

# GÓP PHẦN XÁC ĐỊNH NGUYÊN NHÂN SẠT LỞ BỜ SÔNG TIỀN VÀ SÔNG SÀI GÒN BẰNG CÁC KHẢO SÁT ĐỊA VẬT LÝ GẦN MẶT ĐẤT

LÊ NGỌC THANH<sup>1</sup>, NGUYỄN VĂN GIẢNG<sup>2</sup>,

E-mail: lnthanh@vast-hcm.ac.vn

<sup>1</sup>Viện Địa lý Tài nguyên Tp. HCM - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Vật lý Địa cầu - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 15 - 6 - 2012

## 1. Mở đầu

Qua kết quả nghiên cứu khảo sát trong những năm gần đây trên các điểm sạt lở bờ sông Tiền, sông Sài Gòn, chúng tôi nhận thấy nguyên nhân sạt lở bờ sông đều có điểm chung liên quan đến điều kiện địa hình, địa mạo (trũng thấp, sông uốn khúc), điều kiện địa chất (vật liệu trầm tích bùn sét và cát mịn lẫn bột có chiều dày lớn), điều kiện địa chất thủy văn (mực nước ngầm dâng cao sát mặt đất, chế độ triều, áp lực thủy động của nước trong đất), điều kiện địa chất công trình (đất có liên kết kiến trúc yếu, thuộc loại đất có thành phần trạng thái và tính chất đặc biệt như có tính xúc biến khi có tải trọng động, đất dễ tan rã khi có dòng chảy lớn), điều kiện dòng chảy (triều, lũ, mưa,...), điều kiện kinh tế xã hội (xây dựng trái phép lấn chiếm lòng lạch, sông; tôn cao nền quá mức của các hoạt động dịch vụ theo bờ sông, khai thác cát quá mức dưới lòng sông). Những nơi nào, vị trí nào trên đoạn sông mà tập trung nhiều điều kiện nêu trên thì bờ sông nơi đó không ổn định, sẽ bị sạt lở mà trong đó nguyên nhân chủ yếu là tác động của con người làm thay đổi chế độ dòng chảy và độ ổn định hai bên bờ sông.

Dự báo sạt lở đất bờ sông phải dựa trên cơ sở nghiên cứu quy luật của dòng chảy, lòng dẫn và cấu trúc địa chất bờ sông [9, 13]. Trong đó phải coi cấu trúc địa chất bờ sông là nội lực và là yếu tố biến đổi theo thời gian với tốc độ biến đổi nhanh hay chậm tùy thuộc vào tác động của ngoại lực gây ra [3, 8, 10]. Nếu coi dự báo sự thay đổi dòng chảy, lòng dẫn là dài hạn thì các nghiên cứu đánh giá hiện trạng cấu trúc địa chất bờ sông là xếp vào dự báo ngắn hạn. Nếu biết được cấu trúc trầm tích gần

mặt đất bờ sông một cách chi tiết, ta có thể tìm ra được nguồn gốc của chúng và góp phần quan trọng vào việc dự báo khả năng sạt lở góp phần thích ứng với biến đổi khí hậu hiện nay. Phần lớn, các nghiên cứu từ trước đến nay đều dựa chủ yếu vào tài liệu các lỗ khoan địa chất công trình và quan sát địa hình, địa mạo trên mặt [6, 14]. Bằng cách này, muốn đạt được những mặt cắt cấu trúc địa chất chi tiết thì phải tiêu tốn nhiều kinh phí và thời gian. Để khắc phục tình trạng này, chúng tôi đã nghiên cứu lựa chọn tổ hợp các phương pháp địa vật lý đo vẽ trên mặt đất để giải đoán hiện trạng cấu trúc địa chất bờ sông. Trong đó, phải kể đến công nghệ Georadar (GPR) kết hợp với phương pháp điện từ tần số rất thấp (VLF), các phương pháp điện trở như: đo sâu điện đối xứng (VES), đo sâu mặt cắt điện (EP), đo ảnh điện, đo mặt cắt điện đa cực 2D, 3D,... [16, 19]. Phân tích tổng hợp các tài liệu đo vẽ bằng địa vật lý và địa chất đã đưa ra những mặt cắt cấu trúc địa chất tầng nông chi tiết với độ chính xác cao. Kết quả nghiên cứu này đã góp phần làm sáng tỏ cấu trúc dưới mặt đất đường bờ với việc xác định các ranh giới giữa những lớp trầm tích, các lăng kính chứa nước, các đụn cát được hình thành qua nhiều giai đoạn khác nhau, góp phần quan trọng trong việc dự báo sạt lở đất và làm tiền đề cho các luận điểm về tích tụ trầm tích vùng bờ sông Tiền, bờ sông Sài Gòn,...

## 2. Phương pháp và thiết bị

### 2.1. Phương pháp Georadar

GPR là phương pháp địa vật lý ứng dụng các nguyên lý của sóng điện từ ở dải tần số rất cao (1-2000MHz) để nghiên cứu cấu trúc và các đặc tính

của vật chất bên dưới lòng đất mà không cần phải đào bới. Thiết bị pulse EKKO100 [18], thiết bị Ramac/GPR [17], thiết bị Ingegneria Dei Sistemi (IDS) Detector Duo [15] là những hệ máy hiện đại nhất đang được sử dụng ở Việt Nam. Kết quả cuối cùng mà thiết bị GPR đưa ra là mặt cắt hiện trạng cấu trúc của vật chất ở bên dưới mặt đất có độ phân giải cao.

Năng lượng phát ra từ ăng ten phát lan truyền vào trong lòng đất, ở môi trường đồng nhất chúng tiếp tục đi sâu và suy yếu dần, khi gặp dị thường ở môi trường bất đồng nhất sẽ tạo ra các sóng phản xạ và được anten thu ghi lại các tín hiệu phản xạ này một cách liên tục. Chúng ta có thể tiếp cận được đến nguồn gây ra dị thường trên cơ sở xác định giá trị các đại lượng vật lý của sóng điện từ như: vận tốc truyền sóng ( $v$ ), bước sóng ( $\lambda$ ), độ sâu thâm thấu ( $\delta$ ), hệ số suy giảm ( $B$ ), độ điện thẩm ( $\epsilon_r$ ), độ từ thẩm ( $\mu_r$ ), độ dẫn điện ( $\sigma$ ),... Dưới đây là các đại lượng được sử dụng trong GPR [2] được trình bày trong *bảng 1*.

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

Sự truyền sóng điện từ	Ở môi trường có độ dẫn thấp	Ý nghĩa của biểu thức
$v = \frac{\omega}{a}$	$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$	Vận tốc truyền sóng chỉ phụ thuộc vào $\epsilon_r, \mu_r = 1$
$\lambda = \frac{2\pi}{a}$	$\lambda = \frac{1}{f\sqrt{\epsilon\mu}}$	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

Sử dụng GPR ở môi trường địa chất là môi trường có độ dẫn điện thấp, vì liên quan chủ yếu đến đất đá và lúc đó thì độ từ thẩm có giá trị xấp xỉ bằng 1. Do các sóng phản xạ này được tạo ra từ những mặt ranh giới trung gian trong môi trường nghiên cứu bất đồng nhất nên chúng thường liên quan đến đặc điểm trong cấu trúc địa chất như: ranh giới các lớp trầm tích có tính chất vật lý khác nhau, các khe nứt nẻ, các khối xâm thực, các dị vật,... Độ sâu thâm thấu của phương pháp phụ thuộc vào tần số của ăng ten phát-thu tín hiệu và phụ thuộc vào tính chất của đất đá trong môi trường địa chất [1, 2]. Các loại anten thông thường được dùng để khảo sát cấu trúc địa chất ở đây có tần số là: 50, 100 và 200 MHz và bước đo tương ứng là 0,5; 0,25 và 0,1m. Trong trường hợp này độ sâu khảo sát có thể đạt được đến 30m, 20m và 10m [4, 5].

