

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH HẠ TẦNG KỸ THUẬT CÔNG TRÌNH NGẦM DƯỚI ĐƯỜNG GIAO THÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP RA ĐA XUYÊN ĐẤT NHẪM ĐẢM BẢO AN TOÀN TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG XÂY DỰNG

TS. Trần Anh Dũng
Trường đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT:

Việc xác định vị trí hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm hiện hữu dưới đường giao thông có ý nghĩa quan trọng trong quá trình thi công xây dựng nhằm đảm bảo an toàn trong quá trình thi công xây dựng. Công nghệ ra đa xuyên đất (GPR) đã được sử dụng phổ biến trên thế giới. Tuy nhiên, ở Việt Nam vẫn chưa được sử dụng rộng rãi. Bài báo giới thiệu công nghệ ra đa xuyên đất nhằm xác định vị trí thực các công trình ngầm dưới đường giao thông bằng phương pháp không phá hủy. Quá trình khảo sát công trình ngầm được thực hiện bằng các máy ra đa xuyên đất với tần số ăng ten từ 200-1000 MHz. Quá trình khảo sát cho thấy thiết bị ra đa xuyên đất phát hiện được vị trí thực các hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm dưới đường giao thông với chiều sâu nhỏ hơn hoặc bằng 2m với dải tần số ăng ten trên. Với ưu điểm không phá hủy kết cấu đường và phát hiện nhiều loại công trình ngầm với vật liệu khác nhau phương pháp ra đa xuyên đất là phương pháp khảo sát hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm phù hợp hiện nay.

Từ khóa: ra đa xuyên đất, phương pháp không phá hủy, công trình ngầm, hạ tầng kỹ thuật, đường giao thông.

ABSTRACT:

The location of the existing underground technical infrastructure under the road has an important meaning in the construction process. It helps to ensure safety during construction. Ground-penetrating radar (GPR) technology has been widely used in the world. However, it is not widely used in Vietnam yet. This paper introduces ground-penetrating radar technology to determine the real location of underground technical infrastructure under roads by non-destructive method. The process of surveying underground technical infrastructure is carried out by ground-penetrating radars with antenna frequencies from 200-1000 MHz. The survey process shows that the ground-penetrating radar device can detect the real position of underground technical infrastructure under the road with a depth of less than or equal to 2m with

the above antenna frequency range. With the advantage of nondestructive the road structure and detecting many types of underground works with different materials, the ground-penetrating radar method is a suitable method of surveying the underground technical infrastructure today.

Keywords: ground penetrating radar, nondestructive method, underground works, technical infrastructure, road.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Không gian ngầm là không gian dưới mặt đất được quy hoạch để sử dụng cho mục đích xây dựng công trình ngầm đô thị, trong đó bao gồm các công trình: công trình công cộng ngầm, công trình giao thông ngầm, các công trình đầu mối kỹ thuật ngầm và phần ngầm của các công trình xây dựng trên mặt đất, công trình đường dây, cáp, đường ống kỹ thuật ngầm, hào và tuy nèn kỹ thuật. Việc sử dụng khai thác không gian ngầm có hiệu quả, tiết kiệm đất đai, bố trí hợp lý các công trình ngầm góp phần thúc đẩy quá trình phát triển đô thị, nâng cao chất lượng sống của người dân và phục vụ phát triển kinh tế. Không gian ngầm là thành phần không thể thiếu trong không gian đô thị hiện đại. Công trình ngầm không chỉ giải quyết một số bức xúc về hạ tầng đô thị hiện nay mà trong tương lai để đô thị có thể phát triển theo hướng bền vững. Năm 2006, Bộ Xây dựng đã nghiên cứu, xây dựng dự thảo Nghị định về Xây dựng ngầm đô thị và trình Chính phủ ban hành tại Nghị định số 41/2007/NĐ-CP [1] ngày 22/3/2007 về xây dựng ngầm đô thị. Đây là văn bản quy phạm pháp luật đầu tiên quy định về xây dựng ngầm đô thị của Chính phủ Việt Nam. Đến năm 2010, để khắc phục một số bất cập trong thực tế quản lý xây dựng công trình ngầm tại giai đoạn này, Chính phủ đã ban hành Nghị định số 39/2010/NĐ-CP [2] ngày 7/4/2010 về quản lý không gian xây dựng ngầm đô thị thay thế cho Nghị định số 41/2007/NĐ-CP. Hiện nay Hà Nội đã lập và phê duyệt Quy hoạch chung không gian xây dựng ngầm đô thị trung tâm - thành phố Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 theo Quyết định số 913/QĐ-UBND [3] ngày 15/3/2022. Thực tế trong quá trình phát triển đô thị vừa qua có nhiều công trình hạ tầng kỹ thuật ngầm đã được xây dựng như các công trình cấp nước, thoát nước, cáp điện, viễn thông, chiếu sáng, các tuyến hào kỹ thuật, tuy nèn...đặc biệt là các công trình giao thông đô thị ngầm như: hệ thống đường sắt đô thị, hầm cho đường ô tô, hầm cho người đi bộ, bãi đỗ xe ngầm...Các phương pháp thi công công trình ngầm chủ yếu hiện nay đang sử dụng phổ biến ở Việt Nam là đào mở từ trên mặt đất hoặc theo phương pháp đào kín. Trong phương pháp đào kín có ba công nghệ chính: thi công bằng máy khoan khiên đào TBM (Tunnel Boring Machine), thi công bằng công nghệ khoan kích Pipe Jacking và thi công bằng công nghệ khoan kéo HDD (Horizontal Directional Drilling).



