

QUAN TRẮC NHIỆT (THERMAL MONITORING) – MỘT PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU QUAN TRẮC HIỆN TƯỢNG THẨM TRONG LÒNG ĐÊ VÀ ĐẬP ĐẤT

Krzysztof Radzicki¹

Tóm tắt: *Quan trắc nhiệt (thermal monitoring) thân đê, đập đã nâng cao chất lượng công tác quan trắc các công trình đê, đập đất nhằm phát hiện sớm cũng như phân tích sự biến đổi và phát triển của hiện tượng thẩm và xói trong lòng đê, đập. Điểm mấu chốt ở đây là ứng dụng các cảm biến nhiệt độ phân bố (eng. Distributed Temperature Sensing) cùng với sự phát triển của các phương pháp và mô hình phân tích tính toán hiện tượng truyền nhiệt cùng dòng nước chảy. Hiện tượng xói và thẩm bên trong thân đê đập là một trong những nguyên nhân chính ảnh hưởng tới kết cấu và độ an toàn của các công trình đê, đập đất. Quan trắc một cách chính xác hiện tượng này là chìa khóa để đảm bảo và nâng cao độ an toàn đối với các công trình đê đập, đồng thời giảm thiểu tối đa các chi phí vận hành khai thác và duy tu sửa chữa của công trình.*

Trong bài chúng tôi giới thiệu những thông tin sơ bộ về các phương pháp quan trắc nhiệt cũng như các vấn đề cần quan tâm trong công tác quan trắc nhiệt. Ngoài ra chúng tôi cũng giới thiệu các mô hình quan trắc nhiệt bằng phương pháp thụ động dành cho các công trình đê, đập thủy lợi. Đặc biệt trong bài tác giả đặt trọng tâm vào việc ứng dụng của phương pháp quan trắc nhiệt trong thực tế.

Từ khóa: Quan trắc, quan trắc nhiệt, đê, đập, xói, rò rỉ, thẩm

1. Giới thiệu chung

Thẩm bên trong thân đê, đập là một trong những nguyên nhân chính gây mất an toàn và ổn định của đê, đập. Quan trắc chính xác và triệt để hiện tượng này là chìa khóa để đảm bảo độ an toàn của đê, đập cũng như giảm thiểu tối đa các chi phí khai thác vận hành, duy tu sửa chữa các công trình này. Các tai họa xảy ra với các công trình thủy lợi loại này trong thời gian vừa qua ở nước ta và trên thế giới đã gây ra nhiều tổn thất về người và của. Một trong những phương pháp quan trắc các hiện tượng thẩm và xói đang được quan tâm và đánh giá rất cao với độ chính xác vượt trội so với các phương pháp cổ điển đó chính là quan trắc nhiệt – thermal monitoring.

2. Những nguyên tắc cơ bản của quan trắc nhiệt nhằm phát hiện thẩm và xói

2.1 Tương tác trong truyền nhiệt với dòng nước chảy

Phương pháp phân tích nhiệt trong dòng chảy của nước ngầm trong đất dựa trên sự tương tác giữa hiện tượng truyền nhiệt với dòng chảy của

nước. Sự tương tác này được thể hiện trong định luật bảo toàn năng lượng. Khi tốc độ dòng chảy là bằng không thì chỉ xảy ra hiện tượng truyền nhiệt một cách tự do, rất chậm. Nhưng chỉ cần một sự thay đổi nhỏ trong độ ẩm của môi trường đất đã có thể có ảnh hưởng tới tốc độ truyền nhiệt. Mặt khác trong trường hợp chuyển động của nước (thẩm, rò rỉ) thì nhiệt lượng cũng được truyền theo cùng với dòng chảy. Hiện tượng này được gọi là hiện tượng lan tỏa nhiệt (eng. advection) và hiện tượng này tạo ra mức độ truyền nhiệt lớn hơn nhiều so với hiện tượng truyền dẫn nhiệt (eng. thermal conduction), và khi tốc độ dòng chảy của nước càng lớn thì độ lan tỏa nhiệt cũng càng lớn hơn.

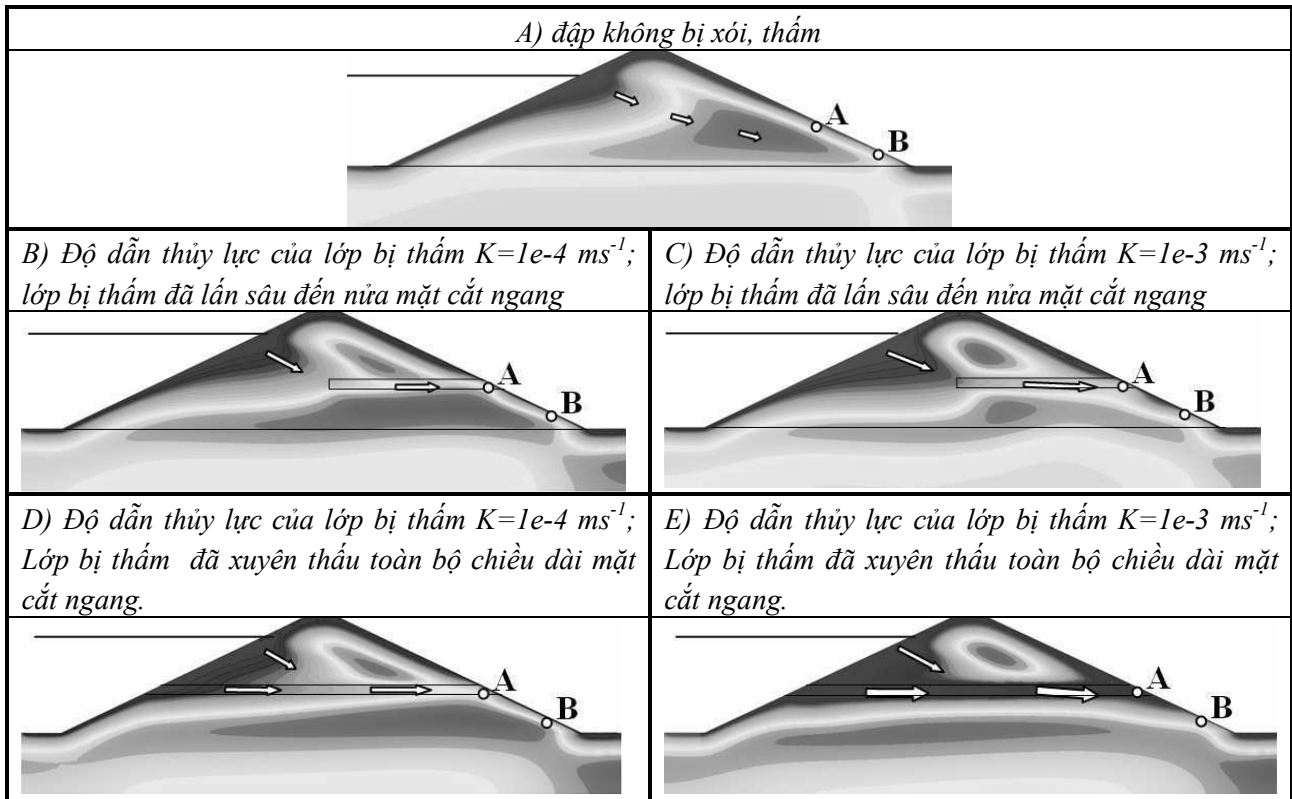
Quá trình xói và thẩm bên trong thân đê đập sẽ ảnh hưởng trực tiếp giá trị và hướng đi của các véc tơ dòng chảy và qua đó ảnh hưởng gián tiếp đến truyền nhiệt. Ngoài ra các hiện tượng xói khác nhau (xói theo lớp (suffosion), xói theo các khe rãnh, xói ở các bề mặt tiếp xúc...) có các đặc điểm đặc trưng phát triển khác nhau trong không gian và theo thời gian, điều này cũng sẽ được thể hiện qua phổ nhiệt (Radzicki

