

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP MẶT CẮT ĐIỆN TRỞ ĐẤT TRONG KHẢO SÁT LÒNG HỒ CHỨA NƯỚC Ở XÃ CHIỀNG CỌ, THỊ XÃ SƠN LA

NGUYỄN NHƯ TRUNG

Viện Địa chất và Địa vật lý Biển, 18, Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Tóm tắt: Việc xây dựng hồ chứa nước trên vùng núi luôn đối mặt với những rủi ro, như lòng hồ bị mất nước, thân đập bị nứt, thấm nước qua thân đập gây xói mòn đập, hay trượt lở đất ở những vùng xung quanh hồ chứa. Để ngăn ngừa và khắc phục các rủi ro này cần có những phương pháp khảo sát thích hợp nhằm xác định chính xác vị trí gây ra những khuyết tật này. Trong bài báo này tác giả trình bày kết quả ứng dụng hệ phương pháp đo điện trở nhằm tìm kiếm và xác định vị trí không gian của các vết nứt, hang hốc karst trong lòng hồ ở xã Chiềng Cọ, thị xã Sơn La. Kết quả khảo sát cho phép đánh giá khả năng cách nước của toàn vùng hồ chứa nước và chỉ ra được những vùng nứt nẻ, karst có khả năng gây ra mất nước trong lòng hồ.

MỞ ĐẦU

Công việc xây dựng các hồ chứa nước trên các miền núi là một nhiệm vụ khá phổ biến nhằm duy trì nguồn nước sinh hoạt cũng như phục vụ nông nghiệp cho người dân ở những vùng này. Do đặc điểm địa chất ở miền núi thường rất phức tạp, địa hình bị phân cắt mạnh, lòng hồ thường nằm dọc theo các hệ thống đứt gãy và các ranh giới địa chất. Nhiều công trình hồ chứa sau khi xây xong đã không giữ được nước do nước thoát xuống dọc theo các đới nứt nẻ, các ranh giới địa tầng, các đứt gãy và các hang hốc karst nằm dưới đáy hồ. Một số thân đập được thiết kế trên nền móng yếu không ổn định, hoặc quá trình thi công thân đập không được tốt nên sau một thời gian đã bị nứt, nước rò rỉ qua thân đập gây xói lở thân đập dẫn đến nguy cơ vỡ đập. Ngoài ra, việc rò rỉ nước qua lòng hồ có thể gây ra hiện tượng trượt lở đất ở các vùng lân cận xung quanh hồ nước. Do vậy, điều đặc biệt quan trọng trước khi tiến hành thiết kế xây dựng hồ chứa nước là phải khảo sát kỹ để chỉ ra được những chỗ tồn tại các đới nứt nẻ, hang hốc và những vùng có nền móng ổn định nhất để thiết kế đập và đưa ra được những phương án xử lý trước khi tích nước vào hồ.

Một trong những phương pháp được sử dụng rộng rãi trên thế giới nhằm đánh giá, phát hiện các vùng thấm trong lòng hồ, thân đập, xác định vị trí xây đập cũng như nghiên cứu trượt lở đất là phương pháp đo sâu điện trở [1-6, 13]. Trong bài báo này, tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu ứng dụng phương pháp đo sâu điện trở để khảo sát nhằm xác định các hang hốc karst, các đới nứt nẻ trong lòng hồ ở khu hồ chứa nước nuôi trồng thủy sản gần thị xã Sơn La. Các kết quả ứng dụng đã cho phép xác định được các đới nứt nẻ, hang karst là những nguyên nhân gây ra hiện tượng mất nước ở hồ chứa nước này.

1. SƠ LƯỢC VỀ VÙNG NGHIÊN CỨU

Vùng nghiên cứu là một hồ chứa nước thuộc xã Chiềng Cọ, cách thị xã Sơn La 3 km về phía tây bắc. Hồ chứa nước này nằm trên một dòng suối chạy dài theo hướng bắc- nam có chiều dài khoảng 800 m và chiều rộng 240-100 m. Tổng diện tích khảo sát khoảng 100.000 m² chia làm hai khu là vùng lòng hồ ở phía nam và vùng hồ nuôi cá giống ở phía bắc (Hình 1). Địa hình lòng suối

tương đối bằng phẳng, độ cao thay đổi từ 671 m ở phía nam, đến 640 m ở phía bắc. Bên bờ phải dòng suối có địa hình đá vôi dốc đứng, bên bờ trái là địa hình đồi đất thoải. Hiện tại về mùa khô, con suối này hoàn toàn không có nước. Vào mùa mưa suối đầy nước, nhưng chỉ trong một thời gian ngắn là toàn bộ nước bị cạn kiệt.



