

Khảo sát hiện trạng cấu trúc bờ kè Vĩnh Long bằng công nghệ Georadar

Surveying the current status of Vinh Long embankment structure by Georadar technology

Nguyễn Văn Giảng¹, Lê Ngọc Thanh², Klaus Wollny³, Nguyễn Bá Duẩn⁴, Nguyễn Văn Công⁵, Nguyễn Huy Vững^{1(*)}

¹Khoa Kiến trúc xây dựng, Trường đại học Bình Dương

²Viện Địa lý Tài nguyên, Viện HLKHCNVN;

³Ludwig-Maximilians-Universität *München*

⁴Viện Vật lý địa cầu, Viện HLKHCNVN;

⁵Khoa công trình, trường Sĩ quan Công Binh

Tác giả liên hệ: Nguyễn Huy Vững, E-mail: nhvung@bdu.edu.vn

Tóm tắt: Bờ kè Vĩnh Long là một công trình thủy lợi được xây dựng kiên cố để chống sạt lở bờ sông Tiền cho Thành phố Vĩnh Long. Trải qua một thời gian dài sử dụng thì trên bề mặt của kè quan sát thấy có những vị trí sụt lún. Để đánh giá đúng hiện trạng cấu trúc của thân bờ kè bên dưới mặt đất đã sử dụng công nghệ không phá hủy Georadar khảo sát trên bề mặt bằng thiết bị Pulse Ekko 100A với Anten thu phát có tần số 100 và 50 MHz. Tổng chiều dài tuyến đo Georadar là 500 m tính từ chân cầu Vĩnh Long đến cửa khách sạn Cửu Long và được chia làm 5 đoạn. Mỗi đoạn tuyến có độ dài 100 m được thu thập số liệu radar với bước đo là 0,25 m để xây dựng mặt cắt radar và mặt cắt cấu trúc theo tài liệu radar bằng phần mềm WinEKKO pro. Trên các mặt cắt cấu trúc có khoanh vùng những dị thường radar liên quan đến các khuyết tật của vật liệu xây dựng trong thân kè. Kết quả đo vẽ bằng công nghệ Georadar cho thấy một số khuyết tật trong thân kè không lớn nhưng cũng cần được quan tâm để xử lý làm tăng độ bền vững và thẩm mỹ trên mặt của công trình bờ kè Vĩnh Long.

Từ khóa: Công nghệ Georadar; Mặt cắt radar; mặt cắt cấu trúc.

Abstract: Vinh Long embankment is an irrigation work built solidly to prevent erosion of Tien river bank for Vinh Long City. After a long time of use, on the surface of the embankment, there are observed subsidence positions. In order to properly assess the structural status of the embankment body below the ground, non-destructive georadar technology was used to survey the surface by Pulse Ekko 100A device with frequencies of 100 and 50 MHz antennas. The total length of the Georadar measurement profile is 500 m from the foot of Vinh Long bridge to the door of Cuu Long hotel and is divided into 5 sub-profiles. Each sub-profiles with a length of 100 m was collected radar data with a measuring step of 0.25 m to build a radar cross-section and a structural section according to radar documentation using WinEKKO pro software. On the structural sections, there are radar anomalies related to defects in construction materials in the embankment body. The results of Georadar measurement and drawing show that some defects in the embankment body are not large but also need to be taken care of to increase the sustainability and aesthetics on the surface of Vinh Long embankment works.

Keywords: Georadar technology; Radar section; structural section.

1. Mở đầu

Nước ta có đường bờ biển chạy dài và hệ thống sông ngòi dày đặc, nhất là các sông lớn như sông Hồng, sông Cửu Long. Đây là điều kiện tự nhiên rất ưu đãi song cũng đi kèm với biết bao thiên tai hàng năm. Để khai thác có hiệu quả các điều kiện thiên nhiên phục vụ cho phát triển kinh tế xã hội, từ lâu chúng ta đã xây dựng hệ thống đê kè rất lớn. Hàng năm, nhà nước và nhân dân đã phải đầu tư nhiều công sức và tiền của cho công tác duy tu và bảo dưỡng nâng cấp hệ thống đê kè. Song vào mùa mưa bão lũ lụt vẫn diễn ra nhiều sự cố về vỡ đê kè ở những vị trí xung yếu. Nguyên nhân thường do cấu tạo bất đồng nhất, các dị vật, các khuyết tật, các vết nứt, các lỗ rỗng và các đới ngấm thấm trong thân đê kè gây ra [4,7].

Hiện nay người ta đang dùng rất nhiều công cụ khác nhau để kiểm tra đánh giá độ bền vững của những công trình đê kè. Một trong những công nghệ cho ra kết quả nhanh, chính xác mà không phải đào bới bên trong công trình là công nghệ Georadar [1,3]. Vừa qua phương pháp này với thiết bị pulse EKKO100A đã được sử dụng để khảo sát hiện trạng cấu trúc của bờ kè tại thị xã Vĩnh Long.

