

XỬ LÝ ẢNH HƯỞNG CỦA MÔI TRƯỜNG 3D NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ GIẢI THÍCH TÀI LIỆU ĐO SÂU ĐIỆN 2D TRÊN CÁC CÔNG TRÌNH ĐÊ ĐẬP Ở VIỆT NAM

PHẠM NGỌC KIÊN, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
NGUYỄN NHƯ TRUNG, *Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

Tóm tắt: Số liệu đo sâu điện 2D trên các công trình đê đập ở Việt Nam bị méo do ảnh hưởng từ không khí bên ngoài mái đập và nước tích trong đập. Dựa trên các mô hình lý thuyết 3D và 2D, nhóm tác giả đã đánh giá sai số do hai hiệu ứng của môi trường 3D trên gây ra lên số liệu đo sâu điện 2D ở các công trình này. Các kết quả trên mô hình cho thấy hệ thiết bị ba cực là tối ưu để áp dụng đo ghi trên các công trình đê đập. Quy trình xử lý nhằm loại bỏ ảnh hưởng của môi trường 3D lên kết quả đo sâu điện 2D đã được áp dụng với mô hình lý thuyết và tài liệu thực tế, trên cơ sở thông tin tiên nghiệm về điện trở suất của đá gốc, điện trở suất của thân đập, điện trở suất của nước chứa trong đập và các tham số hình học của đập qua sơ đồ hoàn công, cho thấy hiệu quả khi hiện tượng méo tín hiệu được cải thiện đáng kể. Bài báo đã đưa ra được một quy trình từ khâu đánh giá ảnh hưởng của môi trường 3D lên kết quả đo sâu 2D, đến khâu hiệu chỉnh để giảm bớt ảnh hưởng này.

1. Mở đầu

Cấu trúc địa chất của các công trình đê, đập thường có dạng ba chiều (3D) sẽ làm méo các mặt cắt điện trở suất biểu kiến khi chúng ta tiến hành đo sâu điện 2D trên các công trình này. Vấn đề hiệu chỉnh nhằm loại bỏ các ảnh hưởng 3D không mong muốn lên số liệu đo sâu điện 2D trên các tuyến đo trên đập là hết sức cần thiết để nâng cao độ tin cậy và tính chính xác của kết quả phân tích. Ở Việt Nam gần như chưa có nghiên cứu nào về việc xử lý, hiệu chỉnh ảnh hưởng của các đối tượng 3D lên số liệu đo sâu điện 2D. Tuy nhiên, trên thế giới đã có một số công trình nghiên cứu về vấn đề này như: Salmon và Johansson (2003) [5] đã đề cập đến hiệu ứng 3D gây khó khăn cho việc phân tích định lượng đối với thân đập; Cho và Yeom (2007) [2] đã áp dụng đo vẽ điện trở suất theo tuyến cắt ngang qua trục của đập để vạch ra dị thường của đường dịch chuyển của dòng chất lưu rò rỉ qua đập, Sjodahl và nnk (2006) [8] cũng thực hiện các quan trắc điện trở suất có xem xét đến ảnh hưởng của địa hình và các tính chất của vật liệu xây dựng đập; Công trình nghiên cứu sâu nhất theo hướng này là của Seokhoon Oh (2012) [6] đã tiến hành mô hình hóa thân đập theo cấu trúc 3D và lấy kết quả

giải thuận 3D để đưa vào giải ngược 2D, từ đó đưa ra phân tích định lượng về sự sai lệch của phân bố tính chất điện do ảnh hưởng của địa hình và mực nước chứa trong công trình..., [4, 10]. Tuy nhiên các nghiên cứu trên đều chưa đề cập đến việc loại bỏ ảnh hưởng của các yếu tố 3D để giúp cho quá trình minh giải chính xác hơn. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của môi trường đê, đập (môi trường 3D) lên kết quả đo sâu điện 2D, trên cơ sở đó đưa ra quy trình xử lý, hiệu chỉnh số liệu thực địa để loại bỏ ảnh hưởng của các yếu tố 3D lên mặt cắt 2D nhằm đạt được kết quả phân tích ngược 2D tốt hơn. Ngoài ra nghiên cứu này còn đề xuất lựa chọn hệ thiết bị đo phù hợp khi tiến hành khảo sát đê đập.

