

Giám sát theo kỹ thuật mới cho 40 km đê dọc sông Ranh

Patrick Pinettes & Cyril Guidoux¹
Jean-Robert Courivaud & Jean-Jacques Fry²
Alain Cassard & Julien Miceli³

GIỚI THIỆU

Theo một đạo luật mới của Pháp ban hành cuối năm 2007 chủ của các đê và đập có một tầm quan trọng nhất định nào đó (có vùng hạ lưu đông dân cư và/hoặc các lợi ích kinh tế dễ chịu các rủi ro) phải luôn luôn đảm bảo rằng họ đang quản lý an toàn công trình của họ một cách đúng đắn. Trong phạm vi điều chỉnh của đạo luật này, năm 2009 cơ quan *Đường Thủy Quốc Gia Pháp*, chuyên trách về khai thác các kênh công cộng (hơn 6.200 km kênh ở Pháp), đã tiến hành mời thầu lắp đặt một hệ thống theo dõi mới cho các đoạn đê trong vùng Gamsheim-Iffezheim dọc sông Ranh (H.1). Mục tiêu của hệ thống này là nhằm đảm bảo an toàn cho cư dân hạ lưu/bên trong các đoạn đê dài 38 km nói trên, đồng thời tối ưu công tác bảo trì về phương diện kinh tế và đảm bảo duy trì hoạt động đường thủy hiệu quả trong nhiều thập kỷ.



Hình 1. Vị trí của các con đê dài 38 km được theo dõi trong phạm vi mời thầu năm 2009 của cơ quan *Đường Thủy Quốc Gia Pháp*.



Ba tổ chức SAFEGE, geophyConsult và EDF đã quyết định liên danh để đấu thầu và đã đề xuất một hệ thống theo dõi dựa trên kỹ thuật mới với sự kết hợp chưa từng được áp dụng giữa:

- đo đặc nhiệt độ phân bố trong và dọc theo chiều dài đê, với mục đích phát hiện sớm những dấu hiệu rò rỉ hoặc thấm,
- đo đặc mức nước, địa hình và cột nước đo áp, nhằm tương ứng:
 - phát hiện theo thời gian thực những nguy cơ tràn đỉnh hay xảy ra tải trọng cực đoan,
 - phát hiện những vùng lún hay biến dạng, cung cấp những thông tin bổ sung theo thời gian thực về các nguyên nhân khả dĩ gây nên các rò rỉ hay thấm đã phát hiện được đó

HỆ THỐNG THEO DÕI DỰA TRÊN KỸ THUẬT QUANG HỌC SỢI

Các công cụ có nhiệm vụ quản lý an toàn công trình thủy lợi thường được dựa trên:

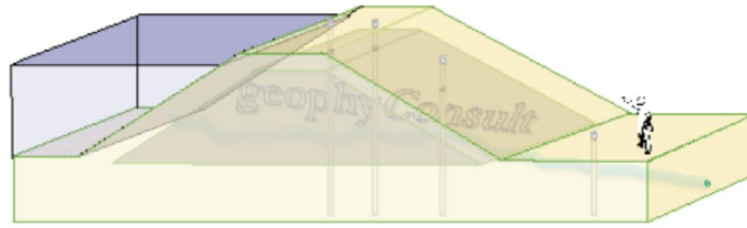
- « các công cụ bảo vệ thụ động » – gồm mọi thành phần của công trình (bộ phận lọc, chống thấm...);

¹ geophyConsult SAS – 159, quai des Allobroges – 73 000 Chambéry – France – pinettes@geophyconsult.com

² EDF-CIH – Savoie Technolac – 73 373 Le Bourget du Lac – France

³ SAFEGE - 27, route de la Wantzenau – 67 800 Hoenheim – France

- « các công cụ bảo vệ tích cực » – gồm công tác kiểm tra bằng mắt thường và bằng các hệ thống theo dõi truyền thống, thường dựa trên các thiết bị đo áp, đo mức nước sông/hồ và đo lưu lượng tiêu.



Hình 2. Hệ thống theo dõi quan trắc truyền thống ở đê.