(a)



(b)

Hình 1. Địa hình vùng nghiên cứu, phần phía bắc là hồ nuôi cá giống (a) và phía nam là hồ chứa (b).

Kết quả khảo sát xung quanh vùng hồ chứa cho thấy đặc điểm địa tầng khái quát như sau:

- Tầng phủ: gồm ba lớp, lớp trên cùng gồm có sét, á sét bờ rời, lớp thứ 2 gồm sét lẫn dăm sạn, cuội sỏi và lớp thứ 3 là sét. Các kết quả quan sát trên mặt cho thấy các lớp trong tầng phủ nhiều chỗ không liên tục. Về mùa mưa lớp cuội sỏi và dăm sạn chứa nước, nhưng vào mùa khô lớp này không có nước.

- Nằm dưới tầng phủ là lớp đá vôi bị phong hoá yếu;

- Dưới cùng là lớp đá móng rắn chắc, thành phần chủ yếu là đá vôi, ở nhiều vùng gặp các đá xâm nhập.

II. CƠ SỞ ĐỊA VẬT LÝ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐẠC PHÂN TÍCH

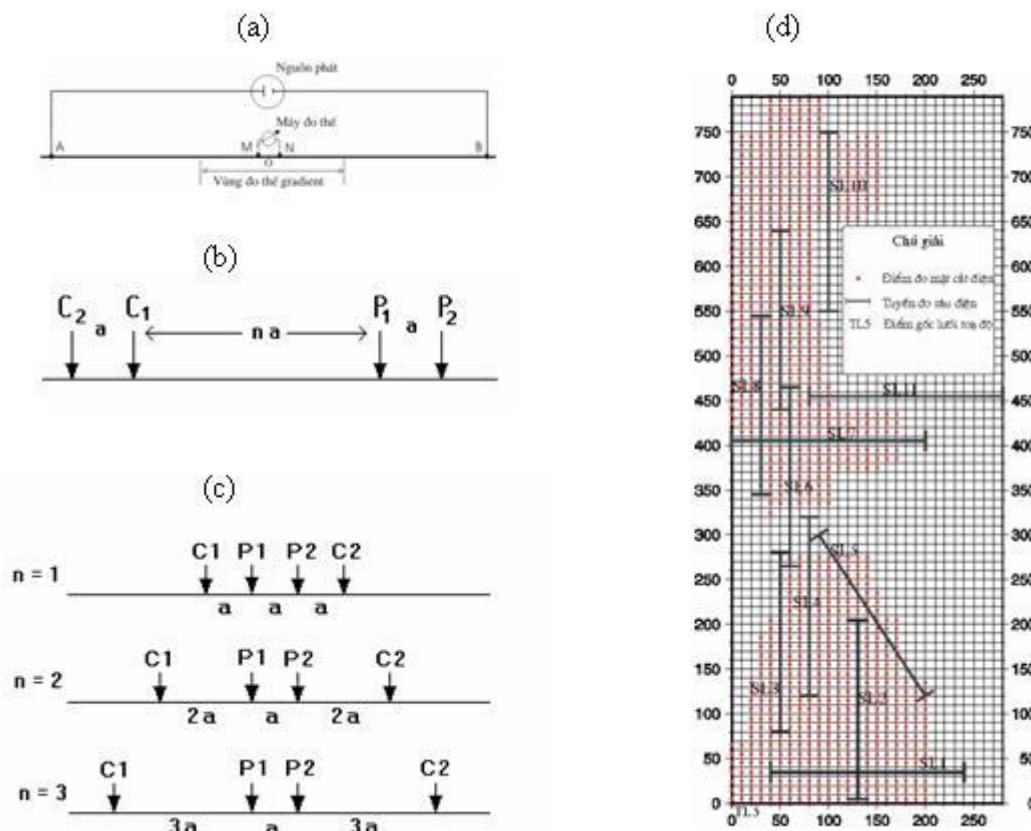
1. Cơ sở địa vật lý

Vùng nghiên cứu nằm trong lòng một con suối, phần trên là tầng phủ bờ rời phủ trực tiếp trên đá vôi phong hóa yếu và đá vôi liên khối. Theo các kết quả đo địa vật lý ở một số vùng lân cận [10] thì mặt cắt địa điện ở vùng này có dạng H, phần trên mặt cắt có điện trở suất cao, phần giữa có điện trở suất thấp và phần dưới có điện trở suất cao. Do hồ nước nằm trên một đoạn suối nên phần đá móng của nó có thể là nơi tiếp giáp của hai loại đá có thành phần thạch học khác nhau hoặc nằm trong một đứt gãy, cộng với sự vận động của dòng nước có thể xuất hiện các hang động cáctơ gây ra những bất thường về điện trở suất. Phần đá móng liên quan đến các đới nứt nẻ và karst thường là vùng có giá trị điện trở suất thấp bất thường so với xung quanh. Đây là cơ sở để áp dụng phương pháp điện trở suất để xác định vị trí và kích thước của các đối tượng gây mất nước ở hồ chứa [12].