Mặt cắt radar là một bức tranh tổng hợp phản ánh cấu trúc địa chất chi tiết làm cơ sở cho công tác điều tra cơ bản, nghiên cứu địa chất cấu trúc, địa chất công trình, địa chất thủy văn, địa kỹ thuật và môi trường [1, 7].

Với nhiệm vụ chính là nghiên cứu cấu trúc địa chất gần mặt đất bằng các tài liệu địa vật lý của công trình này nên các tác giả đã thực hiện việc lấy mẫu đặc trưng cho trầm tích bờ sông Tiền và sông Sài Gòn, đồng thời tiến hành phân tích mẫu theo các tham số vật lý (*xem bảng 2*). Dưới đây là kết quả của 18 mẫu chuẩn được nghiên cứu khảo sát tại chỗ và phân tích trong phòng thí nghiệm theo tiêu chuẩn mẫu địa chất của Cục Địa chất Ba Lan ban hành năm 1998 tại phòng thí nghiệm mẫu thuộc ĐH Khoa học và Công nghệ AGH (Krakow, Ba Lan). Kết quả trong *bảng 2* là giá trị trung bình với sai số <5%.

**Bảng 2. Bảng thông số vật lý của các mẫu vật liệu trầm tích bờ sông**

Ký hiệu mẫu	Tên vật liệu	Điện trở suất $\rho$ , ( $\Omega m$ )	Độ dẫn điện $\sigma$ , (mS/m)	Độ điện thẩm $\epsilon_r$	Độ từ thẩm $\mu_r$	Vận tốc truyền sóng điện từ (m/ns)	Hệ số suy giảm $\alpha$ , (dB/m)	Tỷ trọng $\Delta$ , (g/cm <sup>3</sup> )	Độ rỗng $\Phi$ , (%)	Vận tốc truyền sóng đàn hồi (km/s)
Đất trồng khô										
1	Tân Châu	45,3	22,075	12,46	1	0,085	10,57	1,536	25	0,615
2	Vĩnh Long	38,2	26,178	13,72	1	0,081	11,95	1,241	23	0,515
3	Thanh Đa	47,6	21,008	14,06	1	0,080	9,47	1,350	27	0,583
Đất sét khô										
4	Tân Châu	250	4,000	11,62	1	0,088	1,98	2,147	17	1,678
5	Vĩnh Long	258	3,876	12,17	1	0,086	1,88	2,213	20	1,795
6	Thanh Đa	295	3,390	10,63	1	0,092	1,76	2,191	17	1,903
Cát hạt mịn, khô										
7	Tân Châu	550	1,818	4,53	1	0,141	1,44	1,841	35	1,745
8	Vĩnh Long	600	1,667	5,17	1	0,132	1,24	1,862	36	1,809
9	Thanh Đa	515	1,942	4,00	1	0,150	1,64	1,856	39	1,791

Cát hạt mịn, bhn										
10	Tân Châu	66,8	14,970	9,97	1	0,095	8,01	2,018	-	2,285
11	Vĩnh Long	56,5	17,699	9,57	1	0,097	9,67	2,045	-	2,276
12	Thanh Đa	49,9	20,040	11,89	1	0,087	9,82	2,027	-	2,312
Cát hạt thô, khô										
13	Tân Châu	616	1,623	3,08	1	0,171	1,56	1,694	49	1,297
14	Vĩnh Long	793	1,261	2,94	1	0,175	1,24	1,758	41	1,492
15	Thanh Đa	833	1,200	2,75	1	0,181	1,22	1,700	42	1,515
Cát hạt thô, bhn										
16	Tân Châu	167	5,988	23,41	1	0,062	2,09	1,706	-	1,338
17	Vĩnh Long	171	5,848	24,19	1	0,061	2,01	1,804	-	1,632
18	Thanh Đa	192	5,208	20,05	1	0,067	1,97	1,800	-	1,620

## 2.2. Phương pháp VLF

VLF (Very Low Frequency) là một phương pháp địa vật lý đo ghi trường từ thứ cấp gây bởi các vật dẫn nằm bên dưới mặt đất khi bị tác động bởi trường điện từ sơ cấp được phát đi từ những đài phát sóng radio công suất lớn trong dải tần số từ 15 đến 30 kHz nằm rải rác trên thế giới [12].

Các vật dẫn tạo ra trường thứ cấp thường liên quan đến đới phá hủy kiến tạo, đứt gãy địa chất, thấu kính chứa nước, ranh giới trung gian hoặc các thân quặng.

Thiết bị VLF-WADI ứng dụng các thành phần từ của trường sóng điện từ được tạo ra từ các đài phát công suất cỡ 300 - 1000 kW ở dải tần số rất thấp, từ 15 đến 30 kHz và được truyền đi với khoảng cách lớn [20]. Ăng ten của các đài phát VLF thường là một dây cáp thẳng đứng có độ dài một vài trăm mét. Trường điện từ phát ra liên tục từ các ăng ten theo phương nằm ngang có dạng như là các đường tròn đồng tâm.

Sóng VLF từ đài phát lan truyền trong không gian và đi vào lòng đất. Khi môi trường địa chất là đồng nhất, nghĩa là không tồn tại dị thường thì tỷ số giữa điện trường và từ trường xấp xỉ bằng 0. Nhưng khi gặp dị thường, nhất là dị thường có điện trở suất thấp (liên quan đến các đới cấu trúc bị phá hủy trong môi trường địa chất) thì sẽ xuất hiện trường thứ cấp có phương thẳng đứng và ngược dấu với trường sơ cấp. Lúc đó tỷ số giữa điện trường và từ trường sẽ khác 0. Vì vậy, khi quan sát đường cong đo được ta cũng có thể biết các thông tin cơ bản về dị thường [12].

Bằng các công thức toán học người ta đã chứng minh được rằng phần thực của tỷ số giữa thành phần thẳng đứng trên thành phần nằm ngang của trường điện từ VLF khi lan truyền qua vật dẫn xấp xỉ bằng  $\tan\alpha$  với  $\alpha$  là góc nghiêng giữa trục chính của elip phân cực so với phương nằm ngang; phần ảo của tỷ số giữa thành phần thẳng đứng trên thành

phần nằm ngang xấp xỉ bằng tâm sai của elip phân cực:

Phần thực  $H_z/H_0(\%) \cong 100 \tan\alpha$  ( $\tan\alpha$  tính theo radianes)

Phần ảo  $H_z/H_0(\%) \cong 100 e$  ( $e$  là tâm sai = tỷ số trục lớn/trục bé của Elip)

Độ sâu thâm thấu của sóng điện từ tần số rất thấp:  $p$  phụ thuộc vào điện trở suất ( $R$ ) của môi trường khảo sát và tần số đài phát ( $f$ ) theo công thức:

$$p = 500 \sqrt{\frac{R}{f}}$$

$R$  là điện trở suất của môi trường lớp phủ ( $\Omega m$ );  $f$  là tần số đài phát (kHz).