¹ Trường Đại học Bách khoa Cracow

and Bonelli, 2010 and 2012). Sự tương tác giữa hiện tượng truyền nhiệt và dòng nước chảy đã cho phép phương pháp quan trắc nhiệt có thể phát hiện và phân tích các hiện tượng thấm, rò rỉ và xói trong thân đê đập một cách hiệu quả.

Một ví dụ phân tích sự ảnh hưởng của quá trình phát triển hiện tượng xói, thấm theo lớp đến phổ

quang nhiệt trong mặt cắt thân đê trong cùng một thời điểm và dưới ảnh hưởng của cùng một gradien nhiệt và áp lực của cột nước tương tự được thể hiện trong hình 1. Qua các hình ảnh ta thấy sự phát triển của hiện tượng truyền nhiệt vào sâu trong thân đê tại khu vực có độ dốc lớn nhất cùng với hiện tượng thấm trong thân đê, đập.



Hình 1: Phổ nhiệt của mặt cắt ngang đập được xác định cùng lúc cho các độ dài khác nhau của lớp bị thấm và cho các giá trị khác nhau của độ dẫn thủy lực lớp bị thấm (Radzicki and Bonelli, 2012).

2.2 Phương pháp quan trắc nhiệt

Trong thời gian đầu, khi phương pháp quan trắc nhiệt bắt đầu phát triển thì công tác quan trắc được thực hiện bởi các cảm biến đơn lẻ, lắp đặt bên trong thân hoặc trong nền móng của đê, đập trong quá trình thi công hoặc duy tu bảo dưỡng của công trình hoặc bằng cách đo nhiệt độ của nước trong các ống piezometer (đo áp). Trong trường hợp các cảm biến nhiệt được lắp trong các ống piezometer thì nhiệt độ đo được trong cột nước của piezometer sẽ phản ánh nhiệt độ trong thân đê, đập tại khu vực xung quanh cột piezometer với một điều kiện là sự ảnh hưởng của hiện tượng lưu chuyển nước trong thân đê đập là rất nhỏ và có thể bỏ qua.

Điều mang lại sự thành công của phương pháp quan trắc nhiệt là việc ứng dụng phương pháp quan trắc tuyến tính. Khả năng quan trắc liên tục nhiệt độ thân đê đập suốt chiều dài của đê đập đã mang lại một chất lượng mới trong việc quan trắc và phát hiện các hiện tượng rò rỉ và thấm so với phương pháp truyền thống quan trắc từng điểm trước đó.

Một trong những công nghệ được ứng dụng trong quan trắc tuyến tính đó là công nghệ cảm biến cáp quang (Fiber Optic Sensor). Tín hiệu laser sẽ được truyền vào trong cảm biến cáp quang và trong quá trình phát tín hiệu trong cáp quang sẽ xảy ra hiện tượng phân tán các hạt foton ánh sáng. Một số hạt foton sẽ quay ngược

lại điểm xuất phát và hiện tượng này được gọi là phân tán ngược. Việc phân tích phổ ánh sáng phân tán ngược và so sánh với phổ ánh sáng phát đi cho phép xác định được chính xác nhiệt độ của cáp quang ở vị trí bị phân tán (Vogel, 2001). Hiện nay các thiết bị được ứng dụng trong công nghệ này cho phép quan trắc và đo đặc nhiệt độ trong phạm vi 1m cách cáp quang với độ chính xác là 0,1°C với chiều dài của cảm biến cáp quang lên đến 20km. Cáp quang sử dụng làm cảm biến trong công nghệ quan trắc nhiệt có vỏ bọc chống thấm và chống va đập, điều này cho phép dễ dàng lắp đặt chúng trong thân đê, đập với nhiều điều kiện khắc nghiệt và đảm bảo độ bền, độ ổn định lên đến hàng chục năm (Radzicki, 2009).

