Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Tập 29, Số 3 (2013) 30-39

Nghiên cứu mô hình vùng thấm trong thân đê, đập bằng phương pháp điện đa cực cải tiến và Ra đa đất

Vũ Đức Minh[1,*], Đỗ Anh Chung[2]

[1]*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*
[2]*Viện Sinh thái và bảo vệ công trình, Viện Khoa học Thuỷ Lợi Việt Nam*

Nhận ngày 29 tháng 11 năm 2012
Chỉnh sửa ngày 14 tháng 12 năm 2012; chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2013

Tóm tắt: Bài báo trình bày một số kết quả tính toán mô hình lý thuyết và thực tế đối với vùng thấm trong thân đê đập khi áp dụng các kiến thức Toán học, Vật lý và phần mềm EarthImage 2D (đối với phương pháp điện đa cực), phần mềm Reflex (đối với phương pháp Ra đa đất). Đồng thời cũng trình bày các kết quả nghiên cứu lựa chọn hệ cực đo tối ưu từ các loại hệ cực đo khác nhau của phương pháp điện đa cực đối với mô hình lý thuyết và thực tế. Từ đó rút ra các kết luận về hiệu quả áp dụng của phương pháp Ra đa đất và phương pháp điện đa cực cải tiến với hệ cực tối ưu đối với việc tìm kiếm, xác định vùng thấm; đồng thời tìm ra phương pháp tiến hành công tác ngoài thực địa sao cho phù hợp. Các kết quả này đã được áp dụng thử nghiệm trên vùng thấm thuộc Kè Mỹ Trung đoạn từ K0+00 ÷ K2+400 thuộc đê ngoài hữu sông Đào, huyện Vụ Bản, tỉnh Nam Định.

1. Đặt vấn đề

Từ trước đến nay hầu như chỉ phát hiện các vùng thấm trong thân đê đập thông qua các biểu hiện thấm ra bên ngoài, khi đó vùng thấm đã gây ảnh hưởng không nhỏ đến sự an toàn của đê đập. Mặt khác, những biểu hiên bên ngoài ấy không thể giúp ta chỉ rõ vị trí của vùng thấm để xử lý nên khi xử lý phải khoan thăm dò rất tốn kém. Vì vậy, việc xác định được vị trí và qui mô các vùng thấm trong thân đê đập là rất quan trọng, giúp chúng ta lựa chọn được giải pháp xử lý hữu hiệu những vùng thấm này.

Chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu nhằm sử dụng tổ hợp phương pháp điện đa cực cải tiến [1] và Ra đa đất [2,3] để phát hiện vùng thấm trong thân đê đập thông qua việc lựa chọn, nghiên cứu, tính toán mô hình lý thuyết và thực tế đối với vùng thấm trong thân đê đập; nghiên cứu thử nghiệm tính toán lựa chọn hệ cực đo tối ưu từ các loại hệ cực đo khác nhau của phương pháp điện đa cực [3-5] đối với mô hình lý thuyết và thực tế. Từ đó, tìm ra phương pháp tiến hành công tác ngoài thực địa sao cho phù hợp. Các kết quả này đã được áp dụng thử nghiệm trên thực tế.

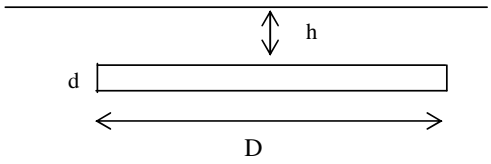
* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-914658586
E-mail: minhvd@vnu.edu.vn

2. Quá trình nghiên cứu mô hình lý thuyết và kết quả

2.1. Lựa chọn mô hình lý thuyết vùng thấm

Kết quả nghiên cứu, khảo sát địa chất trong vùng đồng bằng sông Hồng cho thấy, đất đắp đê chủ yếu là đất bồi lắng có điện trở suất từ 14-40Ωm. Vùng thấm trong thân đê và đập trong thực tế thường có chiều rộng vài mét đến vài chục mét, có chiều sâu vài mét đến chục mét so với mặt đê, đập. Cho đến nay không có một mô hình thực tế cụ thể nào của vùng thấm cụ thể vì khi phát hiện được thì xử lý khoan phụt ngay.