Trong thực tế, những công cụ như vậy bị hạn chế về mặt thời gian vì không có được quá 1 số liệu 1 tuần (do người bảo vệ đê không kiểm tra cùng một đoạn đê hơn 1 lần 1 tuần), và bị hạn chế về không gian vì chiều dài đoạn đại diện không dưới 10 m (do trong trường hợp dày đặc nhất các ống đo áp cũng cách nhau đến 10m).

Trong khi đó, xói ngầm có khả năng phát triển rất nhanh (chưa đến nửa ngày) và rất tập trung (trong phạm vi khoảng 1 m). Vì vậy, những hệ thống theo dõi truyền thống không đủ thích ứng cho theo dõi hiện tượng xói với yêu cầu mật độ theo dõi phải dày đặc hơn nữa cả về thời gian cũng như không gian.

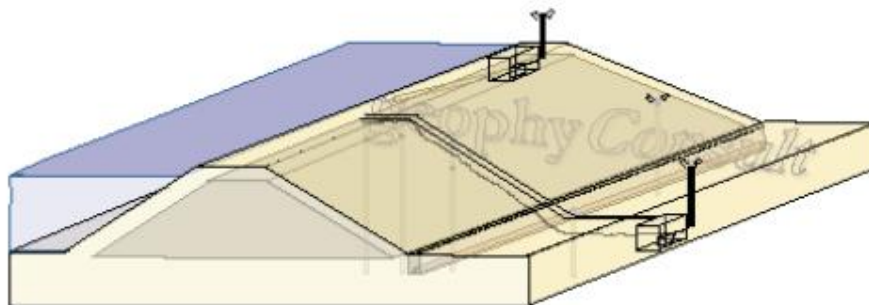
Một khi được trang bị đúng cách, có thể sử dụng quang học sợi như « các thiết bị đo nhiệt phân bố bị động » và có thể đo được, với chi phí thấp, các nhiệt độ và biến dạng 10 phút một và theo từng mét một trên những đoạn chiều dài lớn ($< 2 \times 30$ km) với mức đo được chính xác đến dưới 0.1°C và $20 \mu\epsilon$.

Vì nhiệt độ là một chỉ số rất tốt đối với các dấu hiệu sớm về rò rỉ trong công trình thủy lợi nên các hệ thống theo dõi dựa trên kỹ thuật quang học sợi đã kết hợp công tác đo các thông số cần thiết với công nghệ cao tiềm năng (ví dụ, chúng có thể kết hợp với geotextile) có chi phí thấp, tin cậy và ổn định lâu dài theo thời gian (> 30 năm).

CẤU TRÚC CỦA HỆ THỐNG GIÁM SÁT GAMBSHEIM-IFFEZHEIM

Dự án đã được bắt đầu với những chẩn đoán chi tiết về an toàn của các con đê cần được theo dõi, những chẩn đoán này dẫn đến nhận dạng được những nguyên nhân gây vỡ đê hay hư hại tiềm năng sau:

- dòng thấm có thể mang đi những vật liệu hạt mịn ở mái thượng lưu của đường tiêu nước,
- dòng thấm hoặc tình trạng gây ẩm ướt ở chân đê và ở cơ đê,
- thấm mạnh ở phần bên trên của mái đê hạ lưu trong tình huống xảy ra lũ cực lớn,
- mức nước sông Ranh dâng lên đến mức đỉnh đê,
- xuất hiện hồ sụt ở mái thượng lưu, ở đỉnh hoặc mái hạ lưu của đê,
- dao động thất thường của mức cột nước đo áp,
- xói mái thượng lưu của đường tiêu,



Hình 3. Cấu trúc của hệ thống theo dõi Gambsheim-Iffezheim.

- lún ở đỉnh đê,
- xói đỉnh do tác dụng của sóng, do gấn âu thuyền.