2. Phương pháp thực địa và phân tích số liệu

- **Phương pháp thực địa:** Yêu cầu đặt ra đối với phương pháp đo điện trở là xác định vị trí và kích thước những vùng có khả năng gây mất nước của lòng hồ chứa. Như vậy, yêu cầu đặt ra đối với phương pháp khảo sát là phải đánh giá tổng thể toàn bộ vùng lòng hồ và xác định chính xác vị

trí và chiều sâu của các đới nứt nẻ, hang hốc. Để đáp ứng được các yêu cầu đặt ra hệ phương pháp đo đạc được sử dụng gồm [9, 15]:



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý đo hệ điện cực gradien (a); hệ cực Wenner-Schlumberger (b) và Dipole-Dipole (c). Sơ đồ mạng lưới tuyến đo khu vực nghiên cứu (d).

- **Phương pháp đo mặt cắt điện gradien** (Hình 2a): Kích thước hệ cực được sử dụng với $AB/2 = 105 \text{ m}$, vùng đo thế gradien ở trong khoảng giữa bằng $1/3$ kích thước AB . Lưới đo được bố trí đều trong toàn bộ diện tích lòng hồ với điểm nọ cách điểm kia 10 m (Hình 2d), với tổng số điểm đo mặt cắt là 986 điểm. Cách đo này cho phép ta khảo sát được sự thay đổi điện trở suất của tầng đá móng ở chiều sâu khoảng từ 25 đến 30 m. Đây là cơ sở đánh giá định tính sự ổn định hay bất thường của móng lòng hồ.

Sau khi xác định được các vị trí móng có khả năng bị nứt nẻ/karst, phương pháp đo sâu điện liên tục đều Wenner-Schlumberger và Dipole-Dipole với $a = 10 \text{ m}$, $n = 8$ được thiết kế cắt ngang qua các vị trí xung yếu này (Hình 2b, 2c). Các mặt cắt đo qua đây cho phép xác định định lượng được vị trí và chiều sâu của các đới nứt nẻ/đứt gãy hay hang karst. Trong nghiên cứu này 11 tuyến đo sâu lưỡng cực đã được tiến hành trong vùng lòng hồ (Hình 2d).

- **Xử lý và phân tích số liệu:** Việc chỉnh lý và xử lý sơ bộ được tiến hành trên hiện trường nhằm đảm bảo cho các kết quả đo được có độ chính xác và tin cậy cao. Sơ đồ đẳng Ohm của toàn bộ vùng nghiên cứu được thành lập nhằm xác định các vùng dị thường, làm cơ sở xác định vị trí các tuyến đo sâu điện. Số liệu đo sâu liên tục đều được phân tích định lượng bằng phương pháp bài toán ngược [7-9, 15]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phần mềm thương mại Res2Dinv [9]. Res2Dinv là phần mềm phân tích hai chiều (2D), từ các số liệu đo trên một tuyến ngoài thực

địa cho phép ta xác định được phân bố điện trở suất của mặt cắt cấu trúc phía dưới. Đây là cơ sở để xác định một cách định lượng vị trí các vùng có khả năng gây mất nước trong lòng hồ.

III. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

1. Sơ đồ đẳng điện trở suất biểu kiến

- **Vùng lòng hồ:** Giá trị điện trở suất biểu kiến (ĐTSBK) ở vùng này thay đổi trong khoảng từ 250 đến 1200 Ωm . Các đường đẳng trị có dạng dải và dạng đẳng thước chủ yếu định hướng theo phương Đ-T và ĐB-TN. Ở phần phía nam của hồ xuất hiện một vùng giá trị điện trở suất rất cao ($>1000 \Omega\text{m}$), cho thấy có thể phần đá gốc ở đây nằm rất gần mặt địa hình. Tại đây xuất hiện một khối điện trở suất thấp khoảng 250-300 Ωm , có kích thước khoảng 200 m^2 (khối DT1 trên Hình 3). Tại vùng trung tâm và phía bắc hồ, phần lớn giá trị điện trở suất biểu kiến có giá trị thấp ở khoảng 250-400 Ωm , đôi chỗ lên đến 500-600 Ωm . Giá trị ĐTSBK trung bình ở vùng này khoảng 400 Ωm . Trên bình diện ở vùng này có thể thấy những chỗ có giá trị ĐTSBK nhỏ hơn 300 Ωm , được coi là vùng dị thường điện trở suất nhỏ. Tại đây phát hiện được 4 khối dị thường điện trở suất nhỏ (250-300 Ωm) là DT2, DT3, DT4 và DT5. Khối DT2 có diện tích khoảng 300 m^2 kéo dài theo phương Đ-T. Khối dị thường DT3 có diện tích khoảng 200 m^2 , tương đối đẳng thước, ở phía tây nam của khối dị thường này xuất hiện một khối dị thường có kích thước nhỏ hơn 100 m^2 . Khối dị thường DT4 và DT5 gần nhau đã tạo nên một dải dị thường lớn gần như cắt ngang qua lòng hồ, với diện tích khoảng 2100 m^2 .

