

Nghiên cứu khả năng phát hiện và ảnh hưởng lẫn nhau của các hang rỗng trên mô hình lý thuyết và kiểm nghiệm thực tế bằng phương pháp Ra đa đất

Vũ Đức Minh^{1,*}, Vương Duy Thọ²

¹*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQĐHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

²*Viện Sinh thái và Bảo vệ công trình - Viện Khoa học Thủy Lợi Việt Nam*

Nhận ngày 29 tháng 01 năm 2015

Chỉnh sửa ngày 10 tháng 02 năm 2015; Chấp nhận đăng ngày 10 tháng 3 năm 2015

Tóm tắt: Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu khả năng phát hiện và ảnh hưởng lẫn nhau của các hang rỗng bằng phương pháp Ra đa đất. Theo TCVN 8227-2009 và kinh nghiệm thực tế, các tác giả đã lựa chọn các mô hình hang rỗng điển hình phù hợp với thực tế, sử dụng module modelling for the 2D-simulation thuộc phần mềm REFLEXW để xây dựng mô hình lý thuyết đối với các mô hình hang rỗng trên, sử dụng phương pháp Migration để xử lý tính toán mô hình, đồng thời đã kiểm nghiệm khảo sát, tìm kiếm tổ mối trên đê, đập đất tại một số khu vực bằng hệ thiết bị SIR - 10B và SIR-30 với ăng ten 400MHz do Công ty GSSI của Mỹ sản xuất. Từ đó, rút ra các kết luận bổ ích về tính đúng đắn và phù hợp của mô hình lý thuyết khi áp dụng thực tế, khả năng ứng dụng của phương pháp Ra đa đất đối với việc tìm kiếm, xác định các hang rỗng nhằm nâng cao hiệu quả của phương pháp, làm cơ sở cho công tác phát hiện các hang rỗng trong hệ thống đê, đập ở Việt Nam.

Từ khóa: Ra đa đất, mô hình hang rỗng, đê, đập, Reflexw, Migration.

1. Đặt vấn đề

Phần lớn những công trình thủy lợi ở nước ta đều được xây dựng cách đây khá lâu. Do hạn chế về điều kiện kỹ thuật và kinh tế như công tác thăm dò địa chất, thiết kế và thi công công trình v.v... nên đều có những bất cập và khiếm khuyết nhất định. Thêm vào đó, do công trình sau một thời gian dài vận hành, vật liệu đã chịu sự xâm thực của tự nhiên, của nguồn nước, tác động môi trường, biến động địa chất và tác hại của nhiều loài sinh vật, đặc biệt là mối, cho nên

đã xuất hiện nhiều dạng ẩn họa trong công trình. Trong đó, hang rỗng là một dạng ẩn họa phổ biến nhất trong thân đê và đập, những hang rỗng này đe dọa nghiêm trọng sự an toàn của công trình. Mỗi mùa lũ tới, tai họa đều rình rập ở khắp nơi, sự cố công trình có thể xảy ra ở bất cứ nơi nào và lúc nào. Việc phát hiện được những hang rỗng đó một cách nhanh chóng và hiệu quả, kịp thời tiến hành gia cố, trừ hiểm họa cho công trình, đảm bảo cho công trình vận hành an toàn đã trở thành một nhiệm vụ bức xúc và quan trọng của ngành quản lý các công trình thủy lợi. Do đó, việc phát hiện và xử lý hang rỗng cho các công trình này là một nhiệm

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

vụ thường xuyên, lâu dài. Một trong những vấn đề cần đặt ra là phải nghiên cứu khả năng phát hiện và ảnh hưởng lẫn nhau của các hang rỗng trên mô hình bằng các phương pháp Địa Vật lý nói chung và Ra đa đất nói riêng làm cơ sở cho công tác phát hiện các hang rỗng trong hệ thống đê, đập ở Việt Nam, từ đó đề xuất những giải pháp xử lý phù hợp và hiệu quả.

Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu một số kết quả mới thu được khi nghiên cứu khả năng phát hiện và ảnh hưởng lẫn nhau của các hang rỗng trên mô hình bằng phương pháp Ra đa đất (GPR); đồng thời kiểm nghiệm các kết quả này thông qua việc khảo sát, tìm kiếm một số hang rỗng trên thực tế.

2. Cơ sở và phương pháp xây dựng mô hình hang rỗng lý thuyết

2.1. Phương pháp Ra đa đất

Phương pháp GPR [1,2] là phương pháp Địa Vật lý nông dựa trên nguyên lý thu phát sóng điện từ ở tần số siêu cao tần (từ 15 ÷ 2400 MHz). Khi đó sóng điện từ được truyền theo tia phát ra từ các ăng ten phát và thu sóng phản xạ được tạo ra từ các đối tượng là những mặt ranh giới trong môi trường địa chất.

Độ sâu thăm thấu của phương pháp phụ thuộc vào tần số của ăng ten phát thu và tính chất vật lý của môi trường địa chất trong đó giá trị hằng số điện môi tương đối hay độ điện thẩm tương đối (ϵ_r) và độ dẫn điện (σ) là chủ yếu. Tần số càng cao, độ dẫn điện và hằng số điện môi càng lớn thì chiều sâu khảo sát càng nhỏ.

Các đại lượng vật lý đặc trưng của sóng điện từ được dùng trong phương pháp GPR như: vận tốc truyền sóng (v), bước sóng (λ), hệ số suy giảm (α), độ điện thẩm tương đối (ϵ_r), độ từ thẩm (μ), độ dẫn điện (σ)...

2.2. Cơ sở lựa chọn mô hình hang rỗng

2.2.1 Cơ sở Vật lý địa chất

Qua quá trình khảo sát trên các đoạn đê và các đập đất ở Việt Nam thì hang rỗng đặc trưng thường do các động vật và sinh vật cư trú trên thân đê và đập gây ra, đặc biệt do loài mối sinh sống tạo ra những hang (khoang) rỗng.