Trong trường hợp lớp đất phủ có chiều dày lớn thì cường độ tín hiệu thu được sẽ bị ảnh hưởng cục bộ. Trường thứ sinh phát ra sẽ bao xung quanh bề mặt của đối tượng địa chất, trường này có thể đo và phân tích được. WADI tiến hành đo ghi cường độ của trường và sự thay đổi về pha xung quanh các đới đập vỡ trong đất đá [20].

## 2.3. Các phương pháp điện trở

Môi trường địa chất nói chung thường là dẫn điện kém, vì vậy phương pháp GPR trình bày ở trên phát huy được lợi thế của mình khi sử dụng để khảo sát cấu trúc địa chất gần mặt đất, nhưng đối với cấu trúc bờ sông mà vật liệu liên quan đến sét và bùn thì độ sâu nghiên cứu của GPR bị hạn chế. Để nghiên cứu các đối tượng địa chất có sự khác biệt về điện trở suất của các loại đất đá trong môi trường và có độ dẫn cao thì các phương pháp điện trở phát huy được hiệu quả sử dụng. Giá trị của điện trở suất hay là mức độ dẫn điện của đất đá phụ thuộc vào các yếu tố như: thành phần khoáng vật, độ rỗng và độ nứt nẻ, độ ẩm, độ khoáng hoá của nước ngầm, cấu kiến trúc nội tại, nhiệt độ, áp suất,... Tùy thuộc vào đối tượng cần nghiên cứu mà

người ta lựa chọn các kiểu thiết bị đo. Trong điều kiện cụ thể như môi trường trầm tích bờ sông thì các kiểu thiết bị được sử dụng phổ biến như: đo sâu đối xứng kiểu Schlumberger để có độ sâu khảo sát đến một vài trăm mét khi ta mở rộng khoảng cách giữa hai cực phát dòng đến 1000m; đo sâu mặt cắt điện kiểu Wenner với khoảng cách các cực từ 2, 5, 10 hoặc 20m [3]. Đo sâu ảnh điện hoặc đo điện đa cực để nghiên cứu phân nông với độ chi tiết cao. Thiết bị sử dụng để đo trong các phương pháp điện trở là Terrameter SAS 300C, Terrameter SAS 1000, Terrameter SAS 4000 do ABEM sản xuất [19] hay SuperSting R/IP do AGI sản xuất [16].

### 3. Kết quả khảo sát

#### 3.1. Thị trấn Tân Châu - An Giang

Khu vực xói lở bờ thị trấn Tân Châu tỉnh An Giang, nằm phía bờ hữu sông Tiền. Thời gian gần đây hiện tượng xói lở bờ sông Tiền thị trấn Tân Châu đã xảy ra và xảy ra liên tục với tốc độ càng ngày càng mạnh và phạm vi cũng càng ngày càng mở rộng thêm với chiều dài khoảng 2500m và tốc độ xói lở trung bình hàng năm là 6m/năm (trước năm 2000) gây nhiều thiệt hại cả về người và của cải. Đặc điểm sạt lở bờ khu vực này là thường hai tới ba năm mới sạt lở một lần và sạt lở thường xảy ra vào những tháng cuối mùa lũ đầu mùa khô [10].

Mục tiêu của khảo sát địa vật lý nhằm xác định hiện trạng cấu tạo đường bờ sông Tiền thị trấn Tân

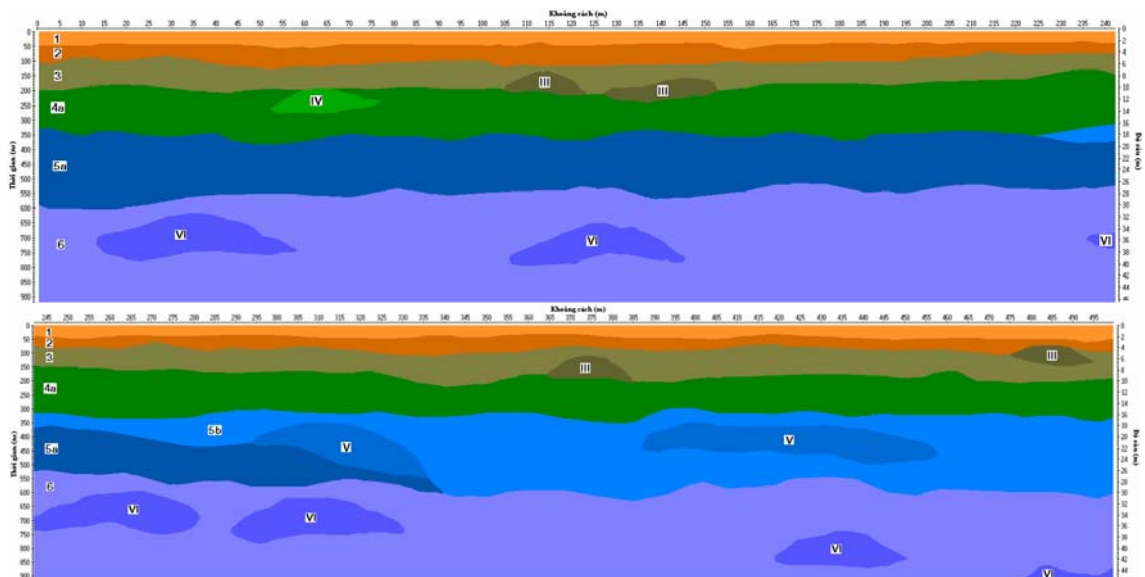
Châu, khoanh vùng các đới xung yếu, đề xuất phương án chỉnh trị.

Trên toàn đoạn đường bờ sông Tiền trước công UBND huyện Tân Châu đã tiến hành đo GPR, VLF và mặt cắt điện.

Hình 1 là cảnh sử dụng ăng ten 50 MHz của thiết bị Pulse Ekko 100 để khảo sát tại bờ sông tuyến trước công UBND huyện Tân Châu với bước đo là 0,5m nhằm nghiên cứu đến độ sâu 45m [5]. Để dễ theo dõi các mặt cắt cấu trúc của cả tuyến đo dài 1200m chúng tôi đã cắt ra làm 3 đoạn tuyến cùng với kết quả minh giải địa chất và được trình bày trên các hình 2 và bảng 2 cho đoạn tuyến Tchau1; hình 3 và bảng 3 cho đoạn tuyến Tchau2; hình 4 và bảng 4 cho đoạn tuyến Tchau3.