Từ thực tế đó chúng tôi chọn mô hình vùng thấm, rò rỉ có dạng lớp kéo dài, cân đối. Lớp thấm có chiều dày (d) là 0,5m, dài (D) là 20m và nằm sâu (h) 2m so với mặt đất. Vùng thấm là đất ẩm có điện trở là 10Ωm, nằm trong môi trường đất đắp đê có điện trở là 20Ωm (hình 1)



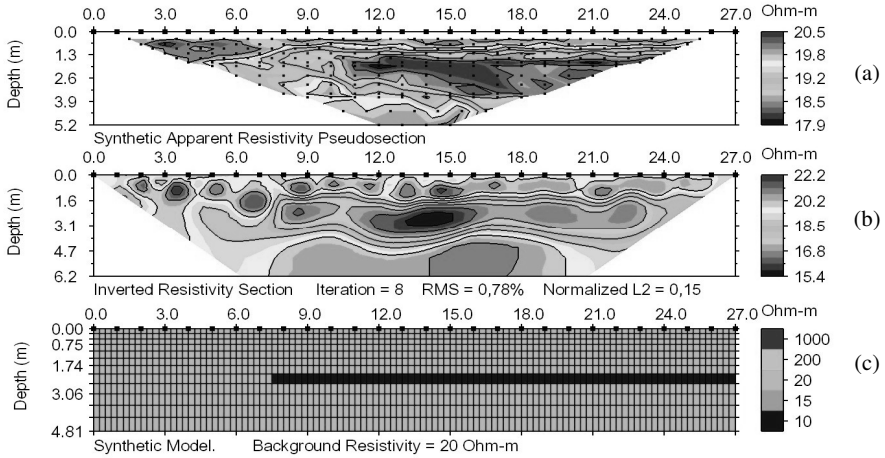
Hình 1. Mô hình lý thuyết vùng thấm.

2.2. Tính toán lựa chọn hệ cực tối ưu trong phương pháp điện đa cực cải tiến đối với mô hình lý thuyết vùng thấm

2.2.1. Hệ điện cực dipole - dipole

Trên tuyến tính lý thuyết đối với mô hình lý thuyết vùng thấm, chúng tôi tiến hành tính cho hệ điện cực dipole - dipole với a=1, n=8 dựa trên phần mềm EarthImage 2D [4].

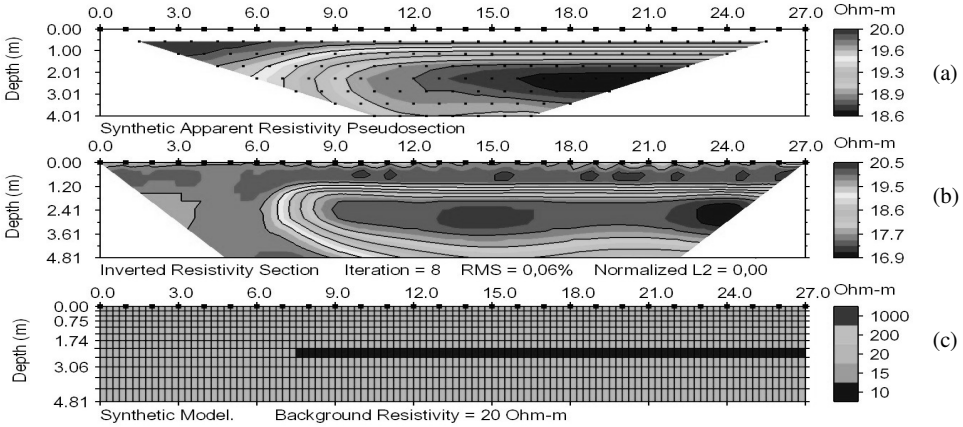
Hình 2 *(trong đó (a) là kết quả tính thuận; (b) là kết quả giải ngược; (c) là mô hình tính thuận)* là kết quả tính lý thuyết đối với mô hình lý thuyết vùng thấm thể hiện khu vực thấm là vùng dị thường điện trở thấp, nhưng trên kết quả tính ngược (b) cho thấy vùng này có chiều dày lớn hơn chiều dày thực, không phù hợp với mô hình đã đưa ra như mô hình tính thuận (c). Vì vậy, với hệ cực này không xác định được chiều dày của vùng thấm.



Hình 2. Kết quả tính đối với mô hình lý thuyết vùng thấm cho hệ cực dipole-dipole.