Để theo dõi những chỉ hiệu của những hư hại tiềm năng nói trên, chúng tôi đã thiết kế một hệ thống theo dõi dựa trên quang học sợi để cung cấp những thông tin về sự xuất hiện của dòng thấm trong khối đắp hoặc nền, và hệ thống này được kết nối với những số liệu đo cột nước đo áp nhằm giúp hiểu được các hiện tượng xảy ra tại những vùng bất thường đã tồn tại từ lâu hay tại các vùng bất thường mới phát hiện ra sau lũ hoặc sau một tình huống động đất, cũng như các số liệu đo mức nước ở sông Ranh để từ đó, bằng cách nội suy, xác định được mức nước sông Ranh dọc theo chiều dài công trình/đê và phát hiện được những thời kỳ có nguy cơ tràn đỉnh đê, và những số liệu đo địa hình nhằm góp phần theo dõi dài hạn công trình.

Song song với hệ thống theo dõi quan trắc này, một tổ chức có nhiệm vụ vừa tiến hành theo dõi dài hạn ứng xử của đê vừa theo dõi theo thời gian thực trong các trận lũ hoặc sau trận động đất cũng được thành lập, gồm các kỹ sư sẵn sàng 24/24, 7/7 trong thời gian lũ hoặc sau động đất để tải các số liệu quan trắc về, diễn giải chúng theo thời gian thực và cảnh báo cho các chủ đập ở mức độ tiềm năng cũng như khuyến nghị họ về các biện pháp cần thực hiện. Tổ chức này cũng sẵn sàng thực hiện công tác giám sát dài hạn và kiểm tra bằng mắt thường thường kỳ.

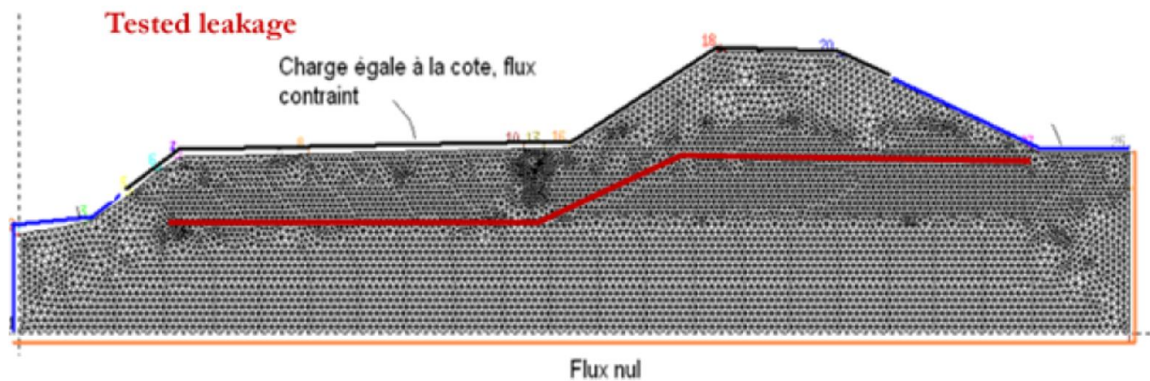
Để đảm bảo công tác giám sát thực hiện được ngay cả trong những trận lũ cực lớn, khi mà hệ thống điện và điện thoại có thể bị gián đoạn, tất cả các trạm đều được trang bị các acquy độc lập và mọi cảm biến đều được đo từ xa bằng những hệ thống hoàn toàn độc lập (trên thực tế, đó là các trạm độc lập có tần số vô tuyến được cấp riêng).

THIẾT KẾ HỆ THỐNG DỰA TRÊN KỸ THUẬT QUANG HỌC SỢI

Tiến hành mô phỏng số ứng xử thủy lực-nhiệt ở các mặt cắt đại diện nhằm mục đích:

- tối ưu hóa vị trí quang học sợi,
- đảm bảo độ nhạy của hệ thống theo dõi trong các kịch bản rò rỉ khả dĩ.

Những mô phỏng nói trên đã được bắt đầu với mô hình thủy lực-nhiệt 2D của những mặt cắt đại diện của các đoạn đê, bao gồm những kịch bản rò rỉ hiện thực trên cơ sở các kết luận từ chẩn đoán an toàn ban đầu (H 4).