2. Phương pháp và thiết bị

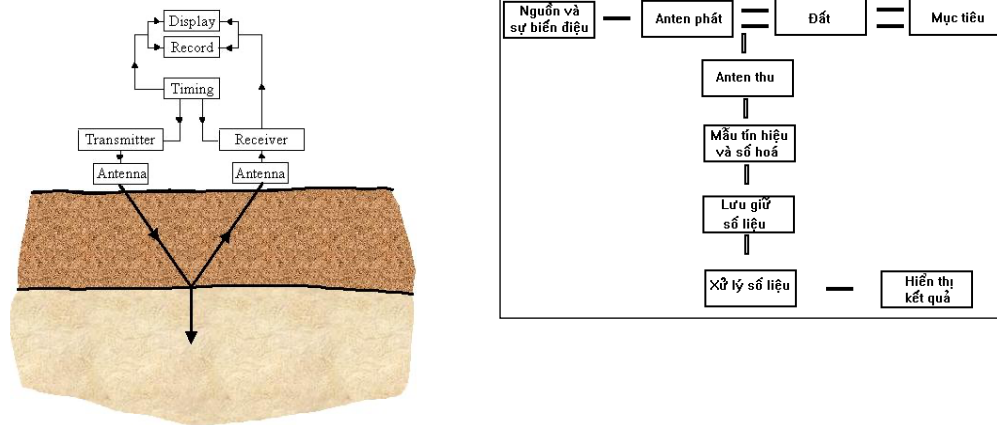
Georadar hay còn gọi là Rađa xuyên đất (Ground Penetrating Radar-GPR) là một phương pháp Địa vật lý ứng dụng các nguyên lý của sóng điện từ ở dải tần số rất cao (từ 1-2000MHz) để nghiên cứu cấu trúc và các đặc tính của vật chất bên dưới mặt đất [3,4]. Năng lượng phát ra từ anten phát (R_T) lan truyền vào trong lòng đất, khi gặp các mặt ranh giới trung gian trong môi trường địa chất thì chúng phản xạ trở lại và được anten thu (R_X) ghi lại các tín hiệu phản xạ này một cách liên tục. Các mặt ranh giới trung

gian thường liên quan đến những điều kiện thành tạo trong cấu trúc địa chất như: đá gốc, các lớp đất khác nhau, những khuyết tật, các khe nứt nẻ, các lỗ rỗng, các khối xâm thực cũng như các vật thể bị chôn vùi nhân tạo. Độ sâu thăm thấu của phương pháp chủ yếu phụ thuộc vào tần số của anten phát-thu tín hiệu và phụ thuộc vào tính chất của đất đá trong mỗi môi trường địa chất. Nguyên lý của trường điện từ chung là anten có tần số càng lớn thì độ sâu thăm thấu nhỏ nhưng độ phân giải lại cao. Trong thực tế việc lựa chọn tần số của anten để thu thập số liệu cũng là một vấn đề cần phải xem xét kỹ để có được kết quả tối ưu. Các loại anten thông thường được dùng để khảo sát cấu trúc địa chất có tần số là: 12.5; 25; 50; 100; 200; 400 MHz và độ sâu khảo sát tương ứng là từ mặt đất đến 50m[5].

Kết quả mà Pulse EKKO 100A đưa ra là giản đồ sóng rada (Radargram) thể hiện cấu trúc của môi trường ở bên dưới mặt đất bằng các sóng phản xạ với những thông tin cơ bản như: Thời gian truyền sóng được biểu thị bằng nanô giây (ns), độ sâu thăm thấu được biểu thị bằng mét (m), vận tốc truyền sóng được biểu thị bằng mét/nanô giây (m/ns).

Dưới đây là sơ đồ khối của phương pháp GPR [7,8].

Sóng rada được phát dưới dạng xung điện từ có chu kỳ ngắn nhờ anten phát được đặt sát mặt đất. Mỗi xung điện từ có thời gian truyền sóng riêng và tỷ lệ với độ sâu của mặt phản xạ. Thời gian truyền sóng này phụ thuộc vào tính chất dẫn điện của môi trường địa chất. Thông qua vận tốc truyền sóng ta có thể biết được độ sâu thăm thấu của dị thường. Các đại lượng vật lý sử dụng trong GPR và mối liên quan của chúng với môi trường được trình bày trong bảng 1 [1,3,9].



Hình 1. Sơ đồ khối của phương pháp Georadar.

Bảng 1: Các đại lượng của sóng điện từ được dùng trong GPR

Sự truyền sóng điện từ	Sự truyền sóng điện từ trong môi trường có độ dẫn thấp	ý nghĩa
$v = \frac{\omega}{a}$	$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$	Vận tốc truyền sóng chỉ phụ thuộc vào ϵ_r , $\mu_r = 1$
$\lambda = \frac{2\pi}{a}$	$\lambda = \frac{1}{f\sqrt{\epsilon\mu}}$	Bước sóng phụ thuộc vào vận tốc
$\delta = \frac{1}{b}$	$\delta = \frac{2}{\sigma} \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}$	Độ sâu lớp mặt giảm khi độ dẫn tăng
$B = 20\log_{10}(e)$	$B = 1636,01 * \sigma \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}}$	Hệ số tắt dần không phụ thuộc vào tần số

Trong đó, c là vận tốc ánh sáng, ϵ_r là độ điện thẩm, μ_r là độ từ thẩm và nó xấp xỉ bằng 1 cho phần lớn các điều kiện quan sát trong môi trường địa chất, σ là độ dẫn điện, ω là tần số, a và b là các đại lượng đặc trưng cho số sóng.