2. Ảnh hưởng của môi trường 3D lên kết quả đo sâu điện 2D

Để nghiên cứu ảnh hưởng của các cấu trúc 3D lên mặt cắt đo sâu điện 2D chúng tôi sử dụng mô hình mô phỏng một đập nước như trên hình 1. Mô hình này sẽ được tính toán theo hai trường hợp: (1) trường hợp hồ chứa không tích nước và (2) trường hợp hồ chứa có tích nước. Các tham số điện trở suất của mô hình được lựa chọn theo các cách sau: (i) Dựa vào kinh nghiệm và các tài liệu địa vật lý có trước của

vùng nghiên cứu, hoặc tài liệu ở các vùng có đặc điểm vật lý địa chất tương tự; (ii) Thực hành đo trên một số tuyến thí nghiệm để thu được các tham số của các loại đất đá khác nhau cấu tạo nên đập; (iii) Tiến hành khoan thăm dò và lấy mẫu về đo tham số, hoặc đo karota lỗ khoan để xác định tham số... Các tham số khác như chiều dài đập, chiều cao đập, độ dốc của thân đập, mực nước chứa trong đập... được tham khảo từ sơ đồ hoàn công của công trình.

Để tính toán giá trị điện trở suất biểu kiến cho các loại hệ điện cực khác nhau cho mô hình 3D (hình 1a) và 2D (hình 1b), chúng tôi đã sử dụng các chương trình tính thuận RES3DMOD và RES2DMOD của Loke (1997). Trong trường hợp 3D, để sử dụng được phần mềm RES3DMOD tính được cho mô hình đập nước (hình 1a), chúng tôi lấy mặt phẳng tính toán là

mặt đập, các phần không khí hai bên thân đập được xấp xỉ bằng lớp có điện trở suất là vô cùng (lớn hơn nhiều lần điện trở suất của các đối tượng khác).

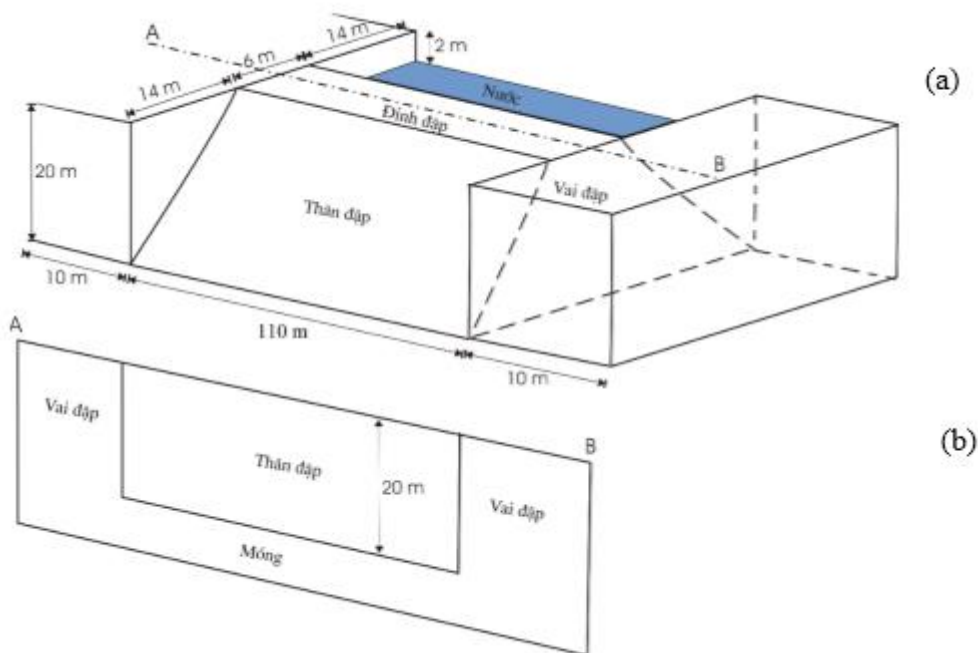
Độ lệch giữa kết quả tính thuận 2D và 3D chính là ảnh hưởng của môi trường 3D lên số liệu đo sâu điện 2D. Giá trị này được tính theo công thức:

$$\text{dolech} = \frac{|\rho_{3D} - \rho_{2D}|}{\rho_{2D}} \cdot 100(\%), \quad (1)$$

trong đó:

ρ_{3D} là điện trở suất biểu kiến của mô hình ba chiều;

ρ_{2D} là điện trở suất biểu kiến của mô hình hai chiều có cùng tham số điện trở suất.



