



**KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC ACEA-VIETGEO 2021
PHÚ YÊN, 13 - 14 THÁNG 5 NĂM 2022**

**ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ XÂY DỰNG
PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
KHU VỰC MIỀN TRUNG VÀ TÂY NGUYÊN**



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



**KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC ACEA-VIETGEO 2021
PHÚ YÊN, 13 - 14 THÁNG 5 NĂM 2022**

**ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ XÂY DỰNG
PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
KHU VỰC MIỀN TRUNG VÀ TÂY NGUYÊN**

Mã ISBN: 978-604-67-2296-0



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THIẾT BỊ XUYÊN ĐỘNG PANDA ĐỂ KHẢO SÁT ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH

Đặng Quang Huy*, Tạ Đức Thịnh, Phạm Văn Hùng, Bùi Anh Thắng

Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu một phương pháp khảo sát nền đất nông mới được phát triển gần đây dựa trên nguyên lý xuyên động. Thiết bị sử dụng để khảo sát Panda có kích thước nhỏ gọn, thi công đơn giản bằng cách đóng xuyên mũi côn vào nền đất nhờ một búa tiêu chuẩn và đo lực xuyên động tại mũi xuyên, từ đó rút ra các tính chất của nền đất như độ chặt, chiều dày lớp địa chất đồng nhất. Một số kết quả thí nghiệm hiện trường so sánh giữa thiết bị Panda và thiết bị xuyên tĩnh cũng được giới thiệu cho thấy thiết bị này có khả năng sử dụng để khảo sát địa chất các công trình hạ tầng cơ sở.

Từ khóa: Panda, xuyên động, xuyên tĩnh, khảo sát địa chất

1. Đặt vấn đề

Hiểu biết về nền đất là một nhu cầu không thể thiếu được trước khi xây dựng công trình nói chung và công trình hạ tầng cơ sở nói riêng. Rất nhiều các phương pháp khảo sát nền đất tại hiện trường cũng như trong phòng thí nghiệm đã được phát triển và ứng dụng để đáp ứng nhu cầu này. Các phương pháp thăm dò địa vật lý như thăm dò địa chấn, phương pháp trọng lực, phương pháp điện hoặc điện từ là các phương pháp khảo sát nền đất không phá hủy, kết quả của các phương pháp này rất hữu ích trong việc định hướng các lỗ khoan khảo sát cũng như tìm ra các điểm dị thường trong nền đất. Mặc dù vậy, trong hầu hết các trường hợp, kết quả của chúng không đủ để xác định các thông số địa kỹ thuật cũng như các đặc tính cơ học của đất không thể xác định trực tiếp, do đó chúng thường phải đi kèm với việc khoan khảo sát hoặc các phương pháp thăm dò địa kỹ thuật khác.

Các phương pháp khoan khảo sát kết hợp lấy mẫu đất cho phép người kỹ sư có thể xác định được các chỉ tiêu cơ lý của nền đất như thành phần hạt, loại đất, miêu tả các lớp đất cũng như xác định được khả năng chịu tải của đất nhờ vào các thí nghiệm trong phòng với mẫu đất thu được. Khả năng chịu tải của đất xác định được từ các thí nghiệm trong phòng phụ thuộc rất lớn vào chất lượng mẫu đất thu được. Mẫu đất càng nguyên vẹn và đồng nhất với mẫu đất trong tự nhiên cho kết quả thí nghiệm chính xác đòi hỏi thời gian thi công và chi phí lấy mẫu càng lớn. Ngoài ra, trong quá trình vận chuyển và lưu giữ, mẫu đất đã chịu những biến dạng nhất định khiến cho cường độ chịu tải thu được từ các phương pháp này vẫn có sự sai lệch tương đối so với trong thực tế.

