



Original Article

Application of the Advanced 2D Multi-electrode Electrical Exploration Method in Surveying Dyke's Current Condition and Its Contribution to Assessing the Stability of Dyke

Do Anh Chung^{1,2}, Vu Duc Minh^{2,*}

¹*Institute for Ecology and Works Protection, Vietnam Academy for Water Resources,
171 Tay Son, Dong Da, Hanoi, Vietnam*

²*VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

Received 09 January 2019

Revised 15 March 2019; Accepted 16 March 2019

Abstract: One of the important issues in assessing dykes' stability is to survey and assess their current condition. This article introduces some new results obtained from the applying of the Advanced 2D Multi-electrode Electrical Exploration method in surveying the current condition of the Red River dyke in Hanoi, the Cau River dyke and the Thai Binh River dyke in Bac Ninh province. Comparing the survey results of the Advanced 2D Multi-electrode Electrical Exploration method with those of the drilling method shows similar layering results. However, it is very difficult to identify objects that cause instability in the body and foundation of dyke (seepage caused by sand lens, mud pit inside dyke's foundation...) using drilling and sampling method, while these objects can be identified by the Advanced 2D Multi-electrode Electrical Exploration method. Therefore, instead of the traditional surveying method, it is highly possible to apply the Advanced 2D Multi-electrode Electrical Exploration method in surveying the current condition of dykes to contribute to the assessing of the stability of dyke sections to add into and complete the database on dykes for efficient management and maintenance of dykes.

Keywords: Fractures, determining seepage, heterogeneous, Advanced 2D Multi-electrode Exploration.

*Corresponding author.

Email address: minhvd@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4855>



Áp dụng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến để khảo sát hiện trạng, góp phần đánh giá độ ổn định của đê

Đỗ Anh Chung^{1,2}, Vũ Đức Minh^{2,*}

¹*Viện Sinh thái và Bảo vệ công trình, Viện Khoa học Thủy Lợi Việt Nam,
171 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam*

²*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 09 tháng 1 năm 2019

Chỉnh sửa ngày 15 tháng 03 năm 2019; Chấp nhận đăng ngày 16 tháng 03 năm 2019

Tóm tắt: Một trong những vấn đề quan trọng để đánh giá độ ổn định của đê là phải khảo sát, đánh giá được hiện trạng của chúng. Bài báo giới thiệu một số kết quả mới thu được khi áp dụng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến để khảo sát hiện trạng đoạn đê sông Hồng thuộc thành phố Hà Nội, sông Cầu và sông Thái bình thuộc tỉnh Bắc Ninh. So sánh kết quả khảo sát giữa phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và phương pháp khoan cho thấy các kết quả phân lớp phù hợp nhau. Tuy nhiên, phương pháp khoan và lấy mẫu rất khó có thể xác định được các đối tượng gây mất an toàn cho thân và nền đê (các dòng thấm do thấu kính cát, các túi bùn nằm trong nền đê...), mà những đối tượng này lại xác định được bằng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến. Vì vậy, hoàn toàn có thể áp dụng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến để khảo sát hiện trạng và góp phần đánh giá độ ổn định các đoạn đê, tuyên đê thay cho các phương pháp khảo sát truyền thống nhằm bổ sung và hoàn thiện dữ liệu về đê điều phục vụ cho công tác quản lý, duy tu đê điều đạt hiệu quả cao.

Từ khóa: Khe nứt, vùng thấm, bất đồng nhất, Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến.

1. Đặt vấn đề

Hệ thống đê ở nước ta đã được xây dựng cách đây khá lâu. Do hạn chế về điều kiện kỹ thuật và kinh tế cũng như công tác thăm dò địa chất, thiết kế và thi công công trình, v.v... nên

không tránh khỏi có những khiếm khuyết nhất định. Thêm vào đó, hệ thống đê, đập đã phải chịu nhiều tác động của tự nhiên trong quá trình sử dụng cho nên đã xuất hiện nhiều dạng ẩn họa trong công trình. Đây là những nguyên nhân gây ra sự mất an toàn cho đê, đập.

Việc khảo sát và xử lý các ẩn họa này từ trước đến nay chủ yếu dựa vào các điểm ẩn họa đã lộ, thông qua các biểu hiện trên bề mặt, khi đó sự an toàn của đê đập đã bị đe dọa. Mặt

*Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: minhvd@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4855>

khác, những biểu hiện bên ngoài ấy không thể giúp ta chỉ rõ vị trí của ẩn họa nên khi xử lý phải khoan thăm dò rất tốn kém. Với cách làm này khó phát hiện triệt để các ẩn họa và tính hiệu quả thấp mà giá thành lại cao.

Việc kiểm tra, theo dõi thường xuyên để đảm bảo an toàn cho hệ thống đê đập là một yêu cầu bắt buộc. Cơ sở dữ liệu thu thập được có đầy đủ và chính xác hay không sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến các đánh giá về độ ổn định của đê đập. Vì vậy, để khảo sát toàn diện các ẩn họa trong đê đập, đặc biệt là các ẩn họa không có biểu hiện ra bên ngoài thì phải sử dụng các phương pháp khoa học không phá hủy (trong đó có các phương pháp Địa Vật lý) mới có thể phát hiện ra chúng mà không làm ảnh hưởng đến kết cấu công trình.

Với mục đích trên, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu áp dụng các phương pháp Địa Vật lý để khảo sát ẩn họa trong đê, có so sánh với kết quả của phương pháp khoan, góp phần đánh giá độ ổn định các đoạn đê, tuyến đê nhằm bổ sung và hoàn thiện dữ liệu về đê điều phục vụ cho công tác quản lý, duy tu đê điều đạt hiệu quả cao.

Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày một số kết quả mới thu được nhằm khẳng định tính khả thi của phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến (TDĐC2DCT) trong công tác này.

2. Khu vực nghiên cứu

2.1. Đoạn từ K30+000 đến K30+400 đê hữu Cầu, tỉnh Bắc Ninh

Đoạn K30+000 - K30+400 đê hữu Cầu thuộc địa phận xã Tam Giang, huyện Yên Phong, tỉnh Bắc Ninh.

Chiều dài của đê là 20,6km, cao trình mặt đê từ +(9,5 - 9,7). Đoạn K28+860 - K48+800 đã được hoàn thiện mặt cắt và cứng hoá mặt đê, có chiều rộng mặt đê bê tông là 5m, lề mỗi bên là 0,5m, mái phía sông đạt 2, mái phía đồng đạt 3. Qua kiểm tra toàn tuyến đê vẫn ổn định.

2.2. Đoạn từ K2+000 đến K2+400 đê hữu Thái Bình, tỉnh Bắc Ninh

Đoạn K2+000 - K2+400 đê hữu Thái Bình thuộc địa phận xã Trung Khê, huyện Lương Tài, tỉnh Bắc Ninh.

