

Ứng dụng phương pháp địa chấn khúc xạ độ phân giải cao trong công tác kiểm tra nền công trình

Doãn Ngọc San, Nguyễn Thị Hải Hà, Lưu Khánh Linh

Đại học Dầu khí Việt Nam

Email: sandn@pvu.edu.vn

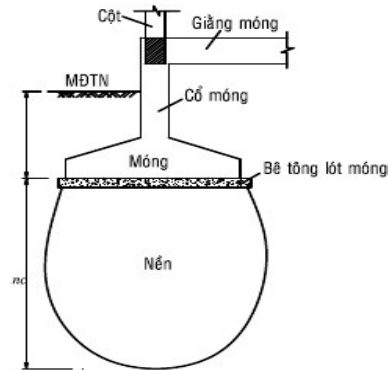
Ngày nhận bài: 02/01/2022

Ngày chấp nhận đăng:
20/03/2022

Từ khóa: Nền, địa chấn khúc xạ, thu nổ, xử lý minh giải, đường ống dẫn khí.

Tóm tắt: Trái ngược với phương pháp khảo sát nền móng bằng lỗ khoan rất đắt tiền và khó tiến hành, các phương pháp địa vật lý có chi phí hợp lý với độ chính xác cao như địa chấn khúc xạ. Kết quả đo đạc khảo sát cho thấy phương pháp địa chấn khúc xạ độ phân giải cao có nhiều triển vọng trong khảo sát cấu trúc móng công trình (đến 30m) phục vụ công tác kiểm tra nền móng công trình khu vực Long Hương, TP. Bà Rịa. Tuy nhiên kết quả cho thấy phương pháp này gặp nhiều khó khăn trong việc thu tín hiệu do lớp phủ bề mặt bờ rời dầy (đất ruộng) và phần mềm đi theo thiết bị khó sử dụng. Vì vậy cần được cải tiến theo hai hướng: cải tiến hệ thống thu nổ và sử dụng phần mềm xử lý minh giải thích hợp. Việc cải tiến nguồn phát (thay búa đập bằng quả tạ và hệ thống tời kéo) đã góp phần làm tăng tỉ lệ năng lượng tín hiệu/nhiều qua đó tăng được độ sâu nghiên cứu của phương pháp. Đồng thời việc sử dụng các phần mềm tiên tiến đã xây dựng được lát cắt địa chấn với độ phân giải cao.

1. Giới thiệu



Hình 1. Nền móng công trình (Bài Giảng giáo trình Đại học Tôn Đức Thắng., 2015)

Khái niệm “nền móng công trình” được xác định như sau (Hình 1):

Nền công trình là chiều dày lớp đất, đá nằm dưới đáy móng, có tác dụng tiếp thu tải trọng công trình

Móng công trình là một bộ phận kết cấu ngay dưới của công trình.

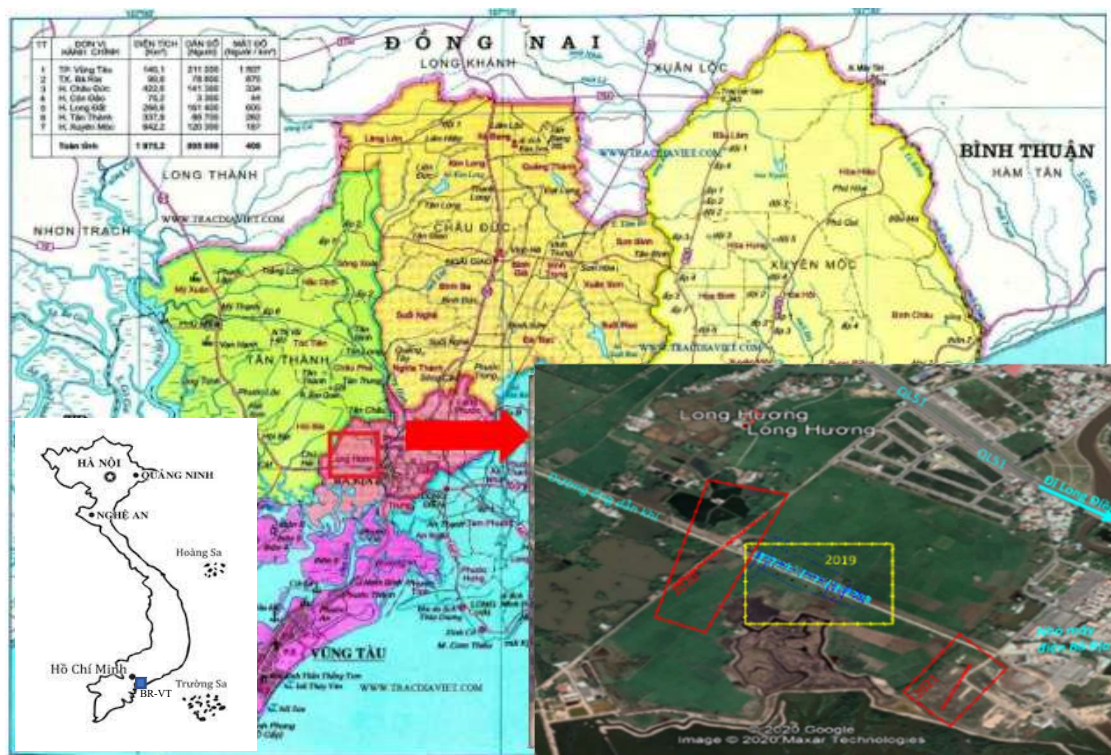
Trong khảo sát nền móng công trình, phương pháp truyền thống là khoan lấy mẫu. Phương pháp khảo sát bằng giếng khoan đòi