Các phương pháp thí nghiệm hiện trường cho phép xác định được khả năng chịu tải của nền đất đặt trong trạng thái tự nhiên của chúng. Kết quả của các phương pháp này thường đáng tin cậy và được sử dụng rất nhiều trong việc thiết kế nền móng công trình. Các thí nghiệm cắt mà phổ biến nhất là phương pháp cắt cánh hiện trường cho biết sức kháng cắt không thoát nước của các loại đất dính mềm yếu, bão hòa nước mà không sử dụng được với đất cứng, rời thoát nước nhanh. Các thí

* Ngày nhận bài: 01/3/2022; Ngày phản biện: 21/3/2022; Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2022

* Tác giả liên hệ: Email: dangquanghuy@humg.edu.vn

nghiệm nén như bàn nén hiện trường, nén ngang trong lỗ khoan có thể sử dụng được đối với mọi loại đất và cho kết quả tin cậy, đánh giá được độ lún, mô đun đàn hồi, sức chịu tải của đất nhưng các phương pháp này đòi hỏi thời gian và chi phí lớn, biện pháp thi công phức tạp.

Các phương pháp xuyên như xuyên tĩnh hay xuyên động cho phép đánh giá được khả năng chịu tải của nền đất theo độ sâu. Các mũi xuyên hình nón (trong thí nghiệm xuyên tĩnh, xuyên động) hoặc ống (trong thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn) được xuyên vào lòng đất nhờ máy nén hoặc búa. Từ lực nén hoặc số lượng búa, chúng ta có thể đánh giá khá chính xác sức chịu tải của các lớp đất. Các phương pháp này nhìn chung thi công không quá phức tạp và cho kết quả tin cậy nên được sử dụng rộng rãi trong khảo sát địa chất công trình trên thế giới.

Phương pháp xuyên động Panda là một phương pháp khảo sát nền đất mới được nghiên cứu và ứng dụng phổ biến tại Pháp trong những năm gần đây. Phương pháp này có các ưu điểm của thí nghiệm xuyên, đặc biệt là thi công đơn giản và vô cùng nhỏ gọn. Thiết bị Panda được giới thiệu và hoàn thiện lần đầu tiên bởi Gourvès (1991) tại Trường Đại học Blaise Pascal, Pháp. Sau đó, thiết bị này tiếp tục được nghiên cứu và phát triển tại đây, với một số công trình đáng chú ý có thể kể đến như (Benz-Navarrete, 2009) cho thiết bị Panda 2 và (Escobar, 2015) cho thiết bị Panda 3. Mặc dù đã có nhiều cải tiến, nhưng thiết bị này vẫn chưa hoàn thiện ở phiên bản cuối cùng, và đặc biệt là việc sử dụng, kiểm nghiệm độ tin cậy của nó trong thực tế công trình vẫn còn bị hạn chế, số lượng thí nghiệm chưa nhiều. Do đó, tiếp tục nghiên cứu ứng dụng phương pháp này vào khảo sát địa chất phục vụ xây dựng công trình hạ tầng là điều cần thiết, có thể mang lại những lợi ích to lớn và thiết thực.