Tuyến đê huyện Lương Tài dài hơn 10km trong đó gồm 500m đê hữu Đuống (K59+100 - K59+600) và 9.680m đê hữu Thái Bình (K0 - K9+680). Hiện tuyến đê hữu Thái Bình được nâng cấp mở rộng mặt đê $b = 9\text{m}$ (mặt bê tông 7m). Đền nay cơ bản đổ bê tông xong. Riêng đoạn K3+050 - K3+080 chưa đổ bê tông (liên quan đến dự án làm lại công trạm bơm Khê Vàng I tại K3+070). Công trình duy tu đê điều hoàn thành năm 2017: sửa chữa các điểm lún sụt bong xô, nứt bê tông đường quản lý đã được thi công và nghiệm thu xong.

2.3. Đoạn từ K80+600 đến K81+000 đê hữu Hồng, thành phố Hà Nội

Đoạn K80+600 - K81+000 đê hữu Hồng thuộc địa phận xã Ngũ Hiệp, xã Yên Mỹ, huyện Thanh Trì, Hà Nội. Đê hữu Hồng qua địa bàn huyện Thanh Trì dài 6,78km.

Đoạn đê khảo sát nằm chung trong 3,49km đê chưa được trồng tre chắn sóng, có đường hành lang chân đê (đường bê tông) phía đông; không có đầm ao chưa được lấp ở cả phía sông và phía đông. Theo đánh giá hiện trạng công trình của hạt quản lý đê điều số 1, đoạn đê khảo sát (K80+600 - K81+000) không xảy ra hiện tượng thấm lậu, rò rỉ, sụt trượt hay mạch sùi, các giếng giảm áp bao gồm 10 giếng giảm áp cách chân đê 18m vẫn hoạt động bình thường.

3. Phương pháp tiến hành

3.1. Phương pháp sử dụng và sơ đồ các tuyến đo

3.1.1. Phương pháp sử dụng

- Sử dụng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến [1, 2] để khảo sát, phát hiện vùng thấm, bất đồng nhất theo độ chặt và khe nứt:

+ Với mỗi đoạn, khảo sát 03 tuyến: 02 tuyến khảo sát ở hai rìa mép đê phía sông và phía đồng; 01 tuyến ở mái đê phía đồng (phục vụ khảo sát, phát hiện vùng thấm và bất đồng nhất theo độ chặt).

+ Số điểm quan sát: Khảo sát đến độ sâu 20m; bố trí các điện cực MC đối xứng và MC

lượng cực cách đều nhau 5m dọc theo tuyến đo; tổng số điểm quan sát là 4.800 điểm (khảo sát, phát hiện vùng thấm, bất đồng nhất) và 3.200 điểm (khảo sát, phát hiện khe nứt).

- Sau khi đo 2D, tiến hành đo 1 điểm đo sâu tại vị trí dự kiến khoan để so sánh với kết quả khoan.

3.1.2. Sơ đồ các tuyến đo



trong đó:

— Tuyến đo điện: 3 tuyến đo MC đối xứng và 2 tuyến đo MC lưỡng cực rìa đê

Hình 1. Sơ đồ tuyến khảo sát đoạn K30+000 - K30+400 đê hữu Cầu - Yên Phong - Bắc Ninh.



trong đó:

— Tuyến đo điện: 3 tuyến đo MC đối xứng và 2 tuyến đo MC lưỡng cực

Hình 2. Sơ đồ tuyến khảo sát đoạn K2+000 - K2+400 đê hữu Thái Bình.



trong đó:

— Tuyến đo điện: 3 tuyến đo MC đối xứng và 2 tuyến đo MC lưỡng cực

Hình 3. Sơ đồ tuyến khảo sát đoạn K80+500 - K80+900 đê hữu Hồng.

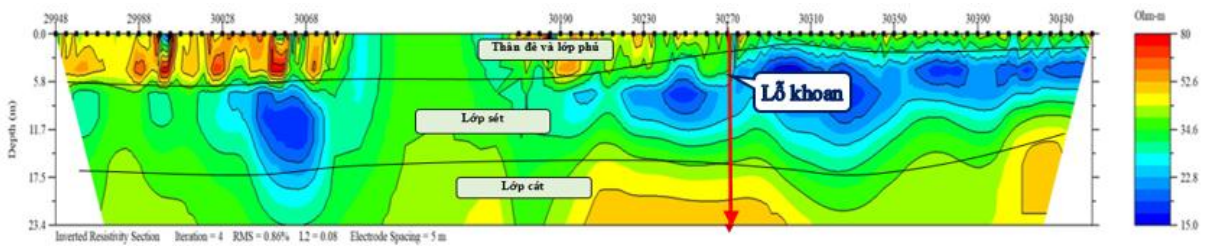
3.2. Công tác khoan địa chất

Trên mỗi đoạn đê, sau khi xử lý số liệu và minh giải tài liệu đo Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến; bố trí 01 mặt cắt khoan khảo sát địa chất tại vị trí có bất thường về điện trở suất. Mỗi mặt cắt khoan 02 lỗ khoan bao gồm 01 lỗ khoan bên rìa phía đồng và 01 lỗ khoan rìa phía sông, với độ sâu là 24 m/1 lỗ khoan.

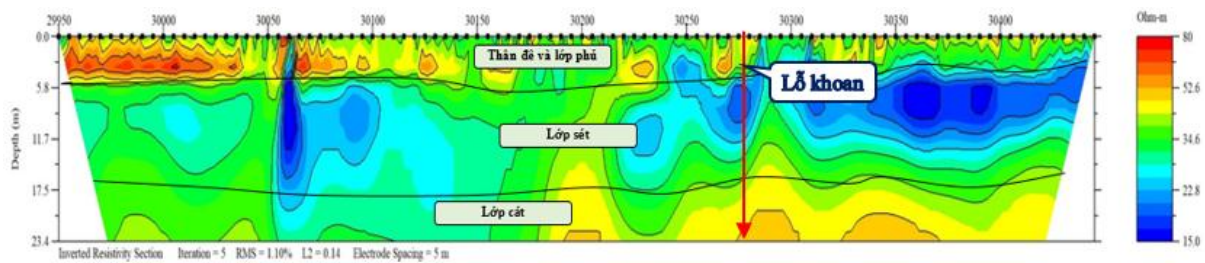
4. Kết quả khảo sát

4.1. Kết quả khảo sát trên đoạn từ K30+000 đến K30+400 đê hữu sông Cầu - Yên Phong - Bắc Ninh

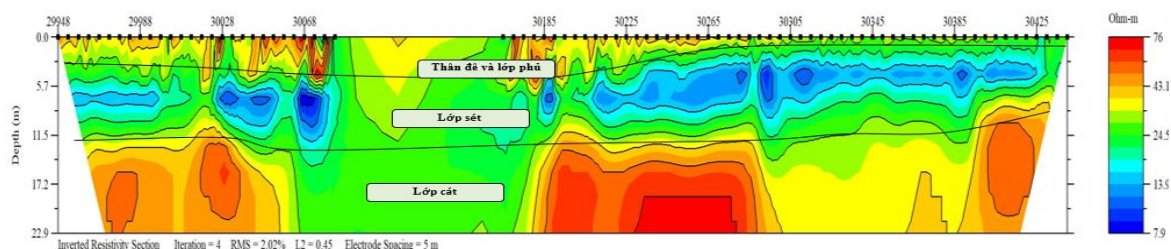
4.1.1. Kết quả khảo sát thâm và bất đồng nhất bằng Thăm dò điện đa cực 2D đối xứng cải tiến



Hình 4. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía sông đoạn K29+950 - K30+450.