2.2.2. Hệ điện cực Wenner

Chúng tôi tiến hành tính lý thuyết cho hệ điện cực Wenner dựa trên phần mềm EarthImage 2D đối với mô hình nêu trên hình 1. Hình 3 là một ví dụ minh họa kết quả tính toán đối với mô hình lý thuyết vùng thấm *(trong đó (a) là kết quả tính thuận; (b) là kết quả giải ngược; (c) là mô hình tính).*

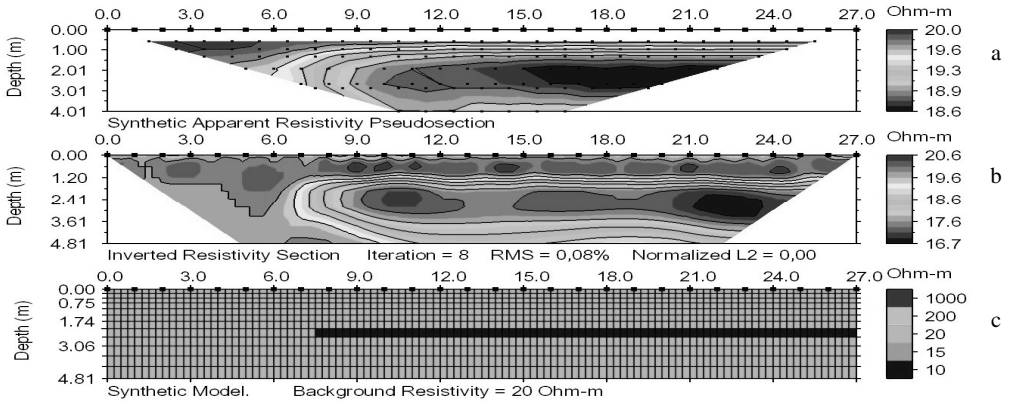


Hình 3. Kết quả tính đối với mô hình lý thuyết vùng thấm cho hệ cực Wenner.

Kết quả tính lý thuyết với hệ cực Wenner cho thấy với hệ cực này bề mặt trên của mô hình tính toán đúng với mô hình lý thuyết. Tuy nhiên, chiều dày của vùng thấm lớn hơn nhiều so với mô hình.

2.2.3. Hệ điện cực Wenner - Schlumberger

Chúng tôi tiến hành tính lý thuyết cho hệ điện cực Wenner - Schlumberger có a=1, n=8 dựa trên phần mềm EarthImage 2D đối với mô hình nêu trên hình 1. Hình 4 là một ví dụ minh họa kết quả tính toán đối với mô hình vùng thấm *(trong đó hình (a) là kết quả tính thuận; hình (b) là kết quả giải ngược; hình (c) là mô hình tính).*



Hình 4. Kết quả tính đối với mô hình lý thuyết vùng thấm cho hệ cực Wenner- Schlumberger.

Các kết quả tính toán bài toán thuận cho hệ cực Wenner - Schlumberger trên mô hình thấm thể hiện trong mặt cắt điện trở như sau: Dị thường điện trở thấp có dạng vỉa ngang. Chiều sâu đến đỉnh phù hợp với mô hình. Nhưng chiều dày của dị thường lớn hơn so với mô hình.

2.2.4. Nhận xét chung

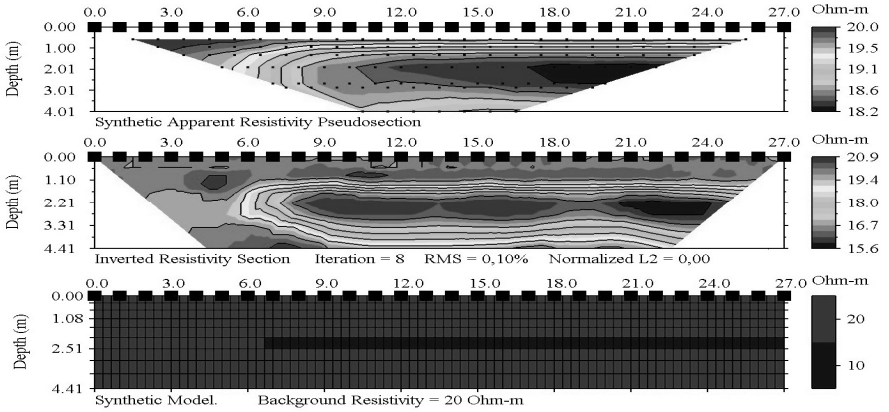
Đối với những đối tượng là vùng thấm hay vỉa ngang có thể sử dụng các hệ cực Wenner và hệ điện cực Wenner-Schlumberger để tìm kiếm, tuy nhiên dị thường thể hiện rõ hơn khi đo bằng hệ cực Wenner

2.3. Tính toán cho hệ cực Wenner đối với mô hình lý thuyết vùng thấm thay đổi

Chúng tôi tiến hành tính toán cho hệ cực Wenner với mô hình thấm là vỉa ngang ở các độ sâu thay đổi. Lớp thấm có chiều dày (d) là 0,5m, dài (D) là 20m và nằm sâu (h) được tăng dần từ 2m so với mặt đất đến khi nào không còn dị thường. Vùng thấm là đất ẩm có điện trở là 10Ωm, nằm trong môi trường đất đắp đê có điện trở là 20Ωm. Sai số kỹ thuật được tính là 3%.

