

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ CÁP QUANG TRONG QUAN TRẮC ĐƯỜNG BẢO HÒA TRONG THÂN ĐẬP

Lê Thị Thu Hiền¹, Phạm Quý Ngọc²

¹*Đại học Thủy lợi, email: hienle@tlu.edu.vn*

²*Viện Dầu khí Việt Nam, email: ngocpq.epc@vpi.pvn.vn*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây, ở các nước phát triển công nghệ cáp quang đã được ứng dụng rộng rãi trong quan trắc các công trình xây dựng dân dụng nói chung và các công trình đập nói riêng. Phương pháp quan trắc bằng cáp quang có nhiều ưu điểm vượt trội so với các phương pháp truyền thống (Aufleger, 1996). Phép đo có thể thực hiện liên tục theo thời gian thực, dây cáp quang có kích thước nhỏ, chiều dài lớn có thể đưa vào nhiều dạng kết cấu khác nhau, chiều dài cáp hiện nay có thể lên đến 50 km với độ phân giải 1-5 cm với 1 trạm thu phát (Aufleger, 2000). Với tính chất như vậy cáp quang rất phù hợp với các công trình có chiều dài lớn như đập hay quan trắc mực nước ngầm.

Khi xung laser đi trong cáp quang qua các môi trường khác nhau sẽ cho tín hiệu phản xạ lại nguồn phát tín hiệu raman khác nhau (độ trễ bước sóng). Hiệu ứng Raman rất nhạy với sự thay đổi nhiệt độ của môi trường vì vậy phân tích tín hiệu phản hồi xung laser sẽ cho ta phân bố nhiệt độ dọc theo chiều dài cáp với độ chính xác đến $\pm 0.01^\circ\text{C}$. Các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm đã tối ưu hóa cấu hình cảm biến cáp quang và thuật toán tính vận tốc thấm theo thời gian thực từ phương trình truyền nhiệt đối lưu (Pham et al., 2014; Chang and Pham, 2015).

Nghiên cứu này thực hiện ngoài hiện trường, tập trung vào một đặc tính ứng dụng của cáp quang là quan trắc sự thay đổi của mực nước trong thân đập dựa vào phân bố nhiệt độ theo thời gian thực và sử dụng cả hai

phương pháp không nguồn nhiệt (thụ động) và có nguồn nhiệt (chủ động).

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Stallman (1963) đã phát triển phương trình truyền nhiệt vi phân từng phần tổng quát cho dòng thấm mang theo nhiệt trong môi trường rỗng bão hòa:

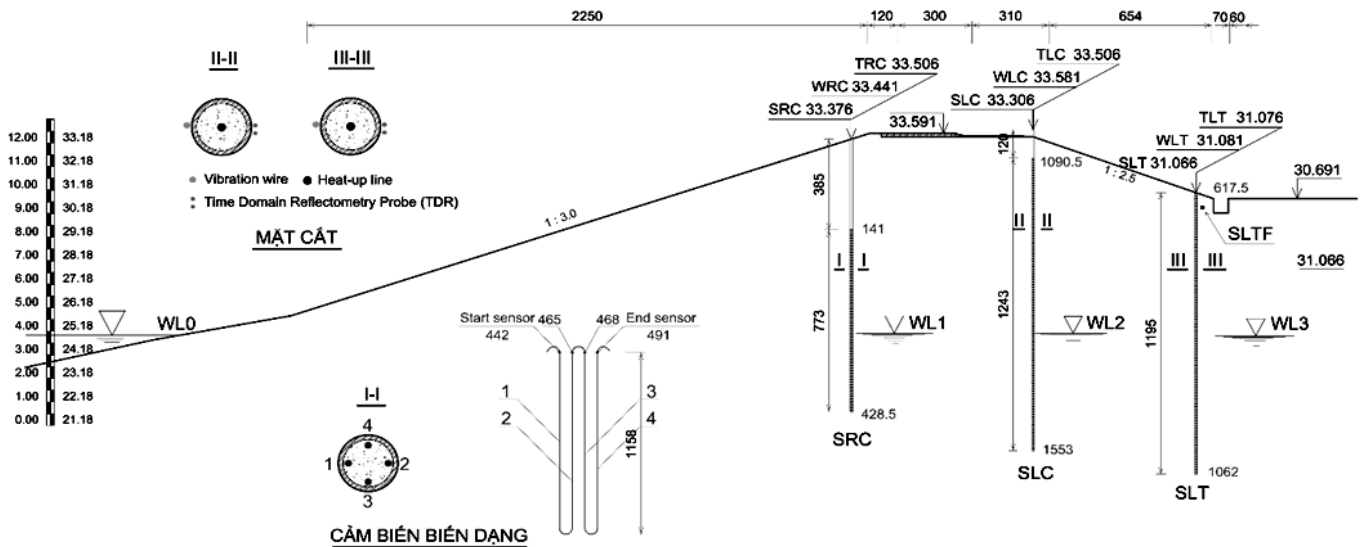
$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \\ = \frac{C_w \rho_w}{k} \left[\frac{\partial(v_x T)}{\partial x} + \frac{\partial(v_y T)}{\partial y} + \frac{\partial(v_z T)}{\partial z} \right] \\ + \frac{C \rho}{k} \frac{\partial T}{\partial t} \end{aligned}$$

Trong đó:

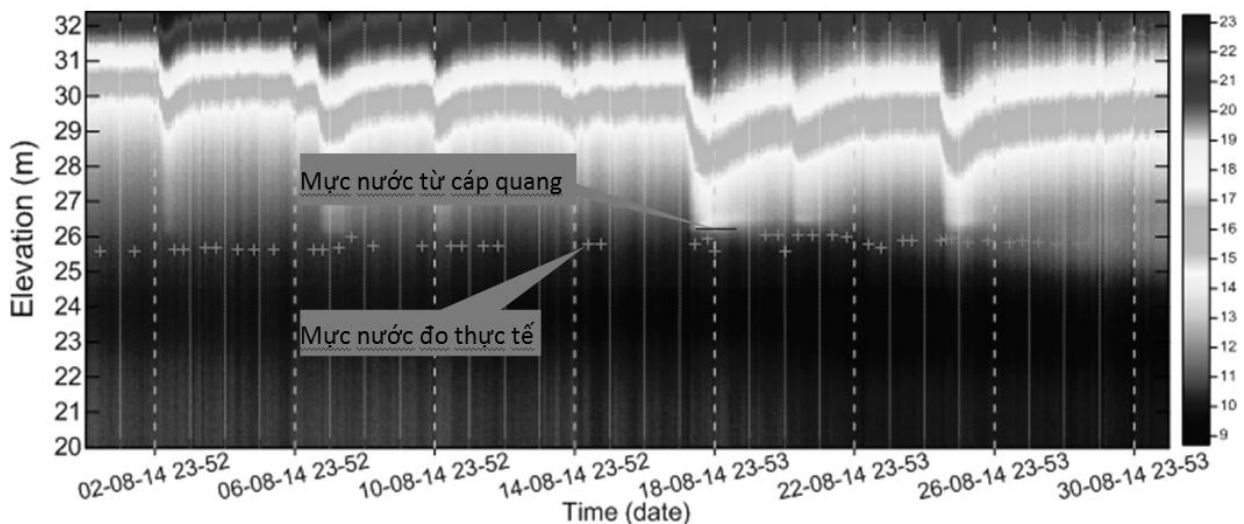
T : Nhiệt độ tại điểm bất kỳ tại thời gian t ; C_w , C : Nhiệt dung riêng của chất lỏng và môi trường truyền; ρ_w , ρ : Mật độ của chất lỏng và môi trường truyền; v_x , v_y , v_z : Vận tốc thấm thành phần theo chiều x , y và z ; x , y , z : Tọa độ Đề các; và k : Độ dẫn nhiệt.