Một công nghệ khác nữa là đôi trọng của công nghệ cáp quang đó là công nghệ cáp đa cảm biến (*Multi Sensor Cables*). Đó là một dây cáp mà bên trong nó được tích hợp nhiều cảm biến đơn lẻ suốt theo chiều dài của cáp cùng với các dây truyền phát tín hiệu. Các cảm biến của cáp này sẽ được phân bố theo suốt chiều dài của cáp với một khoảng cách nhất định. Các khoảng cách đó phải được xác định một cách chính xác để đảm bảo quan trắc liên tục suốt chiều dài của cáp, tương ứng với công nghệ cảm biến cáp quang. Ưu điểm lớn nhất của công nghệ này ứng dụng cho các công trình đê đập ngăn và chi phí cho công nghệ này với những công trình đó là ít hơn vài lần so với công nghệ cảm biến cáp quang. Cáp đa cảm biến MCableS© của công ty NeoStrain là một ví dụ điển hình của công nghệ này. Công nghệ cáp đa cảm biến “multi sensor cables” ngoài việc lắp đặt dọc theo chiều dài các đê đập còn có thể lắp đặt để quan quan trắc nhiệt độ của nước theo chu kỳ định sẵn tại các ống đo áp piezometer. Với kích thước nhỏ gọn thì các cáp đa cảm biến không cản trở việc quan trắc định kỳ tại các ống piezometer để xác minh độ chính xác của các phép đo tự động.

Việc kết hợp các phép đo tự động theo suốt chiều dài đập cùng với các phép đo tại các ống piezometer tại các mặt cắt đặc trưng của đập cho phép chúng ta phân tích một cách kỹ lưỡng quá trình thấm và rò rỉ trên suốt chiều dài của

đập. Sau khi phát hiện những vị trí phát triển của quá trình thấm và rò rỉ trong thân đê đập chúng ta có thể lắp đặt ở những vị đó những ống piezometer để quan trắc phổ nhiệt theo phương thẳng đứng.

2.3. Xác định vị trí của các cảm biến trong thân công trình thủy lợi

Thông thường các cảm biến nhiệt được lắp đặt trực tiếp tại những khi vực có khả năng xảy ra hiện tượng rò rỉ lớn nhất, đặc biệt tại những đặc biệt là những vị trí xung quanh hệ thống thoát nước và các thiết bị lọc cũng như các thành phần kín, chống thấm ví dụ lõi của thân đập.

Vì các công trình thủy lợi có các kích thước khác nhau với nhiều kết cấu khác nhau trên các nền đất vì thế các việc xác định các vị trí lắp đặt các cảm biến quan trắc nhiệt cần được phân tích và tính toán bởi các chuyên gia có nhiều kinh nghiệm trong lĩnh vực quan trắc nhiệt đối với các công trình thủy lợi, thủy điện. Việc phân tích được dựa trên cơ sở thiết lập các mô hình tính toán các hiện tượng truyền dẫn nhiệt của nước.

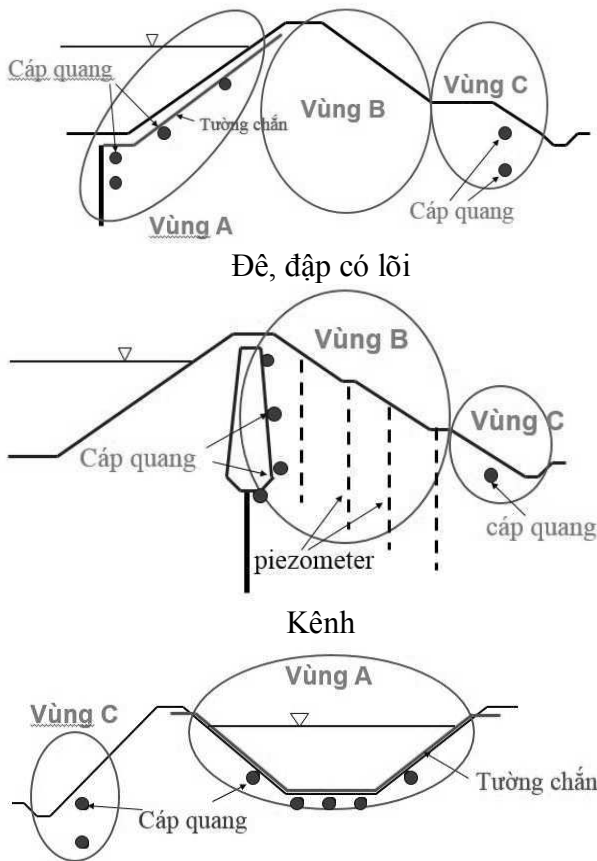
Nhưng về cơ bản chúng ta có thể chia ra làm 3 khu vực cơ bản để lắp đặt thiết bị quan trắc (hình 2). Việc triển khai lắp đặt các thiết bị quan trắc ở nhiều khu vực cùng một lúc sẽ nâng cao khả năng sớm phát hiện chính xác vị trí xuất hiện thấm và rò rỉ trong thân đê đập.

Một điều nữa cần phải nhấn mạnh rằng, giá thành của các thiết bị quan trắc và cảm biến là nhỏ hơn nhiều so với giá trị sửa chữa đê đập. Các hệ thống này được khuyến cáo lắp đặt ở những công trình đê đập được xây dựng mới hoặc ở những công trình đang tiến hành thi công sửa chữa, đặc biệt những công trình đang sửa chữa hệ thống thoát nước hay lớp chống thấm bề mặt.

Vùng A – Quan trắc ở vùng này có thể được áp dụng cho tất cả các công trình đê đập đất có tường chắn chống thấm bên phía hồ nước. Các cảm biến nhiệt có thể được lắp đặt trong thời gian sửa chữa hoặc thi công công trình mới, các cảm biến được lắp đặt bên dưới tường chắn chống thấm để kịp thời phát hiện các hiện tượng

rò rỉ ngay phía sau lớp chống thấm. Quan trắc nhiệt trong khu vực này cho phép sớm phát hiện hiện tượng rò rỉ thậm chí là rất nhỏ, khoảng 0,2 l/min/1m dài (Cunat 2010, Radzicki 2009).

Sơ đồ đê, đập chống lũ với tường chắn chống thấm ở phía hồ nước



Hình 2. Những vùng khác nhau nhằm xác định vị trí của các cảm biến nhiệt trong phương pháp quan trắc nhiệt.