Tính toán lý thuyết mô hình vùng thấm (vỉa nằm ngang) với các chiều sâu khác nhau (hình 5 đến hình 7) cho thấy: Vùng thấm có chiều dày 0,5m, chiều dài 20m nằm ở độ sâu <3,2m thì có thể xác định được chiều sâu cũng như vị trí của vùng thấm. Tiếp tục tăng chiều sâu đến 3,6m (hình 6) thì kết quả tính toán không chỉ ra được dị thường của vùng thấm.

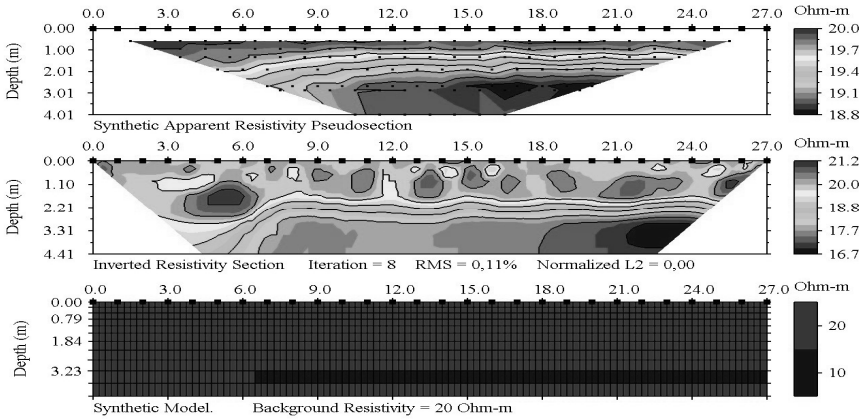
Từ kết quả thử nghiệm vùng thấm là vỉa ngang trên mô hình lý thuyết với các hệ cực và chiều sâu khác nhau. Chúng tôi thấy rằng để khảo sát vùng thấm trên thân đê đập nên sử dụng hệ cực Wenner vì có thể xác định được vị trí và chiều sâu vùng thấm khi chiều sâu vùng thấm <= 6 lần chiều dầy vùng thấm.



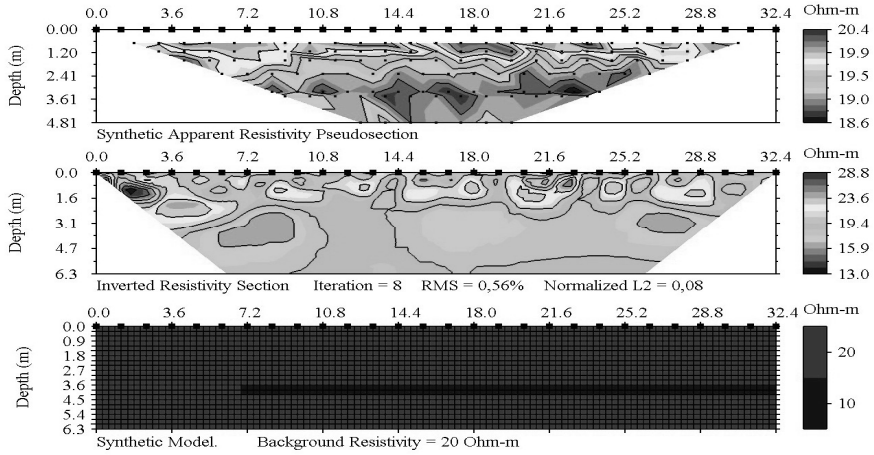
Hình 5. Kết quả tính đối với mô hình lý thuyết vùng thấm với h = 2m.