Khi biết các tham số vật lý của môi trường và sự phân bố nhiệt độ từ kết quả đo theo cáp quang ta có thể xác định được phân bố độ dẫn thủy lực theo không gian và thời gian thực. Pham et al. (2014) và Chang and Pham, (2015) đã giải quyết bài toán trên theo phương thẳng đứng ở quy mô phòng thí nghiệm.

Từ kết quả đo cảm biến cáp quang tối ưu trong phòng thí nghiệm các tác giả đã áp dụng cho quan trắc đường bão hòa trong thân đập ngoài hiện trường với sơ đồ bố trí như hình 1.



Hình 1. Trạm quan trắc Kumoh, bờ trái sông Nakdong, Korea



Hình 2. Phân bố nhiệt độ theo độ sâu và thời gian - Phương pháp nhiệt thụ động

Ba cảm biến cấp quang SRC, SLC và SLT được lắp đặt ở thượng, hạ lưu đập và chân đập.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

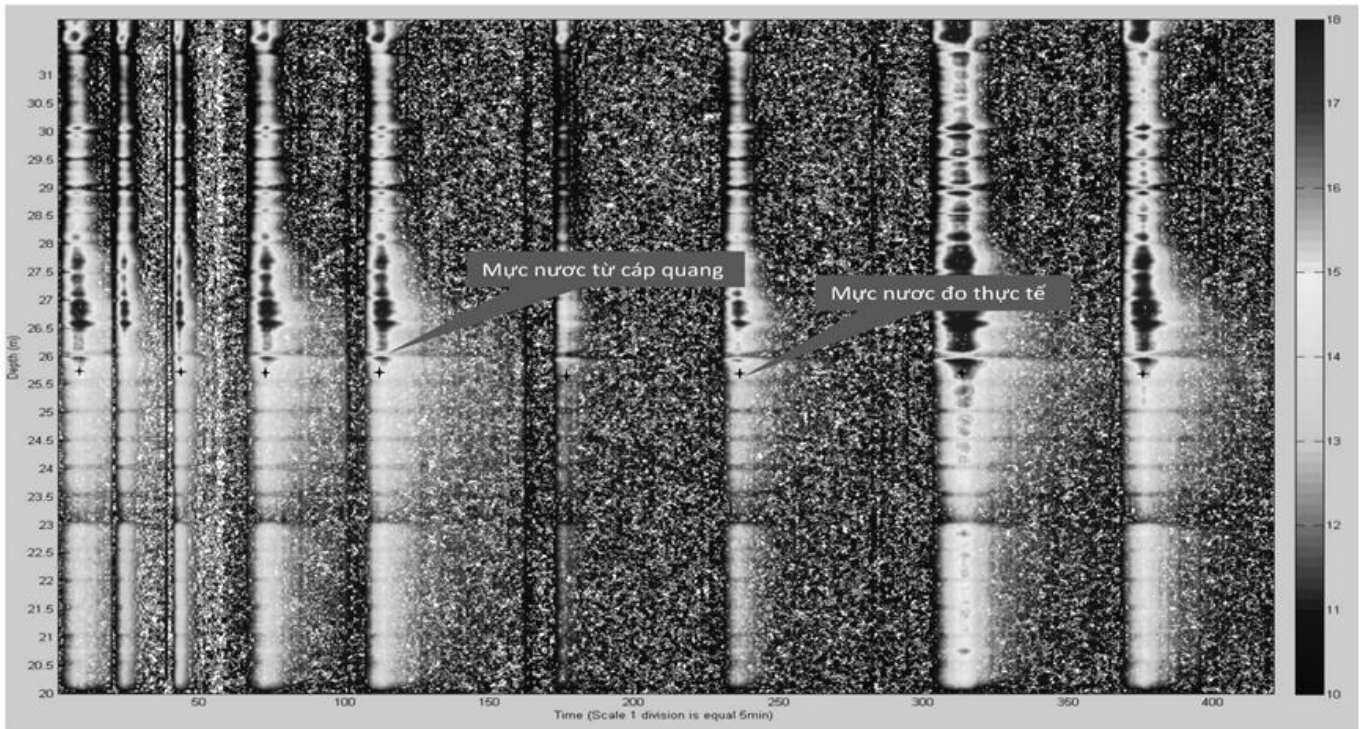
Hình 2 biểu diễn phân bố nhiệt độ tại SLC theo chiều sâu và thời gian liên tục trong 30 ngày. Mức nước tại lỗ khoan SLC được đo thủ công để so sánh với kết quả mức nước từ nhiệt độ đo bằng cảm biến cấp quang. So với mức nước có thể xác định được từ phân bố nhiệt độ thì mức nước đo thực tế (màu da cam) thấp hơn từ 15 đến 20cm.