Hình 5. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía đồng đoạn K29+950 - K30+450.



Hình 6. Kết quả khảo sát tuyến cơ đê phía đông đoạn K29+950 - K30+450.

Kết quả khảo sát xác định vùng thắm tại đoạn đê từ K30+000 đến K30+400 cho thấy cả 03 tuyến đo đều xác định được 03 phân lớp về điện trở suất khá rõ ràng, cụ thể như sau:

- Với 02 tuyến khảo sát ở rìa đê phía sông và phía đông (hình 4 và hình 5), chiều dày lớp thứ nhất dao động từ 4m đến 5m và có điện trở suất trung bình từ 50 đến 60Ωm. Lớp thứ 2 là lớp đất sét có điện trở suất từ 20 đến 30Ωm. Lớp này nằm ở độ sâu từ 5m đến 17m. Lớp thứ 3 là lớp cát có điện trở suất từ 50 đến 60Ωm, nằm ở độ sâu từ 17m đến 23m.

- Trên hình 6 là kết quả của tuyến khảo sát tại chân đê cho thấy, lớp thứ nhất có điện trở suất trung bình từ 50 đến 60Ωm, chiều dày từ

1m đến 3m. Lớp thứ 2 là lớp đất sét có điện trở suất từ 20 đến 30Ωm, nằm ở độ sâu từ 3m đến 12m. Lớp thứ 3 là lớp cát có điện trở suất từ 50 đến 80Ωm, nằm ở độ sâu từ 12m đến 23m.

Kết quả xác định các lớp theo phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan, được biểu diễn so sánh trên bảng 1 và bảng 2, cho thấy chiều sâu và vị trí các lớp giữa hai phương pháp tương đối chính xác. Tuy nhiên, phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến chỉ có thể xác định được các lớp có sự khác biệt về điện trở suất chứ không xác định rõ được 2 lớp sét nằm cạnh nhau mà có giá trị điện trở suất tương đồng nhau.

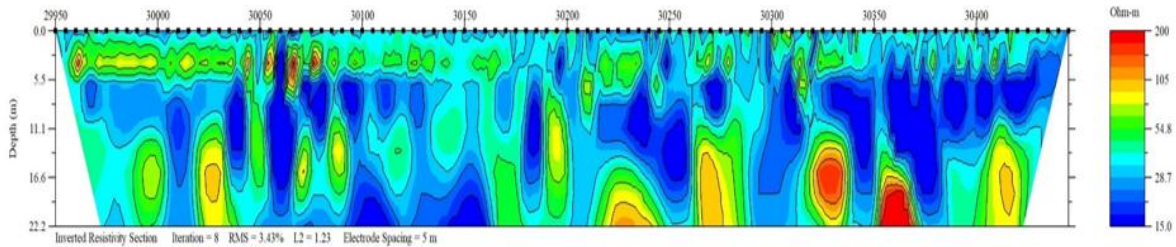
Bảng 1. Kết quả xác định lớp và ẩn họa theo phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan ở mái đê phía đông

Mô tả lớp theo khoan	Chiều sâu lớp theo lỗ khoan (m)		Chiều sâu lớp theo TDĐC2DCT (m)		Mô tả lớp theo TDĐC2DCT
	Mặt lớp	Đáy lớp	Mặt lớp	Đáy lớp	
Lớp 1: Nền đường sét pha lẫn dăm sạn, màu xám vàng, xám nâu.	0	1,8			Điện trở suất trung bình từ 50 đến 60Ωm là lớp đất đắp thân đê.
Lớp 2: Sét pha màu xám nâu. Trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng.	1,8	3,5	0	3,3	
Lớp 3: Sét màu xám ghi, nâu vàng, xám nâu. Trạng thái nửa cứng	3,5	9			Lớp đất sét có điện trở suất từ 20 đến 30Ωm.
Lớp 4: Sét pha màu xám đen, xám ghi lẫn hữu cơ. Trạng thái dẻo cứng.	9	12	3,3	16,5	
Lớp 5: Sét pha - cát pha màu xám ghi, nâu hồng. Trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng.	12	16,5			
Lớp 6: Cát hạt vừa đến thô màu xám vàng. Trạng thái chặt vừa.	16,5	0	16,5	0	Lớp cát có điện trở suất từ 50 đến 60Ωm.

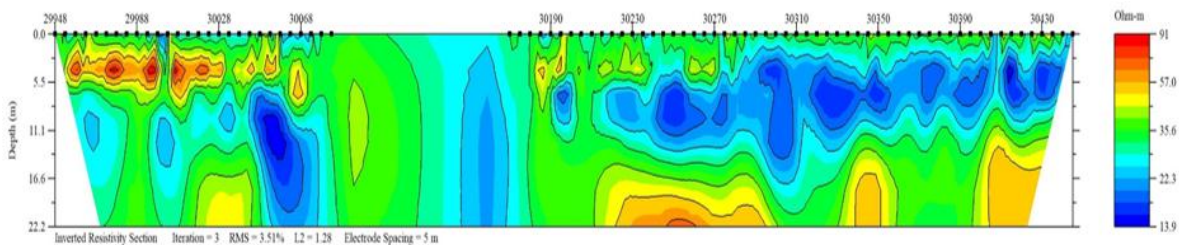
Bảng 2. Kết quả xác định lớp và ẩn họa theo phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan ở mái đê phía sông

Mô tả lớp theo khoan	Chiều sâu lớp theo lỗ khoan (m)		Chiều sâu lớp theo TDĐĐC2DCT (m)		Mô tả lớp theo TDĐĐC2DCT
	Mặt lớp	Đáy lớp	Mặt lớp	Đáy lớp	
Lớp 1: Nền đường sét pha lẫn dăm sạn, màu xám vàng, xám nâu.	0	1,6			Điện trở suất trung bình từ 50 đến 60Ωm là lớp đất đắp thân đê.
Lớp 2: Sét pha màu xám nâu. Trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng.	1,6	3,4	0	5	
Lớp 3: Sét màu xám ghi, nâu vàng, xám nâu. Trạng thái nửa cứng	3,4	9			Lớp đất sét có điện trở suất từ 20 đến 30Ωm.
Lớp 4: Sét pha màu xám đen, xám ghi lẫn hữu cơ. Trạng thái dẻo cứng.	9	12,3	5	16,5	
Lớp 5: Sét pha - cát pha màu xám ghi, nâu hồng. Trạng thái dẻo mềm đến dẻo cứng.	12,3	16,4			
Lớp 6: Cát hạt vừa đến thô màu xám vàng. Trạng thái chặt vừa.	16,4	0	16,5	0	Lớp cát có điện trở suất từ 50 đến 60Ωm.

