Go 3 có vỏ chắc chắn với Bluetooth® LE 4.0 trở lên.

+ Bút tương thích của Microsoft để sử dụng trong phòng thí nghiệm và hiện trường, chuột tùy chọn để sử dụng trong phòng thí nghiệm. Nên sử dụng bàn phím trong phòng thí nghiệm.

+ Phụ kiện: Phi tiêu 4"- H-4114.4, Phi tiêu 6"- H-4114.6; Phi tiêu 8"- H-4114.8, Phi tiêu 10"- H-4114.10, Phi tiêu 12"- H-4114.12, Phi tiêu trung tâm 4" Proctor - H-6500.6. Phi tiêu được thiết kế với nhiều chiều dài khác nhau để tương ứng với các độ cao nâng khác nhau.

2.3. Nguyên lý hoạt động của phương pháp đo

Phương pháp đo mật độ điện (EDG - Electrical Density Gauge) dựa trên nguyên lý phản xạ sóng điện từ tần số cao trong môi trường đất. Sóng điện từ này tương tác với cấu trúc vi mô của đất, đặc biệt là hàm lượng nước và không khí trong lỗ rỗng, từ đó xác định các thông số vật lý của đất:

- Phát sóng điện từ: Thiết bị phát ra tín hiệu điện từ (thường từ 300 MHz - 1,5 GHz) đi qua mẫu đất. Sóng này bị ảnh hưởng bởi hằng số điện môi của đất.

- Quan hệ giữa điện môi - độ ẩm: Hằng số điện môi của nước (~ 80) lớn hơn nhiều so với hạt đất (~ 3 - 7) và không khí (~ 1). Do đó, sự thay đổi độ ẩm của đất sẽ làm thay đổi hằng số điện môi đo được. Từ đó tính toán ra độ ẩm thể tích (w).

- Xác định khối lượng thể tích khô (γ_d): Sử dụng mối quan hệ giữa tốc độ truyền sóng điện từ trong đất và mật độ đất.

Kết hợp kết quả đo độ ẩm - máy tính toán khối lượng thể tích khô γ_d theo công thức:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w} \quad (1)$$

Trong đó:

γ - khối lượng thể tích tự nhiên (tính từ đo sóng điện từ);

w - độ ẩm đất (xác định từ điện môi).

- Hiệu chuẩn và đường chuẩn: Do đặc điểm đất khác nhau (thành phần hạt, khoáng vật, độ dẫn điện...), EDG cần xây dựng đường chuẩn riêng dựa trên thí nghiệm Proctor. Đường chuẩn giúp quy đổi chính xác giữa giá trị điện môi đo được và độ ẩm, mật độ thực tế.

- Kết quả đầu ra: Thiết bị hiển thị trực tiếp: Độ ẩm đất (%); Khối lượng thể tích ẩm (γ); Khối lượng thể tích khô (γ_d).

Như vậy, máy đo mật độ điện EDG đo mật độ (độ chặt) đất bằng cách phân tích các đặc tính điện môi của đất ở tần số vô tuyến, thay vì sử dụng búa xát hạt nhân. Các đầu dò hoặc phi tiêu được cắm vào đất, tạo ra dòng điện tần số vô tuyến tương tác với các đặc tính điện của đất (điện dung và điện trở). Các thuật toán, được phát triển thông qua một “mô hình đất” và được xây dựng bằng cách đối chiếu các phép đo điện của một loại đất cụ thể với độ chặt và độ ẩm đã biết của nó, được xác định bằng các phương pháp truyền thống như phương pháp sấy tủ sấy và phương pháp rót cát. Sau khi mô hình đất được thiết lập, các đặc tính điện đo được từ các điểm thử nghiệm thực địa mới sẽ được sử dụng với các mối tương quan đã thiết lập để xác định độ chặt khô và độ ẩm của đất.

3. CÔNG TÁC THỰC HIỆN, KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM BẰNG MÁY ĐO MẬT ĐỘ ĐIỆN EDGe

3.1. Thử nghiệm trong phòng thí nghiệm

- EDGe sử dụng dữ liệu được xác định trong phòng thí nghiệm để cung cấp kết quả đo chính xác tại hiện trường.

- Việc thu thập vật liệu được thử nghiệm trong phòng thí nghiệm là bước quan trọng nhất trong quá trình sử dụng EDGe.