Mức nước đo trong lỗ khoan là mức nước bão hòa, trong khi đó mức nước xác định được từ phân bố nhiệt độ là vị trí có sự thay

đổi của độ dẫn nhiệt và nhiệt dung riêng tại đó. Sự chênh lệch này có thể giải thích là cột nước mao dẫn do hiện tượng mao dẫn trong môi trường lỗ rỗng.

Phương pháp nguồn nhiệt thụ động chỉ dựa vào nguồn nhiệt tự nhiên trong môi trường lỗ rỗng, cần sử dụng đến thuật toán để xử lý dữ liệu nhằm làm tăng độ phân giải. Hình 2 đã được tăng độ phân giải bằng thuật toán Kriging.

Hình 3 là phân bố nhiệt độ theo chiều sâu và thời gian có sử dụng nguồn nhiệt trong lõi cảm biến cấp quang. Kết quả đo mức nước thực tế và mức nước xác định được từ phân bố nhiệt độ cũng tương tự như trường hợp trên nhưng rõ ràng hơn và không cần xử lý thuật toán làm tăng độ phân giải.



Hình 3. Phân bố nhiệt độ theo độ sâu và thời gian - Phương pháp nhiệt chủ động

4. KẾT LUẬN

Phương pháp quan trắc mực nước bão hòa trong thân đập theo thời gian thực bằng cảm biến cáp quang cho thấy độ chính xác cao qua so sánh với mực nước đo thực tế. Quan trắc bằng phương pháp nguồn nhiệt chủ động cho thấy sự biến đổi của đường bão hòa rõ ràng hơn so với phương pháp chỉ dùng nguồn nhiệt tự nhiên, hơn nữa phương pháp này cũng không cần xử lý dữ liệu bằng thuật toán để tăng độ phân giải.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Aufleger, M. (1996): Ein Beitrag zur Auswertung von Erddruckmessungen in Staudämmen. Dissertation. Berichte des Lehrstuhls für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Report No. 78, Technische Universität München, ISSN 0947-7187.

- [2] Aufleger, M. (2000). Verteilte faseroptische Temperaturmessungen im Wasserbau. Habilitation, Berichte des Lehrstuhls für Wasserbau und Wasserwirtschaft. ReportNo. 89, Technisch Universität München, ISSN 1437-3513.
- [3] Chang, K.T., Pham, Q.N. (2015). Delineation of groundwater and estimation of seepage velocity using high-resolution distributed fiber-optic sensor. Journal of the Korean Geo-Environment Society, 16(6), p39-43.
- [4] Pham, Q.N., Chang, K.T, Chang, W.C. (2014). A Novel approach to evaluate seepage flow using temperature profile from high-resolution distributed fiber-optic sensing. 7th European Symposium on structural health monitoring. July 8-11, 2014, Nantes, France.
- [5] Stallman, R. (1963). "Notes on the use of temperature data for computing ground-water velocity," in Methods of Collecting and Interpreting Groundwater Data, pp. H36-H46.