Vùng B – việc lắp đặt các thiết bị quan trắc trong khu vực này có thể được thực hiện trong quá trình xây mới công trình hoặc trong quá trình đại tu công trình. Nếu như trong khu vực này có các cấu kiện chống thấm như lõi thân đê đập thì các thiết bị quan trắc được lắp đặt phía sau của các cấu kiện đó, thông thường trong khu vực bộ lọc hoặc hệ thống thoát nước. Còn nếu trong trường hợp không thể lắp đặt được các thiết bị quan trắc tuyến tính thì quan trắc nhiệt có thể thực hiện được bằng cách dẫn các thiết bị quan trắc vào trong các cột piezometer.

Vùng C – trong trường hợp với các công trình đã được xây dựng, các thiết bị quan trắc

nhiệt tuyến tính có thể được lắp đặt tại chân đê đập. Đó là giải pháp kinh tế nhất cho phép quan trắc phổ nhiệt liên tục suốt chiều dài đê đập với khối lượng thi công xây lắp và đào đắp thấp nhất, vì thế cũng ít chi phí nhất. Thông thường đây là khu vực tụ điểm của các hiện tượng rò rỉ, đặc biệt nếu như ở đó có các hệ thống thoát nước. Các nghiên cứu trên công trình thử nghiệm với tỉ lệ 1:1 đã cho thấy khả năng phát hiện được rò rỉ với tốc độ 2l/min/m dài (Cunat, 2010; Radzicki and Bonelli, 2010a).

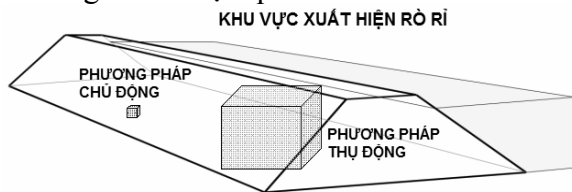
2.4. Quan trắc nhiệt thụ động và chủ động

Trong quan trắc nhiệt có hai biện pháp cơ bản để đo đạc và quan trắc nhiệt độ trong lòng đê, đập đó là phương pháp thụ động và chủ động. Bằng phương pháp thụ động thì chúng ta phân tích nhiệt độ tự nhiên của công trình. Nhiệt độ tại vị trí đo đạc được cấu thành trước hết từ ảnh hưởng của nhiệt độ bên ngoài và khi nhiệt độ đo đạc được ở vị trí cần đo đạc đã biến đổi khi truyền qua thân đê, điều này còn thuộc vào môi trường vật liệu của thân đê và các yếu tố khác nữa, vì thế sự thay đổi nhiệt độ trong thân đê phản ánh các điều kiện môi trường, vật liệu cũng như các hiện tượng xảy ra trong thân đê. Bằng cách này phương pháp quan trắc nhiệt thụ động cho phép chúng ta quan trắc toàn bộ thân đê và phân tích các hiện tượng rò rỉ và xói trong thân đê hay đập (Radzicki 2009).

Trong quan trắc nhiệt bằng phương pháp chủ động thì ngoài các cảm biến nhiệt bằng cáp quang được thi công trong thân đê còn có thêm thiết bị phát nhiệt, đó có thể là là một thanh sắt được làm nóng lên bằng điện trở. Việc áp dụng các phương pháp hiệu chỉnh thích hợp trong nghiên cứu truyền nhiệt cho phép chúng ta xác định tốc độ thấm nước xung quanh cáp quang (Pelzmaier et al. 2006). Nhưng phạm vi hoạt động của phương pháp này bị hạn chế bởi nhiều yếu tố, như môi trường của thân đê, đập hay nguyên liệu của thân đê đập và trước hết đó là thời gian đo đạc và quan trắc. Thông thường phạm vi hoạt động của phương pháp chủ động chỉ là vài cm, nếu thời gian phát nhiệt dài thì phạm vi có thể lên tới vài chục cm.

Việc lựa chọn phương pháp quan trắc – chỉ

áp dụng phương pháp thụ động hay phương pháp thụ động bổ sung phương pháp chủ động cần được nghiên cứu, phân tích một cách kỹ lưỡng bởi các chuyên gia trong lĩnh vực này kết hợp với các mô hình chuyên dụng để phân tích các biến đổi cũng như các hiện tượng thủy-nhiệt của công trình được quan trắc.



Hình 3. Mô hình so sánh phạm vi phát hiện và hoạt động của phương pháp thụ động và phương pháp chủ động quan trắc nhiệt

2.5 Phương pháp thụ động và mô hình để phân tích đo lường

Quan trắc các hiện tượng thấm, rò rỉ trong đập đất bằng phương pháp nhiệt đã được sử dụng trong hơn hai mươi năm qua (Johansson, 1997). Tuy nhiên, trong một thời gian dài ứng dụng này bị hạn chế, chủ yếu dùng để phân tích các khối lõi nằm sâu bên trong đập. Sự tác động đồng thời của nhiệt độ nước và nhiệt độ không

khí ảnh hưởng không nhỏ đến độ chính xác của nhiệt độ đo được trong thân đập. Việc phân tích các phép đo nhiệt độ chủ yếu dựa trên các phương pháp đơn giản, cho phép so sánh các dữ liệu đo được ở những vị trí khác nhau của các cảm biến hoặc sự khác biệt của nhiệt độ đo được trong các chuỗi thời gian khác nhau. Sau đó những kết quả này được so sánh với nhiệt độ thân đập được tính toán trong trường hợp không có thấm, rò rỉ (Konrad et al. 2000). Kết quả là, các phương pháp phân tích tín hiệu thu được chưa tiên tiến kéo theo những hạn chế đáng kể ảnh hưởng đến khả năng phân tích các dữ liệu đã thu được (Radzicki, 2009).