Hình 1.1. Máy khiên đào TBM



Hình 1.2. Má y khoan kich Pipe Jacking



Hình 1.3. Má y khoan kéo HDD

Việc thi công công trình ngầm bằng phương pháp đào kín góp phần giảm thiểu tác động đến môi trường và hạn chế ảnh hưởng đến phương tiện giao thông phía trên mặt đất, tuy nhiên trước khi thi công bằng các công nghệ đào kín cần quá trình khảo

sát chính xác vị trí hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm hiện hữu để đảm bảo an toàn trong quá trình thi công. Công nghệ ra đa xuyên đất là một trong những giải pháp khảo sát không phá hủy hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm. Ở Việt Nam, trong các nghiên cứu trước Trần Anh Dũng và cộng sự đã có những nghiên cứu bước đầu về sử dụng công nghệ ra đa xuyên đất trong xác định độ bền của đá ba lát đường sắt [4] và sử dụng công nghệ ra đa xuyên đất hỗ trợ cho quá trình xác định hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm trong quá trình thi công khoan kéo bằng công nghệ khoan ngang định hướng HDD [5]. Trong bài báo này tác giả trình bày công nghệ ra đa xuyên đất để khảo sát vị trí hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm hiện hữu dưới đường giao thông.

2. CÔNG NGHỆ RA ĐA XUYÊN ĐẤT

Công nghệ ra đa xuyên đất (GPR) sử dụng sóng điện từ để xây dựng hình ảnh các vật thể trong các lớp dưới bề mặt. Lớp dưới bề mặt có thể bao gồm đất, đá, nhựa đường và các vật liệu khác. Hệ thống GPR phát ra các xung sóng điện từ tần số cao và phát hiện phản hồi trở lại từ các vật thể bên dưới bề mặt. Phản hồi được tạo ra khi vật liệu đích khác với vật liệu chủ (ví dụ: ống PVC trong sỏi).



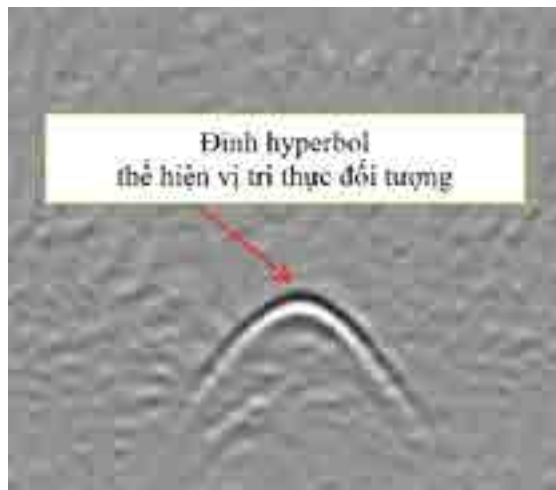
Hình 2.1. Thiết bị phát và nhận tín hiệu đặt trên cùng 1 thiết bị