Theo TCVN 8227-2009, các tổ mối chìm trong đê, đập khi trưởng thành thường có đường kính trung bình khoảng 0,5-0,7m và chiều sâu đến đỉnh khoang chính khoảng 1-1,25m.

Vì vậy, chúng tôi lựa chọn các mô hình điển hình để thử nghiệm trên mô hình lý thuyết với bán kính hang rỗng trung bình là 0,3m như sau:

* Đối với mô hình có 1 hang rỗng: độ sâu hang rỗng: 0,3m; 0,6m; 0,9m; 1,2m và 1,5m.

Mục đích để đánh giá hiệu quả của phương pháp Ra đa đất theo các độ sâu của đối tượng

* Đối với 1 hang rỗng ở độ sâu là 1m thay đổi bán kính đối tượng: 0,05m; 0,1m 0,15m; 0,2m; 0,25m; 0,3m; 0,4m; 0,5m.

Mục đích để đánh giá hiệu quả của phương pháp Ra đa đất với cùng một độ sâu nhưng bán kính hang rỗng thay đổi.

* Đối với mô hình 2 hang rỗng:

- Hai hang rỗng có cùng vị trí nhưng độ sâu khác nhau:

+ Hai hang rỗng có độ sâu là 0,3m và 1,2m.

+ Hai hang rỗng có độ sâu là 0,3m và 0,9m.

+ Hai hang rỗng có độ sâu là 0,9m và 1,2m.

- Hai hang rỗng khác vị trí và khác độ sâu:

+ Hang rỗng 1 tại vị trí so với đầu tuyến đo là 3m, ở độ sâu 0,9m; hang rỗng 2 tại vị trí so với đầu tuyến là 3,9m, ở độ sâu 1,2m.

+ Hang rỗng 1 tại vị trí so với đầu tuyến đo là 3m, ở độ sâu 0,9m; hang rỗng 2 tại vị trí so với đầu tuyến là 3,6m, ở độ sâu 1,2m.

- Hai hang rỗng khác vị trí và cùng độ sâu:

+ Hai hang rỗng ở độ sâu 0,9m và tại vị trí so với đầu tuyến đo là 3m và 3,6m.

+ Hai hang rỗng có độ sâu 0,9m và tại vị trí so với đầu tuyến đo là 3m và 3,9m.

Lựa chọn mô hình có 2 hang rỗng ở những trường hợp trên để đánh giá ảnh hưởng của hai đối tượng hang rỗng khi chúng ở cạnh nhau với độ sâu trùng nhau, khác nhau, và khác vị trí.

2.1.2. Cơ sở lựa chọn ăng ten

Có rất nhiều loại ăng ten với tần số trung tâm ví dụ như: 15Mhz, 20Mhz, 40Mhz, 80Mhz, 100Mhz, 200Mhz, 400Mhz, 900Mhz, 1600Mhz, 2 600 Mhz.

Do mỗi loại ăng ten có tần số nhất định nên chúng tương ứng với bước sóng nhất định. Theo chúng tôi, với các đối tượng là hang rỗng có đường kính $\geq 20\text{cm}$ thì phương pháp Rada đất có thể sử dụng ba loại ăng ten có tần số: 100Mhz, 200Mhz và 400MHz để khảo sát.

Theo nguyên lý tần số ăng ten trung tâm càng cao thì độ phân giải càng lớn nhưng độ sâu nghiên cứu lại giảm. Còn với ăng ten tần số thấp thì tăng được chiều sâu nghiên cứu nhưng độ phân giải lại thấp. Theo thông số nhà sản xuất (hãng GSSI) thì với ăng ten 400Mhz có thể nghiên cứu được ở chiều sâu 0-3m trong điều kiện có hằng số điện môi là 16 và ăng ten có tần số 400Mhz có độ phân giải cao hơn so với ăng ten 100Mhz và ăng ten 200Mhz. Vì vậy, chúng tôi lựa chọn ăng ten có tần số trung tâm là 400Mhz để tính toán trên mô hình hang rỗng lý thuyết đã lựa chọn ở trên.

2.3. Phương pháp xây dựng và xử lý mô hình hang rỗng lý thuyết

2.3.1. Module modelling for the 2D-simulation

Phần mềm để thực hiện mô hình hóa là REFLEXW [3]. Đây là chương trình xử lý và

giải đoán các số liệu truyền và phản xạ sóng (đặc biệt ứng dụng trong Rada xuyên đất (GPR), địa chấn phản xạ, khúc xạ và sóng âm). Hình ảnh giải đoán được sử dụng 16 bit (65536 màu) vì vậy cho hình ảnh phân giải rất cao.

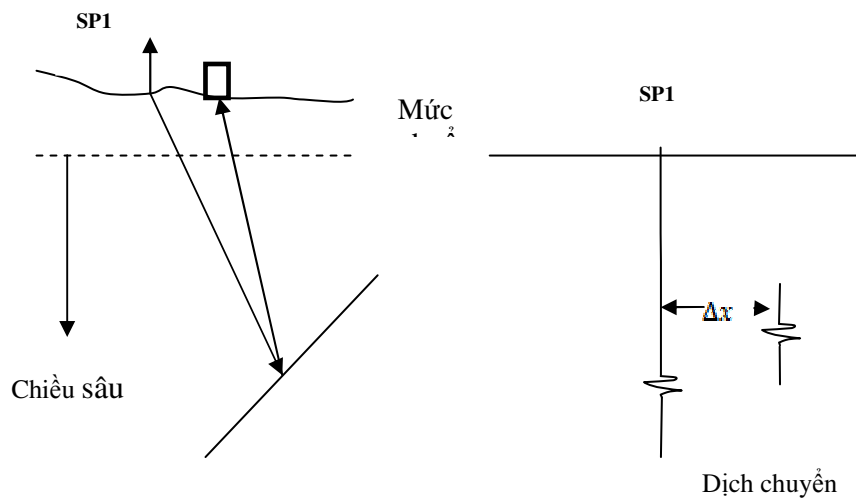
Có nhiều module trong chương trình REFLEXW, trong bài báo này chúng tôi chỉ sử dụng modul modelling for the 2D-simulation. Module này sử dụng cho sự truyền sóng địa chấn hay sóng điện từ dựa trên mức độ khác nhau nào đó, thêm vào đó là thuật toán mô hình (tomographic algorithm) cho toàn bộ số liệu thời gian truyền (travelttime data).