hỏi phải tiến hành nhiều giếng khoan với giá thành không rẻ và thời gian thi công sẽ kéo dài. Trong khi đó, các phương pháp địa vật lý như địa chấn, điện một chiều, điện từ (Electromagnetic, EM), từ... có chi phí hợp lý hơn với độ chính xác chấp nhận được. Vì vậy, các phương pháp địa vật lý ngày càng được áp dụng rộng rãi trong công tác khảo sát địa chất công trình. Thông qua đo đạc khảo sát lòng đất bằng điện trở suất, độ dẫn dọc, sóng địa

chấn... tài liệu tổ hợp các phương pháp địa vật lý sẽ xây dựng được lát cắt địa chất - địa vật lý phản ánh mức độ đồng nhất của môi trường địa chất trong lòng nền móng công trình qua đó đánh giá chất lượng nền móng với tối đa hiệu quả và tối thiểu về thời gian. Tuy nhiên, nhược điểm của các phương pháp địa vật lý là kết quả đo có thể chịu ảnh hưởng kết hợp của nhiều yếu tố, ví dụ điện trở của đất đá phụ thuộc vào: độ rỗng, độ ẩm, tỷ trọng, nhiệt độ... nên rất khó phân biệt yếu tố nào có ảnh hưởng quyết định đến kết quả đo. Vì thế, phương pháp địa vật lý trong khảo sát thường chỉ áp dụng khi đã biết được mối liên hệ giữa yếu tố ảnh hưởng chủ yếu với kết quả đo.

Năm 2019-2020, Khoa Dầu khí, Đại học Dầu khí Việt Nam (PVU) đã tiến hành nghiên cứu đánh giá khả năng ứng dụng tổ hợp phương pháp địa vật lý (đo sâu điện trở, VES, điện từ, EM và địa chấn khúc xạ vào công tác khảo sát nền móng công trình ống dẫn khí (Doãn Ngọc San và nnk., 2021). Trong năm tiếp theo, trên cơ sở kết quả thực hiện đề tài (Doãn Ngọc San và nnk., 2021), chúng tôi tiếp tục nghiên cứu cải tiến phương pháp khảo sát và hoàn thiện phần mềm xử lý minh giải số liệu địa chấn khúc xạ độ phân giải cao nghiên cứu cấu trúc địa chất nông phục vụ khảo sát nền móng công trình xây dựng (Doãn Ngọc San và nnk., 2020).

2. Phương pháp nghiên cứu



Hình 2. Vị trí khu vực khảo sát

Tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu nằm trong vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, có diện tích tự nhiên là 2.047,66km². Khu vực khảo sát có diện tích 500m² nằm ở phường Long Hương, Tp. Bà Rịa (Hình 2). Khu vực nghiên cứu được khảo sát điều tra địa chất ở các tỷ lệ khác nhau (Nguyễn Duy Tiêu và nnk., 2010). Nền công trình cũng được công ty

EVNPECC2 khảo sát bằng phương pháp Ultra Sonnic (Enterprise, 2017). Trong báo cáo khảo sát địa chất công trình vùng lân cận (Công Ty TNHH Xây Dựng Thương Mại Trường Thành., 2016) mô tả các lớp đất đá móng công trình như sau:

+ Lớp 1: Á sét, xám trắng - nâu vàng - nâu đỏ, trạng thái dẻo cứng. Đây là lớp đất

tốt, tuy nhiên có tính ổn định không cao, dễ gây ra sự cố công trình, các lớp này chỉ phù hợp cho các công trình có tải trọng nhỏ;

+ Lớp 2: Sét, xám vàng - nâu vàng, trạng thái dẻo cứng - nửa cứng;