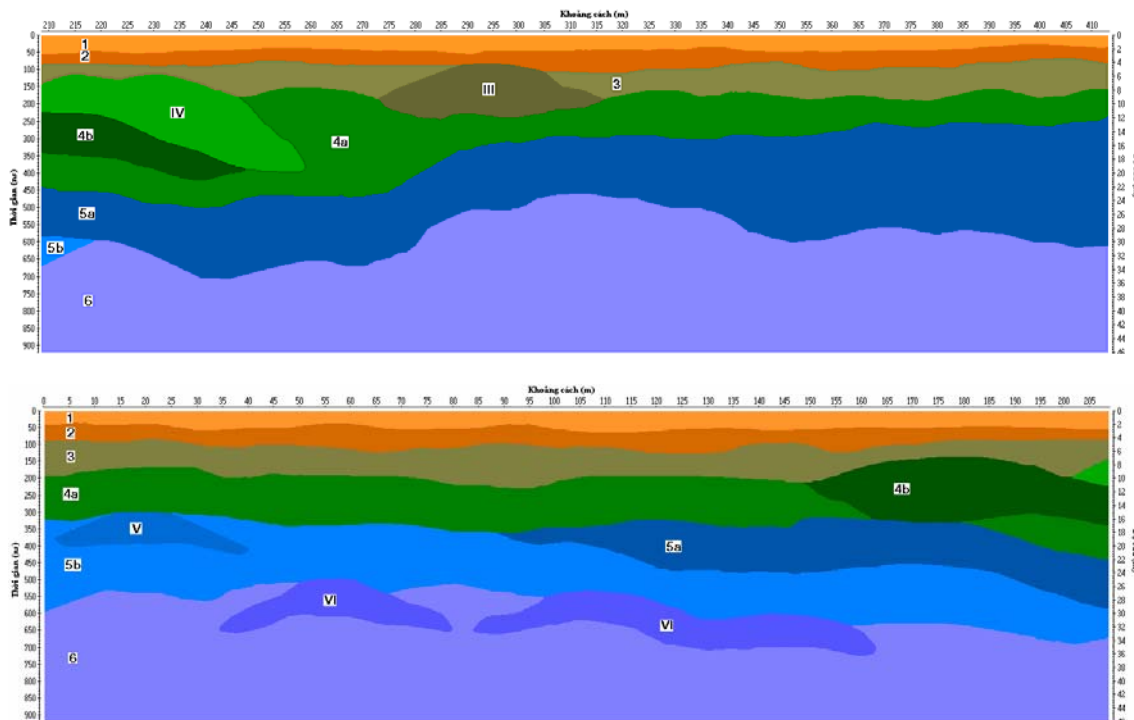
Hình 1. Khảo sát bờ sông Tiền tại Tân Châu bằng GPR



Hình 2. Mặt cắt cấu trúc theo tài liệu Georadar tuyến Tchau1 (các ký hiệu bằng số được chú giải trong bảng 3)

**Bảng 3. Kết quả minh giải tuyến TChau1**

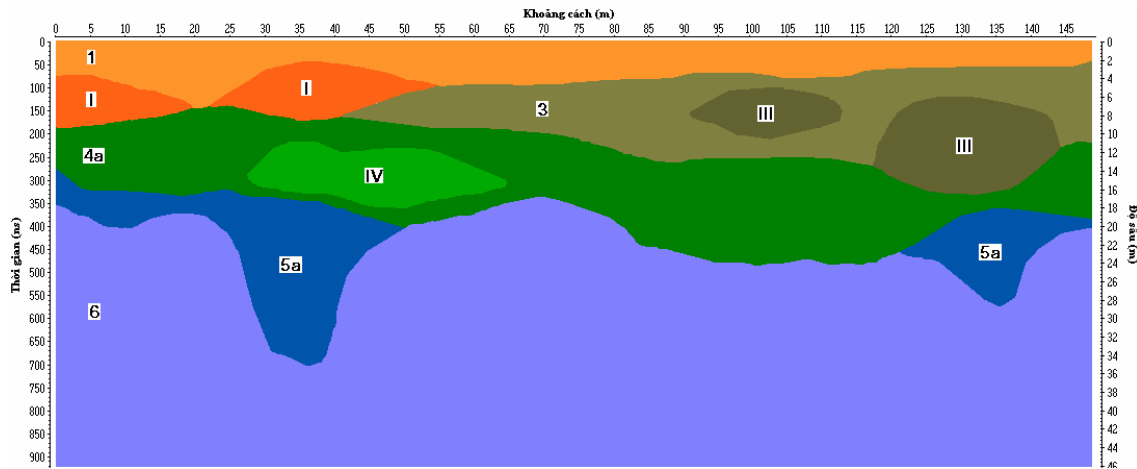
Ký hiệu lớp	Vận tốc, (m/ns)	Độ thấm điện, ( $\epsilon$ )	Độ dẫn, (mS/m)	Độ suy giảm, (dB/m)	Giải đoán
1	0,100	9,000	0,700	0,383	Nền đường đá
2	0,130	5,325	3,750	2,665	Cát hỗn hợp
3	0,120	6,250	4,000	2,624	Cát hạt nhỏ
III	0,080	14,063	5,250	2,296	Cát hạt nhỏ lẫn sét
4a	0,070	18,367	8,000	3,061	Bùn lẫn cát hạt nhỏ
IV	0,052	36,000	9,000	2,460	Nước bùn lẫn mùn thực vật
5a	0,059	19,464	11,500	4,275	Bùn lẫn sét
5b	0,065	21,302	12,000	4,264	Bùn lẫn sét nhão
V	0,062	23,413	11,000	3,728	Sét dẻo nhão + bùn
6	0,080	14,063	14,000	6,123	Sét
VI	0,075	16,000	13,000	5,330	Sét + bùn



Hình 3. Mặt cắt cấu trúc theo tài liệu Georadar tuyến Tchau2 (các ký hiệu bằng số được chú giải trong bảng 4)

**Bảng 4. Kết quả minh giải Tuyến TChau2**

Ký hiệu lớp	Vận tốc, (m/ns)	Độ thấm điện, ( $\epsilon$ )	Độ dẫn, (mS/m)	Độ suy giảm, (dB/m)	Giải đoán
1	0,110	7,438	0,800	0,481	Nền đường đá
2	0,132	5,165	4,000	2,886	Cát hỗn hợp
3	0,117	6,575	4,150	2,654	Cát hạt nhỏ
III	0,075	16,000	5,500	2,255	Cát hạt nhỏ lẫn sét
4a	0,065	21,302	8,175	2,905	Bùn lẫn cát hạt nhỏ
4b	0,060	26,754	10,000	3,171	Nước bùn lẫn cát hạt nhỏ
IV	0,056	28,699	9,000	2,755	Nước bùn lẫn mùn thực vật
5a	0,057	20,049	11,000	4,029	Bùn lẫn sét
5b	0,065	21,302	13,000	4,619	Bùn lẫn sét nhão
V	0,062	23,413	10,500	3,559	Sét dẻo nhão + bùn
6	0,080	14,063	15,000	6,560	Sét
VI	0,075	16,000	12,800	5,248	Sét + bùn

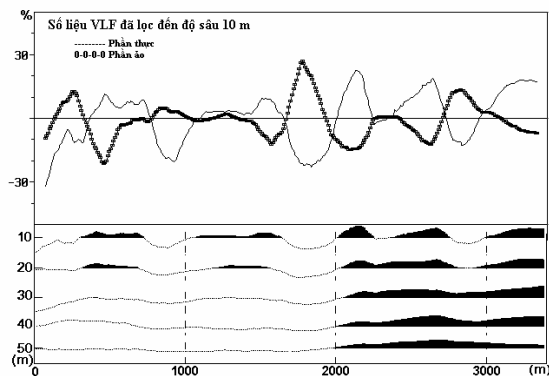


Hình 4. Mặt cắt cấu trúc theo tài liệu Georadar tuyến Tchau3 (các ký hiệu bằng số được chú giải trong bảng 5)

**Bảng 5. Kết quả minh giải Tuyến Tchau3**

Ký hiệu lớp	Vận tốc, (m/ns)	Độ thẩm điện, ( $\epsilon$ )	Độ dẫn, (mS/m)	Độ suy giảm, (dB/m)	Giải đoán
1	0,097	9,5653	0,900	0,4772	Nền đường đất
I	0,090	11,1111	7,000	3,4440	Cát hỗn hợp bão hoà nước
3	0,130	5,3254	4,000	2,8427	Cát hạt nhỏ
III	0,075	16,0000	5,250	2,1525	Cát hạt nhỏ lẫn sét
4a	0,069	25,0000	9,000	2,9520	Bùn lẫn cát hạt nhỏ
IV	0,057	29,7521	9,500	2,8563	Nước bùn lẫn mùn thực vật
5a	0,057	27,7008	12,000	3,7392	Bùn lẫn sét
6	0,082	13,3849	17,000	7,6205	Sét

Kết quả đo VLF toàn tuyến Tân Châu dài 3500m bằng thiết bị VLF-Wadi được trình bày trên hình 5.