4.1.2. Kết quả khảo sát khe nứt trên thân đê bằng Thăm dò điện đa cực 2D lưỡng cực cải tiến



Hình 7. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía sông đê hữu Cầu đoạn K30+000 - K30+400.

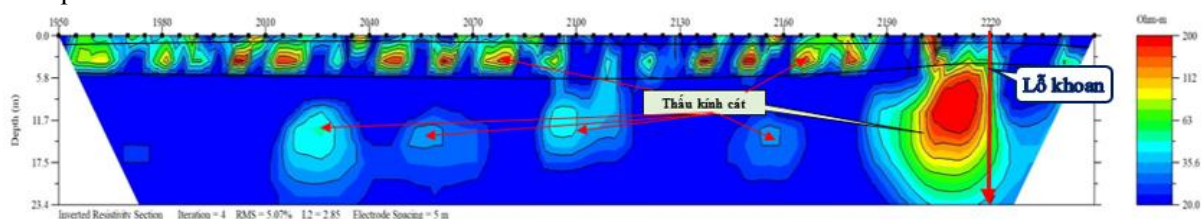


Hình 8. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía đồng đê hữu Cầu đoạn K30+000 - K30+400.

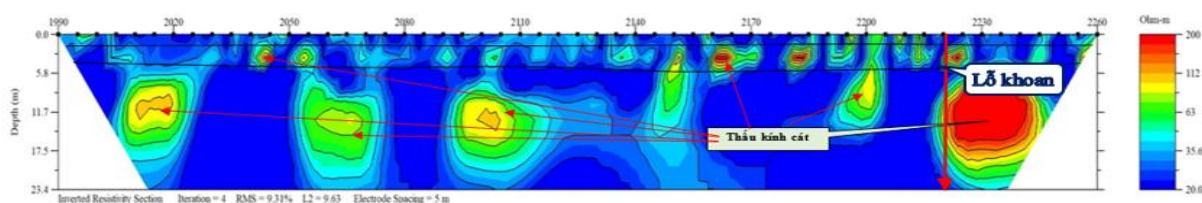
Trên hình 7 và hình 8 là kết quả khảo sát, phát hiện khe nứt tại đoạn đê từ K30+000 đến K30+400 ở hai vị trí rìa đê phía sông và phía đồng. Với hai kết quả cho thấy, trên đoạn này không phát hiện bất thường nào về điện trở suất liên quan đến khe nứt.

4.2. Kết quả khảo sát trên đoạn từ K2+000 đến K2+400 đê hữu sông Thái Bình - Lương Tài - Bắc Ninh

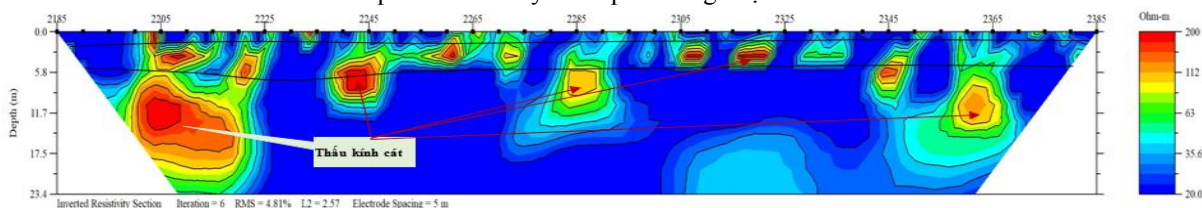
4.2.1. Kết quả khảo sát thắm và bất đồng nhất bằng Thăm dò điện đa cực 2D đối xứng cải tiến



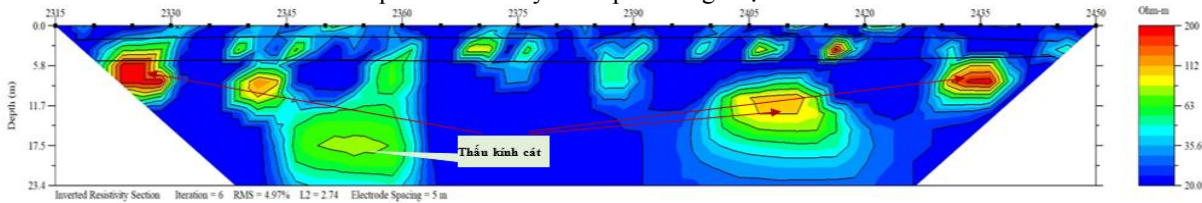
Hình 9. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía sông đoạn K1+950 - K2+250.



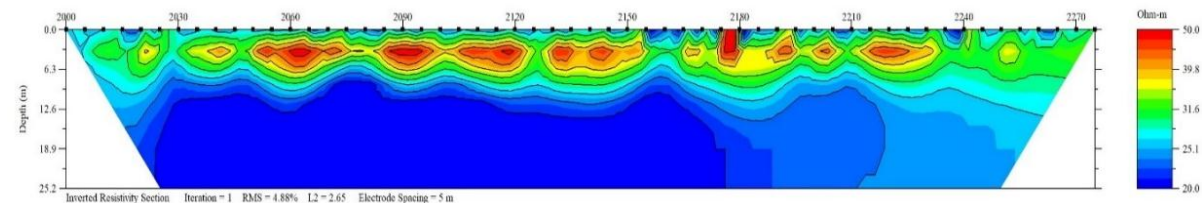
Hình 10. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía đồng đoạn K1+990 - K2+260.



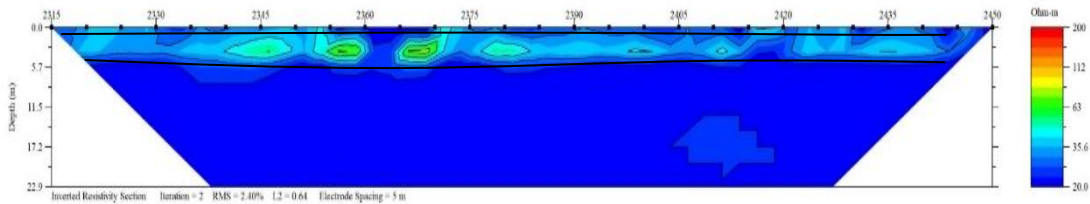
Hình 11. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía sông đoạn K2+200 - K2+400.



Hình 12. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía đồng đoạn K2+300 - K2+450.