- Thử nghiệm sẽ bao gồm việc chuẩn bị và tiến hành đầm nén 5 đến 6 cối..., có độ ẩm tăng dần, tốt nhất là ba trong số năm điểm đo được thực hiện dưới độ ẩm tối ưu và hai trong số năm điểm đo được thực hiện trên độ ẩm tối ưu của vật liệu.



Hình 5: Ché bị, ủ mẫu vật liệu trong phòng

- Cần kiểm tra thông số kỹ thuật của dự án để xác định phương pháp chính xác được sử dụng cho quy trình trong phòng thí nghiệm. Để bắt đầu, hãy xác định và ghi lại khối lượng của mỗi khuôn và tấm đế 6 inch (không có vòng đệm). Sau đó, lắp ráp và cố định khuôn vào tấm đế, có thể sử dụng khuôn đo lường ASTM D698 hoặc khuôn đo lường đã được sửa đổi.

- Thực hiện phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn ASTM D1557 cho quá trình đầm nén trong phòng thí nghiệm. Sau đó tiến hành đổ vật liệu vào cối theo thông số kỹ thuật của ASTM, đầm chặt lần lượt các thùng mẫu đã ủ độ ẩm trước đó từ 5 đến 6 cối... Những khuôn này sẽ sử dụng đất có độ ẩm khác nhau để xây dựng đường cong Proctor. Đảm bảo đất đã ổn định độ ẩm được trộn đều và để qua đêm để độ ẩm được phân bố đều khắp mẫu và các chất điện phân trong đất ở trạng thái cân bằng. Sau đó, dùng cân - cân khuôn mẫu và tấm đế để xác định khối lượng trong phạm vi gam gần nhất.



Hình 6: Đầm nén lần lượt mẫu vật liệu ở các độ ẩm đã chế bị trước đó

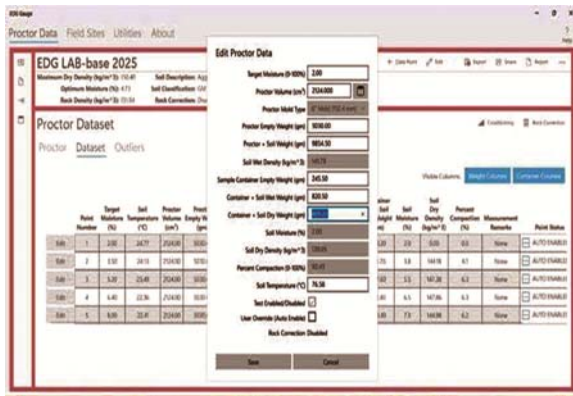
- Lấy khuôn mẫu và tấm đế đặt lên bề mặt ổn định, lấy tấm đế HDPE màu trắng đi kèm với bộ thí nghiệm EDG và đặt nó lên trên khuôn. Lấy phi tiêu thép và dùng búa đi kèm, đập nó vào giữa mẫu bằng cách sử dụng lỗ ở giữa tấm đế HDPE, tháo tấm đế HDPE đảm bảo đập phi tiêu vào mẫu sao cho vai của phi tiêu ngang bằng với bề mặt. Sau đó, lấy dụng cụ đặt phi tiêu, đặt nó lên trên phi tiêu và dùng búa đập vào dụng cụ đặt phi tiêu một lần để đảm bảo điện cực tiếp xúc tốt với vật liệu đang được thử nghiệm để cho phép đo điện tốt nhất có thể. Đây là một bước quan trọng trong thử nghiệm trong phòng.

- Tiếp theo, sử dụng đầu dò có tay cầm hình chữ T và búa đóng đầu dò vào đất. Lấy cảm biến phòng thí nghiệm gắn nó vào thiết bị lắp đặt, gắn thiết bị kết hợp vào phi tiêu, gắn hai chiếc kẹp có dây vào viền của khuôn đo. Cắm dây nguồn vào cạnh bên của cảm biến phòng thí nghiệm EDGe,

bật cảm biến phòng thí nghiệm EDGe bằng cách giữ nút cho đến khi đèn xanh nhấp nháy xuất hiện. Khởi động ứng dụng, nếu chưa kích hoạt cảm biến EDGe Lab, ứng dụng sẽ tự động phát hiện cảm biến chưa được kích hoạt, nhấp vào biểu tượng tệp trống ở bên trái để tạo bộ dữ liệu Proctor mới, của số tập dữ liệu Proctor sẽ xuất hiện, đặt tên cho tập dữ liệu và cung cấp mô tả về đất, điền thông tin thích hợp vào các trường, thông tin này bao gồm: phần trăm độ ẩm mục tiêu, thể tích của cối, trọng lượng của khuôn, trọng lượng rỗng của thùng chứa mẫu, thùng chứa cộng với trọng lượng ướt của đất và thùng chứa cộng với trọng lượng khô của đất.