2.3.2. Xử lý, tính toán

Phương pháp xử lý tính toán mô hình Migration [4] là quá trình biến đổi trường sóng ghi trên bề mặt thành hình ảnh chiều sâu thực của các yếu tố phản xạ trên lát cắt. Đây là bước xử lý quan trọng trong mỗi chu trình xử lý nhằm làm cho các lát cắt sau khi cộng sóng phản ánh tốt nhất lát cắt địa chất dọc theo tuyến đo.

Các tín hiệu ghi được trên bề mặt mang các thông tin về các yếu tố phản xạ trong môi trường địa chất ở bên dưới, nhưng những thông tin đó thường bị sai lệch bởi các yếu tố khác nhau qua quá trình truyền sóng trong môi trường.

Các sai lệch về vị trí và hình ảnh thực của các yếu tố phản xạ thường xảy ra như xuất hiện các đường cong tán xạ tại các đứt gãy hoặc đới vát nhọn, sự sai lệch vị trí và độ nghiêng ở các sườn nghiêng của nếp lồi, nếp lõm... Quá trình dịch chuyển Migration cố gắng khắc phục những ảnh hưởng sai lệch này đưa hình ảnh trường sóng ghi được trên bề mặt phản ánh đúng vị trí thực của các yếu tố phản xạ.



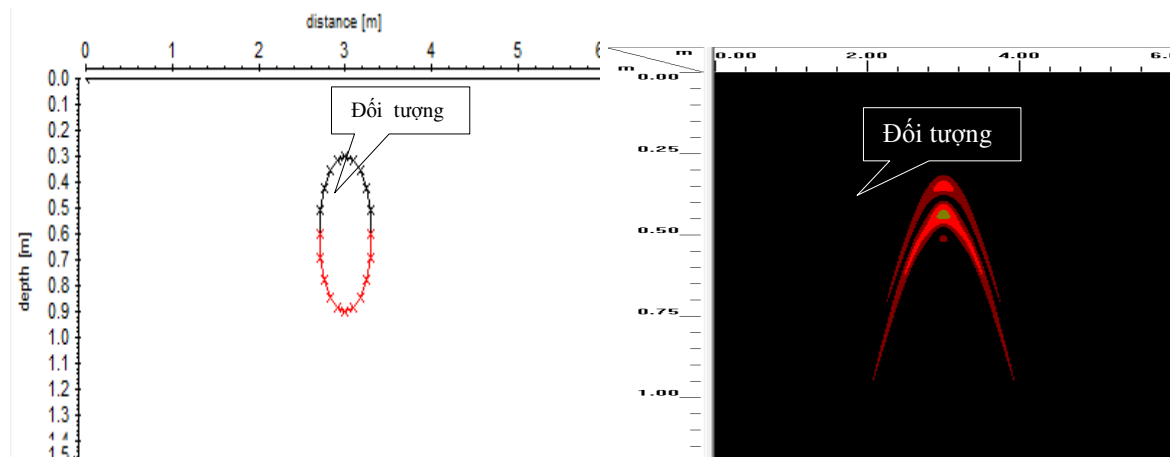
Hình 1. Hình ảnh dịch chuyển Migration.

Dịch chuyển Migration không những đưa các yếu tố phản xạ về vị trí thực, mà còn có tác dụng tích lũy tín hiệu và cũng là một bộ lọc nhiễu mạnh. Trong điều kiện địa chất phức tạp, quy luật vận tốc biến đổi nhanh theo chiều ngang và chiều đứng, việc lựa chọn phương pháp dịch chuyển đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao chất lượng mặt cắt địa chất.

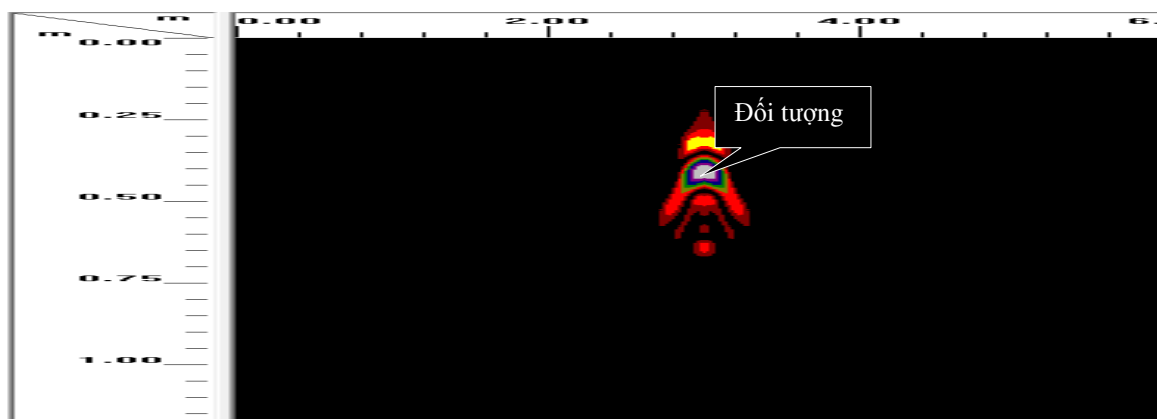
3. Một số kết quả tính toán mô hình lý thuyết

Dưới đây chúng tôi chỉ đưa ra một số kết quả ví dụ để rút ra kết luận cần thiết.

