



Comparison of slug test methods to determine conductivity of Holocen aquifer, Dan Phuong area



Thao Bach Nguyen ^{1,*}

¹ Faculty of Geosciences and Geo-engineering, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15th June 2020

Revised 23rd July 2020

Accepted 31st Aug. 2020

Keywords:

Dan Phuong,
Hydraulics conductivity,
Porous aquifer,
PST,
Slug test experiments.

ABSTRACT

Two different slug test methods including: i) slug test using the standard slug rod and ii) pneumatic slug test are conducted in different well/depth in Danphuong field site for a comparative analysis. These methods are examined at least 3 times for each well to estimate hydraulic conductivities by using Hvorslev. The results show correlation between two slug test methods is very high with $R^2 = 0,93$. Slug tests methods have several advantages and also disadvantage compare to each other. Practical considerations of performing the tests in real life settings are also considered in the method comparison. The slug-rod method meets 7/10 criterions while pneumatic slug test satisfy 8/10 criterions.

Copyright © 2020 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

^{*}Corresponding author

E - mail: nguyenbachthao@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2020.61(4).06



So sánh các phương pháp thí nghiệm slug test trong xác định hệ số thấm cho tầng Holocen vùng Đan Phượng

Nguyễn Bách Thảo^{1,*}

¹ Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 15/06/2020

Sửa xong 23/07/2020

Chấp nhận đăng 31/08/2020

Từ khóa:

Đan Phượng,

Hệ số thấm,

PST,

Tầng chứa nước lỗ hổng,

Thí nghiệm slug test.

Hai phương pháp thí nghiệm nhanh tại hiện trường nhằm xác định hệ số thấm thủy lực của đất đá tầng chứa nước bao gồm phương pháp sử dụng thể tích chiếm chỗ và phương pháp sử dụng khí nén đã được tiến hành trong các giếng bãi thí nghiệm Đan Phượng nhằm đánh giá, so sánh khả năng áp dụng. Các phương pháp thí nghiệm được tiến hành lặp lại trên cùng một giếng và hệ số thấm thủy lực được tính toán theo Hvorslev. Kết quả thí nghiệm cho thấy hệ số thấm xác định bằng các phương pháp slug test có tương quan khá chặt chẽ với $R^2 = 0.93$. Nhìn chung, các phương pháp slug test khắc phục được một số hạn chế của phương pháp hút nước thí nghiệm, song vẫn còn một số hạn chế nhất định. So sánh 10 tiêu chí cơ bản của phương pháp thí nghiệm (áp dụng cùng điều kiện và đối tượng thí nghiệm) cho thấy phương pháp thí nghiệm slug test sử dụng thể tích chiếm chỗ đáp ứng được 7/10 tiêu chí trong khi phương pháp slug test sử dụng khí nén đáp ứng được 8/10 tiêu chí.

© 2020 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Hệ số thấm (K) là thông số quan trọng nhất của tầng chứa nước, cho phép đánh giá lượng nước chảy qua một diện tích mặt cắt của tầng chứa nước cũng như tính toán vận tốc dịch chuyển của dòng chảy hay của chất nhiễm bẩn trong nước dưới đất. Cho đến nay, hệ số thấm K của tầng chứa nước được xác định chủ yếu thông qua: i) các công thức kinh nghiệm, bảng tra; ii) thí nghiệm trong phòng và iii) thí nghiệm ngoài hiện trường, bao gồm thí nghiệm hút nước (hút đơn, hút chùm, hút nhóm,

hút giạt cấp,...), thí nghiệm ép nước/đổ nước trong giếng khoan/hố đào (Đoàn Văn Cảnh, 2002) và các thí nghiệm slug test.

Các dạng công tác thí nghiệm hút nước, ép nước dựa trên nguyên lý sử dụng các thiết bị bơm lấy ra hoặc đưa vào tầng chứa nước một lưu lượng nước xác định nhằm mục đích làm hạ thấp hoặc dâng cao mực nước, số liệu quan sát hạ thấp mực nước theo thời gian cho phép tính toán chính xác hệ số thấm của tầng chứa nước và các thông số địa chất thủy văn (ĐCTV) khác, được quy định cụ thể trong Thông tư 08/2015/TT-BTNMT (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2015). Phương pháp bơm hút nước thí nghiệm là phương pháp thí nghiệm ngoài trời có tính chính xác cao nhất, xác thực nhất với điều kiện thực tế của tầng chứa nước. Tuy

* Tác giả liên hệ

E - mail: nguyenbachthao@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2020.61(4).06

nhiên, hạn chế của các phương pháp đó là kinh phí thực hiện lớn, đòi hỏi nhiều vật tư, trang thiết bị, nhân công, thời gian thí nghiệm kéo dài, có thể gây ra các tác động tiêu cực đến môi trường như ảnh hưởng đến hoạt động khai thác của các giếng xung quanh, gây nhiễm bẩn, xâm nhập mặn, sụt lún mặt đất,... Đặc biệt, không thể tiến hành trong các lỗ khoan nằm trong tầng có hệ số thấm nhỏ, lưu lượng cung cấp cho lỗ khoan thấp. Ngoài ra, trong rất nhiều trường hợp cụ thể như gần các công trình thủy lợi (đê, đập,...), gần các nguồn nhiễm bẩn, nhiễm mặn (bãi rác, nghĩa trang, vùng ven biển,...) thì các dạng công tác này không được phép tiến hành do nguy cơ gây tác động tiêu cực đến công trình và môi trường.