Khi sóng đang truyền mà ở phía trước có gặp mặt ranh giới (mặt trung gian) giữa hai loại vật chất có tính chất

điện khác nhau của một môi trường biến đổi thì hệ số phản xạ, R và hệ số truyền qua, T có thể tính được bằng phép trung bình của các điều kiện biên.

Bảng 2 dưới đây trình bày kết quả thu được về tính chất điện của một số loại vật chất trầm tích bờ sông thường gặp ở Việt Nam với tần số sử dụng là 100 MHz [3,7,8].

Bảng 2: Tính chất điện của một số loại vật chất thường gặp

Vật chất	ϵ_r	v , (m/ns)	σ , (mS/m)	B, (dB/m)
Không khí	1	0,3	0	0
Nước nhạt	80	0,033	0,5	0,1
Nước biển	80	0,01	30000	1000
Cát khô	3-7,5	0,1-0,2	0,01	0,01-0,14
Cát ướt	20-31	0,05-0,08	0,1-1	0,03-0,5
Cát cuội sỏi khô	3,5-6,5	0,09-0,13	0,01-0,06	0,01-0,1
Cát cuội sỏi ướt	15-17,5	0,06	0,7-9	0,03-0,5
Đất sét khô	2,5-5	0,09-0,12	2-20	0,28-300
Đất sét ướt	15-40	0,05-0,07	20-1000	1-500
Bùn khô	2,5-5	0,09-0,12	1-100	1-300
Bùn ướt	22-30	0,05-0,07	50-100	1-500
Nước bùn(nhạt)	60-80	0,03-0,06	20-40	0,3

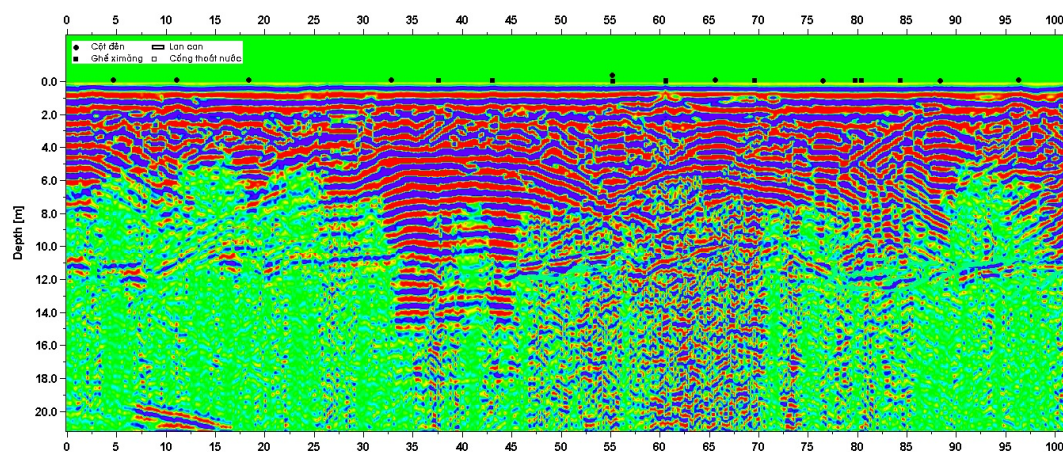
Mặt cắt radar là một bức tranh tổng hợp phản ánh cấu trúc chi tiết liên quan đến các hoạt động địa chất hiện đại tại khu vực khảo sát làm cơ sở cho việc nghiên cứu đánh giá độ đồng nhất, bền vững của công trình. Sơ đồ ghép nối của thiết bị Pulse EKKO 100A (hình 2).

3. Vị trí tuyến đo Georadar tại bờ kè Vĩnh Long

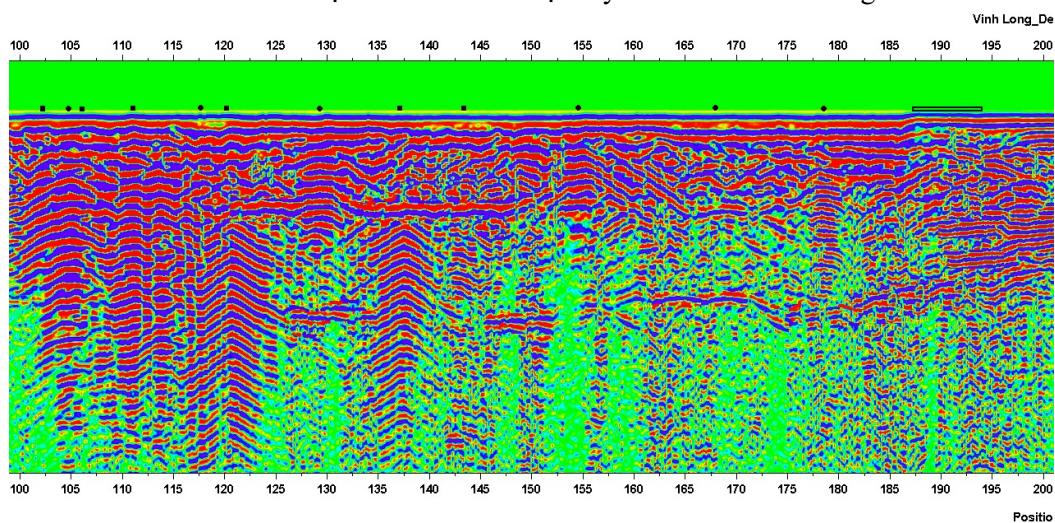
Khu vực bờ kè Vĩnh Long là bờ hữu sông Tiền qua thị xã Vĩnh Long kéo dài từ cầu Vĩnh Long đến khách sạn Cửu Long. Tuyến đo Georadar được thiết kế có tổng chiều dài 500 m và được chia ra là 5 đoạn tuyến mà điểm đầu đặt sát chân cầu Vĩnh Long đi dọc theo mặt kè cạnh công viên, bến đò và đến khách sạn Cửu Long (hình 2).