Màn hình GPR hiển thị biên độ tín hiệu theo độ sâu (thời gian) và vị trí cảm biến dọc theo một đường. Đây được gọi là “Quét thẳng - Line scan”. Vì năng lượng ra đa bức xạ ở dạng hình nón 3D chứ không phải là chùm tia mỏng, hyperbol (hoặc chữ U ngược) là phản hồi GPR từ mục tiêu điểm nhỏ hoặc mục tiêu tuyến tính (chéo vuông góc) như một đường ống, tầng đá hoặc rễ cây. Sóng ra đa chạm vào đối tượng trước và sau khi đi qua nó và tạo thành phản xạ hypebol có thể xuất hiện trên bản ghi mặc dù đối tượng không ở ngay bên dưới ra đa:



Hình 2.2. Quá trình dò đối tượng bằng thiết bị ra đa xuyên đất

Hyperbol được xem tốt nhất khi các mục tiêu dưới bề mặt được cắt vuông góc (ở một góc 90 độ). Vị trí thực của đối tượng nằm ở đỉnh của hyperbol.



Hình 2.3. Phát hiện đối tượng bằng thiết bị ra đa xuyên đất

Ra đa xuyên đất ghi lại thời gian sóng điện từ truyền đến mục tiêu và quay lại; nó không đo độ sâu tới mục tiêu đó một cách trực tiếp. Độ sâu tới mục tiêu được tính toán dựa trên vận tốc mà sóng truyền đến mục tiêu và quay lại. Để tính toán độ sâu:

$$D = V \times T / 2$$

Trong đó: D: độ sâu;

V: vận tốc sóng;

T: thời gian truyền sóng 2 chiều.

Dưới đây là bảng các vật liệu dưới bề mặt phổ biến và vận tốc tương ứng của chúng. Đây chỉ là một hướng dẫn và có một số thay đổi dựa trên thực tế là có thể có một hỗn hợp các vật liệu khác nhau trong bề mặt. Cho đến nay, hàm lượng nước trong đất có ảnh hưởng lớn nhất đến các giá trị vận tốc.

Bảng 2.1. Vận tốc tương ứng với vật liệu dưới bề mặt

Vật liệu	Vận tốc (mm/ns)
Không khí	300
Băng	160
Đất khô	140
Đá khô	120
Đất	100

Vật liệu	Vận tốc (mm/ns)
Đá ẩm	100
Bê tông	100
Mặt đường	100
Đất ẩm	65
Nước	33

Ra đa xuyên đất ứng dụng trường sóng điện từ ở dải tần số từ 10 - 3000 MHz để nghiên cứu cấu trúc và đặc tính điện của môi trường bên dưới mặt đất.

Hệ thống GPR gồm các bộ phận chính: ăng ten phát, ăng ten thu, khối điều khiển, thiết bị hiển thị, nguồn điện. Sóng điện từ sẽ phát ra từ ăng ten phát dưới dạng xung, lan truyền trong môi trường và phản xạ lại ăng ten thu tại các mặt ranh giới hoặc các đối tượng bị vùi lấp khi có sự thay đổi về tính chất điện của môi trường. Thời gian lan truyền của sóng điện từ lúc phát đến lúc thu từ vài chục đến vài ngàn nano giây được dùng để xác định độ sâu của đối tượng khảo sát. Độ sâu khảo sát, độ phân giải phụ thuộc vào tần số của ăng ten, năng lượng truyền và hằng số điện môi của đất đá bên dưới bề mặt.