Hình 13. Kết quả khảo sát tuyến cơ phía đồng đoạn K2+000 - K2+270.



Hình 14. Kết quả khảo sát tuyến cơ phía đông đoạn K2+300 - K2+450.

Kết quả các mặt cắt địa điện 2D tại đoạn từ K2+000 đến K2+400 đề hữu Thái Bình cho thấy trên đoạn đề tồn tại 03 phân lớp về điện trở suất, cụ thể:

- Trên các hình từ 9 đến 12 là kết quả của hai tuyến khảo sát tại rìa đê phía sông và phía đông. Lớp thứ nhất là lớp đất phủ thân đê có điện trở suất trung bình từ 20Ωm đến 30Ωm và dày từ 0m đến 2,0m. Lớp thứ 2 có điện trở suất từ 30 đến 40Ωm, nằm ở độ sâu từ 2m đến 6m; trong lớp này xuất hiện nhiều vị trí có dị thường điện trở suất cao lên đến khoảng 200Ωm. Đây là các vỉa cát nằm xen kẽ với lớp đất sét. Lớp thứ 3 có điện trở suất từ 20 đến 30Ωm, nằm ở độ sâu từ 6m đến 23m, trong phân lớp này có một số dị thường điện trở suất cao, kích thước lớn với đường kính đến 10m và điện trở suất lên đến 200Ωm, đây là các thấu kính cát nằm xen kẽ với lớp đất sét.

- Hình 13 và 14 là mặt cắt địa điện của tuyến khảo sát tại chân đê phía đông. Kết quả

cho thấy tại rìa đê phía đông có 03 phân lớp: lớp 1 có điện trở suất từ 20 đến 30Ωm, dày từ 0m đến 2,0m; lớp thứ 2 có điện trở suất từ 30 đến 50Ωm, nằm ở độ sâu từ 2m đến 7m; lớp thứ 3 là lớp đất sét đồng nhất có điện trở suất thấp từ 20 đến 30Ωm, nằm sâu từ 7m trở xuống, tại lớp này không thấy có các dị thường điện trở suất cao hay thấu kính cát nằm xen kẽ với lớp đất sét.

Kết quả xác định các lớp theo phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan, được biểu diễn so sánh trên bảng 3 và bảng 4, cho thấy chiều sâu và vị trí các lớp giữa hai phương pháp tương đối chính xác. Tuy nhiên, trong lớp mà có nhiều các dị thường điểm (độc lập) thì khi khoan sẽ rất khó có thể xác định được các đối tượng này, thậm chí có thể xác định sai chiều sâu và thành phần đất đá nếu khoan đúng vào vị trí của đối tượng điểm như các thấu kính cát nằm xen kẽ trong các lớp đất đá.

Bảng 3. Kết quả xác định lớp và ẩn họa theo phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan ở mái đê phía đông

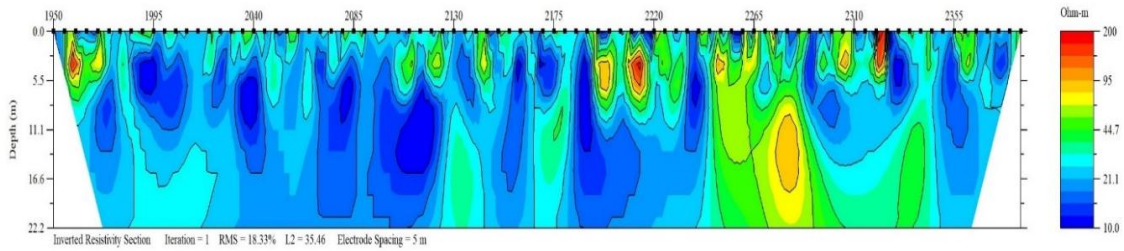
Mô tả lớp theo khoan	Chiều sâu lớp theo lỗ khoan (m)		Chiều sâu lớp theo TDĐC2DCT (m)		Mô tả lớp theo TDĐC2DCT
	Mặt lớp	Đáy lớp	Mặt lớp	Đáy lớp	
Lớp 1: Nền đường bê tông (40cm), cát, sét pha lẫn dăm sạn.	0	1,8	0	2	Lớp 1 là đất phủ thân đê có điện trở suất trung bình từ 20Ωm đến 30Ωm.
Lớp 2: Sét pha kẹp cát pha, đôi chỗ kẹp cát hạt bụi mỏng, màu xám nâu. Trạng thái dẻo mềm.	1,8	8,6	2	6	Lớp thứ 2 có điện trở suất từ 30Ωm đến 40Ωm, nằm ở độ sâu từ 2m đến 6m; trong lớp này xuất hiện nhiều vị trí có dị thường điện trở suất cao lên đến khoảng 200Ωm. Đây là các vỉa cát nằm xen kẽ với lớp đất sét.

Lớp 3: Cát pha màu xám ghi. Trạng thái chảy.	8,6	11,5	6	Lớp thứ 3 có điện trở suất từ 20Ωm đến 30Ωm, nằm ở độ sâu từ 6m đến 23m, trong phân lớp này có một số dị thường điện trở suất cao, kích thước lớn với đường kính đến 10m và điện trở suất lên đến 200Ωm, đây là các thấu kính cát nằm xen kẽ với lớp đất sét.
Lớp 4: Cát hạt mịn, hạt nhỏ màu xám ghi. Trạng thái chặt vừa.	11,5	21,7		
Lớp 5: Sét pha màu xám ghi, xám đen. Trạng thái dẻo chảy đến dẻo mềm.	21,7			

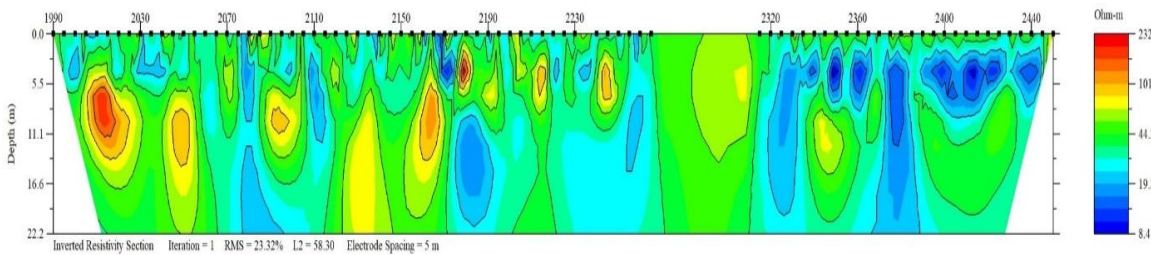
Bảng 4. Kết quả xác định lớp và ẩn họa theo phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan ở mái đê phía sông