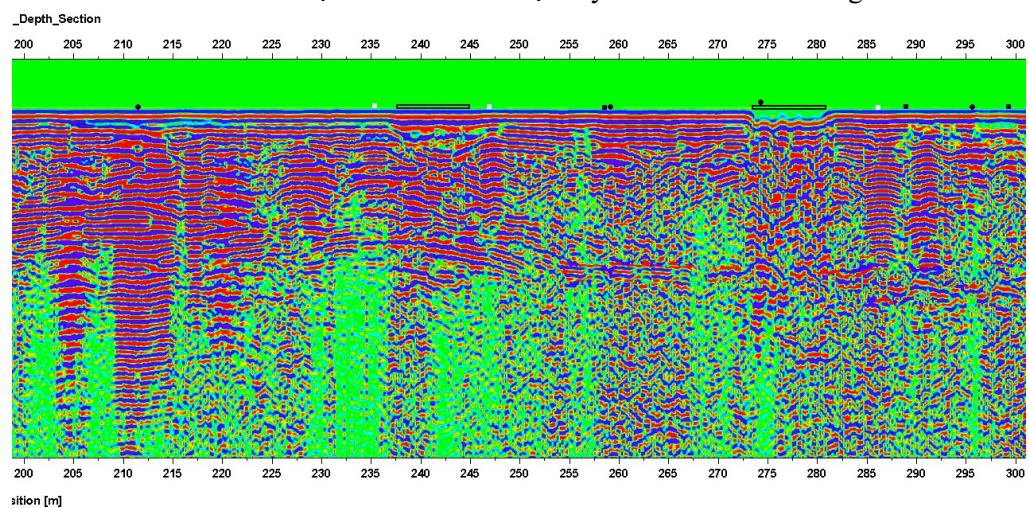
Hình 2. Sơ đồ ghép nối của thiết bị Pulse EKKO 100A và vị trí tuyến đo từ điểm đầu của kè Vĩnh Long đến Khách sạn Cửu Long dài 500m



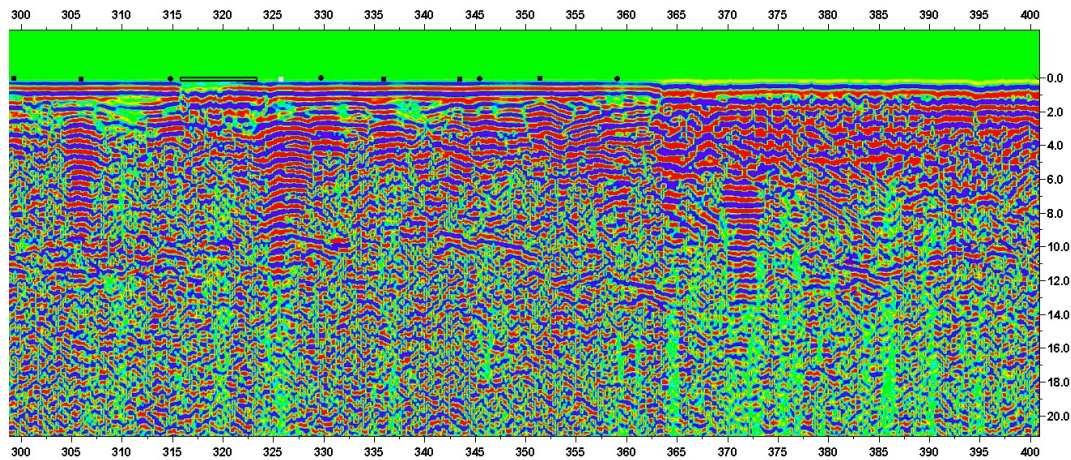
Hình 4a. Mặt cắt Georadar đoạn tuyến 1 bờ kè Vĩnh Long