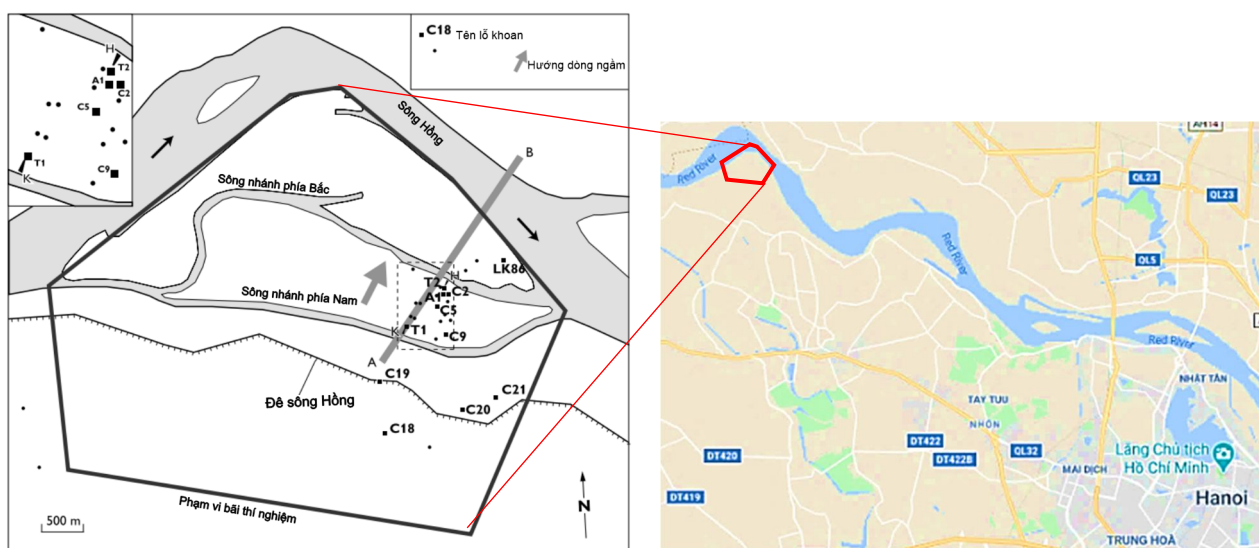
Các phương pháp thí nghiệm trong phòng như thí nghiệm cột thấm hoặc máng thấm cũng cho phép xác định thông số ĐCTV các loại đất đá bờ rời trong trường hợp không thể tiến hành hút nước thí nghiệm (Phạm Quý Nhân, 2008; Nguyễn Bách Thảo, 2005, 2011, 2019). Các phương pháp trong phòng có chi phí thấp, thời gian thí nghiệm ngắn, không gây các tác động đến môi trường. Tuy nhiên, các phương pháp này có hạn chế là chỉ xác định thông số cho thể tích mẫu được thí nghiệm (thường là mẫu không nguyên trạng) nên không đặc trưng cho toàn bộ tầng chứa nước trong điều kiện tự nhiên, đặc biệt đối với các tầng chứa nước không đồng nhất.

Các thí nghiệm slug test là phương pháp thí nghiệm nhanh, chi phí thấp, cho phép xác định sơ bộ hệ số thấm thủy lực (K) hoặc hệ số dẫn nước

của tầng chứa nước dựa vào số liệu quan trắc thay đổi mực nước khi đưa vào lỗ khoan một thể tích chiếm chỗ hay thể tích khí nhằm làm thay đổi tối thiểu 5% mực nước trong lỗ khoan (Fetter, 1994; Butler, 1998). Các thí nghiệm này thường được thay thế cho công tác hút nước thí nghiệm nhằm giảm chi phí, nhân công và đã trở thành một phương pháp thí nghiệm cơ bản trong công tác ĐCTV. Ở Mỹ, hơn mười ngàn thí nghiệm slug test được tiến hành mỗi năm (Butler, 1998). Hai công thức phổ biến nhất để chỉnh lý tài liệu thí nghiệm slug test là công thức của Hvorslev (1951); Bouwer & Rice (1976). Phương pháp này rất hữu hiệu cho những vùng chỉ có lỗ khoan đơn, đường kính nhỏ (không thể bố trí công tác hút nước thí nghiệm) hoặc áp dụng cho các vùng có hệ số thấm K nhỏ, đồng thời khi nghiên cứu những vùng nhạy cảm với biến đổi chất lượng nước, gần công trình thủy lợi,... thì phương pháp slug test là lựa chọn tối ưu. Tuy nhiên, các thí nghiệm slug test hầu như chưa được áp dụng ở Việt Nam.

2. Khái quát vùng nghiên cứu

Nghiên cứu lựa chọn áp dụng thí điểm xác định hệ số thấm cho tầng chứa nước lỗ hổng trong các thành tạo Holocen trong phạm vi bãi thí nghiệm của Dự án VietAs (thuộc địa phận xã Trung Châu và Thọ An, huyện Đan Phượng), cách Hà Nội khoảng 30 km về phía thượng lưu. Bãi thí nghiệm (Hình 1) có vị trí nằm giữa sông Hồng và đê, có địa hình tương đối bằng phẳng. Tại bãi thí nghiệm này, Dự án VietAs hợp tác nghiên cứu giữa Trường



Hình 1. Vị trí bãi thí nghiệm Đan Phượng. Vị trí các lỗ khoan được thể hiện bằng các chấm đen, vị trí tuyến lỗ khoan H (100 lỗ khoan) và tuyến lỗ khoan K gồm 56 lỗ khoan (theo Flemming và nnk., 2008).