2.4. Thử nghiệm mô hình lý thuyết vùng thấm với phương pháp Ra đa đất

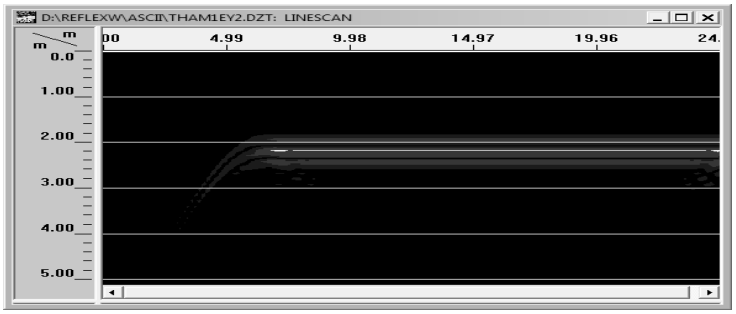
Sử dụng phần mềm Reflex thử nghiệm khả năng xác định mô hình lý thuyết là 1 vỉa ngang (hình 8) với hằng số điện môi của môi trường là 20 và vùng thấm là vùng ngậm no nước nên chúng tôi tạm tính hằng số điện môi là 40.



Hình 6. Kết quả tính đối với mô hình lý thuyết vùng thấm với h = 3,2m.



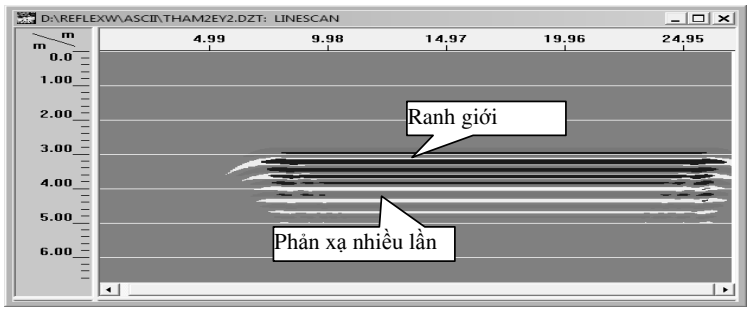
Hình 7. Kết quả tính đối với mô hình lý thuyết vùng thấm với h = 3,6m.



Hình 8. Kết quả tính đối với mô hình lý thuyết vùng thấm có chiều sâu 2m với phương pháp Ra đa đất.

Kết quả thử nghiệm với phương pháp Ra đa đất để xác định vỉa ngang cho thấy với phương pháp Ra đa đất cho chúng ta dị thường với chiều sâu và chiều dày của vỉa ngang tương đối chính xác. Tại đầu của đối tượng có 1 dị thường là ½ parabol giống như dị thường của đối tượng điểm.

Khi tăng chiều sâu đối tượng lên 3m (hình 9) thì thấy rằng độ lớn biên độ của sóng phản xạ trên mặt ranh giới và sóng phản xạ nhiều lần đều nhỏ hơn rất nhiều so với khi đối tượng ở chiều sâu 2m. Vì vậy khi đối tượng ở sâu và môi trường có điện trở suất thấp rất khó có thể đánh giá trên mô hình lý thuyết cần phải thử nghiệm trên mô hình thực tế mới có thể đánh giá chính xác khả năng khảo sát của Ra đa.



Hình 9. Kết quả tính đối với mô hình lý thuyết vùng thấm có chiều sâu 3m với phương pháp Ra đa đất.

3. Quá trình thử nghiệm thực tế và kết quả

3.1. Phương pháp điện đa cực cải tiến

3.1.1. Địa điểm và phương pháp tiến hành

- Địa điểm áp dụng thử nghiệm được tiến hành tại Kè Mỹ Trung đoạn từ K0+00 ÷ K2+400 thuộc đê ngoài hữu sông Đào, huyện Vụ Bản, tỉnh Nam Định (hình 10). Qua điều tra khảo sát tại khu vực này bị thấm đoạn từ K2+200 đến K2+300 dài khoảng 100m. Tại đây chúng tôi bố trí 6 tuyến đo dọc đê bao gồm 3 mặt cắt tại rìa mặt đê phía sông và rìa mặt đê phía đồng.

- Thiết bị được dùng là hệ thiết bị điện đa cực Super Sting R1 [5] với hệ cực Wenner, kích thước hệ cực 2m.

- Hệ thống tuyến đo được bố trí như sau: Bố trí các tuyến ngang qua khu vực có thấm (dọc theo đê) để xác định chiều dài, chiều sâu của vùng thấm.

Hình 10. Hình ảnh khảo sát thấm tại kè Mỹ Trung.