- **Vùng hồ cá giống:** Giá trị ĐTSBK ở đây có giá trị thấp hơn hẳn so với vùng hồ ở phía nam, với giá trị thấp nhất là 100-150 Ωm và cao nhất khoảng 400 Ωm . Ở vùng này những chỗ có giá trị ĐTSBK 300-400 Ωm là giá trị “bình thường”, còn những chỗ có giá trị nhỏ hơn 300 Ωm là những điểm dị thường. Trên bình đồ đẳng Ohm có thể thấy ở vùng này tồn tại 5 dải dị thường DT6, DT7, DT8, DT9, DT10 (Hình 3). Khối dị thường DT6 có diện tích khoảng 600 m^2 , kéo dài theo phương Đ-T. Vùng dị thường DT7 là vùng có điện trở suất thấp nhất trong vùng (50-150 Ωm) trải trên một diện tích khoảng 3100 m^2 . Khối dị thường DT8 kéo dài theo phương ĐB-TN, cắt chéo qua vùng với chiều dài khoảng 110 m và chiều ngang khoảng 300 m; khối này có ĐTSBK khoảng 250-300 Ωm . Khối dị thường DT9 kéo dài theo phương Đ-T cắt ngang qua lòng suối với chiều dài khoảng 80 m và chiều rộng khoảng 30 m, giá trị ĐTSBK thay đổi từ 250 đến 300 Ωm . Khối dị thường DT10 có diện tích phân bố khá lớn (12000 m^2) và điện trở suất nhỏ khoảng 150-200 Ωm .