Đại học Mỏ - Địa chất và Vương quốc Đan Mạch đã xây dựng một bãi thí nghiệm với hơn 200 lỗ khoan trong các tầng chứa nước lỗ hổng Holocen và Pleistocen. Rất nhiều các dạng công tác khác nhau đã được tiến hành trong phạm vi bãi thí nghiệm để xác định các thông số ĐCTV của các tầng chứa nước, bao gồm: i) công tác bơm hút thí nghiệm chùm với thời gian bơm hút kéo dài; ii) thí nghiệm slug test sử dụng thanh chiếm chỗ tiến hành tại tất cả các lỗ khoan (Nguyễn Bách Thảo, 2007); iii) thí nghiệm phân tích thành phần thạch học nhằm xác định thông số theo kinh nghiệm; iv) thí nghiệm cột thấm trong phòng; v) thí nghiệm thấm rỉ seepage xác định lượng bổ cập của nước ngầm cho nước mặt tại sông nhánh phía bắc (Nguyễn Bách Thảo, 2007; Flemming và nnk., 2008) và cho toàn bộ sông Hồng từ Sơn Tây đến Hưng Yên (Nguyễn Minh Lân, 2012). Các kết quả trên đã được công bố trong các tạp chí khoa học kỹ thuật có uy tín, đây chính là thuận lợi để đánh giá độ tin cậy của thiết bị thí nghiệm sử dụng khí nén mà nghiên cứu đặt ra. Kết quả tính toán từ thí nghiệm slug test sử dụng khí nén (Pneumatic Slug Test – PST) sẽ được kiểm chứng bằng các thí nghiệm hút nước chùm.

Chiều dày trầm tích Pleistocen và Holocen tại khu vực Đan Phượng là 60÷70 m, trong đó chiều dày tầng Holocen dao động trong khoảng 30÷35 m, thành phần là cát hạt mịn pha sét, lẫn nhiều hợp chất hữu cơ và có quan hệ thủy lực với sông Hồng. Tầng chứa nước Pleistocen có thành phần là cát hạt thô lẫn sạn sỏi, phủ trực tiếp lên tầng trầm tích Neogen và được ngăn cách với tầng Holocen bởi tầng cách nước có thành phần đất đá là bột, sét với bề dày lên đến 4 m. Hầu hết bãi thí nghiệm bị ngập nước trong các tháng mùa lũ, do đó bề mặt được phủ bởi lớp trầm tích thấm nước yếu có thành phần sét, sét pha, bề dày lên đến 7 m (Hình 1). Cao độ

trung bình khu vực bãi thí nghiệm khoảng +10 m so với mực nước biển. Trong số các lỗ khoan trên, lỗ khoan K30 (Hình 2) đã tiến hành lấy mẫu đất nguyên trạng khi khoan để phân tích thành phần hạt để tính toán hệ số thấm theo công thức kinh nghiệm. Ngoài ra, tại chùm lỗ khoan T2 đã tiến hành bơm hút nước thí nghiệm theo chùm để xác định các thông số ĐCTV của tầng chứa nước.

3. Các phương pháp thí nghiệm slug test trong việc xác định hệ số thấm của tầng chứa nước

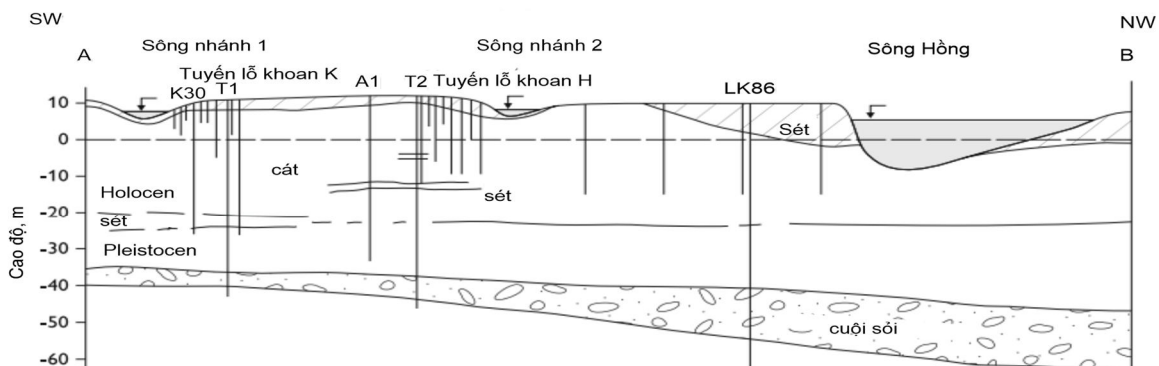
3.1. Thí nghiệm sử dụng thể tích chiếm chỗ

Nguyên lý thí nghiệm:

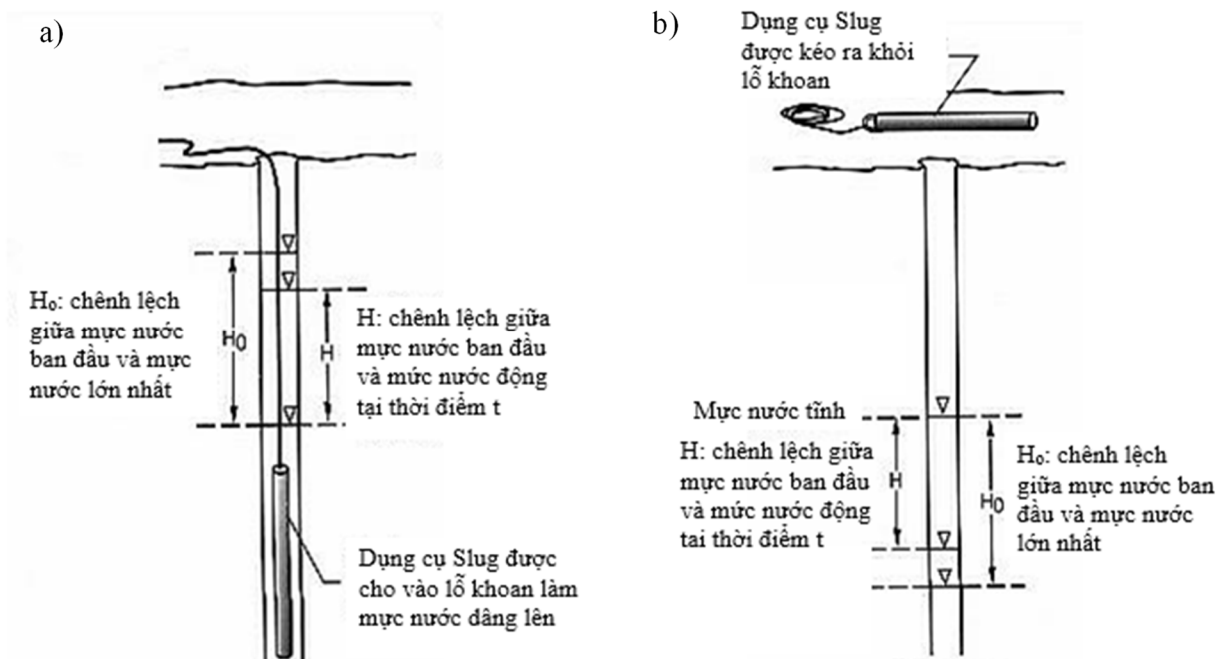
Thí nghiệm được tiến hành bằng cách thả vào hoặc kéo ra khỏi lỗ khoan một thể tích chiếm chỗ (Hình 3) để làm thay đổi mực nước tối thiểu 5% chiều dày tầng chứa nước.

Bộ dụng cụ thí nghiệm:

Dụng cụ thí nghiệm là một hoặc nhiều đoạn ống nối với nhau, có thể được làm bằng gỗ, kim loại đặc hoặc các ống PVC được bịt kín hai đầu, đủ nặng để có thể chìm nhanh trong nước. Thể tích nước bị chiếm chỗ chính là thể tích của dụng cụ slug, phụ thuộc vào kích thước của slug test. Tùy thuộc vào cấu trúc lỗ khoan (đường kính lỗ khoan càng lớn thì kích thước slug test càng lớn), đặc điểm tầng chứa nước (tính thấm càng lớn thì kích thước của slug cũng yêu cầu lớn) và tùy theo yêu cầu thí nghiệm mà kích thước slug khác nhau. Tuy nhiên, slug test có kích thước càng lớn thì càng khó khăn khi thao tác thí nghiệm. Để thuận tiện cho việc thực hiện thí nghiệm, bộ slug test có thể làm thành nhiều đoạn có chiều dài 1 m và ở các đầu được tiện ren hoặc khớp để có thể nối với nhau khi cần thiết. Đầu trên cùng của slug test được nối với một đoạn dây đủ bền



Hình 2. Mặt cắt địa chất, địa chất thủy văn khu vực bãi thí nghiệm Đan Phượng. Vị trí tuyến AB được thể hiện trên Hình 1 (theo Flemming và nnk., 2008).



Hình 3. Sơ đồ thí nghiệm Slug test sử dụng thanh chiếm chỗ:

Thả thanh slug vào lỗ khoan làm dâng cao mực nước (a) và thí nghiệm rút thanh slug ra khỏi lỗ khoan làm hạ thấp mực nước (b) (Nguyễn Bách Thảo, 2007).

và có kích thước phù hợp cho việc kéo thả khi thí nghiệm.

Trình tự thí nghiệm:

- Đo đạc và tìm hiểu cấu trúc lỗ khoan (chiều sâu lỗ khoan, vị trí ống lọc, đường kính ống chống, đường kính ống lọc, đường kính lớp cuội sỏi lọc, chiều cao cột nước trong lỗ khoan, vị trí mực nước tĩnh so với giới hạn trên của ống lọc);

- Trong trường hợp dùng các dụng cụ đo mực nước tự động (transducer, logger, diver) thì thả chúng xuống vị trí tính toán phía dưới và cách xa vị trí thả thanh slug (tối thiểu 2 m);

- Đo và đánh dấu mực nước tĩnh;

- Dụng cụ slug được nối với dây cáp và thả xuống lỗ khoan dưới mực nước tĩnh thật nhanh chóng và dứt khoát. Do bị slug chiếm chỗ, nước sẽ được dâng cao lên trong lỗ khoan (thí nghiệm dâng cao mực nước, Hình 3a). Xác định mực nước dâng cao trong lỗ khoan so với mực nước tĩnh (H_0);

- Giữ thanh slug cố định và đo mực nước thay đổi (trong trường hợp này mực nước hạ thấp) theo thời gian (h). Mật độ đo mực nước càng dày càng tốt, có thể cài đặt đo từng giây đối với các dụng cụ đo tự động hoặc cứ 15 hoặc 30 giây đo một lần đối với đo thủ công;

- Đo chiều sâu mực nước biến đổi theo thời gian cho tới khi đạt tới mực nước ổn định ban đầu;

- Kéo nhanh bộ dụng cụ slug ra khỏi lỗ khoan và đo mực nước hồi phục cho đến khi đạt đến mực nước tĩnh với tần suất tương tự như trên (Thí nghiệm hạ thấp mực nước, Hình 3b);

- Kết thúc thí nghiệm.