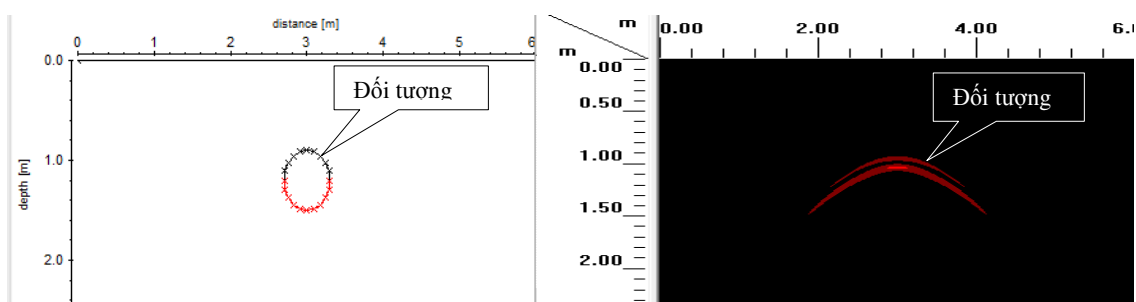
3.1. Mô hình một hang rỗng ở các độ sâu khác nhau



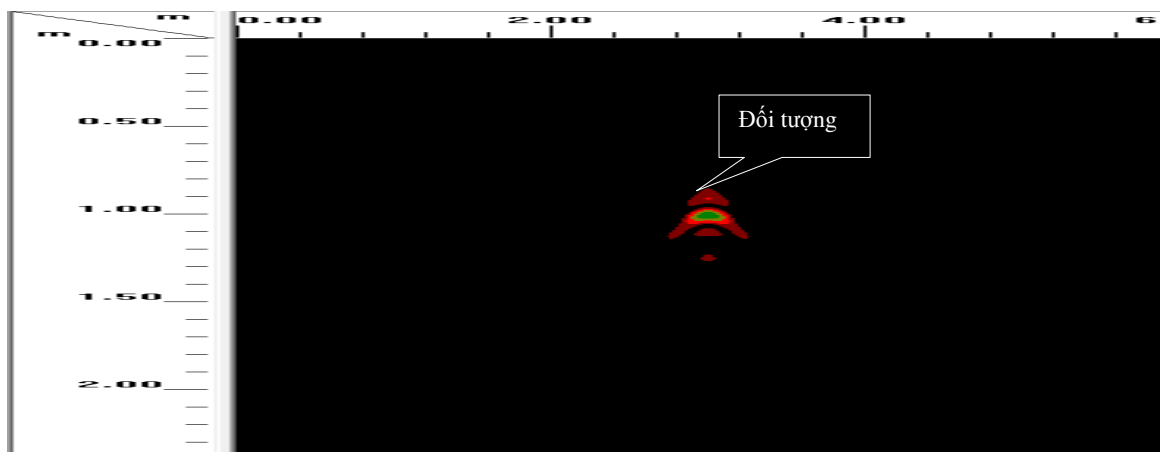
Hình 2. Mô hình 1 hang rỗng có bán kính 0,3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu 0,3m.



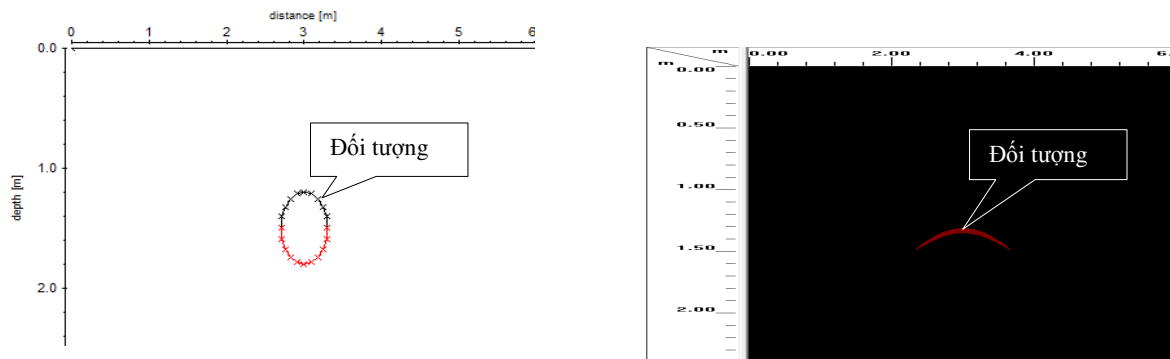
Hình 3. Mô hình 1 hang rỗng có bán kính 0,3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu 0,3m sau khi đã xử lý Migration



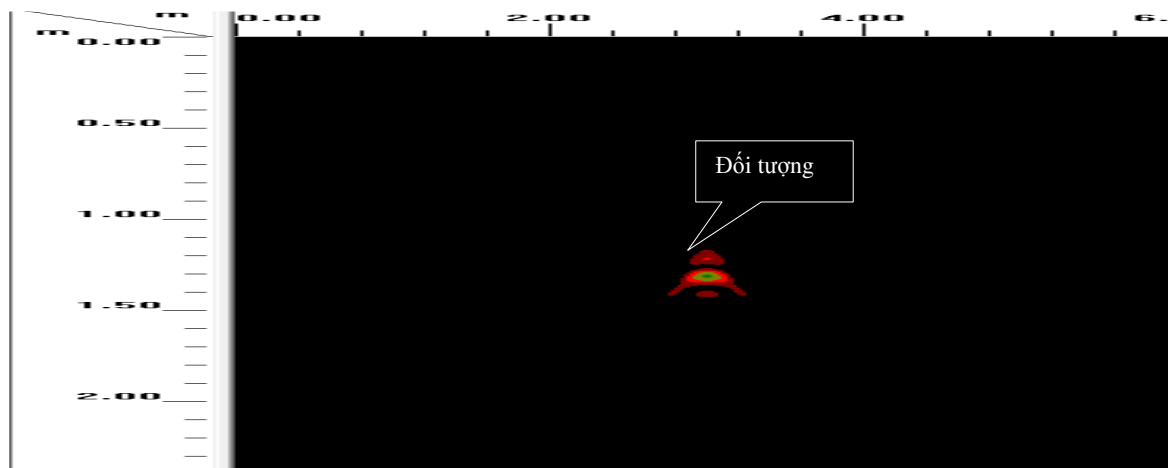
Hình 4. Mô hình 1 đối tượng hang rỗng có bán kính 0,3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu 0,9m.