Hình 5. Đường cong phần thực (--) và phần ảo (o o) VLF tuyến Tân Châu ở các mức độ sâu 10, 20, 30, 40 và 50m

Ở đây, với mục đích nghiên cứu sự hiện diện của dị thường VLF liên quan đến hiện trạng cấu trúc địa chất đường bờ sông ở các độ sâu từ 10m đến 20m có các khối cấu trúc được phân biệt bằng độ dẫn điện của chúng. Từ độ sâu 30 đến 50m, cấu

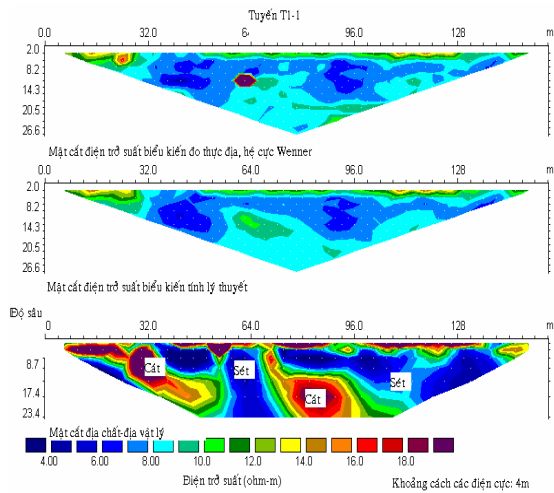
trúc của tuyến được phân chia rõ rệt làm hai phần. Phần đầu đến 2000 m là một khối khá đồng nhất và phần sau từ 2000m đến 3500m là một khối có độ dẫn cao hơn hẳn.

Kết quả đo mặt cắt điện tuyến Tân Châu được trình bày trên các hình 6, hình 7 và hình 8 dưới đây. Nhìn vào các mặt cắt này chúng ta thấy được độ dẫn điện của các khối vật chất khác nhau và nổi bật lên là các khối cát thì có độ dẫn điện yếu và các khối sét thì ngược lại.

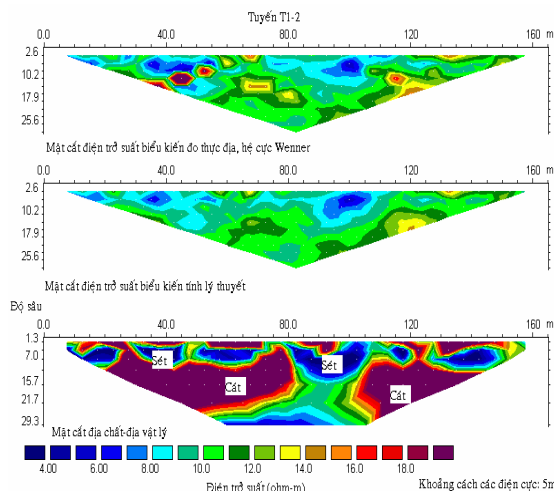
Trên cơ sở kết quả khảo sát bằng Georadar, VLF và mặt cắt điện cho thấy cấu tạo địa chất của đường bờ sông tại Tân Châu có sự bất đồng nhất cao. Sự xen kẽ giữa các khối cát hạt mịn và các khối sét kiểu thấu kính đều là những cấu trúc yếu cho nền móng đường bờ. Ở những chỗ cát hạt mịn, ngậm nước nếu có cửa thông với lòng sông và dưới tác dụng của áp lực nước thì dễ gây ra sạt lở. Đây cũng là những cơ sở cần phải dựa vào trong khi tiến hành công tác dự báo sạt lở bờ sông ở đây.

Nguyên nhân xói lở bờ sông đoạn Thường Phước- Tân Châu, theo các nghiên cứu đã công bố

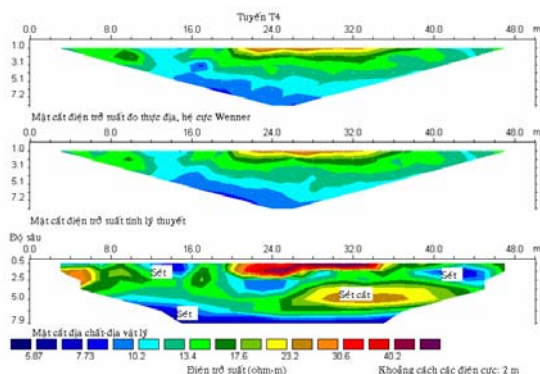




Hình 6. Mặt cắt địa điện tuyến Tân Châu 1-1



Hình 7. Mặt cắt địa điện tuyến Tân Châu 1-2



Hình 8. Mặt cắt địa điện tuyến Tân Châu 1-3

[9, 10] là do lòng dẫn sông ở đây được tạo bởi một điểm nút gấp khúc với góc khoảng 120 độ. Điểm nút gấp khúc này đã làm cho những cù lao, cồn cát

nhỏ riêng rẽ, rời rạc ở lòng sông phía thượng lưu sau nhiều năm dịch chuyển xuống hạ lưu bị giữ lại, tạo thành một bãi bồi rộng lớn (cù lao Mang Cá - hay còn gọi là cồn liệt sĩ) nằm phía bờ hữu đối diện với bờ sông Thường Phước. Mặt khác, khu vực Thường Phước, bờ sông, lòng sông được cấu tạo bởi các lớp sét pha cát, bùn sét pha, bùn cát pha và lớp cát hạt nhỏ, cường độ cơ học rất thấp, dễ biến dạng.

Do đặc điểm của đoạn bờ và sông Tân Châu là: (1) Lòng sông uốn cong gấp, thu hẹp, dòng chảy từ bờ tả chảy vuông góc sang bờ hữu; (2) Hồ sỏi cục bộ rất sâu- hơn 40m và (3) Thượng hạ lưu là các đoạn phân lạch không ổn định, nên cần bảo vệ ngay khu vực thị trấn Tân Châu bằng việc xây dựng kè bờ sông theo phương pháp truyền thống. Hình 9 dưới đây là bờ kè đang được thi công tại bờ sông Tân Châu.