2. Thiết bị và phương pháp thí nghiệm

2.1. Cơ sở lý thuyết của thiết bị thí nghiệm Panda

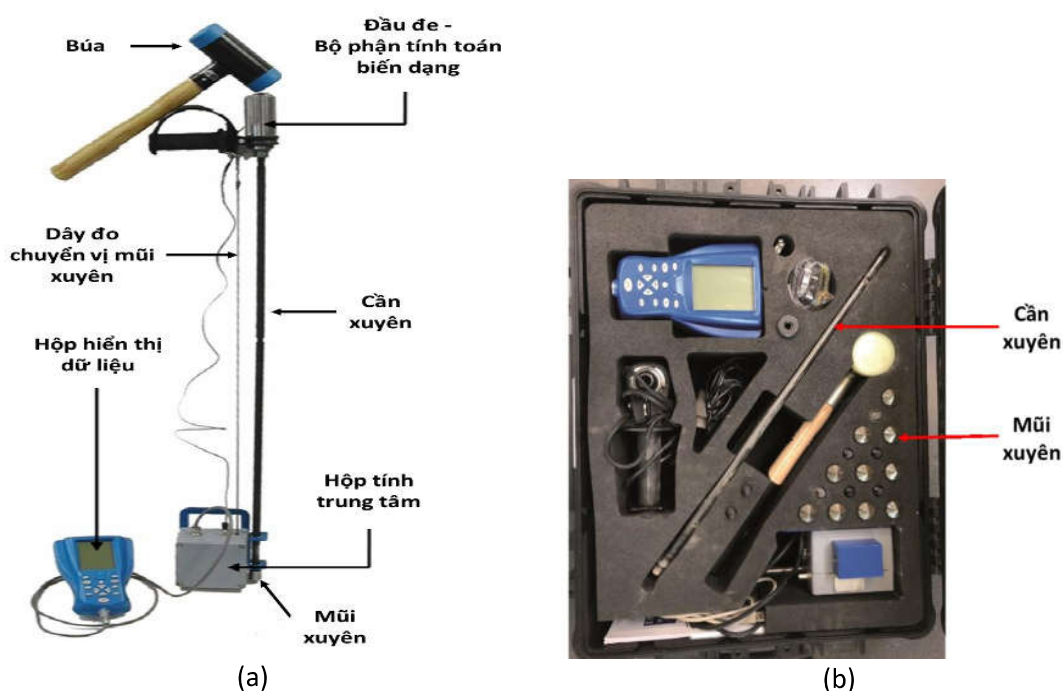
Thiết bị Panda có nguyên lý khá giống với nguyên lý của thiết bị xuyên động DCP, đều dựa vào mối liên hệ giữa tác động búa rơi và chiều sâu mũi chày xuyên vào đất để phân chia cột đất thành các lớp và đánh giá các tính chất cơ lý của đất. Mặc dù vậy, điểm khác nhau cơ bản giữa hai phương pháp này là tải trọng búa rơi trong thí nghiệm DCP cố định, còn thí nghiệm Panda tải trọng này thay đổi phụ thuộc vào thao tác của kỹ thuật viên. Ngoài ra, trong thí nghiệm DCP, kết quả được biểu diễn thông qua số lượng búa rơi còn trong thí nghiệm Panda, kết quả được biểu diễn dựa vào năng lượng búa đóng vào đe ở đầu cần xuyên. Năng lượng này tính toán dựa vào phần mềm chuyên dụng và lưu trực tiếp vào máy tính kết nối với hệ thống cảm biến phức tạp đặt tại đe. Cũng nhờ đó, thí nghiệm Panda có thể ứng dụng trong nhiều trường hợp và tính toán được nhiều thông số hơn so với thí nghiệm DCP.

2.2. Các bộ phận của thiết bị Panda

Các bộ phận của thiết bị Panda được thể hiện trong hình 1. Có thể thấy, đây là một thiết bị đơn giản và cơ động. Khi không sử dụng, thiết bị được thu xếp gọn trong một valy xách tay nhỏ gọn (Hình 1b), khối lượng của toàn bộ thiết bị này vào khoảng 15kg. Các bộ phận chính của thiết bị gồm có:

- Búa: Búa cầm tay chống sóc, mặt búa bằng nhựa hoặc có thể bọc cao su.
- Đầu đe: là bộ phận gắn với cần xuyên, đồng thời cũng là nơi tiếp nhận chấn động từ búa đóng xuống. Bên trong đe này có gắn các cảm biến đo lực hoặc biến dạng hoặc chấn động.
- Tay cầm gắn vào đe để kỹ thuật viên cầm khi đóng búa.
- Cần xuyên: bằng thép đường kính 12mm dài 500mm. Cần xuyên có ren ở 2 đầu để nối với nhau và có rãnh để rút cần xuyên lên khi kết thúc thí nghiệm.

- Dây đo chuyển vị: để đo chuyển vị của mũi côn xuyên vào đất. Dây đo nằm trong hộp tính có lò xo kéo gọn lại khi không sử dụng. Khi nào sử dụng, kéo một đầu của dây đo gắn vào tay cầm.
- Hộp tính trung tâm: Là nơi lưu trữ và xử lý dữ liệu.
- Hộp hiển thị: Có màn hình cảm ứng để hiển thị kết quả và điều chỉnh các thông số.
- Mũi xuyên: Mũi xuyên thép hình côn, để đâm xuyên vào nền đất. Khi kết thúc thí nghiệm, mũi xuyên này thường bỏ lại trong nền đất.



Hình 1. Các bộ phận của thiết bị Panda (Benz-Navarrete, 2009)

2.3. Các thế hệ thiết bị Panda

Để khắc phục một số hạn chế của thí nghiệm xuyên động, thiết bị Panda được bắt đầu nghiên cứu từ những năm 1990 tại Trường Đại học Blaise Pascal, Pháp bởi Gourves (Gourvès R., 1991). Mục đích của thiết bị này là có thể thực hiện các thí nghiệm ở những vị trí khó khăn, hiểm trở, mái đất nghiêng với một chi phí khảo sát hiện trường khiêm tốn và dựa vào tải trọng xuyên điều chỉnh được để có thể ứng dụng trong những loại đất từ rất yếu, đến trung bình.