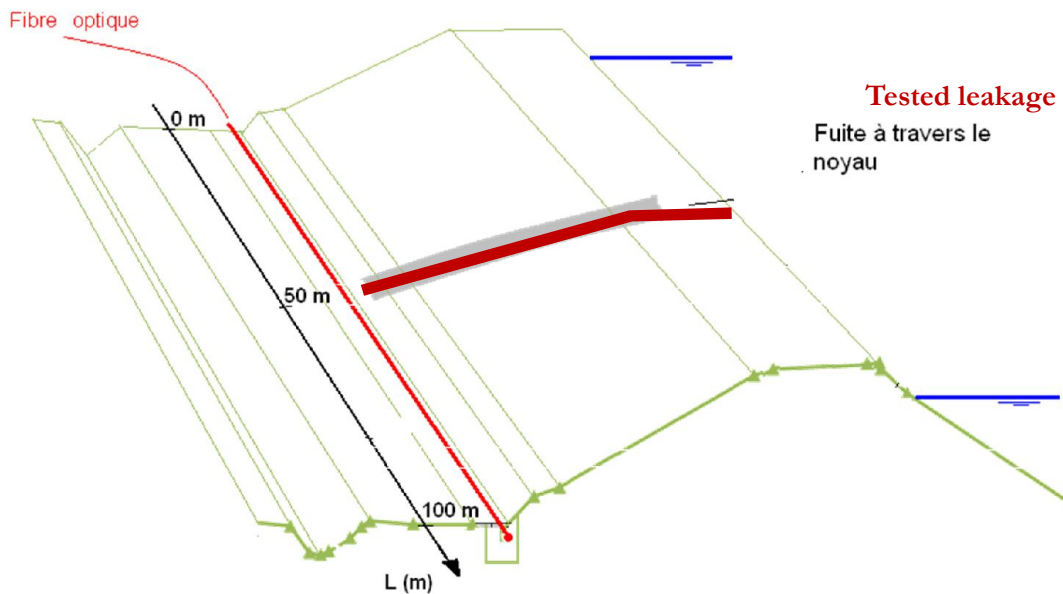


Hình 4. Mô hình thủy lực-nhiệt COMSOL 2D của những mặt cắt đại diện của các đoạn đê.

Sau đó, xây dựng một mô hình giả thủy lực-nhiệt 3D của công trình, gồm 2×48 mặt cắt đại diện không xảy ra rò rỉ ở về hai phía của mặt cắt đê xảy ra rò rỉ đang xét (H. 5).

Tiếp theo, mô hình giả thủy lực-nhiệt 3D này trải qua 4 năm dưới các điều kiện biên đại diện (nghĩa là các tải trọng theo chu kỳ tác dụng lên đê, các số liệu khí tượng theo các thời kỳ...) và tính toán nhiệt độ tại các điểm dự kiến thực hiện đo nhiệt độ. Cuối cùng, các chuỗi quá trình nhiệt độ mô phỏng tính được

trong các kịch bản rò rỉ thí nghiệm được xử lý bằng các chương trình dùng để xử lý các số liệu thực tế, để từ đó kiểm tra xem hệ thống theo dõi dự kiến có phát hiện được các kịch bản rò rỉ hay không.



Hình 5. Mô hình giả thủy lực-nhiệt 3D của công trình

Các mô phỏng nói trên đã cho thấy một sợi quang học đặt trong hào sâu 1 m được đào ở chân mái hạ lưu sẽ phát hiện được mọi kịch bản rò rỉ ở mọi thời điểm trong năm, lâu nhất là sau một vài tuần theo dõi, khi nhiệt độ không khí trở nên tương tự với nhiệt độ của nước, còn hầu hết thì chỉ sau một vài ngày theo dõi.