+ Lớp 3: Cát thô vừa, vàng, xám vàng, chặt vừa;

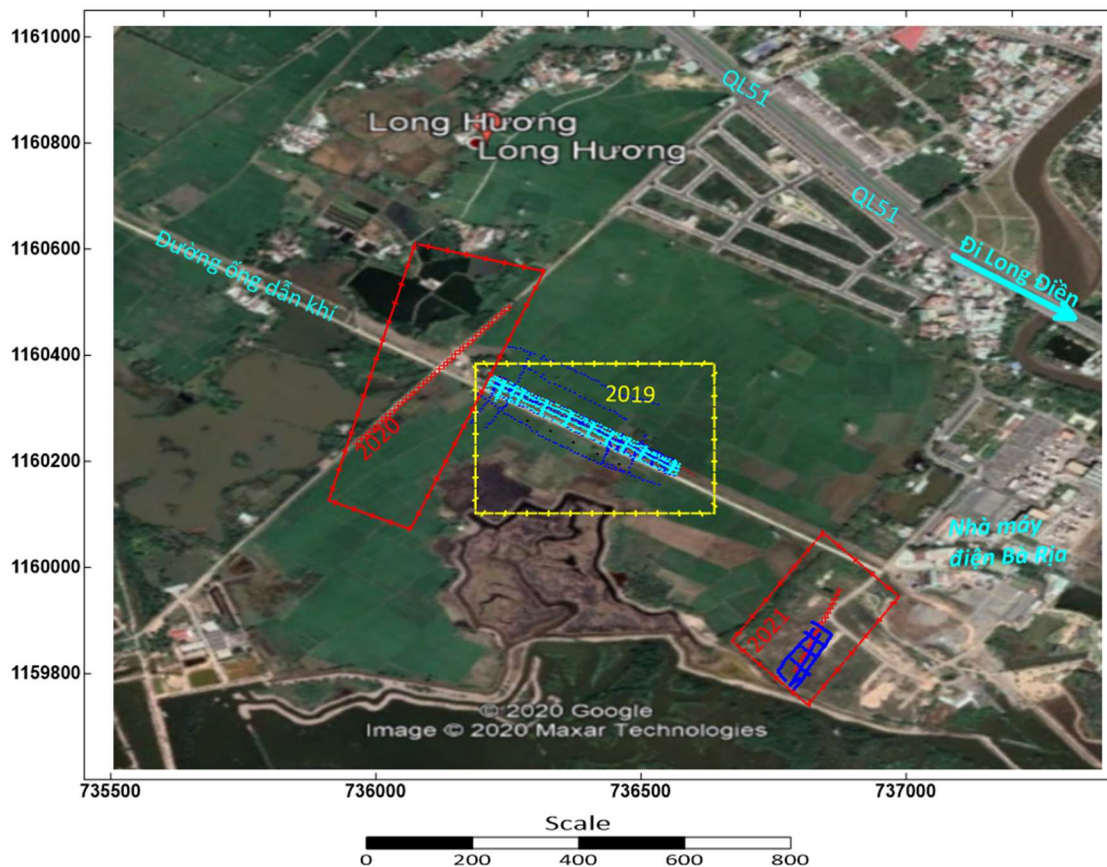
+ Lớp 4: Sét, xám đen, trạng thái dẻo cứng;

Các lớp đất (1,2, 3, 4) đã trải qua quá trình nén chặt tự nhiên, nên có hệ số rỗng nhỏ, tính nén lún nhỏ, có thể đặt móng công trình vào các lớp đất này, tuy nhiên lớp đất 1

trên bề mặt dễ bị mềm hóa khi bão hòa nước, thiết kết cần chú ý đến vấn đề trên.

Đối với công trình có tải trọng có thể sử dụng các loại móng cọc đặt vào lớp (3), chiều sâu đặt mũi cọc từ 9m trở xuống.

Để nghiên cứu cấu trúc địa chất nông phục vụ công tác kiểm tra nền móng công trình của đường ống khí trong diện tích nghiên cứu thuộc phường Long Hương, Tp. Bà Rịa, PVU đã tiến hành khảo sát bằng 4 phương pháp địa vật lý gồm: điện trở đồng một chiều, điện từ, từ trường và địa chấn phân giải cao (Doãn Ngọc San và nnk., 2021).



Hình 3. Sơ đồ tuyến đo địa chấn

2. Khảo sát địa chấn khúc xạ

Thiết bị đề tài sử dụng để thu nỏ là máy địa chấn SYSMATRACK. Sysmatrack là thiết bị khảo sát địa chấn khúc xạ, phản xạ hoặc sóng mặt được sản xuất ở Italy. Thiết bị này có tới 24 kênh cho phép khảo sát trên mặt đất lần

trong các lỗ khoan (MAE., 2017).