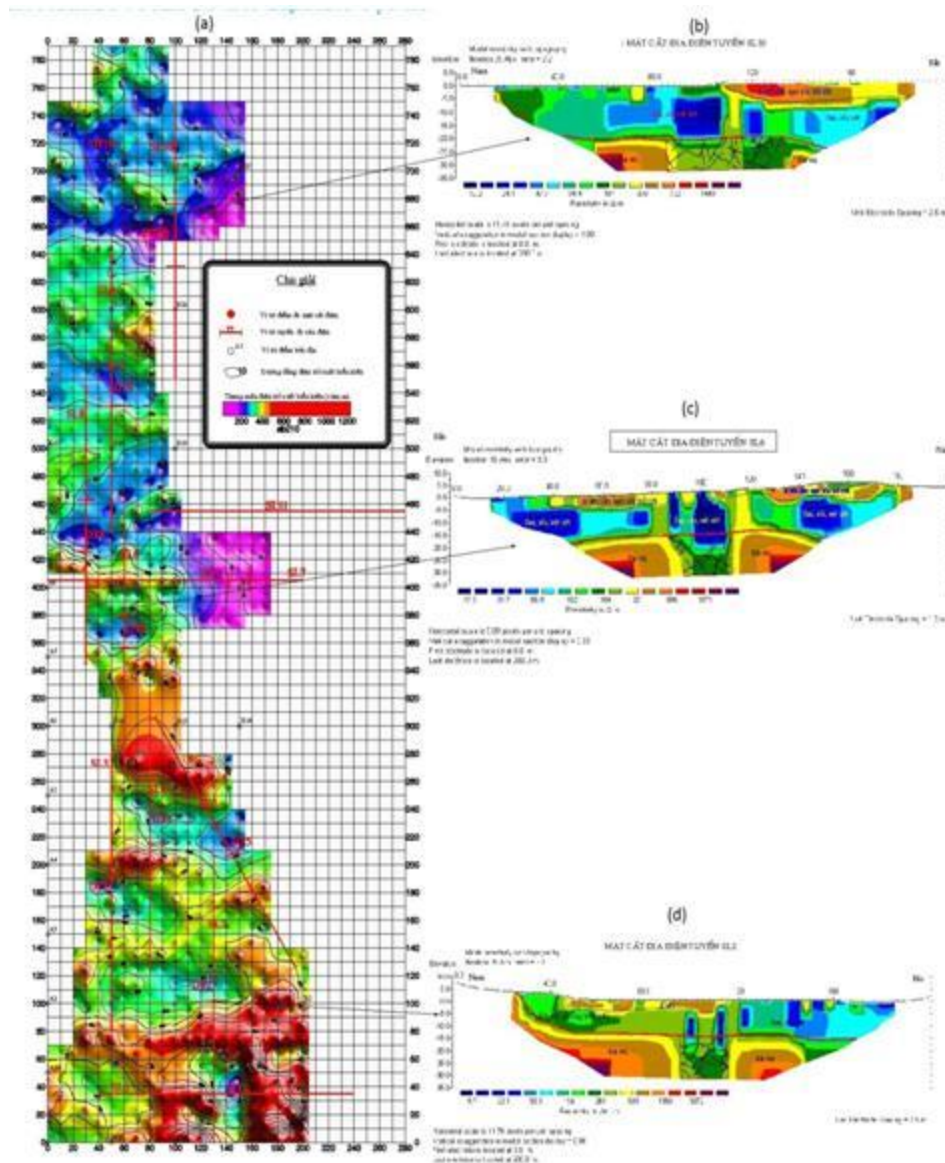
2. Kết quả phân tích các tuyến đo sâu

Từ các kết quả phân tích định tính trình bày ở phần trên, tại trung tâm của các dị thường đã tiến hành đo 11 tuyến đo sâu điện liên tục đều để nghiên cứu chi tiết các dị thường này. Kết quả đo và phân tích các tuyến đo sâu này đã cho thấy bức tranh khá rõ về cấu trúc địa chất ở phía dưới của lát cắt. Có thể thấy cấu trúc chung của mặt cắt địa chất ở vùng này như sau:

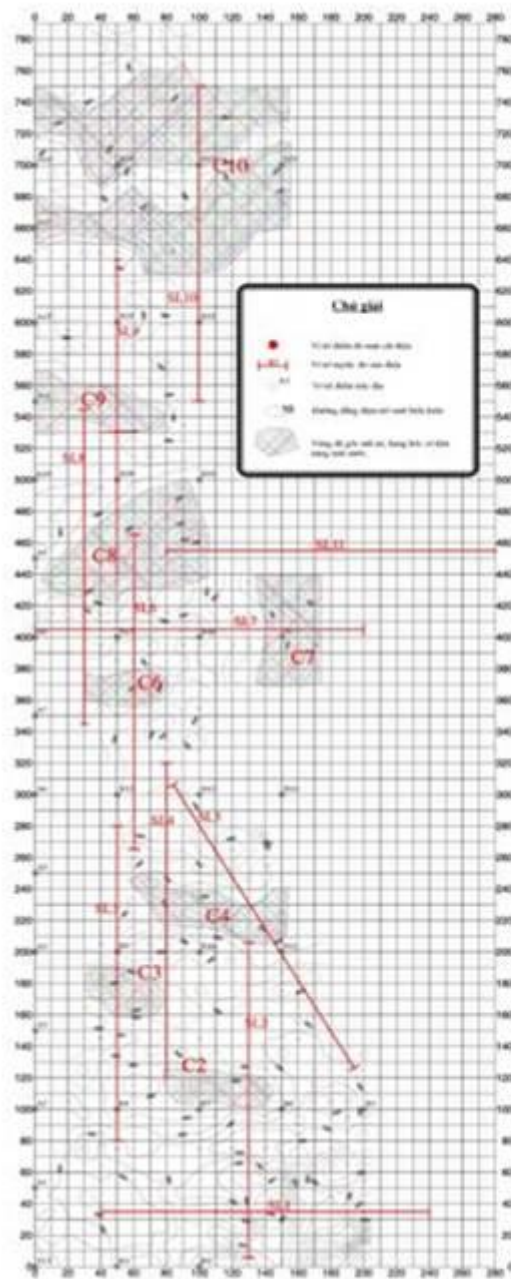
- **Lớp trên cùng:** là lớp có điện trở suất rất cao, từ 200 đến 600 Ωm phủ không liên tục trên toàn bộ vùng nghiên cứu và nhiều nơi vắng mặt lớp này. Lớp này tương ứng với lớp á sét khô hoặc cuội sỏi lẫn sét khô, chiều dày thay đổi từ vài m đến 7 m.

- **Lớp thứ hai:** nằm dưới lớp thứ nhất có điện trở suất nhỏ thay đổi từ 15 đến 60 Ωm . Lớp này xuất hiện trên hầu hết 11 tuyến đo. Chiều dày lớp này thay đổi từ vài m đến hơn 15 m. Liên kết với địa tầng đã biết trong vùng thì lớp này có thể là lớp sét lẫn cát cuội sỏi ngậm nước.