Hình 7: Lắp đặt bộ cảm biến EDG trong phòng - kết nối với phần mềm EDG trên Windows



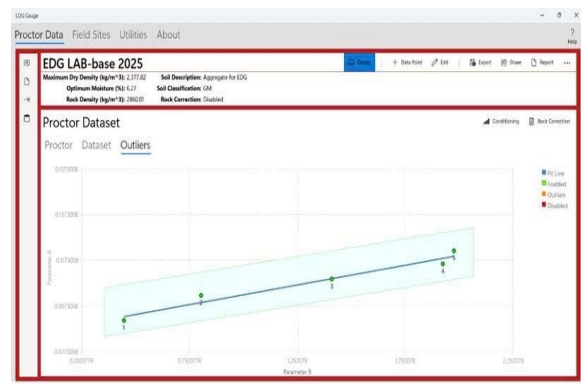
Hình 8: Nhập trực tiếp thông số đầu vào từ phòng thí nghiệm EDG vào phần mềm EDG

Row	Target Moisture (%)	Soil Moisture (%)	Proctor Volume (cm³)	Proctor Weight (g)	Proctor Density (g/cm³)	Sample Weight (g)	Sample Volume (cm³)	Sample Density (g/cm³)	Compaction Ratio (%)	Moisture (%)	Point Status
EDG 1	2.36	14.77	214.80	520.00	2.420	227.00	248.00	0.920	100.0	14.77	None
EDG 2	3.56	14.11	214.80	520.00	2.420	227.00	248.00	0.920	100.0	14.11	None
EDG 3	5.40	12.48	214.80	520.00	2.420	227.00	248.00	0.920	100.0	12.48	None
EDG 4	6.40	11.36	214.80	520.00	2.420	227.00	248.00	0.920	100.0	11.36	None
EDG 5	6.40	10.48	214.80	520.00	2.420	227.00	248.00	0.920	100.0	10.48	None

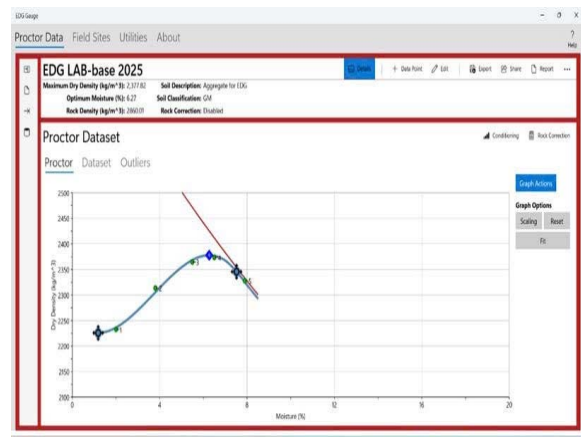
Hình 9: Bảng tính toán các thông số sau khi đầm nén

Nhập đầy đủ dữ liệu trống cần khai báo từng cối thử nghiệm, từ đó phần mềm ứng dụng EDGe tự động tính toán các con số về mật độ ẩm của đất, cũng như tỷ lệ phần trăm độ ẩm của đất, mật độ khô của đất và tỷ lệ phần trăm nén của từng cối đã đầm nén.

Khi tất cả các phép đo đã được thực hiện, ứng dụng EDG sẽ hiển thị chúng dưới dạng đường cong, có thể xem đường cong này bằng cách chọn Proctor từ thanh menu. Bằng cách nhấp vào Outliers, sẽ thấy một biểu đồ đơn giản mô tả các điểm dữ liệu dọc theo đường tuyến tính để có chất lượng dữ liệu tốt. Nếu bất kỳ điểm nào là điểm nằm ngoài đường tuyến tính, thì có thể là do tiếp xúc điện kém của phi tiêu với đất đã được nén chặt và điểm này phải được lặp lại, điểm ngoại lệ có thể là đã bị xóa hoặc đơn giản là bị vô hiệu hóa trong tab “Bộ dữ liệu” và máy đo cho điểm độ ẩm đó có thể được lặp lại.