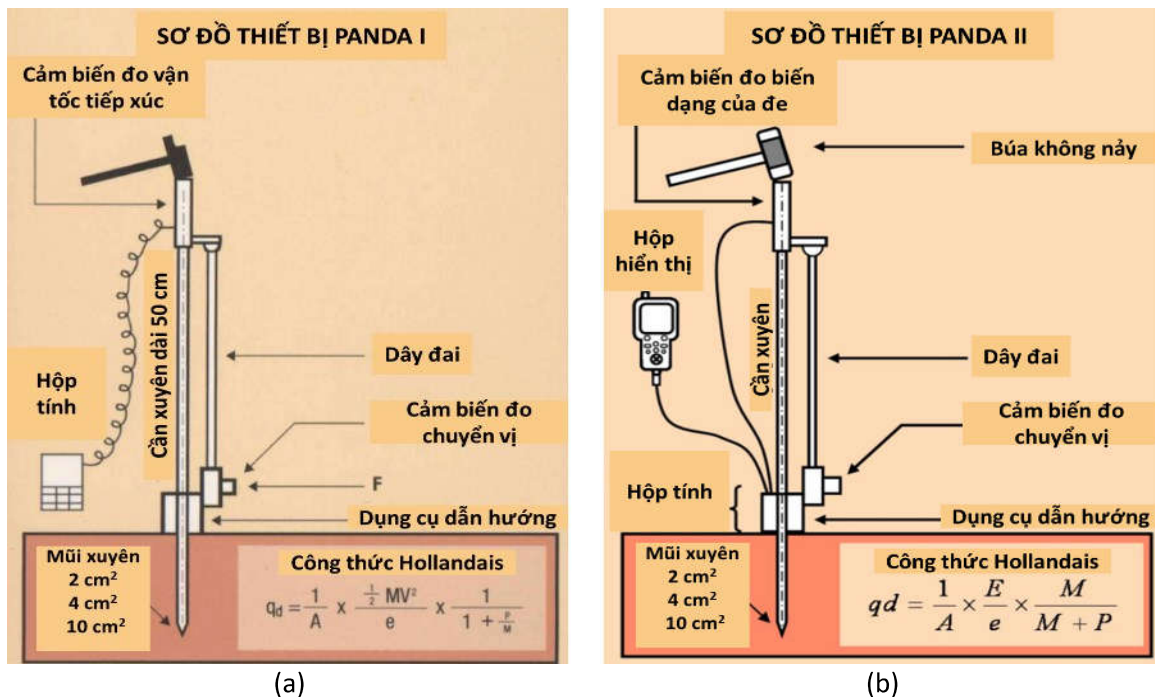
Trải qua ba thập kỷ nghiên cứu, hoàn thiện kỹ thuật cũng như lý thuyết, đến nay, thiết bị này đã có ba thế hệ.

Thế hệ đầu tiên phát triển năm 1989 được thể hiện trong hình 2a. Với mỗi nhát búa tiêu chuẩn gõ xuống, tải trọng tác động vào đầu đe và độ xuyên của mũi côn vào lòng đất được ghi lại nhờ vào cảm biến gắn ở đe. Từ đó, sức kháng xuyên động ở đầu mũi côn q_d dựa theo công thức Hollandais xây dựng từ các định luật Newton trong vật lý cổ điển được tính toán và hiển thị ngay trên hộp dữ liệu. Tuy vậy, do thiết bị Panda không có thế năng của búa rơi từ trên cao xuống giống như thiết bị xuyên động DCP nên thành phần thế năng (MgH) trong công thức Hollandais gốc được thay thế bởi động năng sinh ra do búa ($1/2MV^2$). Động năng này được tính toán dựa trên vận tốc búa tại thời điểm tiếp xúc với đe, các cảm biến đo vận tốc này còn nhiều hạn chế dẫn tới kết quả thí nghiệm không chính xác và thường gặp nhiều nhiễu loạn.