Máy Sysmatrack gồm các bộ phận chính sau (Hình 4):

Thiết bị thu (geophone): máy có thể có 12 hoặc 24 geophone tùy loại, máy gồm 12 geophone (12 geophone thu sóng dọc, 12

geophone thu sóng ngang).

Cáp thu nổ: Cáp thu có độ dài khoảng 125m cho thiết bị 12 geophone và 245m cho thiết bị gồm 24 geophone. Khoảng cách giữa các điểm thu nổ lớn nhất 10m.

Nguồn nổ: Tùy vào mục đích nghiên cứu để chọn các nguồn nổ thích hợp. Đối với Sysmatrack chủ yếu nghiên cứu các cấu trúc nông nguồn nổ thường từ nguồn đập búa.

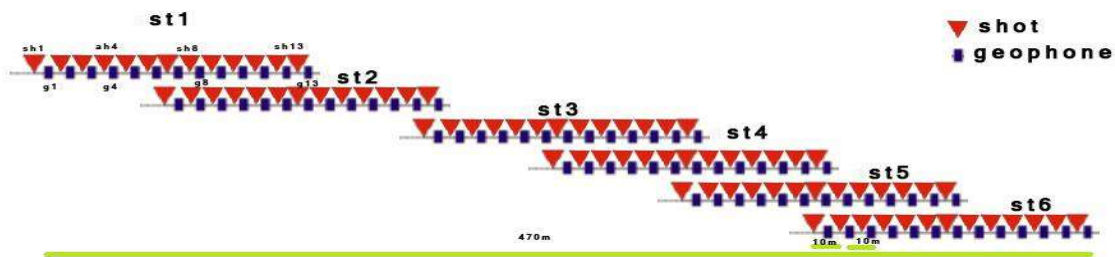


Hình 4. Bộ máy MAE SYSMATRACK

Trạm Sysmatrack được trang bị bằng thu nhận tín hiệu độ phân giải 24 bit, cho 12 hoặc 24 kênh. Hai đầu nối cho 12 (24) kênh của cáp địa chấn và bộ kích hoạt, bộ sạc 12V và giao diện USB (tùy chọn) để kết nối máy tính xách tay hoặc máy tính quản lý được đặt ở mặt trước. Thông qua liên kết quản lý phần mềm, được cài đặt trên máy tính cá nhân hoặc thiết bị, có thể thiết lập các thông số liên quan phù hợp mục đích người sử dụng khảo sát địa. Một số thông số kỹ thuật của thiết bị Sysmatrack:

- ✓ Số lượng kênh: 12, có thể mở rộng đến 24 (thông qua mô-đun mở rộng),
- ✓ Bộ lọc kỹ thuật số: được chọn tự động dựa trên tần suất lấy mẫu,
- ✓ Kiểm tra geophone: kiểm tra tự động để xác định sự gián đoạn của cáp hoặc geophones bị hỏng hoặc trong ngắn mạch,
- ✓ Định dạng dữ liệu: tiêu chuẩn SEG-2 (số nguyên dài 32 bit) hoặc ASCII.

Công tác thu nổ được tiến hành theo cấu hình bên dưới (Hình 5).



Hình 5. Cấu hình thu nổ

Trong quá trình thu nổ, đề tài đã có cải tiến bộ phát của hăng đi theo máy (búa, 15kg)

thành dòng dọc 3 chân cao 1.8m với trọng lượng quả tạ nâng lên 25kg góp phần tăng

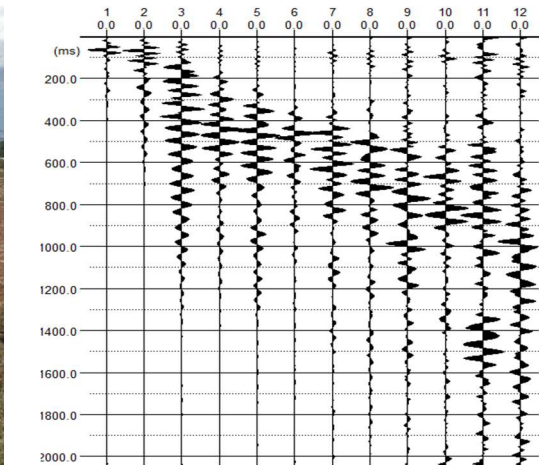
đáng kể tín hiệu phát của hệ thống (Hình 6).