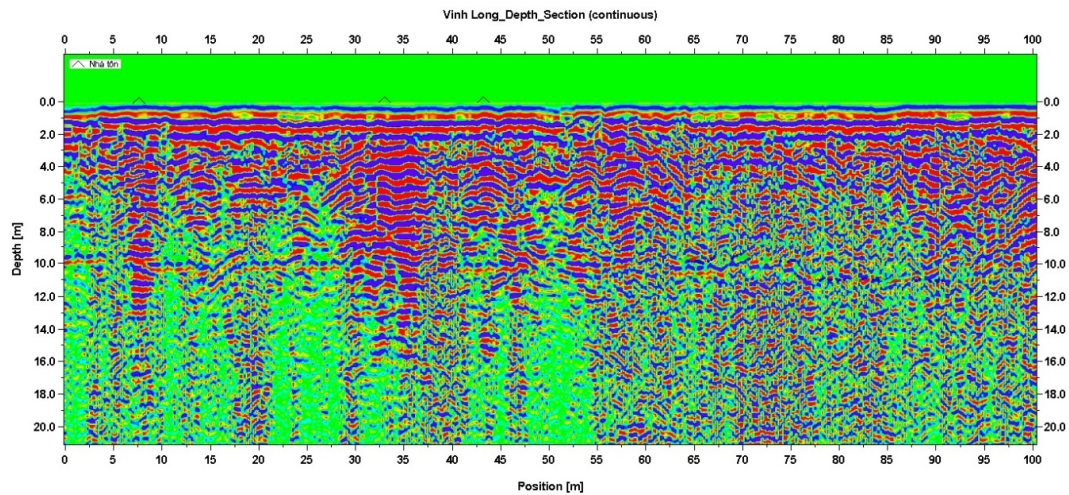
Hình 4b. Mặt cắt Georadar đoạn tuyến 2 bờ kè Vĩnh Long



Hình 4c. Mặt cắt Georadar đoạn tuyến 3 bờ kè Vĩnh Long



Hình 4d. Mặt cắt Georadar đoạn tuyến 4 bờ kè Vĩnh Long



Hình 4e. Mặt cắt Georadar đoạn tuyến 5 bờ kè Vĩnh Long

3.1. Mặt cắt cấu trúc theo tài liệu Georadar

Các hình 5a,b,c,d,e là các mặt cắt cấu trúc toàn tuyến kè Vĩnh Long theo tài liệu Georadar. Cả tuyến có độ dài 500 m với điểm đầu ở phía tây và điểm cuối ở phía đông. Từ giản đồ sóng radar, áp dụng chương trình minh giải WinEKKO pro [4,9,10]. Đã chia ra được 4 lớp vật chất phân bố trên toàn tuyến từ trên xuống dưới như sau:

Lớp thứ nhất xuất hiện trên toàn tuyến có bề dày trung bình 1.5 m. Vật liệu trên mặt của lớp này là lớp bê tông mỏng và bên dưới là lớp đất đắp kè.

Lớp thứ hai cũng phân bố trên toàn tuyến có bề dày 2 m với vật liệu là sét pha cát hạt nhỏ ngâm nước.

Lớp thứ ba có bề dày 8 m và cũng phân bố rộng khắp cả tuyến. Vật liệu chủ yếu của lớp này là bùn sét vì biên độ phản xạ của sóng radar ở đây rất nhỏ.

Lớp thứ tư là lớp sâu nhất trên mặt cắt cấu trúc phân bố rộng khắp trên toàn tuyến có biên độ của sóng phản xạ nhỏ liên quan đến vật chất là cát hạt mịn.

Trong mặt cắt cấu trúc còn xác định được vị trí của 12 dị thường liên quan đến cấu tạo hồng hốc và 1 đới cấu tạo xung yếu. Các vị trí dị thường này có

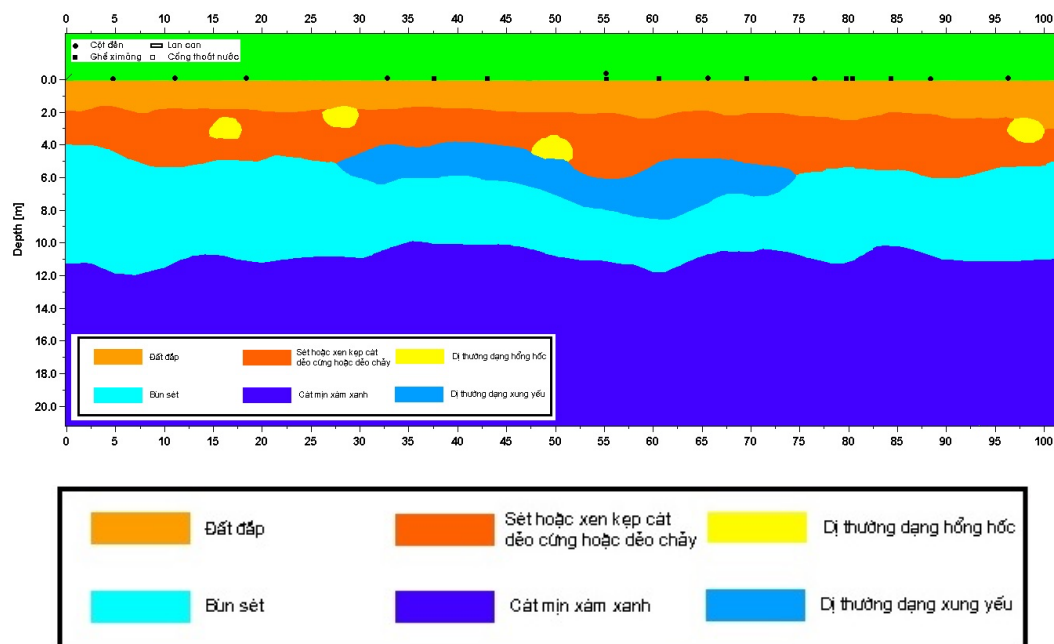
biên độ sóng phản xạ khác biệt hẳn với biên độ sóng phản xạ ở ba lớp bên trên. Đối xứng yếu nằm ở đoạn đầu của tuyến đo và ở độ sâu ngay trên mặt của lớp thứ 3 và dưới đáy của lớp thứ 2.