Mô tả lớp theo khoan	Chiều sâu lớp theo lỗ khoan (m)		Chiều sâu lớp theo TDĐC2DCT (m)		Mô tả lớp theo TDĐC2DCT
	Mặt lớp	Đáy lớp	Mặt lớp	Đáy lớp	
Lớp 1: Nền đường bê tông (40cm), cát, sét pha lẫn dăm sạn.	0	1,7	0	2	Lớp 1 là đất phủ thân đê có điện trở suất trung bình từ 20Ωm đến 30Ωm.
Lớp 2: Sét pha kẹp cát pha, đôi chỗ kẹp cát hạt bụi mịn, màu xám nâu. Trạng thái dẻo mềm.	1,7	8,8	2	6	Lớp thứ 2 có điện trở suất từ 30Ωm đến 40Ωm, nằm ở độ sâu từ 2m đến 6m; trong lớp này xuất hiện nhiều vị trí có dị thường điện trở suất cao lên đến khoảng 200Ωm. Đây là các vỉa cát nằm xen kẽ với lớp đất sét.
Lớp 3: Cát pha màu xám ghi. Trạng thái chảy.	8,8	10,9			Lớp thứ 3 có điện trở suất từ 20Ωm đến 30Ωm, nằm ở độ sâu từ 6m đến 23m, trong phân lớp này có một số dị thường điện trở suất cao, kích thước lớn với đường kính đến 10m và điện trở suất lên đến 200Ωm, đây là các thấu kính cát nằm xen kẽ với lớp đất sét.
Lớp 4: Cát hạt mịn, hạt nhỏ màu xám ghi. Trạng thái chặt vừa.	10,9	21,9		6	
Lớp 5: Sét pha màu xám ghi, xám đen. Trạng thái dẻo chảy đến dẻo mềm.	21,9				

4.2.2. Kết quả khảo sát khe nứt trên thân đê bằng hệ cực Thẩm dò điện đa cực 2D lưỡng cực cải tiến



Hình 15. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía sông đê hữu Thái Bình đoạn K2+000 - K2+400.

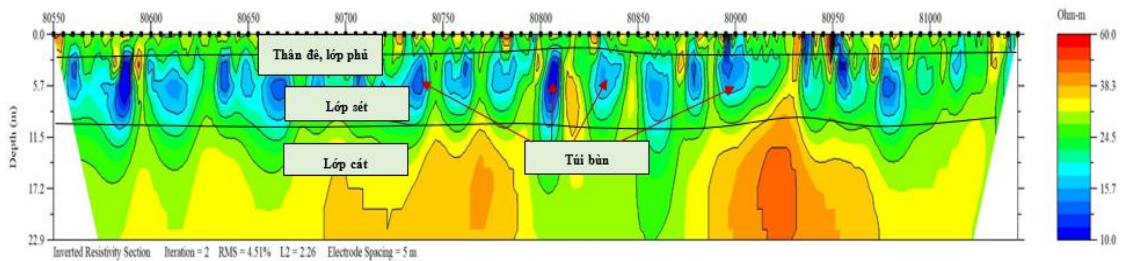


Hình 16. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía đồng đê hữu Thái Bình đoạn K2+000 - K2+400.

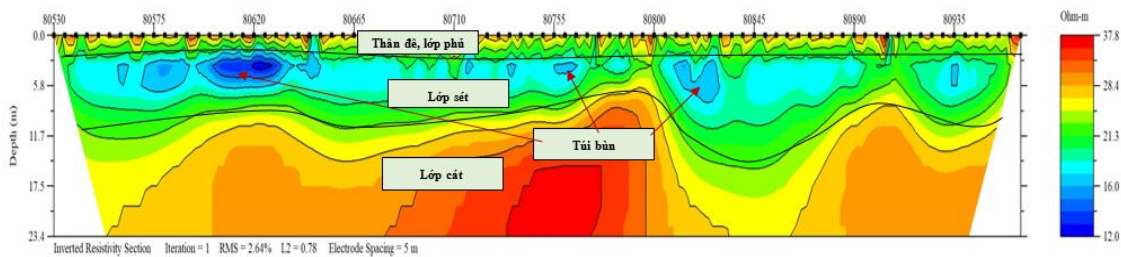
Trên hình 15 và 16 là kết quả khảo sát khe nứt tại đoạn từ K2+000 - K2+400 đê hữu Thái Bình. Kết quả cho thấy trên đoạn đê không phát hiện dấu hiệu bất thường điện trở suất cao liên quan đến khe nứt.

4.3. Kết quả khảo sát trên đoạn từ K80+600 đến K81+000 đê hữu Hồng - Thanh Trì - Hà Nội

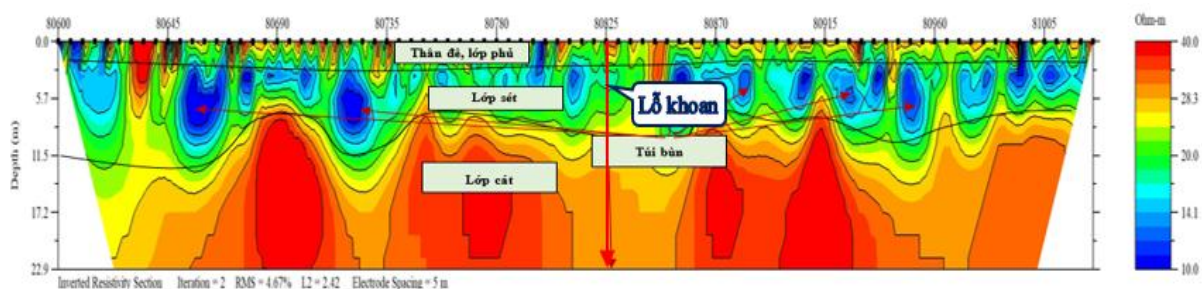
4.3.1 Kết quả khảo sát thềm và bất đồng nhất bằng Thẩm dò điện đa cực 2D đối xứng cải tiến



Hình 17. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía sông đê hữu Hồng đoạn K80+600 - K81+000.



Hình 18. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía đồng đê hữu Hồng đoạn K80+600 - K81+000.



Hình 19. Kết quả khảo sát tuyến cơ phía đòng đê hữu Hồng đoạn K80+600 - K81+000.

Trên hình 17, 18 và 19 là kết quả khảo sát địa điện tại đoạn từ K80+600 - K81+000 đê hữu Hồng cho thấy trên đoạn này có 03 phân lớp điện trở suất: Lớp thứ nhất là lớp phủ thân đê có điện trở suất từ 30Ωm đến 40Ωm, có chiều dày từ 0m đến 3m; Lớp thứ hai là lớp đất sét có điện trở suất thấp từ 10Ωm đến 20Ωm, nằm ở độ sâu từ 3m đến 10m, cá biệt có đoạn

sâu 15m, lớp này có những dị thường điện trở suất thấp là những túi bùn có đường kính từ 10m - 30m; Lớp thứ 3 là lớp cát, với mặt ranh giới thay đổi khá lớn từ 8m đến 16m theo chiều sâu, lớp cát này có điện trở suất từ 40Ωm đến 50Ωm, tại những vị trí có điện trở suất cao có nguy cơ gây ra hiện tượng thấm qua nền đê.