Hình 9. Xây dựng bờ kè tại bờ sông Tân Châu

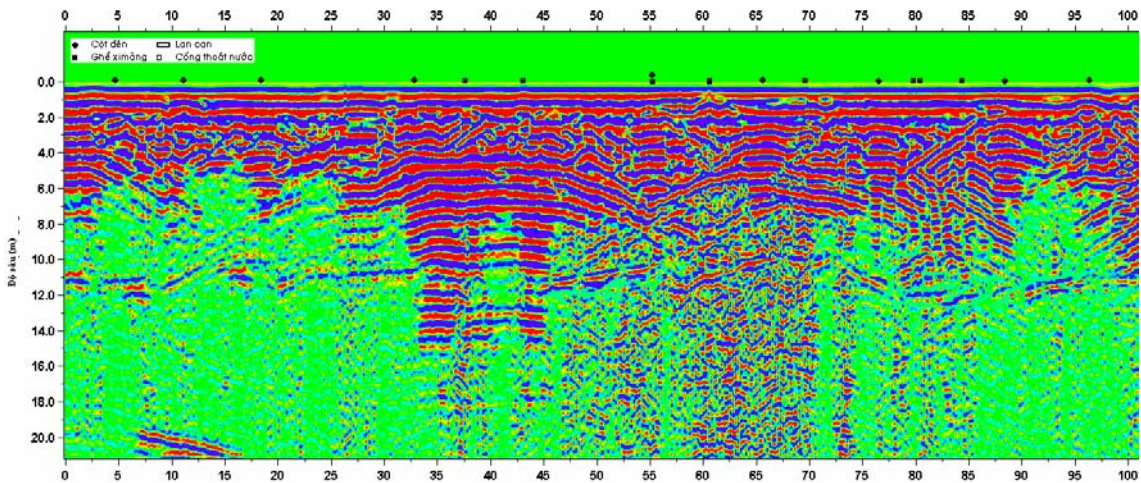
### 3.2. Bờ kè thành phố Vĩnh Long

Mục tiêu của khảo sát bằng GPR nhằm xác định hiện trạng cấu trúc địa chất, khoan vùng những vị trí xung yếu đang có nguy cơ phá vỡ kết cấu và làm sụt lún trên mặt kè Vĩnh Long. Khu vực kè Vĩnh Long là bờ hữu sông Tiền qua thành phố Vĩnh Long kéo dài từ cầu Vĩnh Long đến khách sạn Cửu Long. Các tuyến đo được thực hiện từ sát chân cầu Vĩnh Long dọc theo mặt kè cạnh công viên, bến đò và đến khách sạn Cửu Long với tổng chiều dài 750m. Hình 10 dưới đây là đoạn đầu của kè Vĩnh Long đang được đo bằng Pulse EKKO 100.



Hình 10. Đoạn đầu của kè Vĩnh Long đang được đo bằng Pulse EKKO 100

Mặt cắt GPR của tuyến bờ kè dài 400m. Để



Hình 11. Mặt cắt GPR đoạn 1 tuyến bờ kè Vĩnh Long

Hình 12 là mặt cắt cấu trúc đoạn đầu tuyến (100m) bờ kè Vĩnh Long theo tài liệu Georadar. Từ giản đồ sóng radar, áp dụng chương trình minh giải WinEKKO pro. chúng ta 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 1,5m. 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 2m với vật liệu là sét pha cát hạt nhỏ ngâm 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 vì biên độ phản xạ của sóng radar ở đây rất nhỏ.

phục vụ cho việc minh giải địa chất theo tài liệu GPR chúng tôi đã chia tuyến đo ra làm các đoạn tuyến ngắn (100m) và ở đây trình bày đoạn tuyến thứ nhất có chiều dài 100m (hình 11).

Cần lưu ý rằng, trong minh giải cấu trúc từ tài liệu Georadar thì các tham số vật lý đóng vai trò quan trọng, trong đó đặc biệt là vận tốc truyền sóng điện từ đặc trưng cho môi trường khảo sát. Để xác định tham số vật lý này, đã tiến hành đo theo kiểu điếm sâu chung (CMP) [7]. Từ giản đồ sóng CMP với ăng ten 100MHz, khoảng cách hai ăng ten là 1m và bước dịch chuyển là 0,25m, ta có thể xác định được vận tốc sóng đất ở đây là: 0,12m/ns. Giá trị này được sử dụng để xây dựng những mặt cắt cấu trúc theo tài liệu GPR.

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.

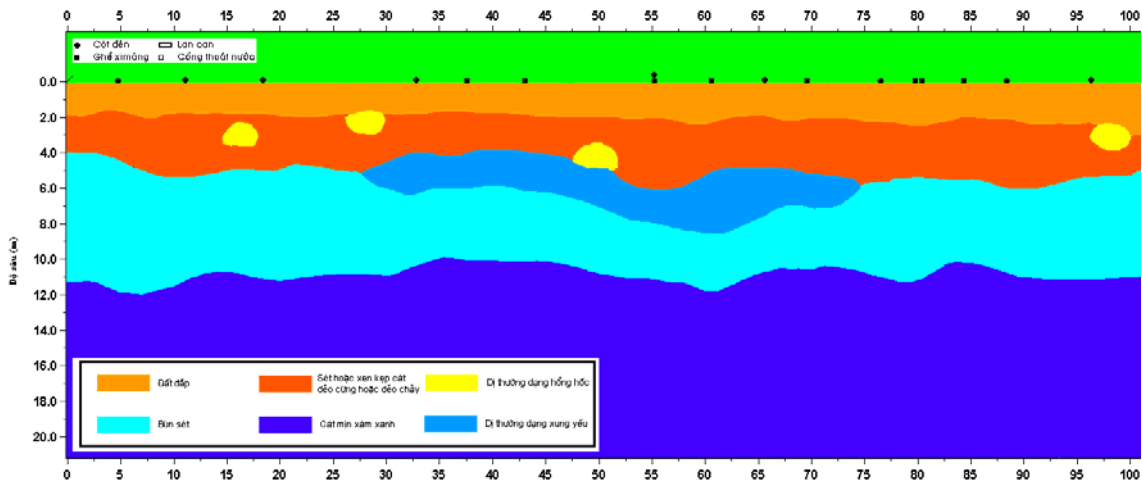
Trong mặt cắt cấu trúc còn xác định được vị trí của 4 dị thường liên quan đến cấu tạo hồng hốc và 1 đới cấu tạo xung yếu. Các vị trí dị thường này có biên độ sóng phản xạ khác biệt hẳn với biên độ sóng phản xạ ở ba lớp bên trên. Đới xung yếu nằm ở đoạn đầu của tuyến đo và ở độ sâu ngay trên mặt của lớp thứ 3 và dưới đáy của lớp thứ 2.

Hiện trạng cấu tạo của kè có bất đồng nhất song không lớn và cũng chưa gây ra mất an toàn cho kè. Do cấu tạo đường bờ kè nằm ngay sát đường nhựa của thành phố nên khả năng triển khai các phương



pháp mặt cắt điện rất khó thi công và mặt cắt VLF bị nhiễu rất mạnh, nên vị trí các dị thường trên mặt cắt GPR đã được kiểm chứng bằng các lỗ khoan

địa chất công trình với mức độ tương đồng rất cao. Cơ quan chủ quản bờ kè đã dựa vào kết quả khảo sát bằng GPR để thực hiện duy tu bờ kè.



Hình 12. Mặt cắt cấu trúc đoạn 1 tuyến bờ kè Vĩnh Long theo tài liệu GPR

### 3.3. Khảo sát sạt lở bờ sông Sài Gòn, bán đảo Thanh Đa

Tình trạng sạt lở bờ sông Sài Gòn, bán đảo Thanh Đa đã gây ra thiệt hại về người và tài sản rất nhiều. Tuy nhiên, phạm vi sạt lở xảy ra trên từng điểm và vẫn còn mang tính bức xúc cho chính quyền thành phố cũng như người dân sinh sống. Đã có nhiều công trình nghiên cứu về đặc điểm thủy văn cũng như dòng chảy và sự ổn định của đường bờ [13]. Khảo sát đánh giá hiện trạng cấu trúc đường bờ bằng các phương pháp địa vật lý gần mặt đất đã được thực hiện ở đây trong suốt thời gian gần đây. Trong khuôn khổ bài báo này, tập trung giới thiệu kết quả của một điểm khảo sát sạt lở sân tennis Lý Hoàng bằng tổ hợp phương pháp GPR và mặt cắt điện đa cực. Tại đây, đã thực hiện 3 tuyến khảo sát song song với đường bờ sông với độ dài 60 và khoảng cách tuyến là 15m. Tuyến khảo sát được thực hiện cách mép nước sông 3m là tuyến 1 nằm ngay trên sân tennis với chiều dài là 60 m được trích giới thiệu dưới đây (hình 13). Ở đây cũng cần phải chú ý rằng, cho đến thời điểm khảo sát thì sân tennis này đã bị lở mất 20m trong thời gian 4 tuần trước đó. Kết quả đo mặt cắt địa điện bằng thiết bị Terrameter SAS 1000 [19] với khoảng cách giữa các điện cực là 2m cho ta cấu trúc theo dạng phân lớp ngang 5 lớp có kích thước và giá trị điện trở suất trong bảng 6.