Hiện nay, phương pháp quan trọng để phân tích các phép đo nhiệt độ bao gồm các mô hình chuyên gia hầu hết trong số đó được xây dựng trong sáu năm qua. Sự khác biệt cơ bản giữa các mô hình liên quan đến độ dài tối thiểu của loạt đo nhiệt độ và phạm vi phân tích kết quả. Bảng 1 thể hiện phân loại một cách có hệ thống các mô hình được xem xét như đề xuất của Radzicki (2010) và các đặc trưng cơ bản của chúng.

Bảng 1. Phân loại và các đặc điểm chính của các mô hình phân tích nhiệt độ thụ động (Radzicki, 2010)

| Phân loại các mô hình phổ biến | Các mô hình xử lý tín hiệu | | Các mô hình với ý nghĩa của các thông số vật lý | |
|--|--|--|---|---|
| | Mô hình Nazwa | Mô hình phân tích hàng ngày | Mô hình tách nguồn | Mô hình phân tích chức năng phản ứng xung lực IRFTA |
| Thời gian thu dữ liệu nhiệt độ tối thiểu | Khoảng 1 ngày | Khoảng 2-3 tháng | 1 năm | |
| Phạm vi ứng dụng | Loại kết cấu thủy lực | Đê đập đất của các sông và các đê chống lũ | Đê và đập đất của các sông | |
| | Các điều kiện thủy lực | Vùng bão hòa và chưa bão hòa | | Chỉ vùng bão hòa |
| | Điều kiện nhiệt | Phân tích dữ liệu liên quan đến nhiệt độ hồ chứa và nhiệt độ không khí cũng như là các nguồn nhiệt khác. | Phân tích liên quan đến nhiệt độ hồ chứa và nhiệt độ không khí. | Chỉ phân tích ảnh hưởng của nhiệt độ hồ chứa; bỏ qua ảnh hưởng của nhiệt độ không khí |
| Nguyên tắc cơ bản | Phân tích dữ liệu hàng ngày sử dụng phương pháp phân | Phương pháp tách nguồn | Mô hình hóa với kết quả đánh giá gần đúng theo luật số mũ của chức năng phản ứng xung lực của | Đánh giá giải pháp đúng cho vấn đề liên quan đối với |

| Phân loại các mô hình phổ biến | Các mô hình xử lý tín hiệu | | Các mô hình với ý nghĩa của các thông số vật lý | |
|--------------------------------|--|---|--|--|
| | tích tín hiệu | | hệ thống. | lớp rò rỉ |
| Các ưu điểm chính | Phương pháp phát hiện rò rỉ nhanh nhất. Có khả năng cảnh báo sớm, lắp đặt hệ thống phát hiện rò rỉ tự động | Phương pháp phát hiện rò rỉ | Đánh giá Parametrical của nhiệt được ghép và vận chuyển nước, bao gồm khả năng phát hiện rò rỉ và đánh giá mức độ của nó Mô hình MORITO cho phép lọc ra các biến đổi nhiệt độ theo hình sin, theo mùa và theo năm | Ước tính tốc độ thấm trong lớp bị xói ngầm |
| Ví dụ mô tả ứng dụng mô hình | Beck et al., 2010 | Beck et al., 2010; Khan et al., 2008 | Radzicki, 2009; Radzicki and Bonelli, 2010; Artières et al., 2007 | Beck et al., 2010; Cunat, 2012 Johansson, 1997 |

3. Sự cần thiết của việc ứng dụng phương pháp quan trắc nhiệt

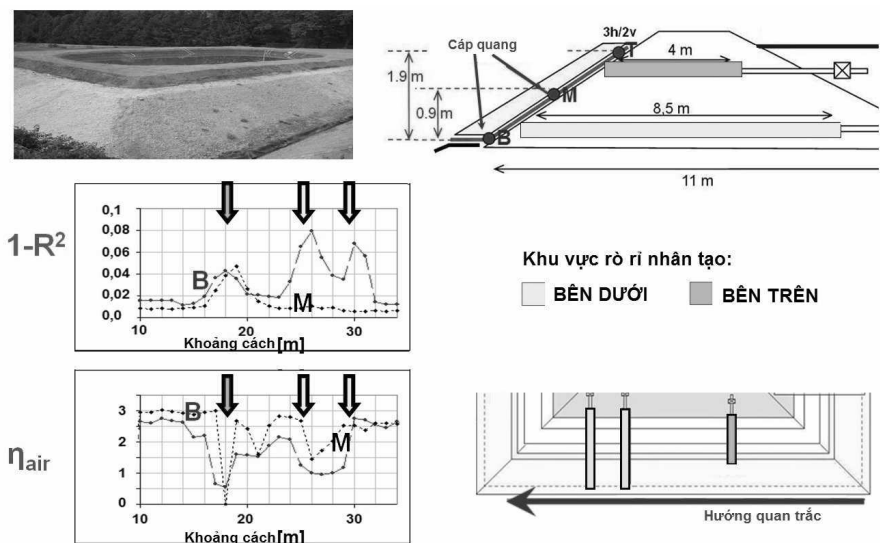
Tính hiệu quả và thực tiễn của phương pháp quan trắc nhiệt đã được chứng minh bởi số lượng lớn các áp dụng của công nghệ này trên nhiều công trình thủy lợi đã và đang vận hành cũng như trong nghiên cứu thử nghiệm. Các ví dụ áp dụng của phương pháp quan trắc nhiệt đã được trình bày trong nhiều tài liệu nghiên cứu chuyên ngành.

Các cáp quang cảm biến nhiệt được bố trí tại vị trí chân sạt lở của công trình đê, đập (nơi mà tốn ít chi phí và dễ dàng lắp đặt, đặc biệt là đối với các công trình đã xây dựng) đã chứng minh sự hiệu quả trong việc phát hiện và phân tích quá trình thấm, xói. Đồng thời đây cũng là khu vực có độ thấm chưa bão hòa hoặc bão hòa một phần và sẽ không bị ảnh hưởng lớn bởi nhiệt độ của nước.

Việc ứng dụng mô hình IRFTA để phân tích quá trình và diễn biến thấm, rò rỉ trong các công trình thủy lợi đã được trình bày bởi Radzicki và Bonelli (2010). Họ đã phân tích các dữ liệu nhiệt độ được đo tại một công trình kênh thử nghiệm tại Oraison ở Pháp, của Công ty EDF.