Hình 1. Mô hình thân đập tích đầy nước (a), mặt cắt hai chiều qua thân đập (b)

2.1. Trường hợp mô hình hồ chứa không tích nước

Các tham số hình học của mô hình được sử dụng như trên hình 1 với giá trị điện trở suất của thân đập là 300 Ω m, điện trở suất của đá gốc phần vai đập và móng là 1000 Ω m, điện trở suất của không khí ngoài mái đập được chọn là 400.000 Ω m. Khoảng cách đều giữa các điện cực $a=5$ m. Bảng 1 là kết quả tính toán độ méo

của mặt cắt điện trở suất biểu kiến của mô hình 2D so với mặt cắt điện trở suất biểu kiến trong trường hợp tính cho mô hình 3D với các hệ thiết bị Wenner, Schlumberger, hệ hai cực (P-P), hệ ba cực (P-D), hệ lưỡng cực trực (D-D) và hệ lưỡng cực xích đạo (ED-ED). Trong bảng 1 cho thấy, hệ điện cực ED-ED bị ảnh hưởng lớn nhất của địa hình mái đập lên mặt cắt điện trở suất 2D. Các hệ điện cực ít bị ảnh hưởng hơn trong

trường hợp này lần lượt là hệ điện cực P-P, P-D, Wenner và Schlumberger. Hệ điện cực ít bị ảnh hưởng nhất bởi địa hình của mái đập trong trường hợp này là hệ điện cực P-P (xem bảng 1)

2.2. Trường hợp mô hình hồ chứa tích nước

Trong mô hình hồ chứa tích nước chúng tôi thêm vào khối nước ở phần thượng lưu của đập với độ cao mặt nước -2m so với mặt đập (xem hình 1a). Điện trở suất của khối nước cho bằng 30 Ω m. Bảng 2 là kết quả tính toán xác định độ

lệch giữa mặt cắt điện trở suất biểu kiến 2D (hình 1b) và mặt cắt này trong trường hợp mô hình 3D. Theo kết quả tính toán cho ta thấy rằng lát cắt điện trở suất biểu kiến của các hệ điện cực D-D, hệ P-P và hệ Wenner bị méo nhiều hơn so với các hệ cực còn lại. Mặt cắt điện trở suất biểu kiến của hệ điện cực Schlumberger và hệ điện cực P-D bị ảnh hưởng ít nhất của địa hình mái đập và khối nước trong hồ chứa.

Bảng 1. Giá trị độ lệch trung bình của mặt cắt điện trở suất biểu kiến của mô hình 2D và mô hình đập 3D không tích nước đối với các loại hệ điện cực khác nhau

Hệ cực	Khoảng mở (n)	Độ lệch (%)	Độ lệch (Ω m)	Hệ cực	Khoảng mở (n)	Độ lệch (%)	Độ lệch (Ω m)
Wenner	2	41.03	135.45	Ba cực P-D	2	37.57	123.6
	4	62.68	255.34		4	64.42	236.24
	6	61.55	318.61		6	74.38	311.54
	8	50.41	327.72		8	77.1	366.72
Schlumberger	2	35.88	115.68	Lưỡng cực trực D-D	2	22.44	70.22
	4	59.75	220.68		4	55.34	171.16
	6	65.58	286.23		6	78.47	250.99
	8	63.55	328.38		8	93.08	319.06
Hai cực P - P	2	39.18	184.51	Lưỡng cực xích đạo ED-ED	2	5.42	23.39
	4	39.47	237.06		4	-42.58	-165.38
	6	33.97	239.65		6	-68.93	-318.51
	8	27.93	220.87		8	-81.97	-442.64

Bảng 2. Giá trị độ lệch trung bình của mặt cắt điện trở suất biểu kiến của mô hình 2D và mô hình đập tích nước đối với các loại hệ điện cực khác nhau