Bảng 6. Địa tầng theo tài liệu địa điện sân tennis Lý Hoàng

Địa tầng	Độ sâu (m)	Điện trở suất (Ohm.m)	Thành phần thạch học
Lớp 1	0-2,5	20-28	Đất đắp
Lớp 2	2,5-7	10-20	Sét, bùn, cát hạt mịn
Lớp 3	6-15	8-10	Bột sét, cát hạt mịn-trung
Lớp 4	15-30	10-35	Bột cát, cát hạt trung
Lớp 5	30-40	35-80	Sét cát, Cát hạt thô

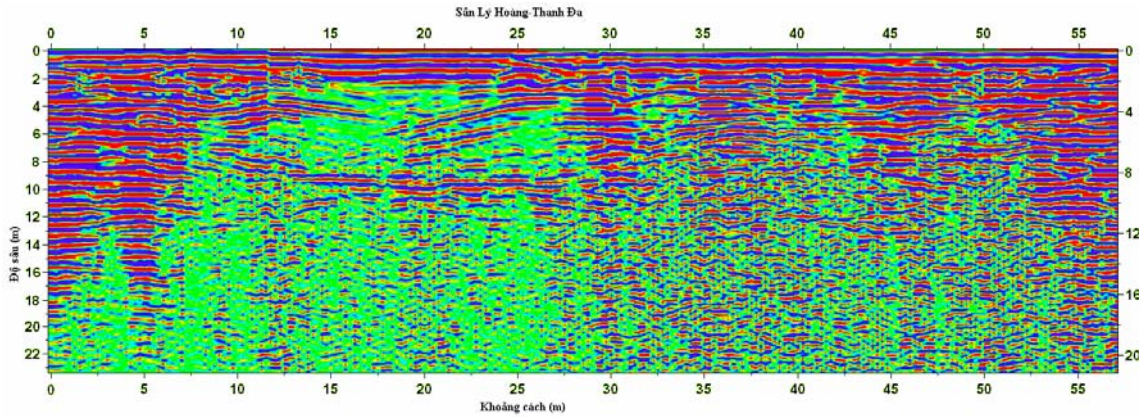


Hình 13. Đo GPR theo tuyến 1 dọc bờ sông tại sân tennis Lý Hoàng bằng thiết bị Pulse Ekko 100 với tần số ăng ten 100 MHz

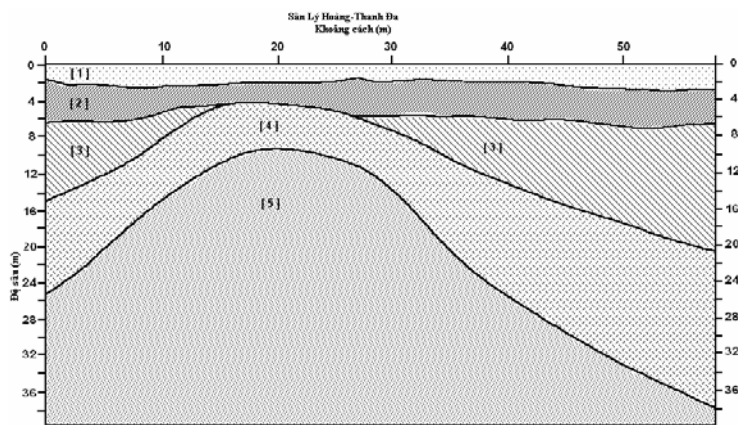
Theo kết quả khảo sát bằng GPR trên tuyến 1 (hình 14) cho thấy sự bức tranh bất đồng nhất điển hình bằng các khối vật chất khác nhau mà trội hơn

cả là cát bão hòa nước và cát sét, bột sét xen kẽ nhau. Trong đó, đáng kể nhất phải nói đến vai trò của đụn cát ngậm nước (hình 15). Khi ngoài sườn được bao phủ bằng bùn đất và các loại cây như dừa nước thì những khối cát ở dưới sâu được giữ nguyên, nhưng khi đã cải tạo sườn để lộ ra các khối cát và dưới tác động của ngoại lực như dòng chảy, sóng vỗ, thủy triều lên xuống cũng như sự thay đổi

thường xuyên của dòng chảy sẽ làm cho khối cát trở thành cát chảy theo dòng nước tạo ra những kiểu hàm ếch khác nhau và gây sạt lở đường bờ sông. Kết quả khảo sát tại sân tennis này đã dự báo sẽ sạt lở trong thời gian ngắn là 40 m tính từ mép nước. Đến nay đường bờ này đã được gia cố cọc móng sâu 28m và ở vị trí 50m tính từ mép nước (hình 13).



Hình 14. Mặt cắt GPR tuyến 1 sân tennis Lý Hoàng bằng ăng ten 100 MHz



← Hình 15. Mặt cắt cấu trúc tuyến 1 sân tennis Lý Hoàng theo số liệu GPR và mặt cắt điện.

Chú giải: (1)=đất đắp, (2)= Sét, bùn, cát hạt mịn, (3)= Cát hạt mịn-trung lẫn bột sét, (4)= Cát hạt trung lẫn bột cát, (5)= Cát hạt thô, sét cát

Như chúng ta đã biết, toàn bộ mặt cắt địa chất có đoạn sông Sài Gòn qua khu vực Thanh Đa được cấu tạo bởi trầm tích tuổi Holocen giữa - muộn. Thành phần thạch học gồm bùn sét, bùn á sét, bên trên giàu hữu cơ, các liên kết kiến trúc yếu.

Như vậy, đoạn sông Sài Gòn với độ sâu trung bình 12m nằm gọn trong cấu tạo đất yếu trầm tích Holocen, đáy sông có nơi khoét vào lớp cát trung mịn lẫn bột. Chế độ dòng chảy phức tạp, hai chiều theo nhịp thủy triều. Đáy sông có nhiều vũng sâu, xoáy, dễ tạo những hàm ếch ở sườn bờ, gập các cấu tạo cát chảy hờ sườn thì hiện tượng sạt lở

đường bờ là thường xuyên xảy ra. Mặt khác, đoạn sông vùng nghiên cứu có đặc điểm nước ngầm lên cao ngang mặt đất và có quan hệ thủy lực trực tiếp với dòng chảy sông. Chế độ bán nhật triều tạo điều kiện cho mực nước sông nâng lên và hạ xuống 2 lần trong ngày, điều này hình thành áp lực thủy động tác dụng trong đất hai bên bờ góp phần thúc đẩy quá trình sạt lở, trượt ở một số vị trí có điều kiện địa chất không ổn định.