Bảng 5. Kết quả xác định lớp và ẩn họa theo phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan ở mái đê phía sông

Mô tả lớp theo khoan	Chiều sâu lớp theo lỗ khoan (m)		Chiều sâu lớp theo TDĐĐC2DCT (m)		Mô tả lớp theo TDĐĐC2DCT
	Mặt lớp	Đáy lớp	Mặt lớp	Đáy lớp	
Lớp 1: Nền đường sét pha, màu xám vàng, xám nâu.	0	2	0	2	Lớp thứ nhất là lớp phủ thân đê có điện trở suất từ 30Ωm đến 40Ωm, có chiều dày từ 0m đến 3m.
Lớp 2: Sét pha màu xám nâu, xám xanh. Trạng thái dẻo mềm.	2	6,7	2	9	Lớp thứ hai là lớp đất sét có điện trở suất thấp từ 10Ωm đến 20Ωm, nằm ở độ sâu từ 3m đến 10m, cá biệt có đoạn sâu 15m, lớp này có những dị thường điện trở suất thấp là những túi bùn có đường kính từ 10m - 30m.
Lớp 3: Sét pha màu xám nâu, xám ghi, xám đen. Trạng thái dẻo cứng	6,7	9			
Lớp 4: Cát pha - Sét pha màu xám ghi xám nâu. Trạng thái dẻo.	9	16,8	9		Lớp thứ 3 là lớp cát, với mặt ranh giới thay đổi khá lớn từ 8m đến 16m theo chiều sâu, lớp cát này có điện trở suất từ 40Ωm đến 50Ωm.
Lớp 5: Cát hạt mịn màu xám ghi, xám đen. Trạng thái chặt vừa.	16,8				

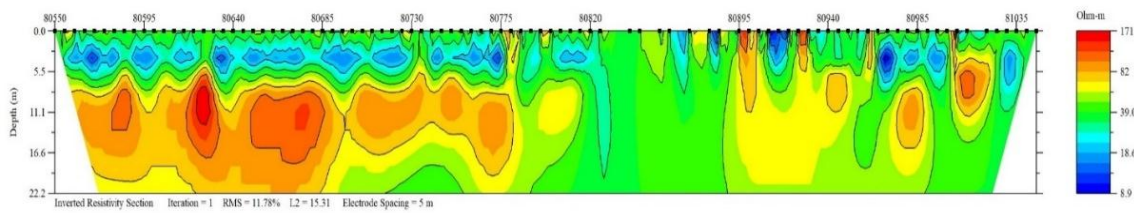
Bảng 6. Kết quả xác định lớp và ẩn họa theo phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan ở mái đê phía đông

Mô tả lớp theo khoan	Chiều sâu lớp theo lỗ khoan (m)		Chiều sâu lớp theo TDĐĐC2DCT (m)		Mô tả lớp theo TDĐĐC2DCT
	Mặt lớp	Đáy lớp	Mặt lớp	Đáy lớp	
Lớp 1: Nền đường sét pha, màu xám vàng, xám nâu.	0	2,2	0	2	Lớp thứ nhất là lớp phủ thân đê có điện trở suất từ 30Ωm đến 40Ωm, có chiều dày từ 0m đến 3m.
Lớp 2: Sét pha màu xám nâu, xám xanh. Trạng thái dẻo mềm.	2,2	6,5			Lớp thứ hai là lớp đất sét có điện trở suất thấp từ 10Ωm đến 20Ωm, nằm ở độ sâu từ 3m đến 10m, cá biệt có đoạn sâu 15m, lớp này có những dị thường điện trở suất thấp là những túi bùn có đường kính từ 10m - 30m.
Lớp 3: Sét pha màu xám nâu, xám ghi, xám đen. Trạng thái dẻo cứng	6,5	9,7	2	9	
Lớp 4: Cát pha - Sét pha màu xám ghi xám nâu. Trạng thái dẻo.	9,7	15,5		9	Lớp thứ 3 là lớp cát, với mặt ranh giới thay đổi khá lớn từ 8m đến 16m theo chiều sâu, lớp cát này có điện trở suất từ 40Ωm đến 50Ωm.
Lớp 5: Cát hạt mịn màu xám ghi, xám đen. Trạng thái chặt vừa.	15,5				

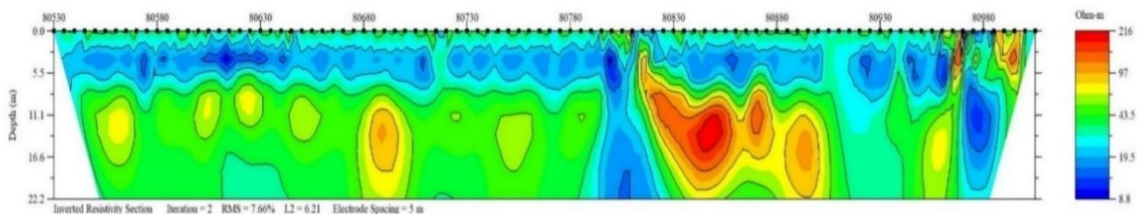
4.3.2. Kết quả khảo sát khe nứt trên thân đê bằng Thăm dò điện đa cực 2D lưỡng cực cải tiến

Hình 20 và 21 là kết quả mặt cắt địa điện của hai tuyến đo rìa đê phía sông và đông trên đoạn từ K80+600 đến K81+000 đê hữu Hồng,

với kết quả này cho thấy đoạn đê không phát hiện có những bất thường điện trở suất cao liên quan đến khe nứt.



Hình 20. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía sông đê hữu Hồng đoạn K80+600 - K81+000.



Hình 21. Kết quả khảo sát tuyến rìa phía đông đê hữu Hồng đoạn K80+600 - K81+000.

4.4. Nhận định kết quả

Kết quả khảo sát trên 03 đoạn đê nêu trên cho thấy:

✓ *Đối với thân đê*

Trên cả 03 đoạn đê không thấy có dấu hiệu của vết nứt ngang đê. Vì vậy không có sự mất an toàn đê do vết nứt gây ra.

✓ *Đối với nền đê*

- Kết quả khảo sát trên đoạn K30+000 - K30+400, đê hữu Cầu cho thấy có sự xuất hiện lớp cát nằm dưới nền đê ở độ sâu khoảng 15m, ngoài ra không thấy có dấu hiệu bất thường nào dưới nền đê.

- Kết quả khảo sát trên đoạn K2+000 - K2+400 đê hữu sông Thái Bình cho thấy lớp dưới thân đê có nhiều dấu hiệu có các lớp cát có thể gây ra thấm. Ngoài ra, tại đoạn này có một số thấu kính cát có kích thước lớn nằm ngay trong thân đê, đây là những đối tượng dễ gây ra thấm cho đê.