Hình 10: Biểu đồ mô tả các điểm dữ liệu dọc theo đường tuyến tính



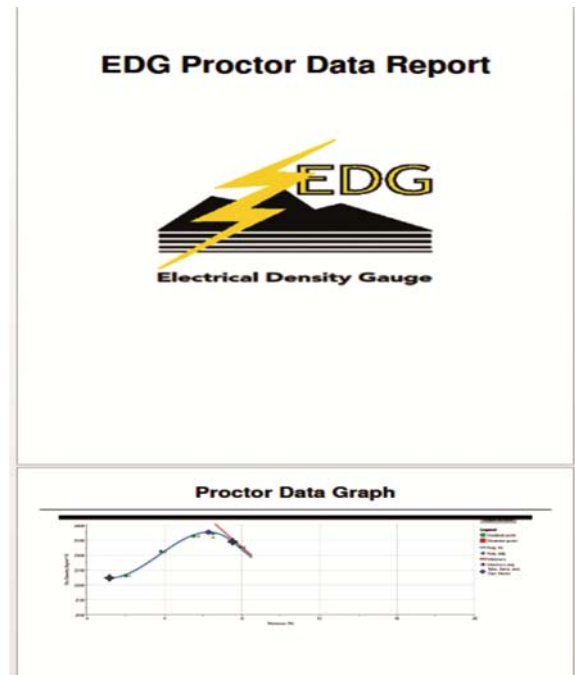
Hình 11: Biểu đồ hiển thị dưới dạng đường cong

Việc kiểm tra trong phòng thí nghiệm hiện đã hoàn tất, bộ dữ liệu đã hoàn thành cần được chuyển sang máy tính bảng hoặc PC sẽ được sử

dụng để kiểm tra hiện trường. Điều này có thể được thực hiện thông qua ổ USB hoặc gửi qua mạng ở máy tính có cài đặt ứng dụng EDGe.



Hình 12: Xuất sang file PDF từ phần mềm EDGe



Hình 13: Chuyển đổi sang file PDF dưới dạng báo cáo

3.2. Thử nghiệm ngoài hiện trường

Để thực hiện kiểm tra hiện trường, trước tiên đặt mẫu điện cực màu vàng xuống đất và tiến hành đóng bốn điện cực vào vị trí thích hợp của chúng trên mẫu. Khi đóng các điện cực vào đất, hãy đảm bảo duy trì sự khít chặt giữa đất và phi tiêu, tiếp theo kết nối cảm biến trường với cụm phi tiêu trường và gắn chúng vào điện cực trung tâm. Nói một trong ba điện cực bên ngoài, tạo một lỗ cho cảm biến nhiệt độ bằng đầu dò có tay cầm hình chữ T, lỗ này phải sâu khoảng ba inch. Sau đó, lắp cảm biến vào lỗ này và cắm cáp nhiệt độ vào đầu vào của nó trên thiết bị hiện trường, giữ cáp lên khỏi mặt đất để đảm bảo kết quả đọc tốt hơn trong quá trình thử nghiệm.



Hình 14: Lắp đặt thiết bị EDGe hiện trường

Để bắt đầu thực hiện, lấy máy tính bảng mở ứng dụng EDG mà đã tải xuống từ Microsoft App store. Khởi động ứng dụng, nếu chưa kích hoạt cảm biến đơn vị EDGe Field, ứng dụng sẽ tự động phát hiện cảm biến chưa được kích hoạt. Điều hướng chính - Tab trang web hiện trường, để bắt đầu kiểm tra hiện trường, nhấp vào tab hiện trường ở đầu cửa sổ thấy một trang bộ dữ liệu trang web trường trống. Bấm vào biểu tượng tập tin ở bên trái, thao tác này sẽ hiển thị biểu mẫu trang web trường mới. Đặt tên cho địa điểm thử nghiệm mới, mở dữ liệu EDG Lab đã có kết quả thử nghiệm trong phòng, liên kết dữ liệu thử nghiệm trong phòng thí nghiệm với thử nghiệm hiện trường, chương trình sẽ đưa mật độ khô tối đa, độ ẩm tối ưu và các thông số kỹ thuật của dự án.