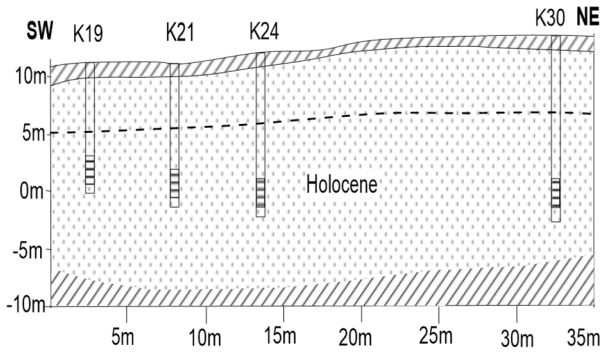
Thí nghiệm được tiến hành lặp lại 3 lần cho mỗi lỗ khoan.

3.2. Thí nghiệm sử dụng khí nén (PST)

Nguyên lý thí nghiệm:

Phương pháp PST dựa vào nguyên tắc nén khí làm thay đổi mực nước trong lỗ khoan và quan sát quá trình hồi phục mực nước sau khi xả khí, mực nước trong lỗ khoan được đo đạc tự động bằng dụng cụ đo mực nước. Hệ số thấm K sẽ được tính toán dựa vào số liệu hồi phục mực nước trong lỗ khoan.

Bộ dụng cụ thí nghiệm slug test sử dụng khí nén. Dụng cụ cần chuẩn bị để tiến hành thí nghiệm là dụng cụ bơm trên mặt đất để tạo áp lực khí xuống giếng với áp lực khí đã được tính toán nhằm mục đích hạ thấp mực nước trong giếng đến một chiều sâu hợp lý, sau đó tiến hành xả khí đột ngột



Hình 4. Tuyến mặt cắt dọc các lỗ khoan lựa chọn thí nghiệm slug test.

nhằm thoát hết khí trong giếng đưa áp lực trong giếng trở về điều kiện thường và theo dõi quá trình hồi phục mực nước. Bộ dụng cụ được chế tạo phải đáp ứng được yêu cầu kín khí hoàn toàn, có khả năng hiển thị áp lực khí trong giếng:

- + 01 bộ dụng cụ thí nghiệm PST;
- + 01 bơm tay hoặc bơm khí nén;
- + 01 dây đo mực nước;
- + 02 levellogger; 01 barologger; máy tính xách tay;

- + 01 đồng hồ bấm giờ và sổ sách ghi chép.

Trình tự thí nghiệm slug test sử dụng khí nén:

- Đo đạc và tìm hiểu cấu trúc lỗ khoan (chiều sâu lỗ khoan, vị trí ống lọc, đường kính ống chống, đường kính ống lọc, đường kính lớp cuội sỏi lọc, chiều cao cột nước trong lỗ khoan, vị trí mực nước tĩnh so với giới hạn trên của ống lọc);

- Đặt các dụng cụ đo mực nước tự động (transducer, logger, diver) xuống chiều sâu tính toán sao cho luôn nằm dưới mực nước hạ thấp khi thí nghiệm;

- Đo và đánh dấu mực nước tĩnh bằng dây đo mực nước;

- Sử dụng máy nén khí đưa khí vào lỗ khoan với áp suất đã tính toán nhằm hạ thấp mực nước một khoảng 3÷4 m và khống chế áp suất ổn định trong 30 giây;

- Dùng máy nén khí đồng thời xả nhanh khí tại van xả để lượng khí trong lỗ khoan thoát ra bên ngoài, mực nước trong lỗ khoan sẽ hồi phục về mực nước ban đầu, số liệu quan trắc mực nước sẽ được ghi tự động bằng đầu đo.

- Kết thúc thí nghiệm.

Các thông số đo đạc được trong quá trình thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 1. Mô tả thạch học tại lỗ khoan LK24.

Chiều sâu (m)	Mô tả
0÷2,2	Sét màu nâu+ cát mịn
2,2÷4,5	Cát mịn màu xám +sét
4,5÷6,5	Cát mịn màu xám
6,5÷9,8	Cát mịn màu xám
9,8÷11,0	Cát hạt trung đến mịn
11,0÷12,0	Cát hạt trung
12,0÷13,2	Cát hạt thô và sỏi

3.3. Chính lý tài liệu thí nghiệm

Chính lý tài liệu thí nghiệm cho cả hai phương pháp slug test sử dụng thanh chiếm chỗ và khí nén được tiến hành theo quy định ATSM 4104. Phương pháp tính toán đã được nhiều tác giả nghiên cứu và đề xuất cho từng loại tầng chứa nước, đối với tầng chứa nước không áp đang áp dụng phổ biến theo phương trình Hvorslev (1951) như sau:

$$K = \frac{r^2 \ln\left(\frac{L}{R}\right)}{2LT_{37}} \quad (1)$$

Trong đó:

K - Hệ số thấm thủy lực (m/ng);

R - Bán kính ống lọc (m);

L - Chiều dài ống lọc (m);

R - Bán kính lỗ khoan bao gồm cả sỏi chèn (m);

T_{37} - Thời gian để mực nước hồi phục 37%.

Phạm vi áp dụng của phương trình trên khi $L/r > 8$.