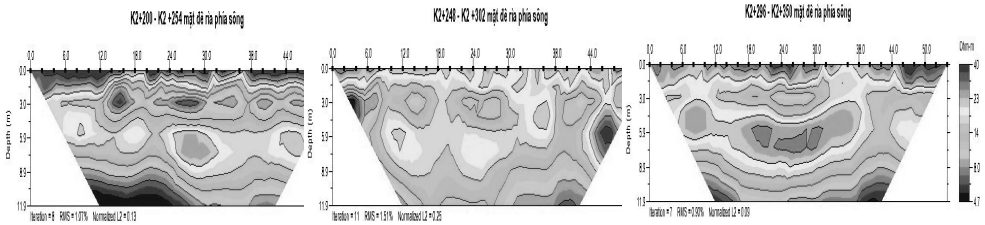
3.1.2. Kết quả

Kết quả trên 2 tuyến đo T1 và T2 trên mặt đê (hình 11 và hình 12) thể hiện ở chiều sâu 2m từ mét thứ 12 đến cuối tuyến đo (K2+212 – K2+254) là vùng có điện trở suất thấp từ 4-10 Ωm thể hiện đây là vùng thấm mạnh.

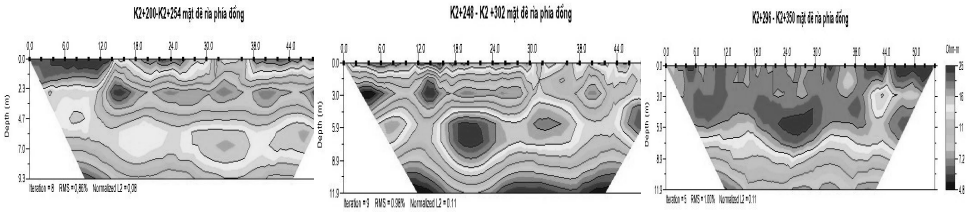
Kết quả trên đoạn K2+248-K2+302 thể hiện ở tuyến T3 và T4 chỉ rõ vùng thấm từ đầu tuyến đến mét thứ 30 của tuyến đo (từ K2+248-K2+278), vùng thấm này có chiều sâu 2m so với mặt đê. Ngoài ra trên 2 tuyến này cũng thấy dị thường điện trở thấp thể hiện là vùng thấm ở mét thứ 44 và sâu 2m.

Trên 2 tuyến T5 và T6 chỉ thấy xuất hiện dị thường điện trở thấp tại tuyến T6 là tuyến trên mặt rìa đê phía sông thể hiện đây không phải là dị thường của vùng thấm vì nó không kéo từ phía sông sang phía đồng.

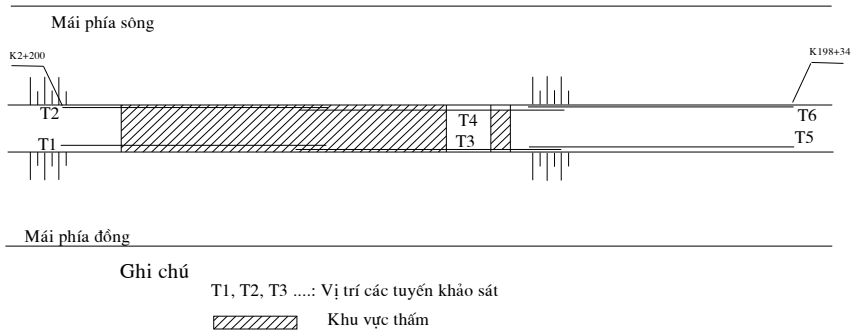
Qua kết quả khảo sát ẩn hoạ trên kè Mỹ Trung cho thấy tại đây có vùng thấm mạnh từ K2+212 – K2+278, chiều sâu 2m so với mặt đê (xem hình 13).



Hình 11. Kết quả khảo sát tại tuyến đê phía sông.



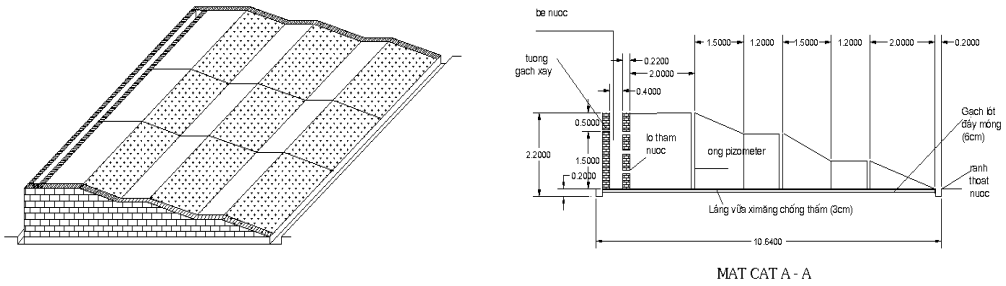
Hình 12. Kết quả khảo sát tại tuyến đê phía đồng.