Hình 5. Mô hình 1 hang rỗng có bán kính 0,3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu 0,9m sau khi đã xử lý Migration



Hình 6. Mô hình 1 hang rỗng có bán kính 0,3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu 1,2m.



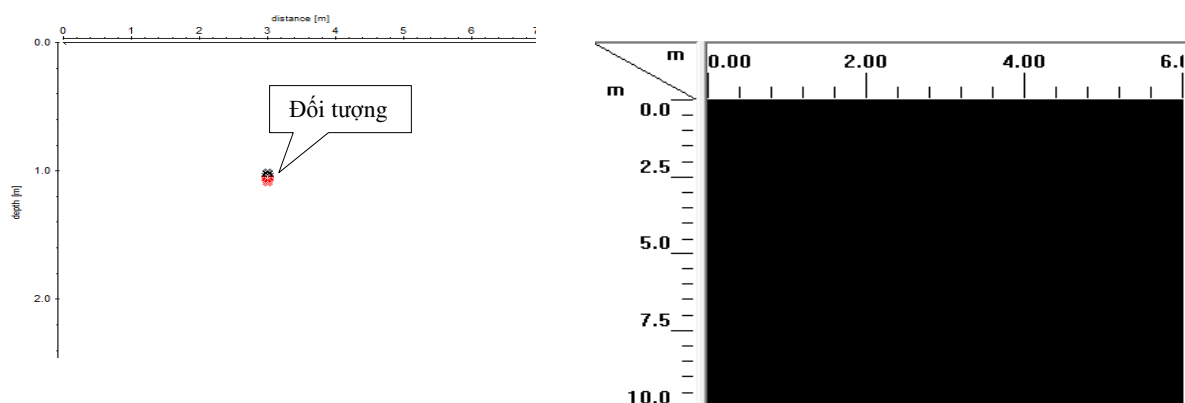
Hình 7. Mô hình 1 hang rỗng có bán kính 0,3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu 1,2m sau khi đã xử lý Migration.

Với mô hình hang rỗng có bán kính 0,3m ở các chiều sâu từ 0,3m đến 1,5m thì phương pháp Radar đất với ăng ten 400 Mhz vẫn có thể xác định được chúng. Tuy nhiên, đến chiều sâu từ 1,2m tín hiệu thu được đã bị suy giảm nhiều, vì vậy khi tiến hành đo thực tế đến chiều sâu này nên chú ý tăng khuếch đại tín hiệu để thu được đối tượng tốt hơn.

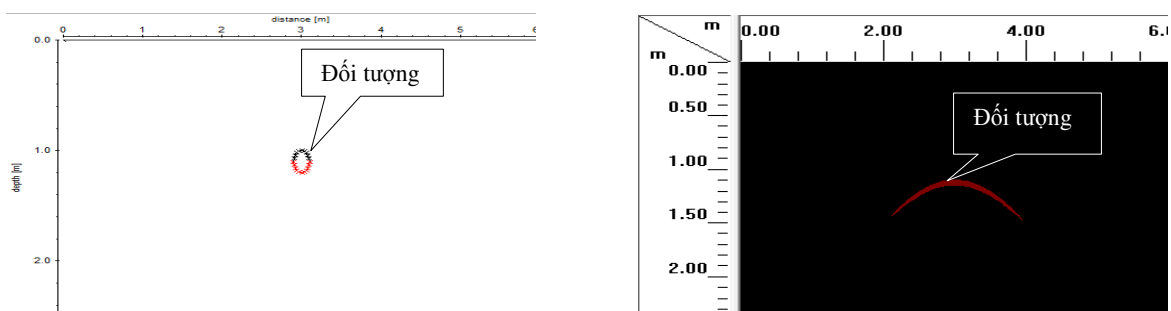
Tại tất cả các chiều sâu sau khi qua phép lọc Migration cho thấy vị trí, chiều sâu đến đỉnh và kích thước đối tượng thu được phù hợp với đối

tượng mô hình hóa nhưng không xác định được đáy của đối tượng. Theo ý kiến của tác giả không xác định được đáy của đối tượng có thể do vận tốc truyền sóng điện từ trong đối tượng nhanh hơn gấp 4 lần so với trong môi trường (hằng số điện môi của đối tượng là 1 và môi trường là 18) nên đáy của đối tượng bị co lên mỏng còn bằng $\frac{1}{4}$ chiều dày thật nên rất khó phân biệt được đáy của chúng.