- *Lớp thứ ba:* nằm dưới lớp thứ hai, có diện phân bố không đồng đều (ở một số mặt cắt không gặp), có điện trở suất thay đổi từ 90 đến 220 Ωm . Chiều dày thay đổi từ vài m đến 7-8 m. Lớp này có thể tương ứng với lớp đá vôi nứt nẻ phong hoá yếu.



Hình 3. Phân bố điện trở suất ở lòng hồ theo diện (a) và theo chiều sâu (b, c, d).
 Tại những vùng lòng hồ bị nứt nẻ và là vùng karst giá trị điện trở suất thấp.



Hồ sụt quan sát được tại vùng C10



Vết nứt quan sát được tại vùng C10

Hình 4. Sơ đồ phân bố vùng đá gốc nứt nẻ, hang hốc có khả năng gây mất nước.

- *Phần cuối cùng của mặt cắt*: là lớp có điện trở suất cao từ 500-700 đến hàng nghìn Ωm , phân bố trên toàn bộ mặt cắt. Trong lớp điện trở suất cao này tồn tại những khối điện trở suất thấp 250-300 Ωm . Theo phân tích của chúng tôi thì lớp điện trở suất cao này tương ứng với lớp đá vôi rắn chắc, còn các khối điện trở suất thấp tương ứng với vùng đá vôi nứt nẻ, hang hốc bị lấp nhét bởi cát sạn sét chứa nước. Trong số 11 tuyến đo đã phát hiện được 10 tuyến trong đó móng có tồn tại các khối điện trở suất thấp này.

Dưới đây là đặc điểm cấu trúc của 3 mặt cắt nhận được từ kết quả phân tích bài toán ngược:

- Hình 3b là kết quả phân tích định lượng tuyến SL10, cho ta mặt cắt cấu trúc có ranh giới mặt đá gốc được thể hiện rõ trên mặt cắt bởi lớp điện trở suất cao $> 370 \Omega m$ kéo dài từ đầu tuyến đến cuối tuyến. Mặt ranh giới này dâng cao ở phần đầu tuyến và hạ thấp dần về phía cuối tuyến, chiều sâu đến mặt ranh giới từ một vài đến 22 m. Tại vùng giữa tuyến từ cự ly 85 đến 130 m, kết quả phân tích đã giúp xác định được một khối dị thường điện trở suất thấp khoảng $190 \Omega m$ ở độ sâu từ 20 đến 35 m. Có thể nhận định đây là vùng đá vôi bị nứt nẻ rất mạnh, tạo nên các đới dập vỡ, hang hốc lớn chứa nước. Ở phần đầu tuyến từ 0 đến 60 m, lớp phủ có điện trở lớn thay đổi từ 100 đến $200 \Omega m$. Lớp này có thể liên quan đến lớp đá vôi phong hóa nứt nẻ yếu. Từ đoạn 100 m đến cuối tuyến, lớp phủ gồm 2 lớp, lớp trên có điện trở suất cao (liên quan đến bờ kênh mới đắp), lớp dưới có điện trở suất thấp thay đổi từ 12 đến $50 \Omega m$ nằm trực tiếp lên mặt đá gốc.

- Hình 3c là kết quả phân tích định lượng tuyến SL6. Ranh giới mặt đá gốc được thể hiện rõ trên mặt cắt bởi lớp điện trở suất cao $> 420 \Omega m$ kéo dài từ đầu tuyến đến cuối tuyến. Mặt ranh giới này nằm tương đối ngang, ở phần giữa và cuối tuyến mặt ranh giới hơi võng xuống. Chiều sâu đến mặt ranh giới khoảng 15-20 m. Tại vùng giữa tuyến từ cự ly 92 đến 110 m kết quả phân tích đã giúp xác định được một khối dị thường điện trở suất thấp khoảng $220 \Omega m$ ở độ sâu từ 17 đến 35 m. Có thể nhận định đây là vùng đá vôi bị nứt nẻ mạnh, tạo hang hốc và chứa nước. Phủ trực tiếp lên mặt đá gốc này là lớp phủ gồm hai lớp khá rõ nét. Lớp trên cùng tương ứng với lớp á sét khô bờ rời có điện trở suất $300-400 \Omega m$, phân bố không liên tục trên toàn tuyến. Chiều dày của lớp này khoảng 2-5 m. Nằm dưới lớp này là một lớp điện trở suất thấp khoảng $18-60 \Omega m$, có chiều dày 10-15 m. Lớp đá vôi phong hóa yếu không thể hiện rõ trên mặt cắt này. Như vậy, có thể nhận định lớp phủ này gồm lớp á sét khô bờ rời có điện trở suất cao nằm ngay trên mặt, phủ trên lớp sét lẫn cát cuội sỏi chứa nước có điện trở suất thấp nằm trực tiếp lên mặt đá gốc.