Công thức xác định tần số sử dụng:

$$f = \frac{150}{\theta \cdot \sqrt{\epsilon}} \text{ MHz}$$

Trong đó: θ - độ phân giải (mong muốn)

ϵ - hằng số điện môi

Bảng 2.2. Độ sâu khảo sát phụ thuộc vào tần số ăng ten

Độ sâu (m)	Tần số (MHz)
0,5	1000
1,0	500
2,0	200
5,0	100
10,0	50
30,0	25
50,0	10

Bảng 2.3. Tính chất điện môi của một số loại vật liệu thường gặp

Vật chất	Hằng số điện môi ϵ
Không khí	1
Nước nhạt	80
Nước biển	80
Cát khô	3-5
Cát ướt	20-30
Cát cuội sỏi khô	3,5-6,5
Cát cuội sỏi ướt	15-17,5
Đất sét khô	2,5-5,0
Đất sét ướt	15-40
Bùn khô	2,5-5,0
Bùn ướt	22-30

3. ỨNG DỤNG RA ĐA XUYÊN ĐẤT KHẢO SÁT CÔNG TRÌNH NGẦM DƯỚI ĐƯỜNG GIAO THÔNG

Trong nghiên cứu này sử dụng 02 thiết bị ra đa xuyên đất, thiết bị số 1 là máy ra đa xuyên đất RIS MF Hi-Mod với 2 ăng ten tần số 200MHz và ăng ten 600MHz để khảo sát công trình trong độ sâu từ 1-2m, thiết bị số 2 là máy ra đa xuyên đất NOOGIN với ăng ten tần số 1000MHz để khảo sát công trình trong độ sâu <1m.

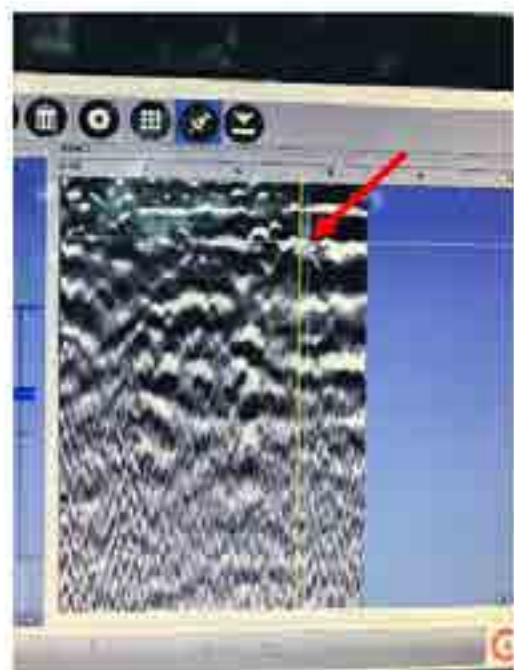


Hình 3.1. Thiết bị ra đa xuyên đất RIS MF Hi-Mod



Hình 3.2. Thiết bị ra đa xuyên đất NOGIN

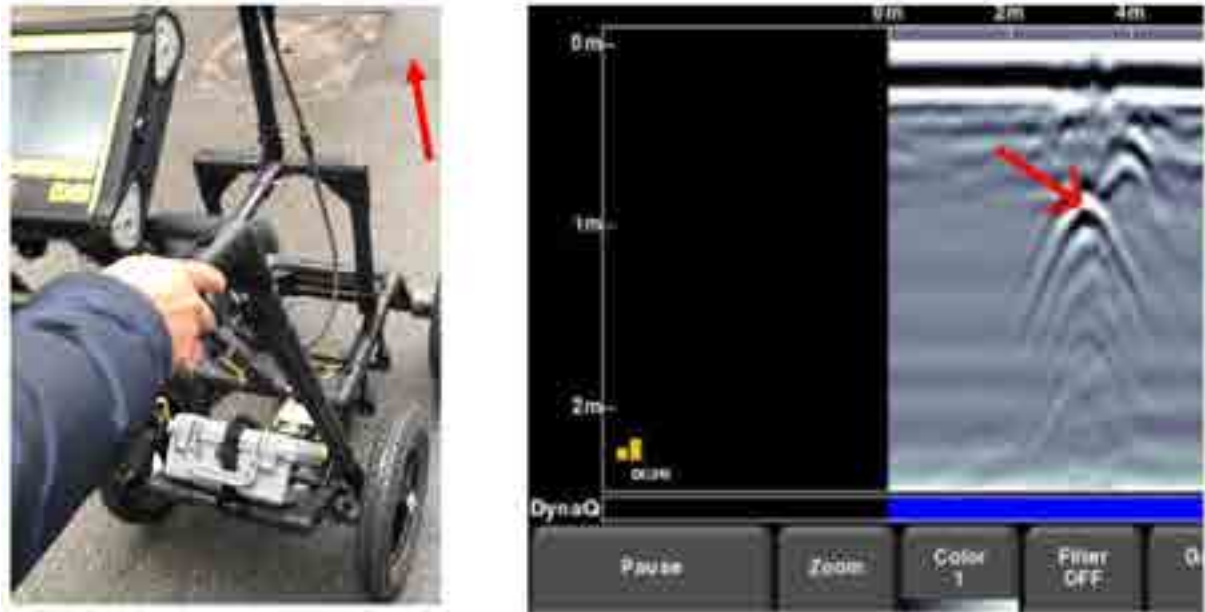
Trường hợp đầu tiên khảo sát bằng thiết bị RIS MF Hi-Mod, dữ liệu được thu thập dưới vỉa hè. Dữ liệu được thu thập theo một hướng cho thấy phía dưới có chướng ngại đường ống với độ sâu 0,6m từ mặt vỉa hè.