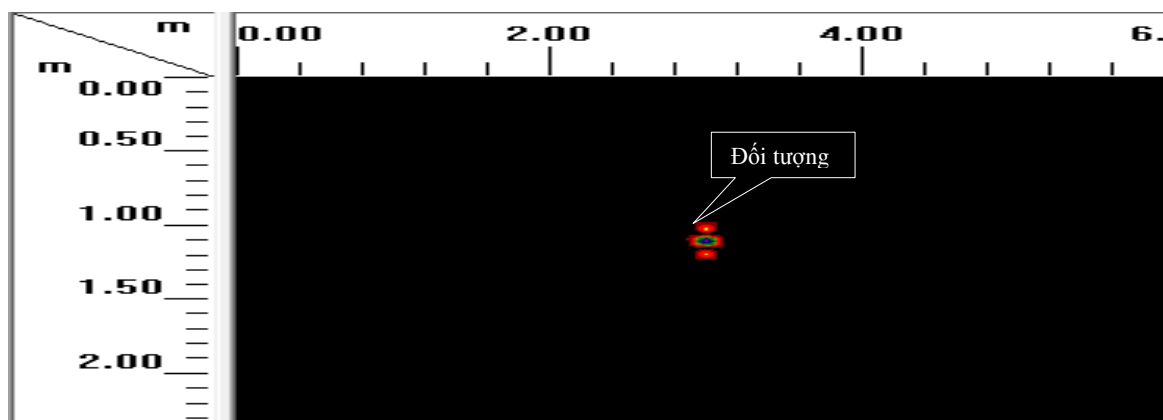
3.2. Mô hình hang rỗng nằm ở độ sâu 1m có bán kính thay đổi



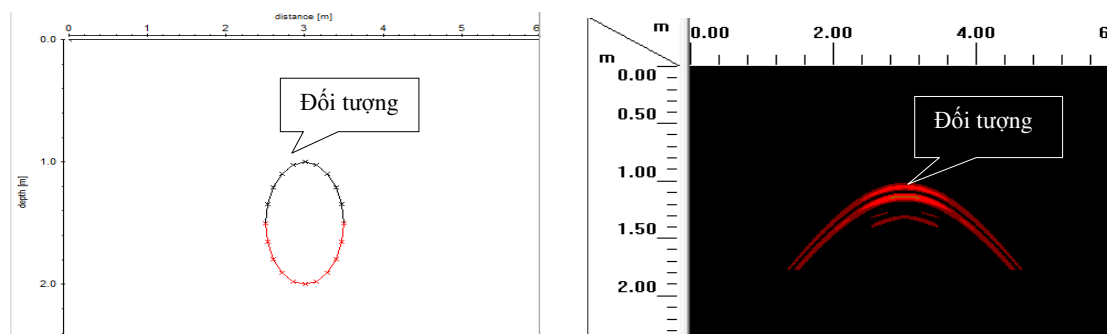
Hình 8. Mô hình 1 hang rỗng có bán kính 0.05m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu là 1m.



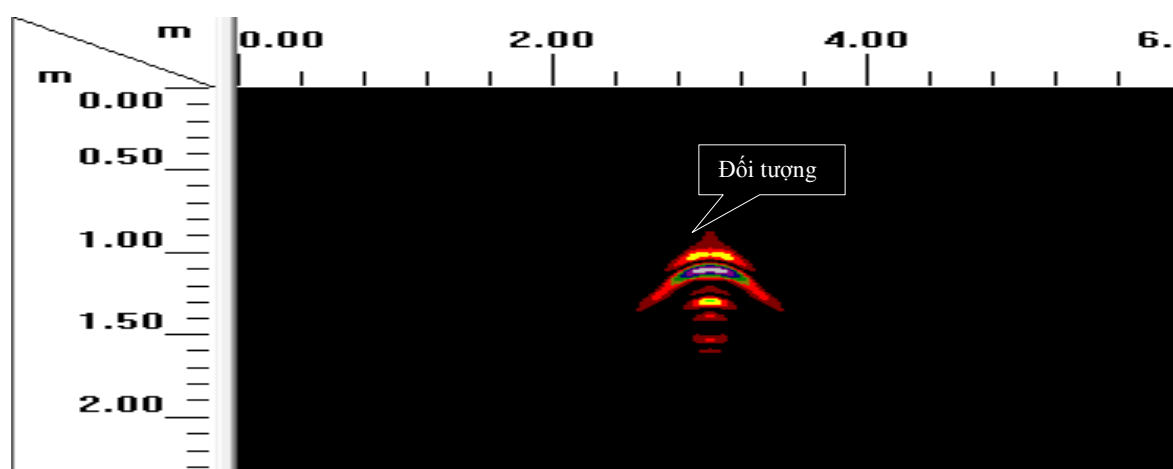
Hình 9. Mô hình 1 hang rỗng có bán kính 0,1m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu là 1m.



Hình 10. Mô hình 1 hang rỗng có bán kính 0,1m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu là 1m sau khi xử lý Migration



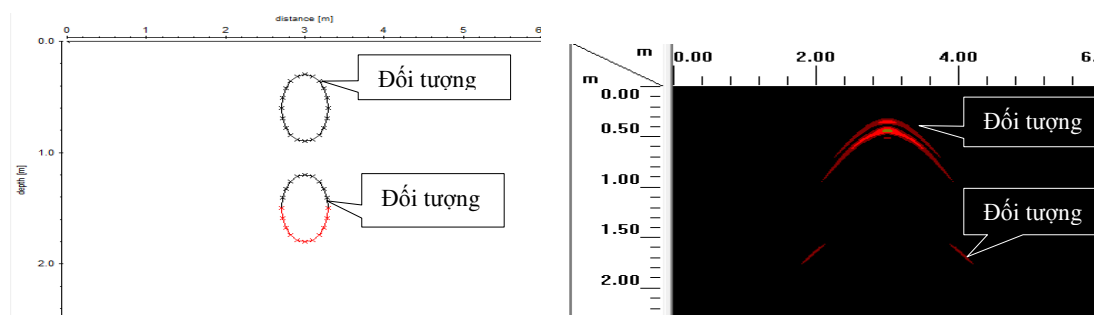
Hình 11. Mô hình 1 hang rỗng có bán kính 0,5m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu là 1m.