Trên hình 5a là mặt cắt cấu trúc đoạn tuyến thứ nhất mà ở đó có 4 dị thường dạng hồng hốc tại các vị trí mét thứ 16, 27, 50 và 96 đều nằm trong lớp thứ 2 (sét và sét xen kẹp cát). Vì đây là các dị thường có dấu hiệu hồng hốc, như vậy ta có thể liên kết chúng với những đụn cát hạt thô hoặc những tầng sét nguyên chất nằm trong một đụn cát hạt thô lẫn thân cây thì với tạo ra hồng hốc. Riêng đối cấu trúc xung yếu kéo thành một dải cũng nằm trong đoạn mặt cắt này và bắt đầu từ mét thứ 27 và kết thúc ở mét thứ 74. Sở dĩ chúng tôi cho rằng đây là đối xứng yếu vì chúng liên quan đến cấu tạo của cát hạt mịn bão hoà nước (dạng cát chảy) [5,6].

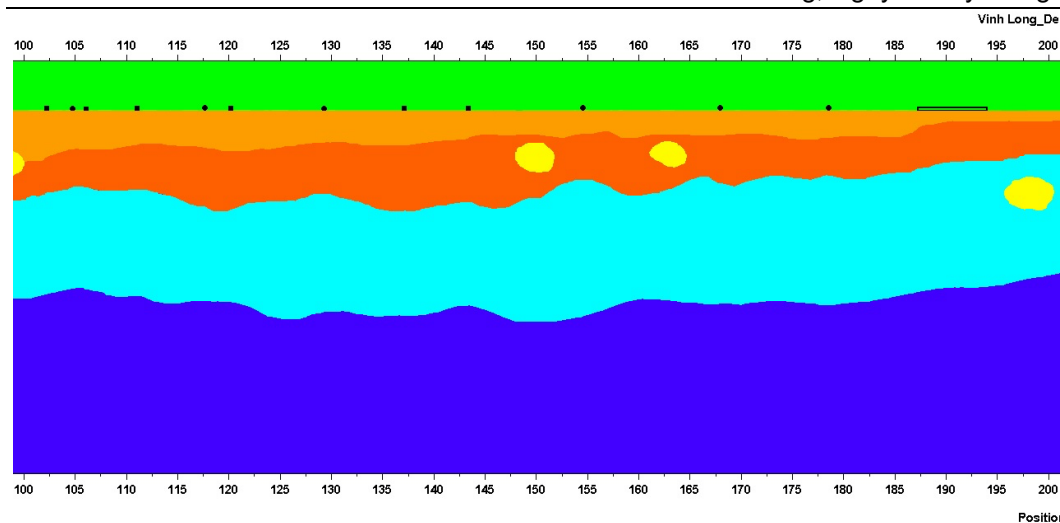
Đoạn tuyến thứ hai có 3 dị thường loại hồng hốc ở vị trí mét thứ 150, 163

trong lớp thứ hai và 198 trong lớp thứ ba (hình 5b). Đoạn tuyến thứ ba (hình 5c) có 3 dị thường, trong đó hai dị thường ở vị trí mét thứ 228 và 253 trong lớp thứ 3 và một dị thường ở vị trí mét thứ 277 trong đáy của lớp thứ hai. Đoạn tuyến thứ tư có 2 dị thường ở mét thứ 368 và 378 trong lớp thứ hai (hình 5d).

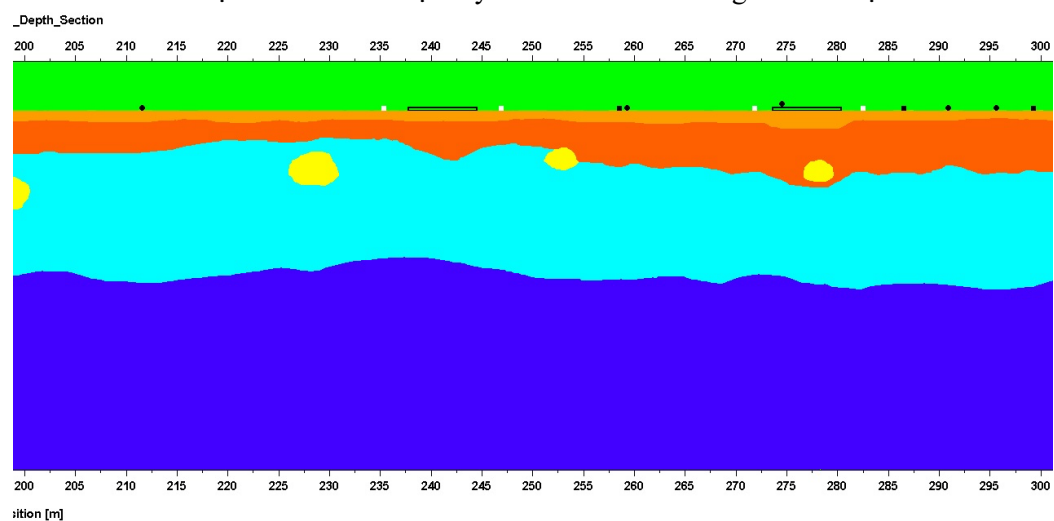
Đoạn cuối cùng của tuyến đo Georadar sát KS Cừu Long được thực hiện từ bến đò Vĩnh Long, cách đoạn tuyến thứ tư hơn 100m. Sở dĩ có sự cách quãng này vì trên mặt kè bị các quán cây cảnh cản trở không thể tiến hành đo được. Nếu tiến hành trên mặt đường phố thì hơi xa so với vị trí kè và như vậy không đặc trưng cho hiện trạng cấu trúc của kè. Do đó chúng tôi quyết định bỏ đứt đoạn này. Mặt cắt cấu trúc đoạn tuyến sát KS Cừu Long được trình bày trên hình 5e mà ở đó có cấu tạo 4 lớp vật chất điển hình như ở các đoạn tuyến đã trình bày, song tại đây không quan sát thấy có dị thường radar nào xuất hiện.