Tiếp theo, mô hình giả thủy lực-nhiệt 3D này trải qua 4 năm dưới các điều kiện biên đại diện (nghĩa là các tải trọng theo chu kỳ tác dụng lên đê, các số liệu khí tượng theo các thời kỳ...) và tính toán nhiệt độ tại các điểm dự kiến thực hiện đo nhiệt độ. Cuối cùng, các chuỗi quá trình nhiệt độ mô phỏng tính được trong các kịch bản rò rỉ thí nghiệm được xử lý bằng các chương trình dùng để xử lý các số liệu thực tế, để từ đó kiểm tra xem hệ thống theo dõi dự kiến có phát hiện được các kịch bản rò rỉ hay không.

Các mô phỏng nói trên đã cho thấy một sợi quang học đặt trong hào sâu 1 m được đào ở chân mái hạ lưu sẽ phát hiện được mọi kịch bản rò rỉ ở mọi thời điểm trong năm, lâu nhất là sau một vài tuần theo dõi, khi nhiệt độ không khí trở nên tương tự với nhiệt độ của nước, còn hầu hết thì chỉ sau một vài ngày theo dõi.

LẮP ĐẶT HỆ THỐNG THEO DÕI

Hệ thống theo dõi nói trên đã được lắp đặt từ tháng tám 2013 đến cuối tháng tư năm 2014. 40 km sợi quang học đã được đặt trong đường hào trong thời gian 3.5 tháng, chủ yếu sử dụng một loại máy đào hào có tốc độ đào trung bình 2 km/ngày (H.6). Trong một số trường hợp không thể dùng được máy đào hào chuyên dụng này thì có thể dùng các máy đào thông thường khác để thay thế.

Một hệ thống theo dõi truyền thống có hệ thống truyền dữ liệu vô tuyến đã được lắp đặt từ tháng giêng đến cuối tháng tư 2014 (H7 & 8).