Hình 6. Cải tiến bộ phát của hệ thống (lần 1) và shot gather thực địa

Kết quả thu nỏ cho thấy mặc dù nguồn phát đã được nâng cấp từ 15kg lên 25kg nhưng do lớp phủ bờ rời quá dày (đất ruộng) nên năng lượng xung phát bị tán xạ rất mạnh vì vậy tín hiệu sóng thu được ở các đầu thu rất yếu.

Kết quả thu nỏ với hệ thống phát cải tiến đã nâng cao rõ rệt tài liệu thực địa (Hình 7b): Tín hiệu phản xạ đã xuất hiện rõ ràng trên nền nhiễu ground noise rất mạnh. Tuy nhiên



Đề tài đã tiếp tục cải tiến bộ phát của hăng đi theo thành dòng dọc 3 chân cao 2.3m với trọng lượng quả tạ nâng lên ~45kg góp phần tăng đáng kể tín hiệu phát của hệ thống (Hình 7).

raw stack vẫn không rõ các mặt phản xạ và cần qua các bước xử lý cần thiết để làm rõ cấu trúc địa chất khu vực nghiên cứu.



Hình 7. a> Cải tiến bộ phát của hệ thống (lần 2) và b> shot gather thực địa

3. Xử lý số liệu địa chấn

Số liệu thu nỏ được tiến hành xử lý nhằm mục đích loại bỏ hay sửa chữa các mạch hỏng, sắp xếp các tín hiệu địa chấn ghi tại các thời điểm khác nhau về một khuôn ghi để đảm bảo các yêu cầu cần xử lý. Do sóng truyền trong

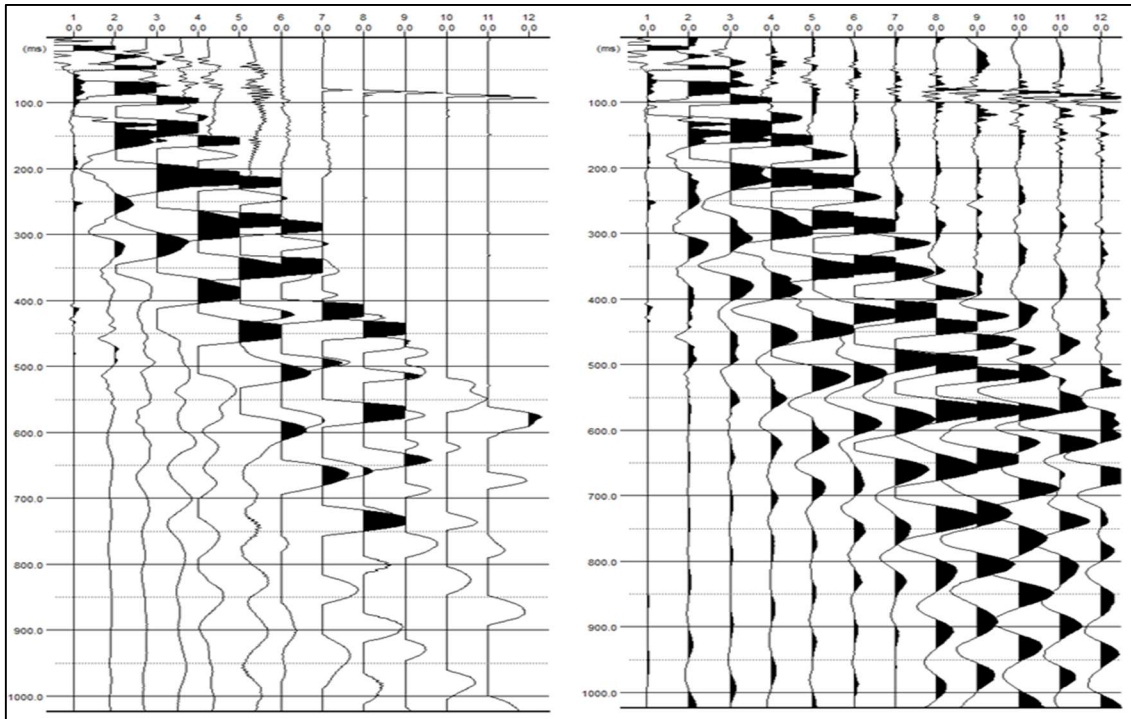
môi trường bị mất dần năng lượng do hiệu ứng khuếch tán mặt sóng và hiệu ứng hấp thụ của môi trường địa chất dẫn đến biên độ sóng giảm dần theo thời gian, càng xuống sâu thì biên độ càng yếu. Vì vậy cần phải hiệu chỉnh, phục hồi biên độ thực của tín hiệu. Các chu trình xử lý

địa chấn được thực hiện trên phần mềm chuyên dụng ProMAX và SEISMAGER.