Hình 13. Bình đồ vị trí tuyến đo và khu vực thấm.

3.2. Phương pháp Ra đa đất

Đánh giá khả năng khảo sát của phương pháp Ra đa đất chúng tôi tiến hành xây dựng mô hình thực tế với 3 loại vật liệu khác nhau bao gồm có 1 khối đất sét với điện trở suất 10Ωm, một khối đất đồi có điện trở suất 100Ωm và 1 khối cát pha có điên trở suất 500Ωm (hình 14).

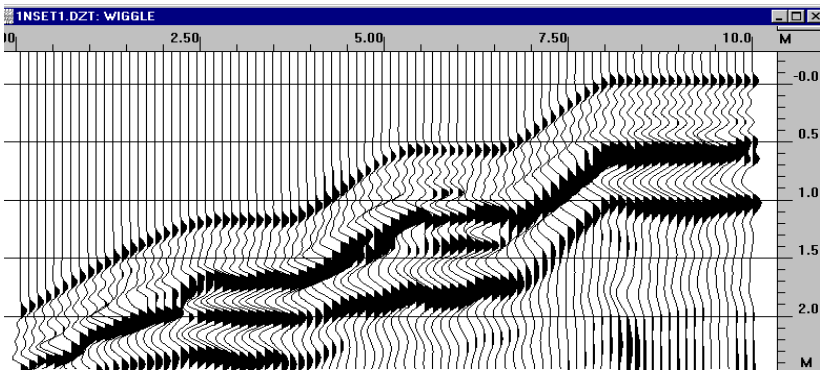


Hình 14. Mô hình thử nghiệm chiều sâu hữu dụng của phương pháp Ra đa với các khối đất khác nhau.

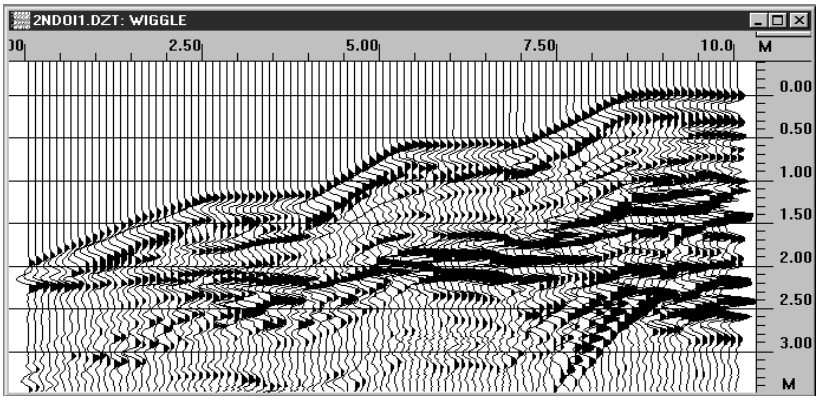
Kết quả thử nghiệm bằng ăng ten 200 Mhz qua khối sét có điện trở suất nhỏ 10Ωm cho thấy khả năng khảo sát của phương pháp Ra đa đất chỉ đến được chiều sâu 1m (hình 15).

Kết quả thử nghiệm bằng ăng ten 200 Mhz qua khối đất đồi cho thấy có thể khảo sát được các đối tượng nằm ở chiều sâu lớn hơn 3m ở điều kiện đất đá có điện trở suất khoảng 100Ωm (hình 16).

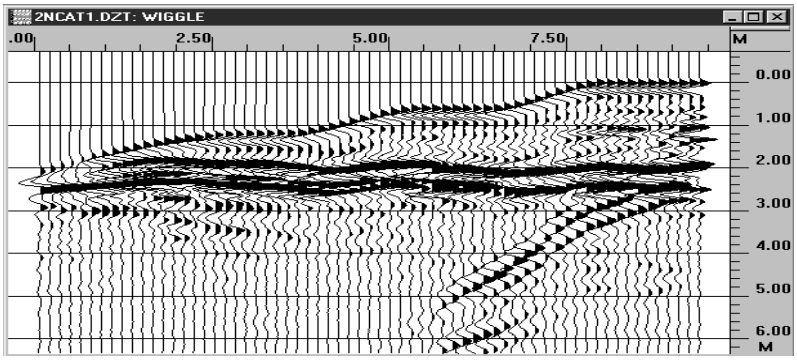
Kết quả thử nghiệm qua khối cát pha cho thấy với ăng ten 200 Mhz vẫn thấy có tín hiệu mạnh của sóng Ra đa ở độ sâu đến 6m (hình 17).