#### 4. Một số nhận xét và kiến nghị

Đặc điểm của vật liệu trầm tích bờ sông Tiền và sông Sài Gòn là mềm, dẻo và bão hòa nước ở phần

dưới mà thành phần bao gồm đất bồi, đất sét, cát hạt mịn đến hạt trung, bùn, tàn tích thực vật. Các loại vật liệu này nếu bão hoà nước thì chúng thường có độ dẫn điện cao, phân bố rất phức tạp và thường là một hỗn hợp trong từng lớp cấu trúc. Chính vì thế mà tổ hợp các phương pháp địa vật lý như GPR, VLF và mặt cắt điện có thể được sử dụng để khảo sát đối tượng này có hiệu quả.

Sạt lở bờ sông Tiền tại Tân Châu - An Giang, bờ kè Vĩnh Long và bờ sông Sài Gòn tại bán đảo Thanh Đa- thành phố Hồ Chí Minh đều có nguồn gốc liên quan đến dòng chảy, lòng sông và cấu tạo đường bờ. Vì vậy, để nghiên cứu cấu tạo đường bờ bằng địa vật lý nhằm đánh giá hiện trạng cấu trúc địa chất chúng ta phải thực hiện các tuyến khảo sát dọc từng đoạn đường bờ và nên bố trí song song với nhau. Tất cả các tuyến này phải được đo bằng một loại kích thước thiết bị làm điều kiện so sánh để đánh giá nguồn gây sạt lở. Tại mỗi đoạn tuyến đo cần phải xác định vận tốc truyền sóng điện từ đặc trưng cho môi trường địa chất ở đó khi sử dụng công nghệ Georadar, bởi vì phải chú ý đến tính rất địa phương ở đây. Mặt khác phải sử dụng tổ hợp các phương pháp bằng việc đo mặt cắt điện và VLF trong điều kiện cho phép nhằm xác định độ dẫn điện của môi trường các lớp cấu trúc và tăng độ chính xác của kết quả khảo sát.

Các số liệu khảo sát bằng GPR, VLF, mặt cắt điện đã được xử lý, phân tích, minh giải tổ hợp để tạo ra những mặt cắt cấu trúc hiện trạng đường bờ trên từng đoạn tuyến sông Tiền và sông Sài Gòn, làm cơ sở đánh giá nguồn gây sạt lở, góp phần dự báo sạt lở bờ sông cũng như đề xuất các giải pháp chỉnh trị, giảm thiểu thiệt hại.

#### TÀI LIỆU DẪN

[1] *Davis J.L., Annan A.P.*, 1989: Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 37(5), p.531-551.

[2] *David J. Daniels*, 2004: Ground penetrating Radar - 2 nd edition. The Institution of Electrical Engineers, London, pp.726.

[3] *N.V. Giang, J. Zietek, N.B. Duan, J. Karczewski, T. Golebowski*, 2005: Study of geological sedimentary structures of Mekong river banks by GPR: Forecasting avulsion-prone zones. *Acta Geophysica Polonica*, vol. 53,2,pp.167-181.

[4] *Nguyen Van Giang*, 1999: Detection fractures and defects in the dyke by Ground Penetrating Radar. *Proceeding of the NCST of Vietnam*, vol.11 (2), pp.95-101.

[5] *Nguyễn Văn Giảng*, 2000: Khả năng áp dụng radar xuyên đất trong địa kỹ thuật và môi trường ở Việt Nam. *Tạp chí Địa chất*, số 257 (3-4/2000), tr.23-32.

[6] *Nguyễn Văn Giảng, Lê Ngọc Thanh*, 2004: Khả năng sử dụng tổ hợp các phương pháp địa vật lý trong nghiên cứu cấu trúc địa chất gần mặt đất tại các tỉnh phía Nam. *Tuyển tập Báo cáo HNKH nghiên cứu cơ bản*, Tp. HCM 20/12/2004, tr.71-79.

[7] *Nguyen Van Giang*, 2004: Geotechnical and Engineering Application of GPR in Vietnam. *Proceedings of International Conference on Ground Penetrating Radar*, 21-24 June 2004, Delf, the Netherland.

[8] *N.V. Giang, L.N. Thanh, J.Zietek, J.Moscicki*, 2008: Characteristics of sedimentary structure of Mekong and Saigon river banks by geophysical and geological data. Poster presentation at the Near-surface 2008 EAGE conference, September 14-17, 2008, Krakow, Poland.

[9] *Lê Mạnh Hùng. Đinh Công Sản*, 2002: Xói lở bờ sông Cửu Long và giải pháp phòng tránh cho các khu vực trọng điểm. NXB Nông Nghiệp, Tp. Hồ Chí Minh, 196tr.

[10] *Lê Mạnh Hùng, Nguyễn Tuấn Long*, 2001: Thực trạng sạt lở bờ sông Cửu Long. Tc. *Hoạt động Khoa học*, tháng 10/2001. Bộ KH-CN-MT.

[11] *Keller G.V.*, 1993: Electrical and electromagnetic methods in areas of complex geology. *Journal of Applied Geophysics*, 29, 181-192.

[12] *McNeill J.D., Labson V.F.*, 1989: Geological mapping using VLF radio fields. *Investigations in Geophysics N.3*. SEG.

[13] *Huỳnh Ngọc Sang, Nguyễn Văn Thành, Thiêm Quốc Tuấn*, 2003: Bàn về nguyên nhân sạt lở khu vực Thanh Đa Tp. Hồ Chí Minh. Tc *Phát triển KH-CN*, tập 6, số 3+4/2003, tr.43-50.

[14] *L.N. Thanh, N.V. Giảng, N.S. Nhân*, 2008: Đặc điểm cấu trúc bờ sông Tiền (khu vực Sa Đéc) theo tài liệu địa vật lý-địa chất. Tc. *Các Khoa học về Trái Đất*, T.30, 1, tr.84-90.

[15] IDS Detector Duo Technical Manual Instruction, 2010 Pisa, Italy.

[16] Ramac/GPR instrument manual instruction, 2004, Mala Sweden.

[17] Sensors & Software, 1996: PulseEKKO100RUN, User's Guide, Version 1.2. Technical Manual 25.

[18] SuperSting R1/IP User Instruction Manual, 2010. Advanced Geosciences Inc. (AGI), USA.

[19] Terrameter SAS1000 Resistivity, IP & SP, 2006. Manual Instruction ABEM, Sweden.

[20] VLF WADI instrument manual introduction, 1995. ABEM Sweden.

## **SUMMARY**

### **Enhancement to source determination for Tien and Saigon rivers banks avulsion-prone zones by near-surface geophysical investigations**

The paper presents complex geophysical techniques as well as Ground Penetrating Radar (GPR), Very Low Frequency electromagnetic method (VLF), resistivity methods for investigating near-surface geological structure of river banks to localize interfaces and weakness zones which are related to the source of Tien and Saigon rivers banks avulsion-prone zones. The field techniques and results of complex geophysical investigations on Tan Chau-Tien river banks, Vinh Long embankment and Saigon river banks in Thanh Da were presented for assessment of landslide by present river banks structure for short time forecasting. The near-surface geological cross-sections which were established by geophysical data are proved effectiveness by some engineering wells in site. The result of investigations is scientific based for Tien and Saigon river banks landslide forecast and maintenance/regulation to preventing hazards.

The near-surface geophysical methods are good tools for delineating fracture zones, saturated, weakness zones in subsurface structures of river banks to landslide forecast in near future.