Hệ cực	Khoảng mở (n)	Độ lệch (%)	Độ lệch (Ω m)	Hệ cực	Khoảng mở (n)	Độ lệch (%)	Độ lệch (Ω m)
Wenner	2	2.26	7.93	Ba cực P-D	2	12.9	41.83
	4	-23.24	-99.27		4	-3.19	-13.7
	6	-36.85	-195.39		6	-21.68	-95.07
	8	-41.78	-272.81		8	-33.2	-164.46
Schlumberger	2	12.79	41.49	Lưỡng cực trực D-D	2	17.52	53.44
	4	-3.83	-14		4	6	16.59
	6	-22.73	-99.28		6	-11.1	-44.09
	8	-34.25	-176.99		8	-25.15	-99.85
Hai cực P-P	2	-19.71	-92.44	Lưỡng cực xích đạo ED-ED	2	-13.46	-41.23
	4	-33.22	-191.42		4	-34.8	-134.6
	6	-38.07	-249.6		6	-35.71	-162.26
	8	-39.47	-282.8		8	-37.87	-200.9

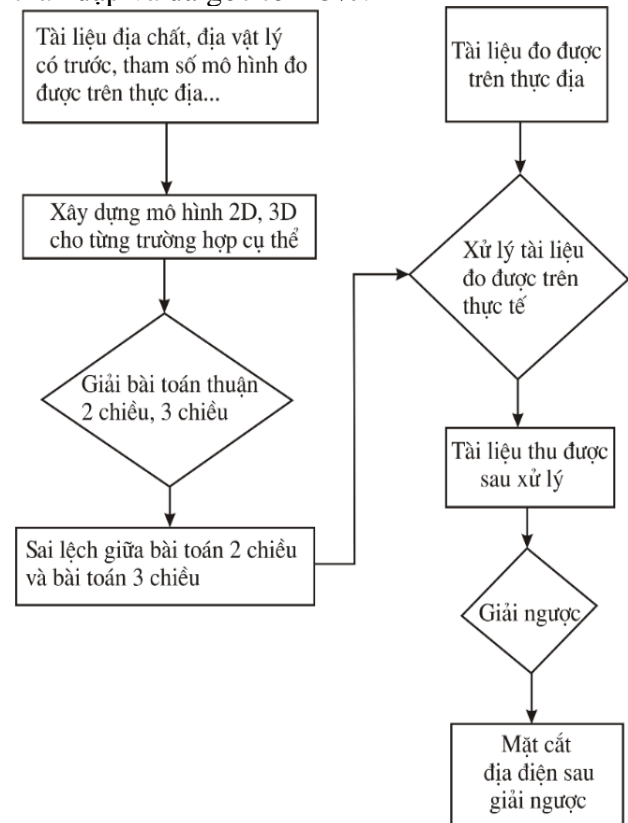
2.3. Lựa chọn hệ điện cực đo cho mô hình đập

Các kết quả tính mô hình nêu trên cho thấy hệ điện cực ED chịu ảnh hưởng lớn nhất của môi trường 3D lên kết quả đo sâu điện 2D, do vậy hệ điện cực này không nên sử dụng trong đo đạc trên đê đập. Hệ điện cực Wenner cũng không nên ứng dụng để đo ghi trên các đối tượng đê đập vì nó có sai số lớn khi đo trong điều kiện đập tích nước, hơn nữa, trên thực tế chiều dài tuyến đo thường ngắn (chỉ từ 100 đến khoảng 200m) thì hệ thiết bị này cho rất ít thông tin ở chiều sâu lớn. Trong điều kiện đập khô, hệ điện cực P-P cho thấy ưu điểm ảnh hưởng của môi trường 3D lên kết quả đo 2D gặp phải ở các khoảng mở (ứng với các chiều sâu) khác nhau nhỏ hơn so với các hệ điện cực khác. Tuy nhiên, hệ hai cực lại gặp phải ảnh hưởng lớn nhất của môi trường 3D khi đo trong điều kiện đập tích nước. Một nhược điểm của hệ điện cực P-P là tính phân dị của nó so với hệ điện cực D-D và P-D là thấp hơn. Trong cả hai trường hợp đập tích nước hay không tích nước thì hệ điện cực P-D đều cho độ méo nhỏ và ổn định. Hơn nữa chiều sâu khảo sát của hệ điện cực P-D lớn hơn hệ điện cực D-D với cùng một chiều dài tuyến đo, ta nên áp dụng hệ P-D trong đo sâu điện tại đê đập.