Kênh đã lắp đặt hệ thống cảm biến cáp quang tại vị trí chân của kết cấu. Theo kết quả phân tích của mô hình, suốt chiều dài của phần kênh được quan trắc thì có năm khu vực đã được xác định có liên quan trực tiếp đến quá trình thấm với mức độ tiến triển khác nhau. Phân tích các thông số của mô hình cho phép giải thích các hiện tượng vật lý của quá trình phát triển hiện tượng thấm và tạo điều kiện nhằm xác định mức độ thấm của công trình.

Hình 5 mô tả một ví dụ của quá trình phát hiện thấm bằng cách sử dụng mô hình IRFTA trong các cuộc thử nghiệm được thực hiện tại khu vực thí nghiệm PEERINE (Irstea, Aix-en-Provence, Pháp). Quan trọng hơn, trong trường hợp này Radzicki và Bonelli (2010) đã chứng minh rằng mô hình này cho phép phát hiện một



Hình 5. Phát hiện rò rỉ và thấm dựa vào mô hình IRFTA tại khu vực thí nghiệm PEERINE (Radzicki và Bonelli 2010)

cách hiệu quả các rò rỉ thậm chí rất nhỏ chỉ gây ra một sự thay đổi về độ ẩm của đất nền trong khu vực bị xói.

Một thí nghiệm rất quan trọng là dự án IJkDijk thực hiện tại Hà Lan vào năm 2009. Trong dự án này các phương pháp quan trắc thấm và rò rỉ khác nhau được áp dụng để phát hiện thấm qua một hệ thống đường ống đã được thiết kế sẵn tương tự như trong thực tế. Mô hình phân tích đê thực tế đã được áp dụng để kiểm tra diễn biến của hiện tượng thấm qua hệ thống đường ống lắp đặt tại khu vực tiếp xúc giữa thân đê và nền móng. Bốn thử nghiệm, dài từ 4-6 ngày đã được tiến hành, mỗi thử nghiệm được thực hiện cho đến khi kết cấu bị phá hủy, tức là đê bị vỡ. Việc ứng dụng các cảm biến nhiệt bằng cáp quang trong các thử nghiệm này cho phép hình dung một cách chính xác diễn biến của quá trình thấm và rò rỉ qua hệ thống đường ống ở quy mô thực của một công đê đập. Việc phân tích dữ liệu đo nhiệt độ bằng một sợi cảm biến cáp quang được lắp đặt tại vị trí chân sạt lở của kết cấu (Beck et al., 2010) theo Mô hình Phân tích Hàng ngày được phát triển bởi EDF (Pháp), được chứng minh là đặc biệt có giá trị. Mô hình Phân tích Hàng ngày có thể hoạt động theo chế độ tự động, các vị trí xảy ra thấm, xói được xác định sớm, thậm chí vài ngày trước khi kết cấu bị phá hủy.

Từ những thử nghiệm khả quan trong việc ứng dụng và thí nghiệm phương pháp quan trắc nhiệt, các phương pháp này đã được đề xuất bởi Hội Đập lớn Thế giới (ICOLD) trong Bản tin của mình (ICOLD, 2013) số 164, được chuẩn bị bởi Nhóm Nghiên cứu Châu Âu (EWG) về Hiện tượng xói của ICOLD: "...các phương pháp cổ điển có hiệu quả đối với xói ngược, xói ngầm và xói tiếp xúc. Xói, rò rỉ tập trung có thể phát triển nhanh chóng trong nhiều trường hợp. Hiện nay có nhiều phương pháp để phát hiện rò rỉ. Triển vọng nhất là đo nhiệt độ, phương pháp này có thể được sử dụng để xác định dòng chảy cục bộ. Cảm biến cáp quang cho phép thu thập dữ liệu suốt chiều dài thân đập." Hơn nữa, Giáo sư Fry, người đã có nhiều năm làm Chủ tịch của Nhóm nghiên cứu này đã viết rằng (Fry,

2012) " ... một phương pháp thích hợp để phát hiện xói trong bao gồm thực hiện một loạt các phép đo trong thời gian thực dọc theo toàn bộ chiều dài của đê đập. Mục đích là để phát hiện ra tất cả các vấn đề bất thường và làm sáng tỏ những bất thường này trong thời gian thực với sự tham gia của các chuyên gia, sau đó so sánh chúng với một số các tiêu chí an toàn ... theo quan điểm của chúng tôi, phép đo phổ nhiệt bằng cảm biến cáp quang là phương pháp thích hợp nhất để đạt được những mục tiêu này ... đo nhiệt độ trong thân đập là cách tốt nhất để phát hiện các rò rỉ ở độ sâu nhỏ và vừa". Các trích dẫn ở trên giới thiệu phương pháp quan trắc nhiệt để phát hiện cả hai quá trình thấm (rò rỉ) và xói.

Việc phát hiện sớm và chính xác các quá trình phá hoại có tầm quan trọng then chốt nhằm giảm thiểu nguy cơ sụp đổ và hư hỏng kết cấu. Đồng thời nó cũng góp phần rất lớn làm giảm chi phí sửa chữa có thể có mà chỉ giới hạn trong khu vực xác định chính xác của quá trình xói có tiến triển chậm. Phân tích về mức độ tiến triển và động lực học của quá trình xói một cách kịp thời, được thực hiện bởi chuyên gia kỹ thuật đê đập, sử dụng phương pháp quan trắc nhiệt, cho phép đánh giá chính xác hơn trước khi tình trạng này xảy ra dọc theo toàn bộ chiều dài của kết cấu. Việc ứng dụng các phương pháp quan trắc nhiệt trên một nhóm hoặc hệ thống kết cấu thủy lực đê đập được quản lý bởi một đơn vị hoặc cơ quan điều hành sẽ cho phép tối ưu hóa và giảm chi phí quy hoạch và quản lý vận hành và sửa chữa các kết cấu này.