Hình 3.3. Dữ liệu thu thập bằng thiết bị ra đa xuyên đất RIS MF Hi-Mod

Trường hợp tiếp theo khảo sát bằng thiết bị NOGIN 1000, dữ liệu được thu thập dưới mặt đường nhựa. Phía dưới có cống thoát nước. Dữ liệu được thu thập theo

một hướng cho thấy cống thoát nước vuông góc với hướng chuyển động. Cống nằm ở độ sâu 1m dưới mặt đường.



Hình 3.4. Dữ liệu thu thập được bằng thiết bị ra đa xuyên đất NOGGIN

4. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Bài báo trình bày quá trình khảo sát hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm dưới đường giao thông bằng thiết bị ra đa xuyên đất. Kết quả khảo sát cho thấy dữ liệu thu thập được phản ánh đúng vị trí thực của các công trình hạ tầng ngầm dưới kết cấu đường giao thông.

Dựa vào các kết quả khảo sát giúp cho quá trình triển khai xây dựng các công trình hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm mới tránh được các xung đột va chạm với các công trình hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm cũ. Đảm bảo an toàn trong quá trình thi công xây dựng công trình.

Phương pháp ra đa xuyên đất là phương pháp khảo sát không phá hủy dữ liệu khảo sát được nhìn thấy ngay lập tức. Phát hiện được nhiều loại vật liệu khác nhau như các vật thể kim loại và phi kim cũng như các khoảng trống bất thường dưới lòng đất. Dữ liệu được cung cấp nhanh chóng và có thể bao phủ một khu vực rộng lớn. Chi phí ít tốn kém hơn các phương pháp khảo sát công trình ngầm khác.

Nhu cầu khai thác và sử dụng công trình ngầm tại các đô thị ngày càng trở nên cấp thiết do vậy việc số hóa công trình ngầm cũng như xác định vị trí hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm hiện hữu hỗ trợ cho việc xây dựng các hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm mới dưới đường giao thông là cần thiết. Vì vậy việc sử dụng thiết bị ra đa xuyên đất trong khảo sát hạ tầng kỹ thuật công trình ngầm ngầm dưới đường giao thông là công nghệ hoàn toàn phù hợp./.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nghị định số 41/2007/NĐ-CP ngày 22/3/2007 của Chính phủ về xây dựng ngầm đô thị, (2007).

[2]. Nghị định số 39/2010/NĐ-CP ngày 7/4/2010 của Chính phủ về quản lý xây dựng ngầm đô thị, (2010).

[3]. Quyết định số 913/QĐ-UBND ngày 15/3/2022 của Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội về việc phê duyệt quy hoạch chung không gian xây dựng ngầm đô thị trung tâm - thành phố Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, tỷ lệ 1/10.000, (2022).

[4] Tran Anh Dung, *Fouled ballast evaluation of railway track using ground penetrating radar*, Page 116-Page 122, International Conference: Vietnam railway development and experiences of China, 4/2018.

[5] Trần Anh Dũng, Nguyễn Thị Tâm, *Nghiên cứu sử dụng công nghệ khoan định hướng ngang (HDD) trong thi công đường ống không đào hở qua đường giao thông*, Tạp chí Giao thông vận tải, Trang 83-Trang 88, 8/2021.