4. Kết quả và thảo luận

Tại bãi thí nghiệm khu vực Đan Phượng, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn và tiến hành thí nghiệm slug test sử dụng khí nén (PST) tại 4 lỗ khoan trong số 200 lỗ khoan đã được tiến hành thí nghiệm slug test sử dụng thanh chiếm chỗ (Nguyễn Bách Thảo, 2007). Các lỗ khoan đều có đường kính 60 mm nhưng có chiều sâu khác nhau trong tầng chứa nước lỗ hồng Holocen (Hình 4), mỗi lỗ khoan tiến hành thí nghiệm 3 lần để đánh giá mức độ sai số giữa các lần thí nghiệm và tính toán hệ số thấm trung bình. Số liệu được đo đạc bằng các thiết bị đo mực nước tự động được cài đặt tần suất ghi 1 lần/giây.

Các lỗ khoan thí nghiệm có chiều sâu không lớn, từ 16÷18,5 m, mực nước tĩnh nằm nông, cách

Bảng 2. Các thông số đo đặc phục vụ tính toán khi tiến hành thí nghiệm PST.

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Lỗ khoan			
			K19	K21	K24	K30
Bán kính ống chống	r_c	mm	30	30	30	30
Bán kính ống lọc	r_w	mm	45	45	45	45
Chiều dài ống lọc	d	m	0,5	0,5	0,5	0,5
Ống lọc cách đáy	X	m	0,3	0,3	0,3	0,3
Chiều dài của giếng trong tầng chứa nước	b	m	8,0	9,2	11,3	14,5
Bề dày tầng chứa nước	D	m	17,4	18,6	18,0	16,5
Chiều cao cột nước thấp nhất (so với level logger)	H_m	m	2,71	0,53	2,91	1,32
Chiều cao cột nước ban đầu (so với level logger)	H_o	m	4,72	5,00	5,00	5,00
Áp suất khí nén	P	kg/cm ²	0,3	0,3	30	0,3

Bảng 3. Các thông số đo đặc phục vụ tính toán khi tiến hành thí nghiệm PST: Các kết quả thí nghiệm Slugtest đã được thực hiện bởi dự án VietAs (Nguyễn Bách Thảo, 2007).

Số hiệu lỗ khoan	Chiều sâu ống lọc (m)	Hệ số thấm xác định bằng thí nghiệm PST				Theo Slugtest
		Lần 1	Lần 2	Lần 3	Ktb	
K19	11,0	4,29	4,46	4,13	4,29	3,31
K21	12,7	2,53	2,66	2,57	2,58	1,33
K24	13,0	4,29	4,63	4,70	4,54	4,03
K30	10,6	2,51	2,41	2,46	2,46	1,87

mặt đất khoảng 5 m, đất đá có tính thấm nước tốt (Hình 4).

Sơ đồ lắp đặt thiết bị thí nghiệm và các số liệu thí nghiệm được thể hiện trong Hình 5. Kết quả thí nghiệm được xử lý và tính toán theo công thức của Hvorslev đã được xây dựng sẵn trên phần mềm Aquifer Test. Các thông số đo đặc được trong quá trình thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 3.

So sánh kết quả thí nghiệm hệ số thấm K bằng phương pháp slug test sử dụng thanh chiếm chỗ và sử dụng khí nén (PST) cho thấy kết quả xác định hệ số thấm giữa hai phương pháp là phù hợp, hệ số tương quan tương đối chặt $R^2 = 0,93$ (Hình 6).

5. Kết luận

Nghiên cứu này so sánh, đánh giá khả năng ứng dụng các phương pháp thí nghiệm slug test trong nghiên cứu tính thấm của đất đá tầng chứa nước. Kết quả thí nghiệm slug test bằng khí nén cho thấy hệ số thấm tính toán được giữa các lần

thí nghiệm tại 04 lỗ khoan là không đáng kể. Sai số giữa 3 lần thí nghiệm tại mỗi lỗ khoan bằng phương pháp PST đều dao động trong khoảng biến thiên của giá trị hệ số thấm xác định bằng phương pháp slug test sử dụng thanh chiếm chỗ tại 200 lỗ khoan và tài liệu hút nước thí nghiệm chum, biến đổi $0,2 \times 10^{-4} \div 8 \times 10^{-4}$ với hệ số thấm trung bình đạt $3,6 \times 10^{-4}$ (Nguyễn Bách Thảo, 2007; Flemming và nnk., 2008). So sánh hệ số thấm trung bình của 3 lần thí nghiệm bằng phương pháp PST và phương pháp sử dụng thanh chiếm chỗ cho thấy hệ số thấm xác định bằng hai phương pháp trên là phù hợp với nhau, hệ số tương quan R^2 đạt 0,93. Điều đó chứng tỏ sự tin cậy của cả hai phương pháp thí nghiệm slug test.

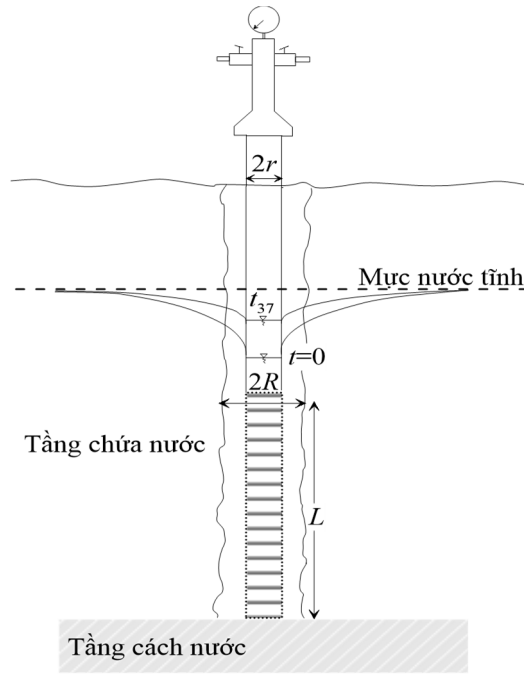
Nhìn chung, các phương pháp thí nghiệm slug test tiên tiến và tin cậy để xác định hệ số thấm của tầng chứa nước. Các phương pháp này có những ưu, nhược điểm như sau:

Ưu điểm:

- Bộ dụng cụ rất nhỏ gọn, dễ dàng chế tạo bằng các vật liệu sẵn có trên thị trường với giá thành



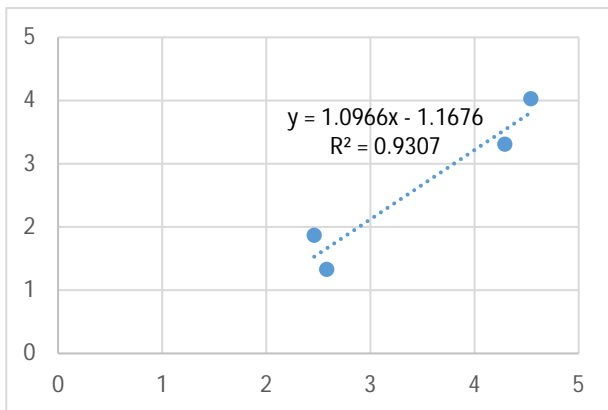
a)



b)

Hình 5. Sơ đồ lắp đặt thiết bị PST: (a) - Các thông số cần đo đạc; (b) - Khi tiến hành thí nghiệm PST.

(r : Bán kính ống lọc; R : bán kính lỗ khoan; L : Chiều dài của ống lọc;
 T_{37} : Thời gian để mực nước hồi phục 37% so với mực nước ban đầu)



Hình 6. Hệ số tương quan giữa thí nghiệm slug test sử dụng thanh chiếm chỗ và PST.

hợp lý, có thể tháo rời và lắp ráp bộ dụng cụ ngay tại hiện trường, phục vụ công tác đo vẽ ĐCTV;

- Thao tác thí nghiệm đơn giản, chi phí thực hiện thí nghiệm thấp hơn nhiều so với các dạng thí nghiệm khác, phù hợp với mức độ nghiên cứu đơn giản;

- Thời gian thí nghiệm nhanh nên có thể tiến hành được nhiều thí nghiệm trong một khoảng thời gian ngắn;

- Phù hợp với những lỗ khoan trong vùng có nguy cơ nhiễm bẩn/nhiễm mặn hoặc lỗ khoan

trong các công trình thủy lợi do không lấy nước ra khỏi tầng chứa nước phải tính toán hệ thống thoát nước khi tiến hành thí nghiệm,;

- Thích hợp với các trường hợp lỗ khoan có đường kính nhỏ (lỗ khoan quan sát, thí nghiệm) không thể thiết kế lắp đặt máy bơm;

- Thí nghiệm slug test sử dụng khí nén phù hợp với hầu hết các tầng chứa nước, đặc biệt là các tầng chứa nước thành phần cát có tính thấm lớn do khả năng khống chế mực nước biến đổi, trong khi slug test sử dụng thanh chiếm chỗ chỉ phù hợp với tầng chứa nước có hệ số thấm nhỏ hơn 10^{-3} m/s (Kruseman, 1994).

Nhược điểm:

- Chỉ đánh giá được một vùng nhỏ của tầng chứa nước liền kề với lỗ khoan;

- Chỉ tính toán cho các vị trí của tầng chứa nước mà tại đó lỗ khoan được bố trí ống lọc;

- Kết quả tính toán có thể bị ảnh hưởng nhiều bởi vật liệu cát, sỏi chèn của lỗ khoan tại vị trí đặt ống lọc;

- Phương pháp sử dụng thanh chiếm chỗ không thực hiện được với những lỗ khoan không thẳng trong khi phương pháp sử dụng khí nén không áp dụng được cho các lỗ khoan hở do sự cố, lỗi kết

Bảng 4. So sánh và đánh giá khả năng áp dụng của các phương pháp slugtest.

Chỉ tiêu đánh giá	Slugtest sử dụng thanh chiếm chỗ	Slugtest sử dụng khí nén	Tiêu chí đánh giá
Bộ thiết bị nhỏ gọn, dễ chế tạo, vận chuyển	✓	✓	Trọng lượng bộ thiết bị dưới 10kg
Thời gian thí nghiệm đơn giản, nhanh chóng	✓	✓	Dưới 30 phút
Chi phí xây chế tạo bộ dụng cụ thí nghiệm thấp	✓	✓	Dưới 5 triệu đồng
Áp dụng cho các lỗ khoan đơn, đường kính nhỏ không thể tiến hành hút nước thí nghiệm	✓	✓	Thí nghiệm cho các lỗ khoan đường kính dưới 60mm
Áp dụng cho các khu vực nhạy cảm với môi trường (nhiễm bẩn, nhiễm mặn) hoặc gần công trình thủy lợi	✓	✓	Không gây các tác động môi trường khi tiến hành thí nghiệm
Áp dụng cho các lỗ khoan kết cấu không thẳng	✗	✓	Đảm bảo đưa được các dụng cụ thí nghiệm xuống lỗ khoan
Áp dụng cho các lỗ khoan hở, ống lọc treo	✓	✗	Đảm bảo không rò rỉ khí ra bên ngoài
Áp dụng cho tầng chứa nước có hệ số thấm >10 ⁻³ m/s	✗	✓	Theo Kruseman (1994)
Trên thế giới đã có Quy chuẩn, quy phạm,...	✓	✓	Đã được công nhận và áp dụng rộng rãi
Ở Việt Nam đã có TCVN, quy phạm,...	✗	✗	Đã được công nhận và áp dụng rộng rãi
Tổng hợp 10 tiêu chí	Đạt 7/10	Đạt 8/10	

cấu hoặc có các đoạn ống lọc nằm trên mực nước tĩnh.