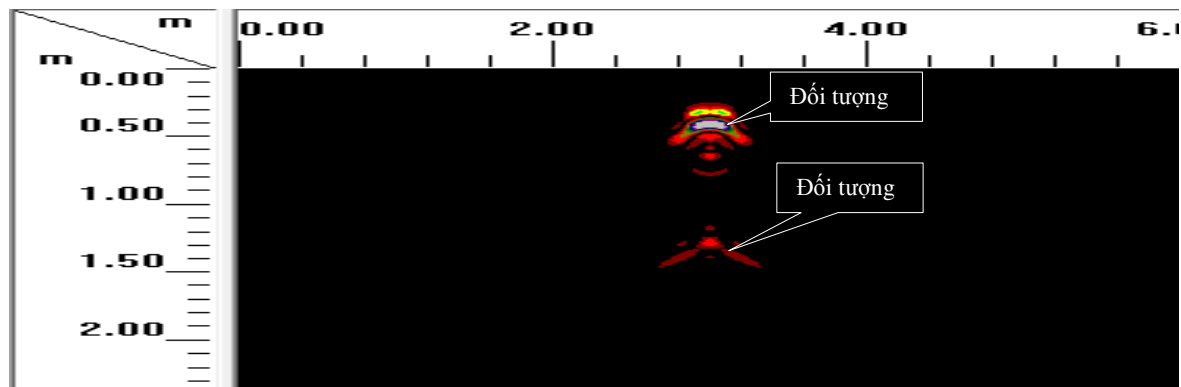
Hình 12. Mô hình 1 hang rỗng có bán kính 0,5m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu là 1m sau khi xử lý Migration.

Kết quả mô hình hóa với hang rỗng có chiều sâu cố định 1m và kích thước thay đổi cho thấy khi đối tượng quá bé với bán kính 0,05m thì không thể xác định được đối tượng. Khi bán kính 0,1m thì xác định được đối tượng, với bán kính hang rỗng lớn từ 0,15m trở lên thì có thể xác định đối tượng một cách rõ nét.

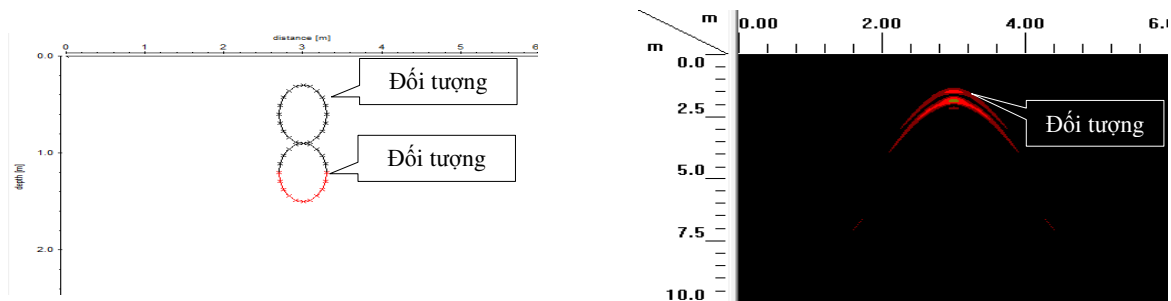
3.3. Mô hình có 2 hang rỗng có cùng vị trí nhưng độ sâu khác nhau



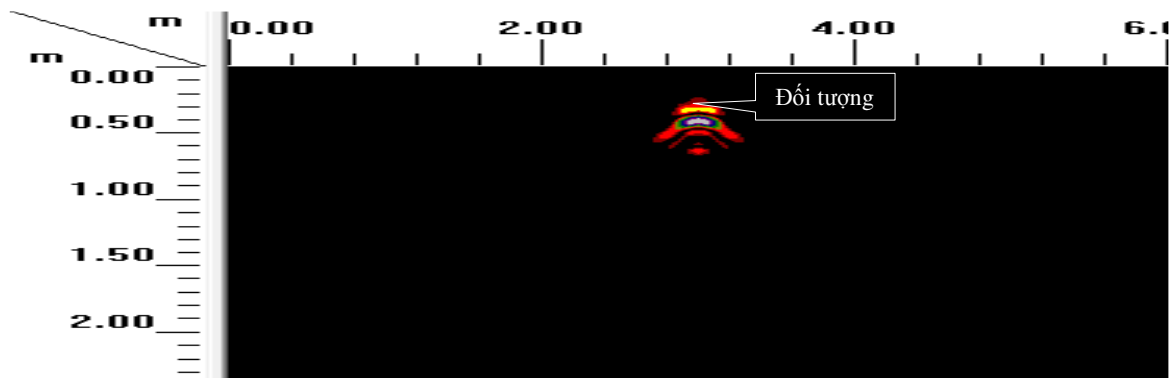
Hình 13. Mô hình 2 hang rỗng có bán kính 0.3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu là 0,3m, 1,2m.



Hình 14. Mô hình 2 hang rỗng có bán kính 0.3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu là 0,3m, 1,2m sau khi đã xử lý Migration



Hình 15. Mô hình 2 hang rỗng có bán kính 0.3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu là 0,3m, 0,9m