Hình 15. Kết quả thử nghiệm trên khối sét ăng ten 200 Mhz.



Hình 16. Kết quả thử nghiệm qua khối đất đồi bằng ăng ten 200 Mhz.



Hình 17. Kết quả thử nghiệm qua khối cát pha bằng ăng ten 200 Mhz.

4. Kết luận

1. Đối với hệ cực Wenner

- Có thể xác định được chính xác vị trí cũng như chiều sâu của vùng thấm.

- Sử dụng hệ cực này có thể xác định được vùng thấm sâu hơn 6 lần so với chiều dày vùng thấm.

- Hệ cực Wenner là hệ cực phù hợp nhất để khảo sát vùng thấm và vỉa ngang trong thân đê, đập.

2. Đối với hệ cực Wenner - Schlumberger

Có thể xác định được chính xác vị trí cũng như chiều sâu của vùng thấm là vỉa ngang.

3. Đối với hệ cực Dipole – Dipole

Sử dụng hệ cực này khi khảo sát vùng thấm thì dị thường vùng thấm bị biến dạng so với mô hình nên rất khó có thể xác định được vùng thấm.

4. Phương pháp Ra đa đất có thể xác định được chiều sâu và chiều dày của các vỉa ngang. Với phương pháp Ra đa đất rất khó áp dụng được cho môi trường có điện trở suất thấp dưới

10Ωm, nhưng có thể áp dụng tốt đối với môi trường có điện trở suất cao lớn hơn 100Ωm.

5. Như vậy, qua nghiên cứu cho thấy việc áp dụng phương pháp điện đa cực cải tiến khi sử dụng hệ cực đo là Wenner và phương pháp Ra đa đất hoàn toàn có hiệu quả đối với việc tìm kiếm, phát hiện các đối tượng vùng thấm trong thân đê là các vỉa ngang và có thể xác định được ranh giới trên và dưới của vỉa ngang đó bằng phương pháp Ra đa đất.

Lời cảm ơn

Kết quả bài báo này thu được trong quá trình thực hiện đề tài nhóm B cấp ĐHQGHN, mã số QG.11.03. Chúng tôi xin trân trọng cám ơn.

Tài liệu tham khảo

[1] Vũ Đức Minh, 2010, "Phương pháp Thăm dò điện đa cực cải tiến", Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 26(2010), tr. 233-241.

[2] Stewart N., Griffiths H., Ground Penetrating Radar - 2nd Edition, MPG Books Limited, Bodmin, Cornwall, UK, 2004.

[3] Vu Duc Minh, Nguyen Ba Duan, 2007, "Application of methods of Ground Penetrating Radar and of Multi-electrode Resistivity Imaging to discover old road foundations around Doan Mon vestige", VNU. Journal of Science, Earth Sciences, 23(2), p. 126-135.

[4] Advanced Geoscienes, 2002, "EarthImager 2D resistivity and IP Invesion", Advanced Geosciences inc, Austin, Taxas.

[5] Advanced Geoscienes, 2000-2009, "The SuperSting™ with Swift™ automatic resistivity and IP system Instruction Manual", Advanced Geosciences inc, Austin, Taxas.

Study of Seepage area Models in Dams and Dikes by the Improved Multi-Electrode Resistivity Imaging and Ground Penetrating Radar

Vũ Đức Minh[1], Đỗ Anh Chung[2]

[1]*VNU University of Science, 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hanoi, Vietnam*

[2]*Institute of Ecology and Works Protection,Vietnam Academy for Water Resources*

Abstract: This paper presents some main results of the theoritical and physical models for seepage area in dams and dikes in conjunction with application of Mathematics, Physics and EarthImage 2D software (for the Multi-electrode Resistivity Imaging method), Reflex software (for the Ground Penetrating Radar method). Also, it shows results study of selecting the optimal measuring array from different measuring arrays of the Multi-electrode Resistivity Imaging method for the theoritical and physical model. From those experimetnts, we conclude about effectiveness of applying the Ground Penetrating Radar and Improved Multi-electrode Resistivity Imaging methods with the optimal measuring array to locate and identify the permeable areas, as well as the method used in field trials as applicable. These findings have been applied to test on a seepage area in My Trung embankment from K0+00 to K2+400 outside the dam of Dao river, Vu Ban district, Nam Dinh province.

Deleted: My

Deleted: Dao

Deleted: Vu

Deleted: Ban

Deleted: Dinh