3. Hiệu chỉnh ảnh hưởng của môi trường 3D lên kết quả đo sâu 2D

Quy trình áp dụng để xử lý ảnh hưởng của môi trường 3D lên kết quả đo sâu 2D được thể hiện trên hình 3. Dựa vào các tài liệu địa chất công trình (sơ đồ hoàn công) và tài liệu địa vật lý có trước, ta tiến hành xây dựng các mô hình đập 2D và 3D sao cho phù hợp nhất với thực tế. Tiếp đó, tiến hành giải bài toán thuận trên các mô hình này và tính ra sai lệch giữa mô hình 3D và 2D theo từng khoảng mở: $\Delta\rho_{hc} = \rho_{3D} - \rho_{2D}$. Từ tài liệu đo trên tuyến đo dọc theo trục của tim đập ngoài thực địa ta trừ đi giá trị hiệu chỉnh tại từng vị trí điểm đo ghi và khoảng mở nhằm loại bỏ ảnh hưởng của các đối tượng 3D ra khỏi mật cắt điện trở suất 2D này. Số liệu thực địa sau hiệu chỉnh này được sử dụng làm số liệu để phân tích ngược 2D (hình 3). Hình 4 là kết quả hiệu chỉnh số liệu điện trở suất 2D cho cả hai trường hợp đập không tích nước và đập tích nước trên mô hình lý thuyết (hình 1) tại

khoảng mở $n = 8$ của hệ điện cực 3 cực. Kết quả hiệu chỉnh cho thấy nếu ta chọn đúng các tham số điện trở suất của các lớp thì giá trị độ lệch của số liệu sau khi xử lý đạt được là 2,11%. Điều này cho thấy chúng ta có thể loại bỏ được hầu hết các ảnh hưởng của môi trường 3D lên kết quả đo sâu 2D khi chúng ta biết được điện trở suất của các lớp (điều này chúng ta có thể đo được trên thực tế và trong phòng thí nghiệm). Khi chúng ta chọn tham số điện trở suất của mô hình có sai lệch so với giá trị điện trở suất thực tế của đối tượng lên tới $\pm 25\%$ thì kết quả thu được sau khi xử lý vẫn đạt sai số trung bình là 11,2% với đập khô và 11,6% với đập chứa nước tức là vẫn tốt hơn nhiều so với số liệu ban đầu chưa xử lý. Ngoài ra, ta cũng nhận thấy trong trường hợp đập khô, hiệu quả xử lý rất tốt, giá trị độ lệch trung bình giảm từ 80,81% xuống mức 11,2% khi ta chọn sai điện trở suất của thân đập và đá gốc tới 25%.



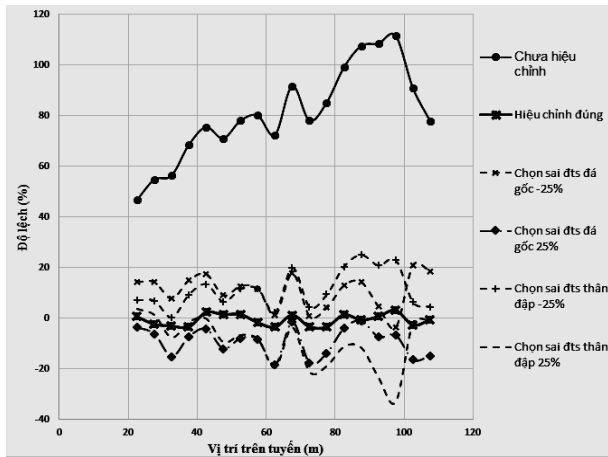
Hình 3. Quy trình xử lý số liệu đo sâu điện 2D trên mặt đập

4. Kết quả nghiên cứu trên số liệu thực tế

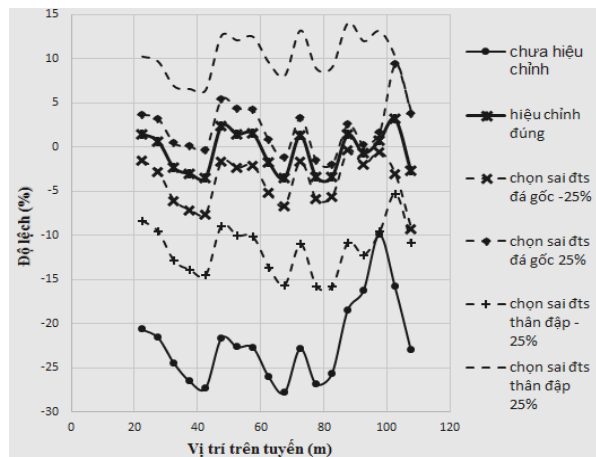
Hình 5 là lát cắt địa chất của tuyến đo dọc theo tim đập Khuân Cát, Lạng Sơn. Toàn bộ