- Hình 3d là kết quả phân tích định lượng tuyến SL2. Ranh giới mặt đá gốc được thể hiện rõ trên mặt cắt bởi lớp điện trở suất cao $> 600 \Omega m$ kéo dài từ đầu tuyến đến cuối tuyến. Phần đầu tuyến ranh giới đá gốc nhô cao gần đến mặt đất và thoải dần về cuối tuyến đến độ sâu 20 m. Tại vùng giữa tuyến từ cự ly 95 đến 115 m là một khối dị thường điện trở suất thấp khoảng $260 \Omega m$ ở độ sâu từ 15 đến 35 m. Có thể nhận định khối điện trở suất thấp này tương ứng với vùng đá vôi bị nứt nẻ, hang hốc lấp nhét và chứa nước. Ở phần trên của mặt đá gốc, mặt cắt có sự khác biệt giữa đoạn đầu tuyến và cuối tuyến. Ở phần đầu tuyến từ 0 đến 100 m, mặt đá gốc được phủ bởi một lớp điện trở suất thấp ($260 \Omega m$) dày khoảng 5-10 m. Phủ lên trên lớp này là một lớp điện trở suất lớn $500-600 \Omega m$ có chiều dày khoảng 3-5 m. Ở phần cuối tuyến từ 100 đến 200 m, phủ lên trên mặt đá gốc là một lớp điện trở suất thấp từ $10-50 \Omega m$ với chiều dày khoảng 15 m. Như vậy, có thể nhận định là ở phần đầu tuyến lát cắt có thể chỉ gồm lớp á sét khô bờ rời điện trở suất cao và ngay dưới nó là lớp đá vôi phong hóa yếu thấm nước có điện trở suất thấp hơn. Phần cuối của lát cắt có thể chỉ gồm lớp sét lẫn cát cuội sỏi chứa nước có điện trở suất thấp.

Các kết quả phân tích nêu trên cho phép chúng ta xây dựng được sơ đồ phân bố các vùng nền đá gốc bị nứt nẻ, hang hốc có khả năng gây mất nước trong lòng hồ như trên Hình 4. Diện phân bố của các vùng như sau:

- **Vùng C2:** nằm ở vị trí khối dị thường DT2, trên diện tích khoảng $1200 m^2$ kéo dài theo phương Đ-T, chiều dài khoảng 60 m và chiều rộng khoảng 20 m.

- **Vùng C3:** nằm ở vị trí khối dị thường DT3, trên một diện tích khoảng $1100 m^2$, có hình dạng tương đối đẳng thước.

- **Vùng C4-5:** nằm ở vị trí của khối dị thường DT4 và DT5, trên một diện tích khoảng 2200 m², có hình dạng kéo dài theo phương Đ-T cắt ngang qua lòng hồ, chiều rộng khoảng 20 m và chiều dài khoảng 110 m.

- **Vùng C6:** nằm ở vị trí khối dị thường DT6 trên một diện tích khoảng 900 m², có hình dạng kéo dài theo phương Đ-T, chiều rộng khoảng 15-20 m và chiều dài 50 m.

- **Vùng C7:** nằm ở vị trí khối dị thường DT7, trên một diện tích rộng khoảng 2800 m², kéo dài theo phương B-N, chiều dài khoảng 70 m và chiều rộng khoảng 40 m.

- **Vùng C8:** nằm ở vị trí khối dị thường DT8, trên một diện tích rộng khoảng 4600 m², kéo dài theo phương ĐB-TN với chiều dài khoảng 100 m và chiều rộng khoảng 40-50 m.

- **Vùng C9:** nằm ở vị trí dị thường DT9, trên một diện tích rộng khoảng 2000 m², kéo dài theo phương Đ-T với chiều dài khoảng 80 m và chiều rộng khoảng 15-40 m.

- **Vùng C10:** nằm ở vị trí dị thường DT10, trên một diện tích khoảng 17000 m², trải rộng trên toàn bộ khu vực mặt hồ. Có thể thấy đây là vùng có diện phân bố rộng nhất trong toàn khu nghiên cứu.

Các kết quả nêu trên đã được xác nhận ở 2 vị trí tại thực địa. Các hố sụt và vết nứt có thể quan sát rõ được tại thực địa ở vùng C10. Tại đây, chúng ta quan sát được một hố sụt có chiều rộng khoảng 1,5m và chiều dài khoảng 3 m và một vết nứt lớn chạy dài khoảng 5 m, hình thành sau một trận mưa to (xem Hình 4).