Hình 6. Máy đào hào được chủ yếu sử dụng trong lắp đặt



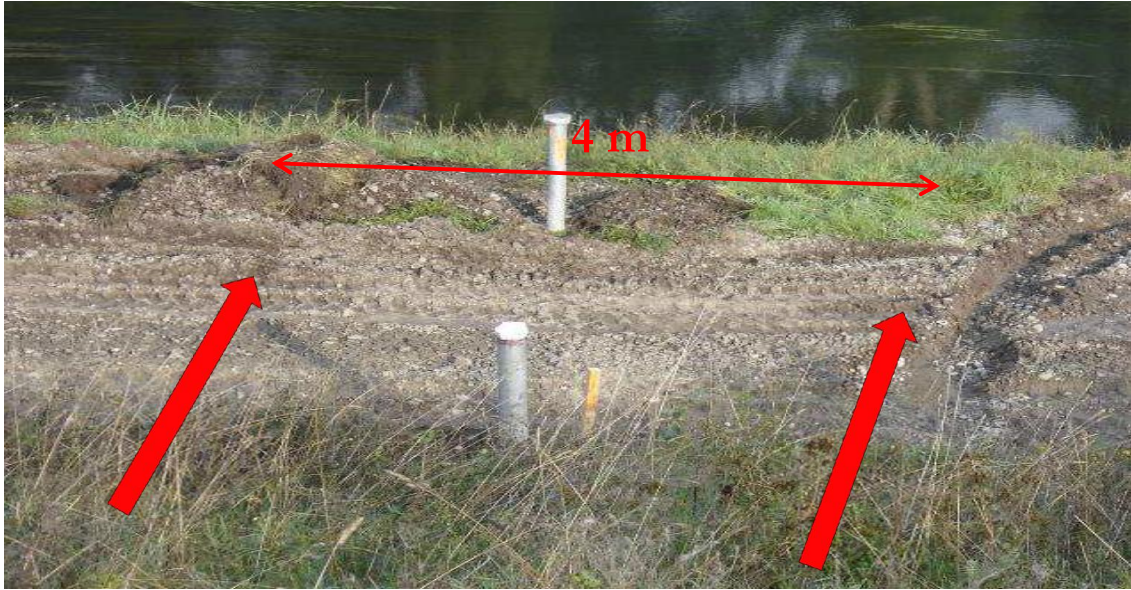
Hình 7. Ví dụ về trạm đo mức nước



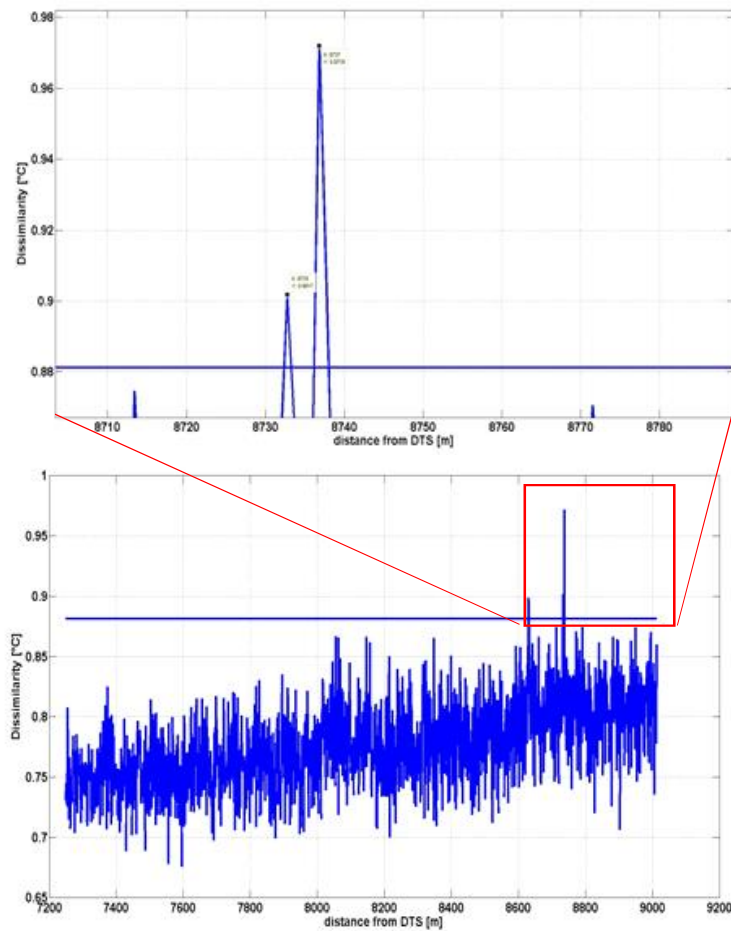
Hình 8. Ví dụ về trạm đo cột nước đo áp.

KẾT QUẢ BAN ĐẦU

Trong thời gian lắp đặt đã phát hiện ra hai rò rỉ ở vị trí gần với sợi quang đang hoạt động. Chúng tôi đã đọc các số liệu thô trong theo gian thực và phát hiện được tức thì hai rò rỉ nói trên, chưa cần phải tiến hành xử lý các số liệu (H. 9 & 10).



Hình 9. Hình chụp hai rò rỉ được phát hiện trong thời gian lắp đặt.



Hình 10. Số liệu thô quan trắc được trong thời gian lắp đặt, cho thấy lộ rõ hai vị trí rò rỉ nêu trên.

KẾT LUẬN

Hệ thống theo dõi dựa trên kỹ thuật mới, gồm việc kết hợp chưa từng được áp dụng giữa việc đo nhiệt độ phân bố dựa trên các sợi quang học với việc đo mực nước, địa hình và cột nước đo áp theo phương pháp truyền thống đã được thiết kế và thực hiện cho 40 km đê sông Ranh. Hiện hệ thống này đang hoạt động và có khả năng phát hiện được các rò rỉ thực sự xảy ra.

Chi phí đầu tư ban đầu được ước tính vào khoảng 2.6 triệu Euro, tương đương 55 Euro/m. Chi phí thực tế cuối cùng vào khoảng 2 triệu Euro, tương đương 40 Euro/m. Các kết quả này khẳng định hệ thống theo dõi dựa trên kỹ thuật quang học sợi là một công cụ hiệu quả và chi phí rất thấp cho quản lý an toàn của các công trình thủy lợi bằng đất đắp, đặc biệt là những công trình có nguy cơ xói ngầm.