Thế hệ thứ hai (Hình 2b) phát triển từ những năm 2000 để cải thiện việc đo năng lượng khi búa đập vào đe. Tại thế hệ này, việc tính toán sức kháng xuyên không dựa trên các định luật

Newton mà dựa vào lý thuyết đàn hồi. Ứng suất biến dạng gây ra bởi lực tác động của búa khi chạm vào đe được ghi lại nhờ các cảm biến đo biến dạng ở đầu đe. Từ ứng suất này, có thể tính toán năng lượng thực sự truyền vào đầu đe ngay khi tiếp xúc với búa. Thế hệ Panda 2 cũng là thiết bị xuyên động đầu tiên sử dụng lý thuyết tính toán này vào khảo sát nền đất truyền thống. Đến thời điểm hiện tại, thiết bị Panda 2 đã hoàn thiện và vẫn đang được sử dụng rộng rãi tại Pháp cũng như một số nước như Chile, Trung Quốc.

Thế hệ cuối cùng Panda 3 được phát triển từ năm 2009 (Benz-Navarrete, 2009), hiện nay vẫn đang được nghiên cứu và hoàn thiện. Ở thế hệ này, năng lượng búa đóng xuống đe được tính toán dựa vào sự lan truyền sóng do sự va chạm giữa búa và đe. Từ các số liệu ghi lại ở mỗi nhát búa nhờ cảm biến bao gồm lực tác động, gia tốc và tốc độ sóng, hộp tính toán xử lý dữ liệu và đưa ra đồ thị nhiều thông số như lực kháng xuyên động q_d , Mô đun biến dạng động, tốc độ truyền sóng nén. Qua mỗi thế hệ, các hộp tính toán hay cảm biến đều được cải tiến, ở thế hệ thứ 3 này thiết bị có thể kết nối trực tiếp với máy tính để xem và lưu trữ dữ liệu. Tuy thế hệ này có thể đo được nhiều thông số, nhưng hiện nay Panda 3 vẫn đang trong quá trình hoàn thiện và nghiên cứu thực nghiệm, chưa được sử dụng rộng rãi như Panda 2.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý thiết bị Panda I (a) và Panda II (b) (Zhou, 1997), (Jurado, 2018)

2.4. Các bước tiến hành thí nghiệm

Các nguyên lý tính toán, mô hình lý thuyết của phương pháp này khá phức tạp, tuy vậy khi ra thực địa, việc thao tác để khảo sát nền đất lại vô cùng đơn giản. Để thao tác được chỉ cần một người với các trang bị đơn giản nhất. Các bước tiến hành thí nghiệm gồm có:

- Chuẩn bị thí nghiệm: kiểm tra và lắp đặt các thiết bị như mũi xuyên, cần xuyên, cáp nối vào đe, cáp nối vào hộp hiển thị, hộp tính.

- Tiến hành thí nghiệm (Hình 3): Sau khi lắp đặt hoàn chỉnh thiết bị, xác định điểm thí nghiệm và đóng búa vào đe gắn ở đầu cần xuyên, lực đóng búa có thể tùy chỉnh theo từng loại đất và thao tác của kỹ thuật viên, đất chặt thì lực đóng mạnh và ngược lại. Mỗi cần xuyên dài 50cm, tại mỗi đầu có ren để nối với nhau, tại thời điểm ban đầu, thông thường gắn 2 cần xuyên để thao tác được thuận lợi, sau đó, mỗi bước thí nghiệm có thể gắn thêm 1 hoặc 2 cần xuyên mỗi lần cho tới khi mũi

xuyên đạt tới chiều sâu thí nghiệm. Mỗi lần gắn thêm cần xuyên, dây đai đo chuyển vị cũng được tháo ra và lắp lại. Trong quá trình thí nghiệm cần đảm bảo các cần xuyên được nối chặt với nhau và phương của cần xuyên không được lệch quá 10 độ so với phương quy định.



Hình 3. Thí nghiệm Panda tại hiện trường

- Kết thúc thí nghiệm: Khi mũi xuyên đạt tới độ sâu xác định hoặc đạt độ chối không thể xuyên thêm được nữa ta dừng thí nghiệm. Đe, hộp tính và các cáp nối được tháo rời trước khi tiến hành thu hồi cần xuyên. Cần xuyên có thể tiến hành kéo lên bằng tay hoặc bằng dụng cụ chuyên dụng trong trường hợp khó khăn (Hình 4). Thông thường, mũi xuyên được để lại trong đất, nhưng trong một số trường hợp đất mềm yếu, ma sát không đáng kể thì có thể thu hồi để sử dụng cho lần sau.