4. Kết luận

Hiệu quả của các phương pháp quan trắc nhiệt đã trình bày ở trong bài có được là nhờ sự phát triển đồng bộ các phương pháp đo nhiệt độ, cũng như các mô hình để phân tích các dữ liệu đo nhiệt độ. Ưu điểm cơ bản của phương pháp này là sớm phát hiện rò rỉ một cách chính xác và quan trắc liên tục dọc theo kết cấu. Đồng thời có khả năng thiết lập một hệ thống quan trắc nhiệt ở các công trình đã xây dựng, đặc biệt là ở vị trí chân sạt lở của công trình. Với số lượng lắp đặt hệ thống này ngày càng tăng trên toàn thế giới và thực tế là nó đã được khuyến cáo bởi ICOLD

(Hội đập lớn Thế giới), chúng ta có thể kỳ vọng một sự gia tăng lớn về số lượng các ứng dụng và sự phổ biến của phương pháp quan trắc nhiệt trong công tác quan trắc các công trình đê, đập thủy lợi và thủy điện. Hiện nay ở Việt Nam, Trung tâm Công nghệ và Môi trường (TIE) của công ty Hòa Phong E&C là đơn vị phối hợp cùng Công ty NeoStrain (Ba Lan) đang tiến

hành các dịch vụ tư vấn liên quan đến việc triển khai và lắp đặt công nghệ quan trắc nhiệt này cho các công trình đê đập.

Biên dịch

TS. KS. Lương Minh Chính

Trường Đại học Thủy Lợi

TIE/HOA PHONG E&C

Email: chinglm@wru.edu.vn

Tài liệu tham khảo

1. Artières O., Bonelli S., Fabre J.-P., Guidoux C., Radzicki K., Royet P., Vedrenne C. *Active and passive defences against internal erosion, in Assessment of the Risk of Internal Erosion of Water Damming Structures: Dams, Dykes and Levees*. TUM Edt, pp 235-244, 2007
2. Beck Y.L., Cunat P., Guidoux C., Artieres O., Mars J., Fry J.J. *Thermal monitoring of embankment dams by fiber optics*. Proc. 8th ICOLD European Club Dam Symposium. Innsbruck, Austria, September 22-23, pp.461- 465, 2010
3. Cunat P. *Adaptation of a controlled site for leakage detection and quantification with fiber optics*. Workshop of European Working Group in Internal Erosion of ICOLD, 12-14 kwiecień, Granada, Hiszpania, 2010
4. Cunat P. *Détection et évaluation des fuites à travers les ouvrages hydrauliques en remblai, par analyse de températures réparties, mesurées par fibre optique*, PhD rapport,
5. Fry J.J., How to Prevent Embankments from Internal Erosion Failure?, International symposium on dams for a changing world, 5 czerwca, Kyoto, Japonia, 2013
6. ICOLD, *Internal erosion of existing dams, levees and dikes, and their foundations*, Bulletin no. 164, Volume 1: Internal erosion processes and engineering assessment, 2013.
7. Johansson S., *Localization and quantification of water leakage in ageing embankment dams by regular temperature measurements*, 17eme Congrès des Grands Barrages, Vienna, Q.65-R.54, pp.991-1005, 1991
8. Johansson S. *Seepage monitoring in Embankment Dams*. PhD Rapport, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 1997.
9. Khan A.A, Vrabie V., Mars J.I., Girard A, D’Urso G. *A source separation technique for processing of Thermometric Data From Fiber-Optic DTS Measurements for Water Leakage Identification in Dikes*. IEEE Sensors J., Vol.8, no7, pp.1118-1129, 2008
10. Perzlmaier S., Straßer K.H., Strobl T., Aufleger M. *Integral seepage monitoring on open channel embankment dams by the DFOT heat pulse method*. 74th Annual Meeting, Int. Comm. On Large Dams, Barcelona, Spain, 2006
11. Radzicki K. *Analyse retard des mesures de températures dans les digues avec application à la détection de fuites (Zastosowanie analizy odpowiedzi opóźnionej w pomiarach temperatury ziemnych obiektów hydrotechnicznych do identyfikacji przecieków)*, PhD rapport, Grenoble University (Grenoble), 2009
12. Radzicki K. Bonelli S. *Thermical seepage monitoring in the earth dams with Impulse Response Function Analysis model*, 8h ICOLD European Club Symposium, 22-25 September, pp. 649-654, Innsbruck, Austria, 2010.
13. Vogel L. B., Cassens C., Graupner A., Trostel A. Leakage detection systems by using distributed fiber optical temperature measurements. Proc. SPIE Smart Structures and Materials 2001, vol. 4328, pp. 23–34, 2001.

Summary
**THE THERMAL MONITORING METHOD – A QUALITY CHANGE
IN THE MONITORING OF SEEPAGE AND EROSION PROCESSES
IN DIKES AND EARTH DAMS**

The thermal method for monitoring seepage and erosion processes qualitatively changed the monitoring of earth hydraulic structures in the scope of the detection and analysis of seepage and erosion processes. The introduction of Distributed Temperature Sensing and the development of new methods and models for temperature analysis were particularly important. Internal erosion is one of the basic threats for dams and dikes. Appropriate monitoring of this process is of key importance for ensuring the safety of these structures and minimising the costs of their possible repairs. This article describes the basics and most important issues of the thermal method for monitoring seepage and erosion processes. Inter alia, it presents a classification of models for passive analysis of temperature measurements in earth hydraulic structures. Particular consideration is given to essential aspects of the application of the thermal monitoring method and related recommendations.