Kết quả thu nổ địa chấn bằng máy Sysmatrack từ các khu vực nghiên cứu (2020 và 2021, [Hình 3](#)) dưới định dạng file SEG2 được xử lý bằng bandpass filter trên phần mềm Geogiga Front End Express 10.0 (freeware) nhằm mục đích lọc sơ bộ nhiễu tần thấp (<15Hz) và cao (>150Hz) để kiểm tra nhanh số liệu thu nổ ban đầu, đánh giá chất lượng số liệu thực địa và quyết định thu nổ lại nếu cần.

Kết quả QC cho thấy chất lượng thu nổ với cấu hình thu nổ đã cải tiến đáp ứng được yêu cầu đặt ra: tỷ lệ tín hiệu/nhiều cao, không có kênh chết và có thể đưa vào xử lý các bước tiếp theo.

Từ số liệu địa chấn đo đạc được ở khu vực Long Hương, các tác giả đã sử dụng phương pháp đối xứng tổng quát (Generalized Reciprocal Method, GRM) ([Mai Thanh Tân., 2011](#)) trong phần mềm SEISMAGER để minh giải cấu trúc địa chất của khu vực này.



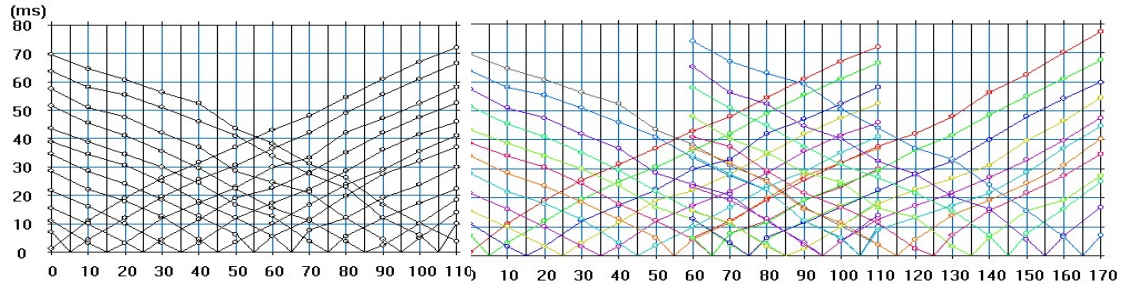
Hình 8. Số liệu trước và sau khi xử lý

SEISMAGER là chương trình tổng thể bao gồm bốn mô-đun để phân tích dữ liệu sóng bề mặt và khúc xạ. Các module riêng lẻ là Pickwin, Plotrefa, WaveEq và GeoPlot. Phân tích sóng bề mặt Wizard không phải là 1 mô-đun riêng biệt nhưng nó gọi một cách tự động từ Pickwin, WaveEq và GeoPlot. Pickwin và Plotrefa là các mô-đun được sử dụng để phân tích khúc xạ, tạo chương trình có tên Seisimager/2D. Pickwin là module chọn điểm first breaks. “Pick first arrivals” là bước quan trọng trong quá trình minh giải để cung cấp sóng đầu cho Plotrefa, module phân tích minh giải của SeisImager. Với dữ liệu đầu vào là kết quả pick first breaks của Pickwin, thông qua việc áp dụng một trong ba phương pháp