Hình 4. Dụng cụ thu hồi cần xuyên

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Kết quả nghiên cứu trình bày trong bài báo này được trích một phần trong chuỗi thí nghiệm nghiên cứu về hóa lỏng đất tại chân đê Duchesse-Anne vùng ven biển Tây Bắc nước Pháp (Hình 5). Trong chuỗi thí nghiệm này, thiết bị Panda 3 được sử dụng như một tham số so sánh với kết quả thí nghiệm nén ngang trong lỗ khoan và CPTU đồng thời để kiểm tra thiết bị Panda 3 đang trong quá trình hoàn thiện. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong hình 6. Kết quả CPTU (Hình 6a) cho thấy nền đất khu vực này có sức kháng xuyên giảm dần theo độ sâu, với lớp bề mặt dày 1m cho kết

quả sức kháng mũi xuyên nằm trong khoảng 7-18 MPa và giảm dần trong khoảng độ sâu 1-2,5m. Từ độ sâu 2,5m trở xuống đến 5m sức kháng xuyên q_c nhỏ khoảng 1 MPa. Dựa vào tỷ sức kháng F_r và giá trị q_c , ta có thể phân loại sơ bộ các lớp đất như hình 6b (Robertson, 1990).

Theo kết quả Panda 3 (Hình 6b), ta có thể nhận thấy rõ rệt lớp đất đầu tiên dày 0,8m với sức kháng xuyên động q_d trung bình khoảng 20 MPa, sau đó giảm đột ngột xuống 10 MPa tại độ sâu 0,8m. Lớp thứ 2 nằm trong khoảng độ sâu 0,8-1,5m với sức kháng xuyên giảm dần từ 10 MPa xuống khoảng 5 MPa tại độ sâu 1,5m. Sau đó, sức kháng xuyên động nhỏ, nằm trong khoảng 1-2 MPa.

So sánh kết quả của thí nghiệm xuyên tĩnh và thí nghiệm Panda 3, có thể thấy có sự tương đồng đáng kể giữa sức kháng mũi xuyên q_c và sức kháng xuyên động q_d . Mặc dù vậy, sức kháng xuyên động q_d dường như lớn hơn một chút so với sức kháng mũi xuyên q_c , nguyên nhân có thể do sức kháng xuyên động có bao gồm cả một phần ma sát thành đơn vị của mũi côn xuyên động. Mặt phân cách giữa lớp đất thứ 3 sét pha và lớp đất thứ 4 sét trong cả hai thí nghiệm không thực sự rõ rệt vì sự thay đổi kết quả sức kháng mũi xuyên tại đây là rất nhỏ nhưng nhìn chung, có thể coi như mặt phân cách giữa hai lớp đất 3-4 của cả hai thí nghiệm này trùng khít với nhau.

Đến nay đã có một số nghiên cứu về mối liên hệ giữa kết quả thí nghiệm Panda và các thí nghiệm khác. Có thể kể đến các nghiên cứu của (Gourvès & Richard, 1995); (Langton, 1999), trong đó các tác giả đã đưa ra mối liên hệ như sau:

Thí nghiệm xuyên tĩnh CPT: $1 q_d \text{ (MPa)} = 1 q_c \text{ MPa (CPT)}$

Thí nghiệm cắt cánh: $1 q_d \text{ (kPa)} = C_u \text{ (kPa)} / (15-20)$

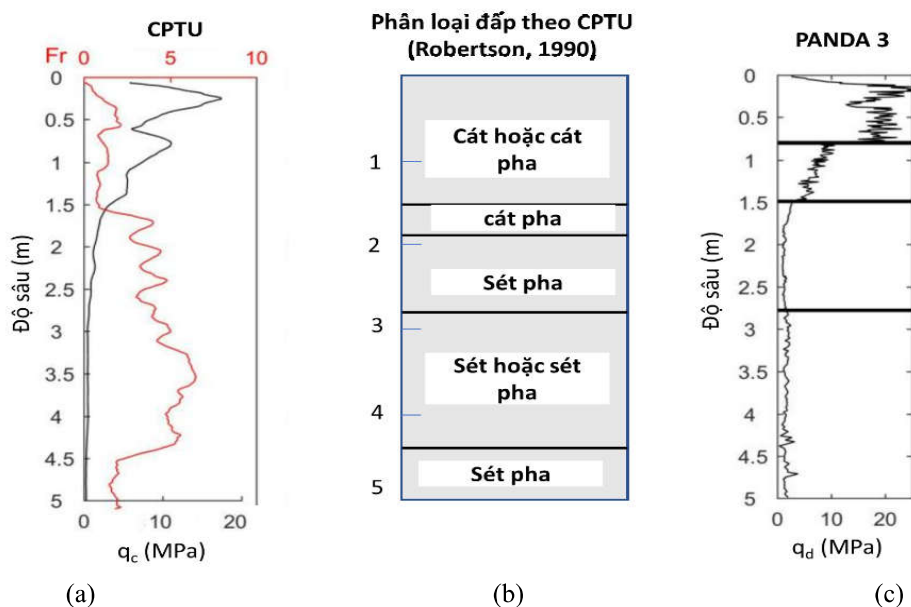
Thí nghiệm CBR: $\log_{10} \text{CBR} = 0,352 + 1,057 \log_{10} q_d \text{ (MPa)}$

Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT: $1 q_d \text{ (MPa)} = (0.1-0.2)N \text{ (SPT)}$

Các mối liên hệ trên cho thấy thí nghiệm Panda có thể được ứng dụng để thay thế cho nhiều thí nghiệm khảo sát địa kỹ thuật, kết hợp với sự gọn nhẹ, thao tác đơn giản, đây là một phương pháp rất hứa hẹn để khảo sát địa chất công trình hạ tầng cơ sở. Mặc dù vậy, do mức độ phổ biến chưa được rộng rãi của phương pháp này bên ngoài nước Pháp, vẫn cần phải có số lượng nghiên cứu so sánh nhiều hơn để xác định độ khả tin của các công thức trên.



Hình 5. Vị trí thí nghiệm Panda 3



Hình 6. Kết quả thí nghiệm CPTU và Panda 3

4. Kết luận

Kết quả thí nghiệm Panda được trình bày trong bài báo này cho thấy một sự tương đồng đáng kể giữa sức kháng xuyên động với sức kháng mũi côn của kết quả thí nghiệm CPTU. Bên cạnh đó, kích thước nhỏ gọn, thao tác đơn giản khiến cho phương pháp này rất hữu ích trong các khu vực khảo sát có địa hình phức tạp và có thể được ứng dụng trong khảo sát địa chất công trình, kiểm soát độ chặt của nền đường, đê, đập, mái đắp nghiêng hoặc các lớp đất chèn lấp đường ống hạ tầng.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành với sự giúp đỡ của đề tài B2022-MDA-04.

Tài liệu tham khảo

- Benz-Navarrete, M.-A. (2009). *Mesures dynamiques lors du battage du pénétrömètre Panda 2*. Clermont-Ferrand II: Université Blaise Pascal.
- Escobar, E. (2015). *Mise au point et exploitation d'une nouvelle technique pour la reconnaissance des sols: le PANDA 3*. Clermont-Ferrand: PhD thesis, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II.
- Gourvès, R. (1991). *Le panda-pénétrömètre dynamique léger à énergie variable*. Clermont-Ferrand: LERMES CUST, Université Blaise Pascal,.
- Gourvès, R., & Richard, B. (1995). The panda ultralight dynamic penetrometer. *Proc 11th Euro. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, . Copenhagen.
- Jurado, C. S. (2018). *Exploitation du signal pénétrométrique pour l'aide à l'obtention d'un modèle de terrain*. Clermont-Ferrand: Université Clermont Auvergne.
- Langton, D. (1999). The Panda lightweight penetrometer for soil investigation and monitoring material compaction. *Ground engineering*, 33-37.
- Robertson, P. (1990). Soil classification using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal*, , 27(1), pp. 151-158.
- Zhou, S. (1997). *Caractérisation des sols de surface à l'aide du pénétrömètre à énergie variable type "PANDA"*. Clermont-Ferrand II: Université Blaise Pascal.