- Kết quả khảo sát trên đoạn K80+600 - K81+000 đê hữu Hồng cho thấy có lớp cát nằm ở độ sâu khoảng 8m so với mặt đê nên có thể gây thấm qua nền đê tại những vị trí này.

- Qua kết quả so sánh kết quả khảo sát giữa phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến

và phương pháp khoan cho thấy phương pháp khoan và lấy mẫu có thể xác định được chính xác các lớp đất đá hơn. Tuy nhiên, phương pháp khoan rất khó có thể xác định được các đối tượng gây mất an toàn cho đê như các dòng thấm do thấu kính cát, các túi bùn nằm trong nền đê mà những đối tượng này chỉ có thể được xác định bằng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến.

4.5. So sánh kết quả đo sâu bằng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan địa chất

Dưới đây là một ví dụ về kết quả phân lớp theo tài liệu điểm đo sâu bằng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và tài liệu lỗ khoan tại cùng một vị trí (K80+825 cơ phía đồng đê hữu Hồng, Hà nội). Các kết quả cho thấy khá tương đồng nhau về chiều sâu giữa các lớp (bảng 7 và hình 22). Như vậy hoàn toàn có thể sử dụng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến để xác định phân tầng trong thân và nền đê, giảm thiểu công tác khoan địa chất. Tuy nhiên với phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến thì không thể tách giữa các loại đất sét (sét pha, á sét, sét...) với nhau hoặc các loại cát (cát, á cát...) vì giữa các lớp cùng loại này không có sự chênh lệch đáng kể về độ dẫn điện.

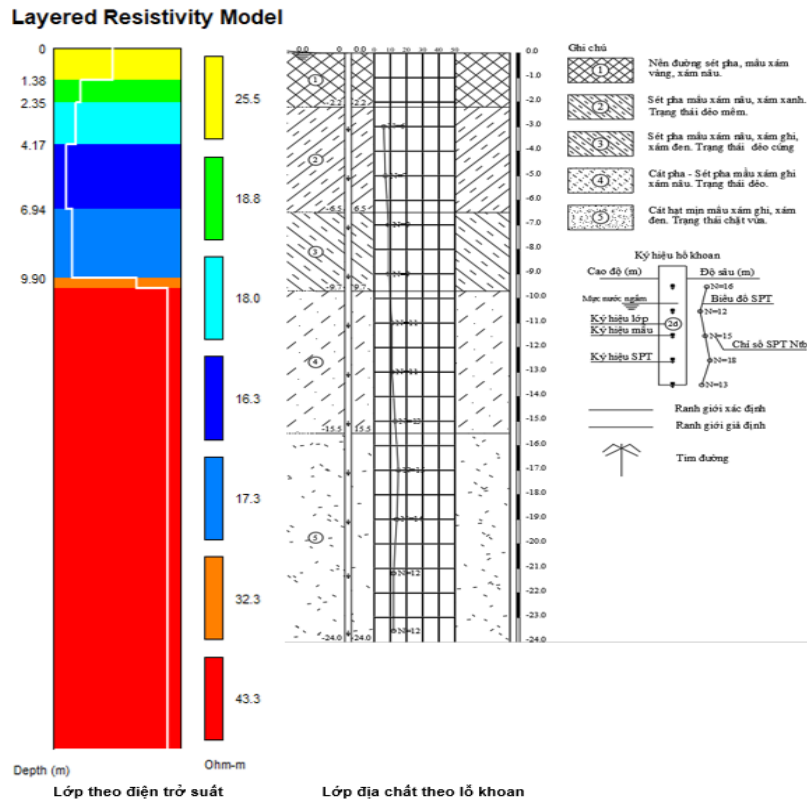
Bảng 7. So sánh kết quả đo sâu bằng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan địa chất

TT	Tên lớp	Loại vật liệu	Chiều sâu các lớp (m)		
			Theo TDĐC2DCT	Theo lỗ khoan	Sai lệch (m)
1	Lớp 1	Nền đường sét pha	2,35	2,2	0,15
2	Lớp 2	Sét pha màu xám nâu	9,9	9,7	0,2
3	Lớp 3	Cát và cát pha	>9,9	>9,7	0,2

5. Kết luận

- Ngoài những nhận xét chi tiết đã trình bày ở trên, có thể một cách tổng quát kết luận về hiện trạng của những đoạn đê đã khảo sát như sau: Các đoạn đê đã được khảo sát và được đánh giá đảm bảo ổn định về các ẩn họa hang rỗng, khe nứt, vùng thấm, bất đồng nhất về độ

chặt, ổn định về thấm và trượt. Tuy nhiên, đoạn K2+000 - K2+400 đê hữu Thái Bình và đoạn K80+600 - K81+000 đê hữu sông Hồng có khá nhiều các dị thường có khả năng gây mất an toàn cho đê, do vậy cần chú trọng theo dõi, đặc biệt vào mùa mưa lũ khi nước dâng cao và khi nước rút nhanh.



Hình 22. Phân lớp theo tài liệu đo sâu bằng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và khoan địa chất.

- Qua so sánh kết quả khảo sát giữa phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến và phương pháp khoan cho thấy các kết quả phân lớp phù hợp nhau. Tuy nhiên, phương pháp khoan và lấy mẫu có thể xác định được chính xác các lớp đất đá hơn, nhưng phương pháp khoan rất khó có thể xác định được các đối tượng gây mất an toàn cho thân và nền đề như các dòng thấm do thấu kính cát, các túi bùn nằm trong nền đề..., mà những đối tượng này chỉ có thể được xác định bằng phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến. Như vậy, một lần nữa khẳng định được tính ưu việt và hiệu quả của phương pháp này.

- Việc áp dụng các phương pháp Địa vật lý nói chung và phương pháp Thăm dò điện đa cực 2D cải tiến nói riêng để khảo sát ẩn họa trong thân và nền đề không phụ thuộc vào mùa mưa lũ, nhanh và chính xác, kinh phí thực hiện

ít hơn so với các phương pháp khảo sát truyền thống. Vì vậy, đề nghị áp dụng các phương pháp Địa Vật lý để khảo sát hiện trạng và góp phần đánh giá độ ổn định các đoạn đê, tuyến đê nhằm bổ sung và hoàn thiện dữ liệu về đê điều phục vụ cho công tác quản lý, duy tu đê điều đạt hiệu quả cao.

Tài liệu tham khảo

- [1] Vu Duc Minh, Do Anh Chung, Introduction to the Advanced Multi-electrode Electrical Sounding method, VNU. Journal of Mathematics-Physics. 31(2015) 1-14.
- [2] Vu Duc Minh, Do Anh Chung, Perfecting the Advanced Multi-electrode Electrical Sounding method, VNU. Journal of Mathematics-Physics, 34 (2018), 90-103. [https://doi.org/ 10.25073/2588-1124/vnumap.4291](https://doi.org/10.25073/2588-1124/vnumap.4291).