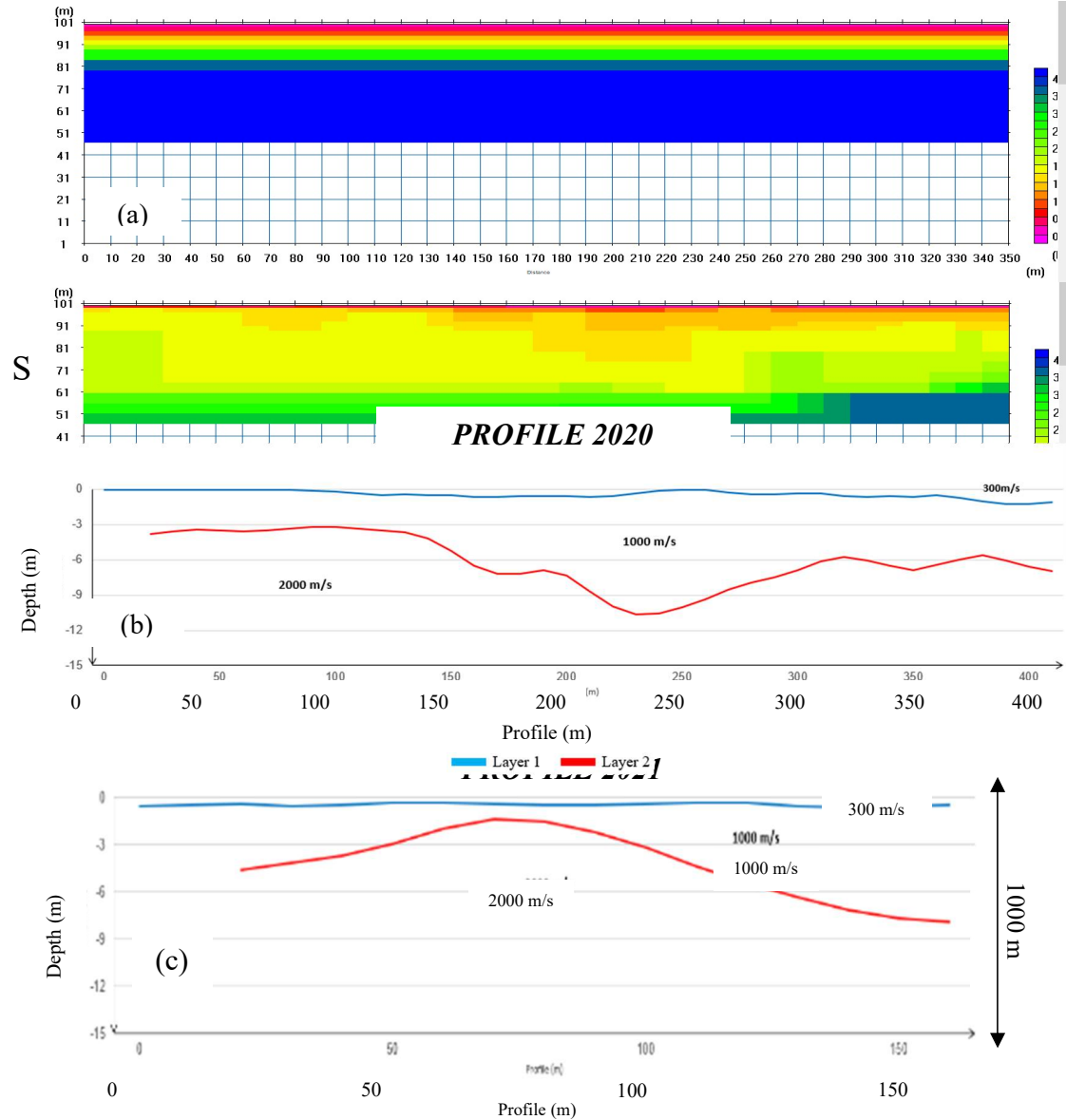
ngược đảo riêng biệt từ đó cung cấp mặt cắt vận tốc. Phần mềm bao gồm nhiều công cụ hữu ích khác nhau để hỗ trợ việc minh giải dữ liệu từ đó, từ đó xem xét chọn một phương pháp thích hợp để minh giải. Từ kết quả “Pick first breaks” của module PickwinTM, PlotrefaTM sẽ giúp ta xây dựng biểu đồ thời khoảng của sóng khúc xạ và tổng hợp kết quả của nhiều shot ([Hình 9](#)). Việc ghép các shot phải thực hiện trước khi tạo mô hình vận tốc nhằm nối các biểu đồ thời khoảng các shot trên cùng một tuyến khảo sát

Tomography inversion là bắt đầu với mô hình vận tốc ban đầu (thường được tạo bởi time-term inversion) ([Hình 10.a](#)), theo dõi lặp đi lặp lại các tia mô hình với mục tiêu giảm

thiếu sai số RMS giữa biểu đồ thời khoảng được quan sát và tính toán.



Hình 9. Biểu đồ thời khoảng của 1 và nhiều shot



Hình 10. Mô hình vận tốc $a > b$ ban đầu, Layer 1 Layer 2 các lát cắt địa chấn đo năm 2020 và 2021
Quá trình lặp sẽ dừng khi đạt sai số giữa mô hình lý thuyết và số liệu thực tế (Hình 10.b). Tomography inversion thường được sử

dụng tốt nhất khi sự tương phản vận tốc được biết là có độ phân giải cao hơn là rời rạc, khi các biến thể vận tốc ngang mạnh. **Hình 10.c** là kết quả xây dựng lát cắt địa chấn được chuyển từ thời gian sang chiều sâu bằng số liệu địa chấn khúc xạ sử dụng mô hình vận tốc được xây dựng bằng thuật toán Tomography inversion nêu trên. Hai tuyến khảo sát cách nhau 1km (**Hình 3**).

Kết quả cuối của inversion, sau option “Convert into layered model” được trình bày trong hình 10.