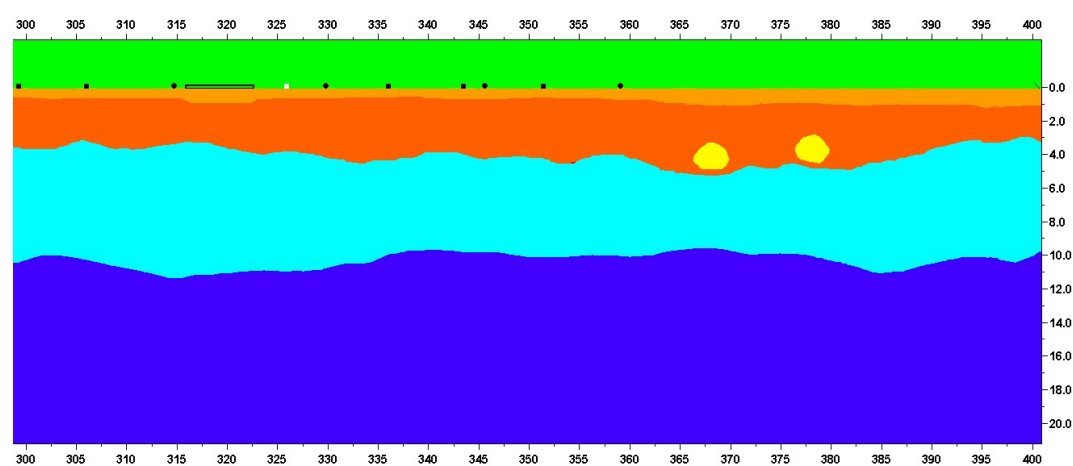
Hình 5a. Mặt cắt cấu trúc đoạn tuyến 1 bờ kè Vĩnh Long theo tài liệu Georadar



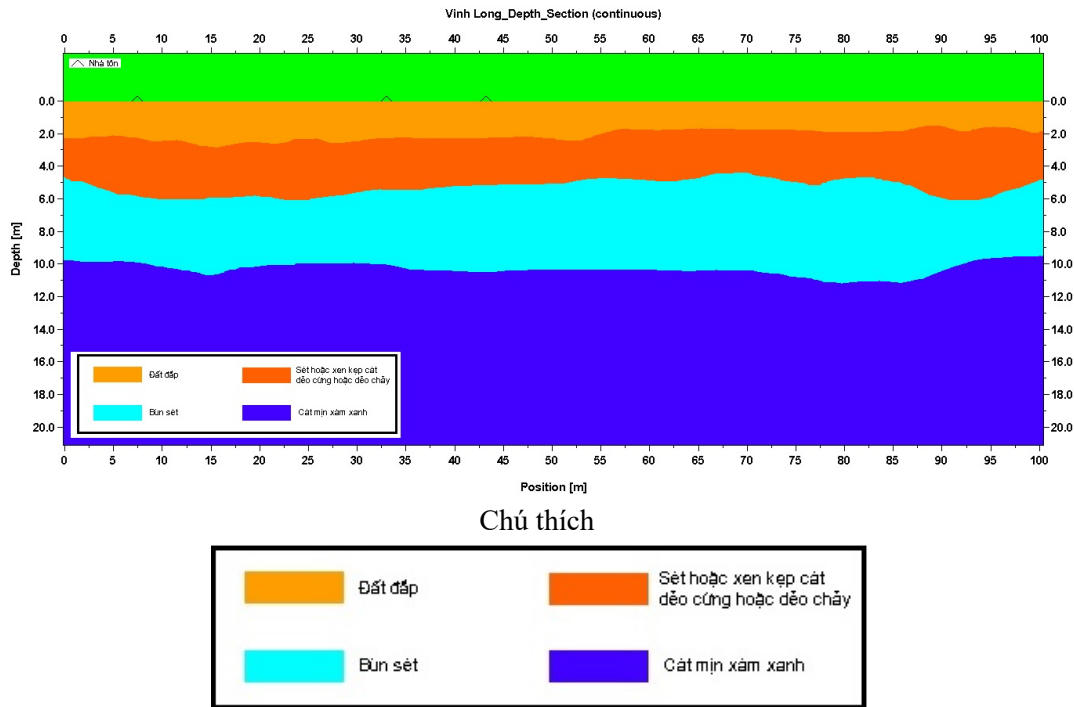
Hình 5b. Mặt cắt cấu trúc đoạn tuyến 2 bờ kè Vĩnh Long theo tài liệu Georadar



Hình 5c. Mặt cắt cấu trúc đoạn tuyến 3 bờ kè Vĩnh Long theo tài liệu Georadar



Hình 5d. Mặt cắt cấu trúc đoạn tuyến 4 bờ kè Vĩnh Long theo tài liệu Georadar



Hình 5e. Mặt cắt cấu trúc đoạn tuyến 5 bờ kè Vĩnh Long theo tài liệu Georadar

4. Kết luận

Trên mặt kè Vĩnh Long đã được khảo sát bằng phương pháp Georadar với thiết bị đo Pulse EKKO 100A thực hiện bằng 2 loại tần số anten 100 MHz cho toàn tuyến và 50 MHz cho một đoạn tuyến ở giữa.