thân đập là vật liệu đất đồi, sét có điện trở suất thấp, cỡ dưới 100 Ωm, nền đá gốc bên dưới đá rấn chắc có điện trở suất cao hơn, khoảng trên 300 Ωm. Tại thời điểm đo thì đập này đang tích nước. Hình 6 là kết quả giải ngược với hai tập số liệu: (a) số liệu đo gốc chưa qua xử lý, (b) số liệu sau khi đã qua xử lý loại bỏ ảnh hưởng của môi trường 3D. Chúng ta để ý thấy rằng ở vị trí 28m từ đầu đập, ranh giới giữa phần đá gốc với phần đất và sét pha bên trên ở độ sâu 17m (theo tài liệu lỗ khoan HK2). Nhìn chung các giá trị

điện trở suất giải ngược cho tập số liệu chưa hiệu chỉnh cho giá trị sai khác rất nhiều so với cấu trúc thực của đập. Trên lát cắt giải ngược của tài liệu đo (hình 6a), ta dễ bị nhầm tưởng là mặt cắt này đã đến được mặt đá gốc ở độ sâu khoảng 12m (chỗ sâu nhất). Với lát cắt giải ngược của tài liệu sau hiệu chỉnh (hình 6b) chúng vẫn chưa đạt đến ranh giới đá gốc này (ở độ sâu 16 m), điều này hoàn toàn phù hợp với liệu địa chất tại giếng khoan KH2 (ranh giới đá gốc tại đây cỡ 17m).

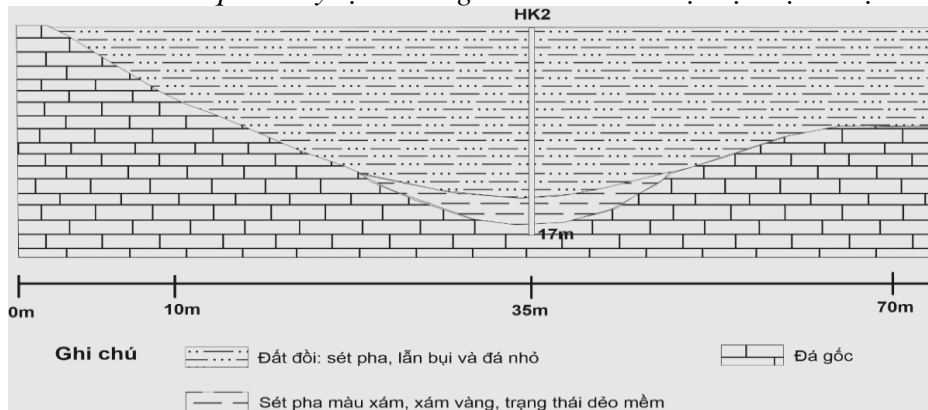


a. Trường hợp đập không tích nước

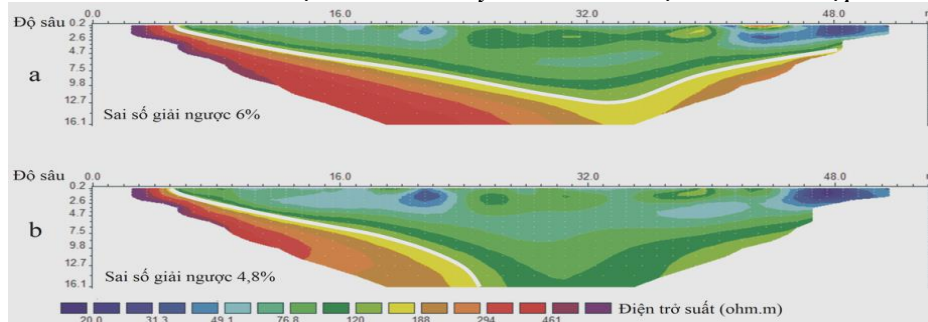


b. Trường hợp đập tích đầy nước

Hình 4. Kết quả xử lý tại khoảng mở n = 8 của Hệ điện cực 3 cực



Hình 5. Lát cắt địa chất của tuyến khảo sát dọc theo tim đập



Hình 6. So sánh kết quả giải ngược của tài liệu đo (a) và tài liệu sau hiệu chỉnh (b) của tuyến đo dọc theo tim đập