4. Kết luận

Kết quả tổng hợp và phân tích các tài liệu khảo sát địa vật lý trong đề tài nghiên cứu (mã số GV2003) được tài trợ bởi Trường Đại học Dầu khí Việt Nam) (**Doãn Ngọc San và nnk., 2021**) cho phép nhóm tác giả rút ra một số kết luận về hiệu quả của hệ phương pháp như sau:

- ✓ Nguồn phát (búa 15kg) của hệ thống SYSMATRACK nguyên thủy quá yếu gây khó khăn khi lớp phủ bờ rời dầy. Với việc cải tiến hệ thống thu nổ (tời 3 chân cao 2m và quả tạ nặng 40kg) đã phát huy tác dụng rõ ràng thông qua đánh giá hệ số năng lượng tín hiệu trên nhiều. Đã thu được các tín hiệu từ các lớp đất đá sâu hơn nhờ nguồn phát đủ mạnh.
- ✓ Phần mềm PSLAB đi kèm máy SYSMATRACK làm việc không ổn định. Phần mềm SEISIMAGER đã đáp ứng được việc xử lý và minh giải số liệu địa chấn khúc xạ độ phân giải cao nghiên cứu cấu trúc địa chất nông phục vụ khảo sát đánh giá nền móng công trình xây dựng. Phần mềm với các chức năng phân tích vận tốc và thuật toán Tomography inversion xây dựng mặt cắt địa chấn giúp giảm chi

phí trong xây dựng mặt cắt địa chất công trình thông qua tham số sóng khúc xạ.

- ✓ Với sự cải tiến nguồn phát và phương pháp xử lý thích hợp thì phương pháp địa chấn khúc xạ có thể giải quyết tốt nhiệm vụ đánh giá nền móng công trình đến độ sâu 20m;
- ✓ Về cấu trúc địa chất, theo kết quả xử lý minh giải số liệu địa chấn khúc xạ có thể kết luận nền móng địa chất khu vực khảo sát ổn định đến độ sâu 20m; không có dấu hiệu hoạt động kiến tạo.

Tài liệu tham khảo

Bài Giảng giáo trình Đại học Tôn Đức Thắng., 2015, Các vấn đề cơ bản về nền móng: <http://www.pngeo.com>.

Công Ty TNHH Xây Dựng Thương Mại Trường Thành., 2016, Báo cáo khảo sát địa chất công trình Tân Phước - Tân Thành - Tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu.

Doãn Ngọc San và nnk., 2020, Nghiên cứu ứng dụng tổ hợp các phương pháp địa vật lý nghiên cứu cấu trúc địa chất nông phục vụ kiểm tra nền móng công trình khu vực Long Hương, TP. Bà Rịa.*PVU GV1804*.

-, 2021, Cải tiến phương pháp khảo sát và hoàn thiện phần mềm xử lý minh giải số liệu địa chấn khúc xạ độ phân giải cao nghiên cứu cấu trúc địa chất nông phục vụ khảo sát nền móng công trình xây dựng, ứng dụng thử nghiệm khu vực Long Hương, TP. Bà Rịa.*PVU GV2003*.

Enterprise, S. G. I., 2017, LPG underground storage in Cai Mep industrial zone.*Report of Southern General Investigation Enterprise*.

MAE., 2017, Sysmatrack User Handbook.

Mai Thanh Tân., 2011, Thăm dò địa chấn, GTVT,

Nguyễn Duy Tiêu và nnk., 2010, Tổ hợp phương pháp địa vật lý nghiên cứu và dự báo tai biến sụt đất ở Cam Lộ, Quảng Trị: *Tạp chí Địa chất*.

Summary

Application of seismic refractive method to study the shallow geological structure for the inspection of building foundation in Long Huong, TP. Ba Ria

Doan Ngoc San, Nguyen Thi Hai Ha,

Petrovietnam University

Email: sandn@pvu.edu.vn

In contrast to the method of surveying the foundation by borehole which is expensive and difficult to conduct, the geophysical methods have reasonable cost with high accuracy such as seismic, DC, electromagnetic (EM) ... Therefore, geophysical methods are increasingly widely applied in engineering geological survey. In PVU research project of application 04 geophysical fields including resistivity, longitudinal conductivity, magnetic field and wave velocity in the environment show that the high-resolution refractive seismic method has great potential in surveying shallow geological structures (up to 30m) serving the inspection of the foundation works in Long Huong area. However, the results also show that seismic refractive method faces many difficulties in receiving the signal due to the thick loose surface coating and the software that follows the device is difficult to use. Therefore, it needs to be improved in two directions: the explosion-collection system and the reasonable software for interpretation.

Key words: *Foundation, Electromagnetic, EM, Vertical Electrical Sounding, VES, Conductivity, Resistivity.*