KẾT LUẬN

Hệ phương pháp đo sâu điện trở trình bày ở bài báo này đã tỏ ra rất có hiệu quả, giải quyết tốt công việc xác định hệ thống đứt gãy, nứt nẻ, hang hốc trong lòng hồ. Kết quả khảo sát sử dụng 2 phương pháp đo là mặt cắt điện trở gradien và đo sâu mặt cắt liên tục đều đã giúp khoanh định được vị trí, kích thước và chiều sâu của những vùng nứt nẻ, hang hốc có khả năng gây mất nước ở đáy hồ. Tổng diện tích có khả năng gây mất nước phát hiện được là 31.500 m². Cấu trúc của các đối tượng nứt nẻ hang hốc phát triển mạnh mẽ nhất theo phương Đ-T và ĐB-TN. Do vậy, trong quá trình xử lý chống mất nước ở vùng lòng hồ cần đặc biệt chú ý đến khả năng mất nước theo 2 phương này.

Phương pháp địa vật lý điện là phương pháp có hiệu quả kinh tế cao và dễ triển khai trong điều kiện rừng núi, địa hình phức tạp. Việc điều tra khảo sát các hồ chứa nước, giám sát các đập chứa và nghiên cứu trượt lở đất là những công việc có thể sử dụng phương pháp này.

VĂN LIỆU

1. Batayneh A.T., Abdallah S.A.Z., Abdelruhman A.A., 2001. Geophysical investigations for the location of a proposed dam in Al Bishriyya (Al Aritayn) area, northeast Badia of Jordan. *Envir. Geol.*, 40 : 918-922.

2. Bronner N., Fagerström H., Stille H., 1988. Bedrock cracks as a possible cause of leakage in two Swedish dams. *Proc. Intern. Comm. on Large Dams (ICOLD)*, 16th Congress, San Francisco, 61/55.

3. Dahlin T., 1996. 2D resistivity surveying for environmental and engineering applications. *First Break*, 14 : 275-284.

4. Drahor M.G., Göktürkler G., Berge M.A., Özgür Kurtulmuş T., 2006. Application of electrical resistivity tomography technique for investigation of landslides: A case from Turkey. *Envir. Geol.*, 50 : 147-155.

5. Lapenna V., Lorenzo P., Perrone A., Piscitelli S., Rizzo E., Sdao F., 2004. 2D electrical resistivity imaging of some complex landslides in the Lucanian Apennine chain, southern Italy. *Geophysics*, 70 : B11-B18.
6. Lee C.C., Yang C.H., Liu H.C., Wen K.L., Wang Z.B., Chen Y.J., 2008. A study of the hydrogeological environment of the Lishan landslide area using resistivity image profiling and borehole data. *Eng. Geol.*, 98 : 115-125.
7. Loke M.H., Barker R.D., 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical prospecting*, 44 : 499-524.
8. Loke M.H. and Dahlin T., 2002. A comparison of the Gauss-Newton and quasi-Newton methods in resistivity imaging inversion. *J. of Applied Geoph.*, 49 : 149-162.
9. Loke M.H., 2003. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. www.geoelectrical.com.
10. Nguyễn Như Trung (*Chủ biên*), 1995. Áp dụng các phương pháp đo điện hiện đại để tìm kiếm và xác định nguồn nước ngầm ở Sơn La. *Báo cáo tổng kết đề tài cấp VKHCNVN 1994-1995. Lưu trữ Viện ĐC&ĐVLB, Hà Nội*.
11. Nguyễn Như Trung, 1999. Quy trình thực địa và phân tích số liệu đo sâu điện trở hai chiều (2D). *TC Các KH về TĐ*, 21/4 : 254-262. Hà Nội.
12. Nguyễn Như Trung, 2001. Đo sâu điện trở 2D-3D trong nghiên cứu môi trường bất đồng nhất ngang. *Tt các Công trình KH Đại học M-ĐC*, 35 : 78-88. Hà Nội.
13. Sjö Dahl P., Dahlin T., Zhou B., 2006. 2.5D resistivity modelling of embankment dams to assess influences from geometry and material properties. *Geophysics*, 71 : G107.
14. Sjö Dahl P., Dahlin T., Johansson S., Loke M.H., 2008. Resistivity monitoring for leakage and internal erosion detection at Hällby embankment dam. *J. of Applied Geoph.*, 65 : 155-164.
15. Zhdanov M.S., and George Keller, 1994. The geoelectrical methods in geophysical exploration. *Methods in Geoch. and Geoph.*, 31. Elsevier, Amsterdam.