Kết quả đo và xử lý, minh giải địa chất đã đưa ra các mặt cắt radar và các mặt cắt cấu trúc trên toàn tuyến kè cũng như cho từng đoạn kè ở tỷ lệ lớn hơn.

Mặt cắt hiện trạng cấu trúc của tuyến kè Vĩnh Long bao gồm 5 lớp phân bố trên toàn tuyến từ trên xuống dưới như sau:

-Lớp thứ nhất xuất hiện trên toàn tuyến có bề dày trung bình 1.5m. Vật liệu trên mặt của lớp này là lớp bê tông mỏng và bên dưới là lớp đất đắp kè.

-Lớp thứ hai cũng phân bố trên toàn tuyến có bề dày 2 m với vật liệu là sét pha cát hạt nhỏ ngậm nước.

-Lớp thứ ba có bề dày 8m và cũng phân bố rộng khắp cả tuyến. Vật liệu chủ yếu của lớp này là bùn sét.

-Lớp thứ tư phân bố rộng khắp trên toàn tuyến có bề dày 16m với vật chất là cát hạt mịn.

-Lớp cuối cùng do anten tần số 50 MHz xác định với vật liệu là sét pha cát hạt nhỏ.

Trong mặt cắt cấu trúc còn xác định được vị trí của 12 dị thường liên quan đến cấu tạo hồng hốc và 1 đới cấu tạo xung yếu. Các vị trí dị thường này đều nằm ở trong lớp thứ 2 và thứ 3.

Hiện trạng cấu tạo của kè có bất đồng nhất song không lớn và cũng chưa gây ra mất an toàn cho kè. Cần sửa chữa các chỗ sụt lún bề mặt nhìn thấy của kè để tạo mỹ quan và ngăn nước mưa ngấm thẳng xuống từ trên mặt kè. Các vị trí liên quan đến hồng hốc chưa phải là mối đe dọa đến độ bền vững hiện tại của kè bởi vì chúng nằm riêng rẽ nhau với kích thước không lớn. Riêng đới xung yếu là

cát hạt nhỏ bão hoà nước nhưng lại có kích thước giới hạn và nằm ngay bên dưới lớp sét nên chưa có khả năng tạo ra hàm ếch hoặc lún sập ngay được.

Lời cảm ơn: Các tác giả chân thành cảm ơn UBND Thành phố Vĩnh Long đã tạo điều kiện thuận lợi cho công tác khảo sát trên bề mặt kết với tuyến đo Georadar dài 500 m.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Andersson P.M., B.G.Linder, N.R.Nilsson, 1991. A radar system for mapping internal erosion in embankment dams. Water Power & Dam Construction, July 1991, p.11-16.
- [2]. Casas A., Lazaro R., Vilas M.,Busquet E.,1996. Detecting karstic cavities with GPR at different geological environments in Spain. Proceedings of 6th International Conference on GPR, Sendai, Japan. P.455-460.
- [3]. Daniels D.J., Gunton D.J., Scott H.F.,1988. Introduction to subsurface radar. IEE Proceedings-F, Communications radar and signal processing, vol.135, part F, number 4, p.277-392.
- [4]. Davis J.L., A.P.Annan.1989. Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. Geophysical Prospecting, 37(5),p.531-551.
- [5]. Du S., Berkold A., Rummel P.,1994.Wave nature and propagation characteristics of the Ground wave in GPR. Proceedings of the 15th German Electromagnetic Meeting, Hoechst,25-30, March,1994,p.480-488.
- [6]. Hubbard S.S., J.E.Peterson et al.,1997. Estimation of permeable pathways and water content using tomographic radar data. The leading EDGE, vol.16 (11),p.1623-1630.
- [7]. Nguyen Van Giang, 1998. Ground Penetrating Radar for dyke investigation in Vietnam. Proceedings of the 5th ASEAN Science and Technology Week. Hanoi October 1998, pp.7.
- [8]. Nguyễn Văn Giảng và nnk.,1998. Nghiên cứu đánh giá hiện trạng đê đập trên miền Bắc Việt nam bằng phương pháp Rađa xuyên đất (Georadar) và các phương pháp địa vật lý khác. Báo cáo tổng kết đề tài năm 1998, lưu trữ TTKHTN&CNQG.
- [9]. Sensors & Software, 1996. PulseEKKO100RUN, User's Guide, Version 1.2. Technical Manual 25.
- [10]. Wang H., Zhang P.,1996. New applications of GPR in some China key engineering projects. Proceedings of GPR'96 Sendai, Japan, p.201-206.

Ngày nhận bài: 22/4/2022

Ngày hoàn thành sửa bài: 22/6/2022

Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2022