5. Kết luận

Môi trường 3D, cụ thể là nước và không khí bên ngoài mái đập và địa hình đập, có ảnh hưởng lớn đến kết quả đo sâu điện 2D trên tuyến đo dọc theo tim đập. Các kết quả nghiên cứu mô hình cho thấy độ lệch do ảnh hưởng này lên đến trên 80% với trường hợp đập khô và trên 30% với trường hợp đập tích nước. Dựa trên các kết quả tính toán lý thuyết, khi quan trắc đập trong thời gian dài (cả mùa mưa lẫn mùa khô) thì nên áp dụng hệ thiết bị 3 cực đo tính ổn định tương đối của nó với sự thay đổi điều kiện tích nước và khô nước của đập so với các hệ điện cực còn lại. Trên mô hình lý thuyết, khi lựa chọn chính xác các tham số mô hình đưa vào xử lý thì giá trị độ lệch của số liệu sau khi xử lý tốt hơn nhiều so với số liệu chưa được xử lý. Khi ta chọn sai các tham số điện trở suất của thân đập và đá gốc lên tới $\pm 25\%$ thì kết quả thu được sau khi xử lý vẫn tốt hơn, tức là độ lệch nhỏ hơn, so với số liệu ban đầu chưa xử lý. Kết quả thu được với tuyến đo thực tế đã chứng minh được hiệu quả của quy trình xử lý mà nhóm tác giả đã đề xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Như Trung, Nguyễn Trọng Nga, 2002. Bài giảng phương pháp thăm dò điện dòng một chiều trong môi trường bất đồng nhất ngang.

[2]. Cho IK, Yeom JY., 2007. Cross line resistivity tomography for the delineation of anomalous seepage pathways in an embankment dam. *Geophysics* 72(2):G31–G38.

[3]. Min D, Kim H., 2006. Feasibility of the surface-wave method for the assessment of physical properties of a dam using numerical analysis. *J Appl Geophys* 59(3):236–243.

[4]. Panthulu TV, Krishnaiah C, Shirke JM., 2001. Detection of seepage paths in earth dams using self-potential and electrical resistivity methods. *Eng Geol* 59:281–295.

[5]. Salmon GM, Johansson S., 2003. Research on Geophysical methods of detecting seepage and piping in embankment dams with case studies of geophysical measurements at two Swedish tailing dams. *ICOLD*, Montreal.

[6]. Seokhoon Oh., 2012. Electrical resistivity response due to variation in embankment shape and reservoir levels. *Environment Earth Sciences*, vol 65: 571–579.

[7]. Sjodahl P, Dahlin T, Zhou B., 2005. Using resistivity measurement for dam safety evaluation at Enemossen tailings dam in southern Sweden. *Environ Geol* 49:267–273.

[8]. Sjodahl P, Dahlin T, Zhou B., 2006. 2.5D resistivity modeling of embankment dams to assess influences from geometry and material properties. *Geophysics* 71:G107–G114.

[9]. Sjodahl P, Dahlin T, Zhou B, Loke MH., 2008. Resistivity monitoring for leakage and internal erosion detection at Hallby embankment dam. *J Appl Geophys* 65:155–164.

[10]. Song SH, Song Y, Kwon BD., 2005. Application of hydrogeological and geophysical methods to delineate leakage pathways in an earth fill dam. Special issue published jointly by ASEG 36, SEGJ58. *KSEG* 8:92–96.

ABSTRACT

Correction of 3D effects on 2D electrical sounding data to improve interpretation results for dam assessments in Vietnam

Pham Ngoc Kien, *Hanoi University of Mining and Geology*
Nguyen Nhu Trung, *Viet Nam Academy of Science and Technology*

2D electrical sounding method applied for dam assessments are distorted by geometry of the dams, free air out of the dam's roof and water in reservoir. Based on 2D and 3D modeling of geoelectrical models, the distortion is assessed for different electrical arrays. These results may assist to choose a proper electrical array for investigating the dams. We have carried out a new data processing workflow that reduces significantly the influences of 3D media on 2D soundings data for both synthetic and real data constrained on prior information of resistivity parameters.