So sánh các tiêu chí cơ bản khi tiến hành thí nghiệm xác định hệ số thấm K bằng hai phương pháp được tổng hợp trong Bảng 4.

Với các ưu, nhược điểm trên, nhóm tác giả đề xuất cần có các nghiên cứu chi tiết hơn, áp dụng cho nhiều loại tầng chứa nước với các cấp đường kính khác nhau. Bên cạnh đó, cần thiết phải xây dựng bộ Quy trình kỹ thuật cho phương pháp thí nghiệm slug test sử dụng khí nén trước khi áp dụng vào các nghiên cứu trong ĐCTV, địa chất công trình và địa chất thủy văn mỏ.

Lời cảm ơn

Tác giả bài báo xin cảm ơn Trường Đại học Mỏ-Địa chất đã hỗ trợ kinh phí cho đề tài cấp cơ sở T18-32.

Tài liệu tham khảo

American Society of Standards and Methods (ASTM), (2007). D7242 Standard Practice for Field Pneumatic Slug Test; D4044.

American Society of Standards and Methods (ASTM), (1991). Standard Test Method (Field Procedure) for Slug Tests for Determining Hydraulic Properties of Aquifers, v. 04.08.

Butler, James J. Jr., (1998). The Design, Performance, and Analysis of Slug Tests: *Lewis Publishers*, Boca Raton, p. 252.

Bouwer, H. and Rice, R. C., (1976). A slug test method for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells: *Water Resources Research*, Vol. 12, No. 3, page 423-428.

- Đoàn Văn Cánh, Bùi Học, Hoàng Văn Hưng, Nguyễn Kim Ngọc, (2002). Các phương pháp điều tra Địa chất thủy văn. *Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội*.
- Flemming Larsen, Pham Quy Nhan, Nguyen Bach Thao, (2008). Controlling geological and hydrogeological processes in an arsenic contaminated aquifer on the Red River flood plain, Vietnam. *Applied Geochemistry*, 23, 3099-3115.
- Fetter, Charles W, (1994). Applied Hydrogeology, Third Edition. *Prentice-Hall, Inc.* Upper Saddle River.
- Greene, E.A., and Shapiro, A.M, (1995). Methods of conducting air-pressurized slug tests and computation of type curves for estimating transmissivity and storativity: U.S. *Geological Survey Open*.
- Hvorslev, M. J., (1951). Time Lag and Soil Permeability In Ground-Water Observations, U.S. *Army Corps of Engineers Waterways Experimentation Station*, Corps of Engineers, U.S. Army, Bulletin No. 36, page 1-53.
- Kruseman , G.P and De Ridder, N.A, (1994). Analysis and Evaluation of Pumping test Data, *International Institute for Land Reclamation and Improvement*, Netherland. ILRI Publication 47, page 237-282.
- Nguyễn Bách Thảo, Phạm Quý Nhân, Flemming Larsen, (2007). Xác định hệ số thấm bằng thí nghiệm slug test trong lỗ khoan đường kính nhỏ. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa Chất*, số 20.
- Nguyễn Bách Thảo, Đặng Đình Phúc, (2006). Ứng dụng thí nghiệm đồ muối trong phòng để tính toán các thông số Địa chất thủy văn. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 17, Trường Đại học Mỏ - Địa chất*, quyển 3, trang 185-192.
- Nguyễn Bách Thảo, (2019). Nghiên cứu ứng dụng bộ thiết bị slug test sử dụng khí nén (pneumatic slug test) xác định hệ số thấm của tầng chứa nước lỗ hổng và trầm tích đáy sông. *Tuyển tập Hội nghị khoa học toàn quốc Địa kỹ thuật và xây dựng phục vụ phát triển bền vững, VIETGEO 2019*, 10/2019, Vĩnh Long, 349-353.
- Nguyễn Bách Thảo, (2007). Nghiên cứu mối quan hệ giữa nước mặt và nước dưới đất bằng thí nghiệm thấm rỉ (seepage) của đáy sông. *Đề tài NCKH cấp Cơ sở mã số T2007-39*, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- Nguyễn Bách Thảo, (2011). Nghiên cứu, xác định mối tương quan giữa hệ số thấm và hệ số dẫn nước theo thí nghiệm thấm ngoài trời và thí nghiệm máng thấm trong phòng, lấy ví dụ vùng Đan Phượng, Hà Nội. Mã số: B2010-02-84; *Bộ Giáo dục và Đào tạo*. 137 trang.
- Nguyễn Minh Lân, (2012). Nghiên cứu mối quan hệ giữa nước sông và nước dưới đất, đề xuất hệ phương pháp xác định trữ lượng khai thác nước dưới đất vùng ven sông Hồng từ thị xã Sơn Tây đến Hưng Yên. Mã số: TNMT.02.33; *Đề tài Cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường*. 203 trang.
- Phạm Quý Nhân, Nguyễn Bách Thảo, Nguyễn Thị Thanh Thủy, (2007). Thí nghiệm cột thấm trong xác định các thông số Địa chất thủy văn phục vụ nghiên cứu dịch chuyển. *Tạp chí Địa kỹ thuật*, số 03-2007, trang 58-65.