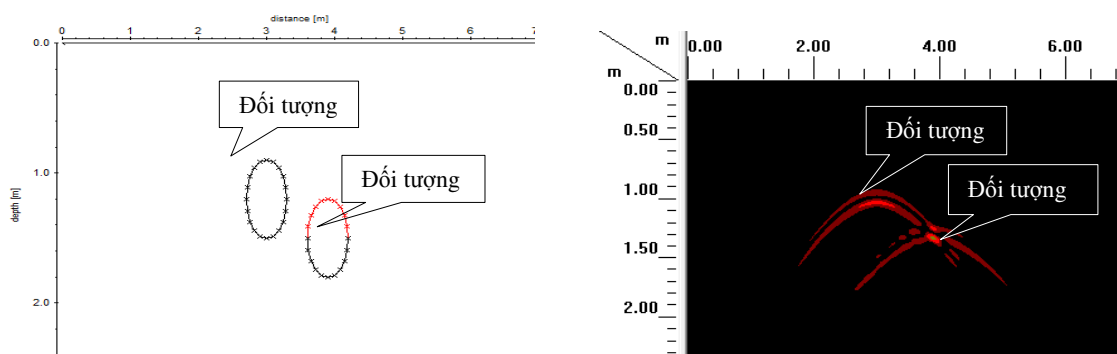


Hình 16. Mô hình 2 hang rỗng có bán kính 0.3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và ở độ sâu là 0,3m, 0,9m sau khi đã xử lý Migration

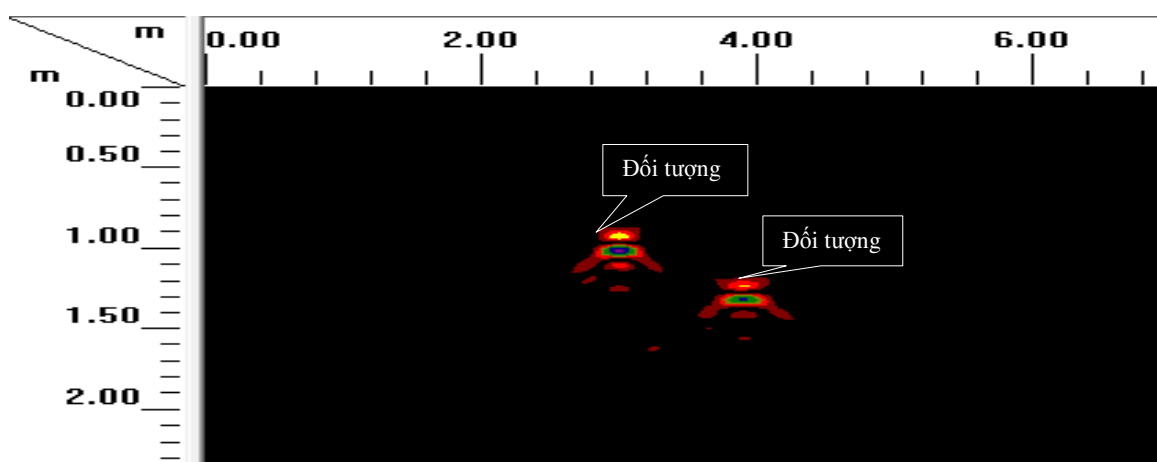
Kết quả mô hình 2 hang rỗng nằm trên nhau cho thấy với khoảng cách 2 hang rỗng cách nhau 0,3m (hình 13) thì kết quả đo gần như không xác định được đối tượng bên dưới, nhưng sau phép lọc Migration (hình 14) thì chúng ta vẫn xác định được hang rỗng phía

dưới. Còn 2 hang rỗng sát nhau thì kết quả trên mô hình (hình 15) và sau khi đã xử lý Migration (hình 16) đều không thể xác định được hang rỗng phía dưới.

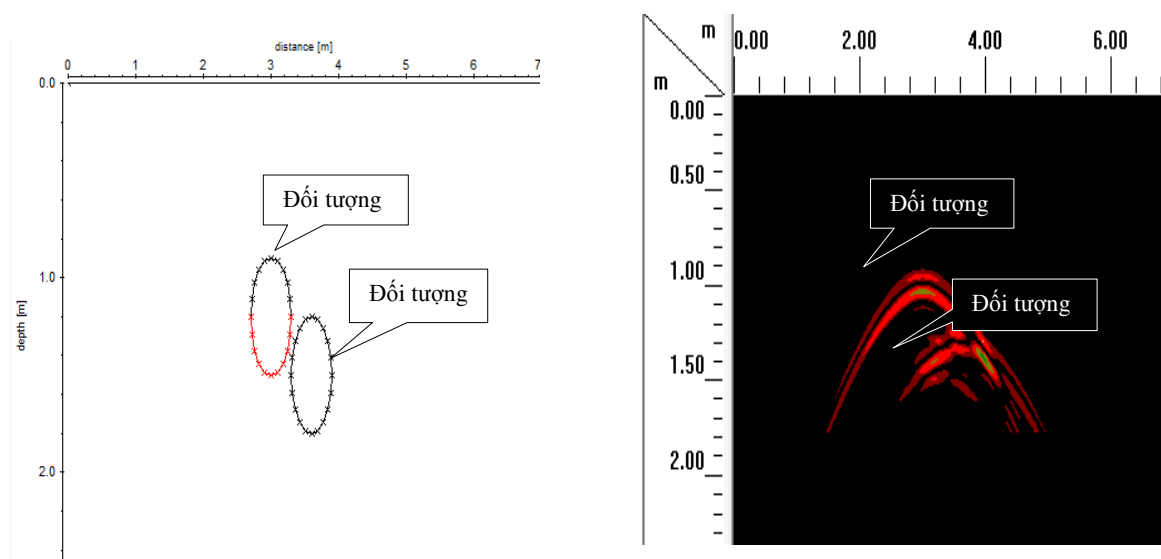
3.4. Mô hình 2 hang rỗng nằm khác vị trí và độ sâu khác nhau



Hình 17. Mô hình 2 hang rỗng có bán kính 0.3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và 3,9; độ sâu là 0,3m, 0,9m.



Hình 18. Mô hình 2 hang rỗng có bán kính 0.3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và 3,9; độ sâu là 0,3m, 0,9m sau khi đã xử lý Migration



Hình 19. Mô hình 2 hang rỗng có bán kính 0.3m nằm ở vị trí mét thứ 3 và 3,6; độ sâu là 0,9m, 1,2m.