Trên cửa sổ này, cũng có thể đặt phạm vi phần trăm độ ẩm cho thử nghiệm. Nhấp vào nút lưu, thao tác này sẽ đặt các thông số kiểm tra cho tất cả các kiểm tra được chỉ định cho địa điểm hiện trường này. Tiếp theo, nhấp vào nút Thêm và cửa sổ thực hiện kiểm tra trường mới sẽ xuất hiện EDG sẽ mất vài giây để liên kết với thiết bị EDG chính xác. Bấm vào nút thực hiện phép đo EDG sẽ bắt đầu đọc, điều này có thể mất một vài giây, khi hoàn tất, EDG sẽ cung cấp một cửa sổ hiển thị kết quả bài kiểm tra. Nó sẽ liệt kê phần trăm độ ẩm, mật độ ướt, mật độ khô, nhiệt độ, vị trí GPS và kích thước phi tiêu, nhấp vào nút Keep và EDG sẽ lưu thông tin vào tập dữ liệu này. Sau khi nhấp vào nút Keep, chương trình EDG sẽ chuyển sang trang kết quả, trang này sẽ hiển thị kết quả kiểm tra dưới dạng biểu đồ và xác định vị trí điểm kiểm tra trên biểu đồ độ ẩm mật độ khô. Khi thực hiện nhiều vị trí test hơn, kết quả sẽ được thêm vào biểu đồ và đồ thị, cho phép giám sát cũng như theo dõi tất cả

các thử nghiệm trong tập dữ liệu hiện trường, bằng cách nhấp vào tab Bản đồ sẽ thấy tất cả các địa điểm kiểm tra cho địa điểm thực địa, nhấp lại vào trang kết quả và nhấp vào nút chỉnh sửa ở trên cùng, sẽ có thể chỉnh sửa thông tin đặc điểm kỹ thuật của dự án. Khi các thay đổi được thực hiện - hãy nhấp vào nút lưu để lưu các thay đổi. Để tạo báo cáo về tất cả dữ liệu, nhấp vào biểu tượng báo cáo ở đầu cửa sổ.

Như vậy EDGe cung cấp mối tương quan trực tiếp giữa dữ liệu thử nghiệm Proctor của mẫu vật liệu trong phòng thí nghiệm và kết quả đo của cùng vật liệu đó ngoài hiện trường. Các mối tương quan thu được liên quan đến các đặc tính điện và vật lý của cốt liệu hoặc đất được lên lịch đặt và đầm nén tại các công trường xây dựng.

* Đối với thiết bị EDG hiện trường đang được tiến hành nghiệm cứu, chưa được thử nghiệm trực tiếp trên thiết bị, do vậy nghiệm cứu mới dừng lại ở mức tìm hiểu lý thuyết.

3.3. Tiêu chuẩn áp dụng

- AASHTO T 399: Standard Method of Test for Determining In-Place Density and Moisture Content of Soil and Soil-Aggregate Using Complex Impedance Methodology.

- Tổng hợp tiêu chuẩn quốc tế ASTM D7698 và các nghiên cứu trước đây về EDG. Quy trình kiểm tra mật độ đất tại hiện trường bằng EDG đã được một tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc tế như Hiệp hội Vật liệu Thử nghiệm Hoa Kỳ (ASTM) chuẩn hóa trong tiêu chuẩn ASTM D7698/7698M.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Từ những kết quả phân tích và tìm hiểu về thử nghiệm trong phòng và hiện trường về phương pháp dùng thiết bị đo mật độ điện EDG (Electrical Density Gauge), nhận thấy:

- Ưu điểm của máy đo mật độ điện EDG: Thời gian đo điện ngắn, hiển thị trực tiếp khối lượng thể tích khô, độ ẩm có thể kết nối và lưu trữ dữ liệu điện tử, thuận tiện cho quản lý chất lượng. Không tốn chi phí xử lý và quản lý nguồn phóng xạ, giảm nhân lực và thời gian thực hiện thí nghiệm.

+ Thiết bị đo độ chặt nền đất đắp tại hiện trường bằng phương pháp điện được sử dụng công nghệ phi hạt nhân, một công nghệ tiên tiến hàng đầu thế giới, thiết kế đơn giản dễ dàng di chuyển phù hợp cho công trường.

+ EDG hoạt động hiển thị các thông số để liên kết tất cả dữ liệu đo mật độ đất, bao gồm cả mô hình đất được thực hiện, được ghi nhớ bên trong thiết bị và có thể được truy xuất bất cứ lúc nào.

+ EDG không có vấn đề về ô nhiễm môi trường, EDG có thể được sử dụng liên tục để đo trừ khi thiết bị bị hỏng và hết pin.

- Nhược điểm của thiết bị đo mật độ điện EDG:

+ Kết quả phụ thuộc nhiều vào việc xây dựng đường chuẩn cho từng loại đất dựa trên thí nghiệm Proctor. Độ chính xác có thể bị ảnh hưởng do các thao tác thử nghiệm như lắp đặt cảm biến EDGe bị lỏng sẽ xảy ra: tiếp xúc kém với bề mặt đất, sóng điện từ không truyền ổn định vào đất → tín hiệu phản hồi yếu hoặc sai lệch, máy có thể báo kết quả thấp hơn thực tế về mật độ hoặc độ ẩm. khi cảm biến không ép sát, sóng điện từ có thể bị phản xạ trong không khí - máy có thể hiểu vật liệu có độ rỗng hoặc độ ẩm cao bất thường. Cảm biến bị lỏng → đường chuẩn sai lệch → toàn bộ các phép đo sau này sẽ không chính xác.

+ Thiếu quy định, tiêu chuẩn quốc gia hướng dẫn sử dụng.

+ Ít dữ liệu so sánh thực tế trong điều kiện địa chất đa dạng.

+ Chưa phổ biến rộng rãi tại các công trường ở Việt Nam, chi phí đầu tư ban đầu còn cao.

4.2. Kiến nghị

- Triển khai nghiệm cứu thí điểm EDG tại các dự án giao thông, thủy lợi và công trình dân dụng...

- Xây dựng đường chuẩn riêng cho các loại đất đặc trưng của Việt Nam.

- Biên soạn hướng dẫn kỹ thuật tạm thời, tham khảo ASTM, AASHTO,... tiến tới ban hành TCVN.

- Hiện nay, phương pháp rót cát (Sand Cone) và phương pháp hạt nhân (NDG) đang được sử dụng phổ biến để kiểm tra độ chặt. Tuy nhiên, Sand Cone mất nhiều thời gian, trong khi NDG tiềm ẩn nguy cơ phóng xạ. Máy đo mật độ điện (Electrical Density Gauge - EDG) là một công nghệ mới, an toàn, nhanh và tiện lợi.

- Cuối cùng cần lựa chọn phương pháp phù hợp với yêu cầu dự án. Trong trường hợp việc san lấp mặt bằng có diện tích thi công lớn, nếu thực hiện bằng phương pháp cơ bản khác sẽ tốn rất nhiều nhân lực để đẩy nhanh tiến độ, có thể đưa ra lựa chọn EDG cho công tác san lấp mặt bằng, giải pháp tốt cho các dự án lớn và quan trọng.

- Cần lưu ý khi sử dụng EDG do bản chất của hằng số điện, nhiệt độ ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác của phép đo. Đầu dò nhiệt độ cần được sử dụng trong quá trình phát triển mô hình đất, nếu không kết quả đo mật độ và độ ẩm của đất sẽ có sai số. Ví dụ, nếu chúng ta đo mật độ và độ ẩm vào ban ngày nắng nóng so với ban đêm lạnh giá, kết quả sẽ có sự khác biệt đáng kể. Tuy nhiên, khi sử dụng đầu dò nhiệt độ khi phát triển mô hình đất, tất cả các giá trị hằng số điện môi sẽ được cân bằng ở 15,5°C.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ASTM International (2021) *ASTM 7698 - 21: Standard Test Method for In-Place Estimation of Density and Water Content of Soil and Aggregate by Correlation with Complex Impedance Method*.
- [2] Humboldt EDGe, (2023) “*Testing Equipment For humboldt construction material*”, Model H-6500.3F, Humboldt.