Keywords: *monitoring, thermal monitoring, dam, dyke, thermal monitoring method, erosion, seepage proces, leakage.*

Người phản biện: **PGS.TS. Vũ Minh Cát**

BBT nhận bài: 25/2/2014

Phản biện xong: 17/3/2014

Tạp chí khoa học kỹ thuật

THỦY LỢI & MÔI TRƯỜNG

GPXB: 158/GP-BVHTT

Journal of Water Resources & Environmental Engineering

ISSN 1859 - 3941



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
WATER RESOURCES UNIVERSITY

Số 44

3 - 2014



- **Tổng biên tập:**
GS.TS. PHẠM NGỌC QUÝ
- **Phó Tổng biên tập:**
GS.TS. VŨ THANH TÊ
PGS.TS. LÊ ĐÌNH THÀNH
PGS.TS. TRỊNH MINH THỤ
- **Ủy viên thường trực Hội đồng biên tập:**
PGS.TS. LÊ VĂN HÙNG
- **Ban Thư ký Tòa soạn:**
CN. PHẠM THỊ VĂN ANH
ThS. PHẠM TÁT THẮNG
- **Ủy viên hội đồng biên tập:**
GS.TS. NGUYỄN QUANG KIM
GS.TS. LÊ KIM TRUYỀN
GS.TS. NGUYỄN VĂN LỆ
GS.TS. HÀ VĂN KHÔI
GS.TS. NGUYỄN CHIẾN
GS.TS. DƯƠNG THANH LƯỢNG
PGS.TS. ĐỖ VĂN HỨA
PGS.TS. HỒ SỸ DỰ
PGS.TS. VŨ MINH CÁT
PGS.TS. NGUYỄN VĂN THẮNG
PGS.TS. TRẦN VIỆT ỒN
PGS.TS. NGUYỄN ĐĂNG CƯỜNG
PGS.TS. NGUYỄN BÁ UÂN
- **Họa sĩ thiết kế:**
Nguyễn Thanh Giang

MỤC LỤC

| TT | T n b i | T c giả | Trang |
|-----|---|---|------------|
| 1. | Ảnh hưởng của các điều kiện ban đầu đến sức chống cắt của lớp đất trương nở gần bề mặt | KIỀU MINH THẾ NGUYỄN CẢNH THÁI TRỊNH QUANG MINH DƯƠNG THỊ THANH HIỀN LUONG MINH CHÍNH | 3 11 |
| 2. | Hệ thống quan trắc lâu dài các công trình cầu giải pháp cho các cầu dây văng ở Việt Nam | LÊ XUÂN KHÂM | 17 |
| 3. | Nghiên cứu cơ sở khoa học tăng thêm dung tích hồ chứa nước ở miền Trung Việt Nam | LÊ XUÂN ROANH PHẠM VĂN LẬP KRZYSZTOF RADZICKI | 23 28 |
| 4. | Phân tích nguy cơ sạt lở bờ sông và đề xuất biện pháp phòng ngừa | NGUYỄN QUANG HÙNG NGUYỄN VĂN MẠO | 37 |
| 5. | Quan trắc nhiệt (thermal monitoring) – một phương pháp tối ưu quan trắc hiện tượng thấm trong lòng đất và đập đất | NGUYỄN QUANG PHÚ NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG VŨ PHÁN, VŨ NGỌC HÀ | 43 49 |
| 6. | Tính độ tin cậy an toàn của hệ bảo vệ mái dốc lấp ghép bằng các cấu kiện bê tông đúc sẵn | THÁI HỒNG SƠN TRỊNH MINH THỤ TRỊNH CÔNG VẤN VŨ QUỐC VƯƠNG | 58 63 |
| 7. | Lựa chọn vật liệu để thiết kế cấp phối bê tông tự lèn | NGUYỄN QUANG PHÚ | 68 |
| 8. | Xác định hệ số tập trung ứng suất đầu cọc trong giải pháp xử lý nền bằng cọc bê tông cốt thép kết hợp với vải địa kỹ thuật | PHẠM THỊ LIÊN HƯƠNG | 76 |
| 9. | Lựa chọn hàm lượng xi măng và tỉ lệ nước-xi măng hợp lý cho gia cố đất yếu vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long | NGUYỄN LAN HƯƠNG NGUYỄN QUANG TRUNG NGUYỄN XUÂN LÂM | 81 85 |
| 10. | Nghiên cứu đánh giá nguyên nhân & tình trạng hư hỏng của mặt bê tông xi măng và công nghệ sửa chữa | NGUYỄN HOÀNG SƠN HOÀNG THANH TÙNG LÊ KIM TRUYỀN TRẦN KIM CHÂU NGUYỄN KIÊN QUYẾT | 95 104 |
| 11. | Nghiên cứu nâng cao khả năng chống thấm cho bê tông đầm lăn đập trọng lực bằng sơn thẩm thấu kết tinh gốc xi măng | NGUYỄN THỊ MINH HẰNG | 109 |
| 12. | Vẻ đẹp kỹ thuật-kết cấu trong kiến trúc công trình thủy lợi-thủy điện | LÊ VĂN CHÍNH VINVILAY SAYAPHONE | 115 |
| 13. | Tính độ tin cậy an toàn hệ thống công trình đầu mối ở hồ chứa | ĐOÀN THU HÀ NGUYỄN HOÀNG HỒ HUỖNH PHÚ | 121 126 |
| 14. | Nghiên cứu đánh giá tác động điều tiết hồ chứa đến chế độ dòng chảy kiệt hạ du lưu vực sông M | NGUYỄN T. KIM CÚC ĐỖ VĂN CHÍNH LÊ VĂN CHÍNH | 134 139 |
| 15. | Xây dựng công cụ dự báo lũ đến hồ và cảnh báo ngập lụt khi xả lũ và do vỡ đập gây ra cho hồ chứa vừa và nhỏ | LÊ CÔNG THÀNH NGUYỄN TRUNG DŨNG NGUYỄN HỮU PHÚC | 146 152 |
| 16. | Giải pháp bố trí không gian hệ thống công trình điều chỉnh tỷ lệ phân chia lưu lượng sông phân lạch | ĐÀO VĂN KHIÊM | 160 |
| 17. | Xâm nhập mặn vào các tầng chứa nước vùng đảo Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang | | |
| 18. | Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế đến khả năng đáp ứng nguồn nước của hồ chứa Namtien, Sayaboury, Lào | | |
| 19. | Đề xuất giải pháp thu trữ nước mưa hộ gia đình và nông thôn bằng sông Cửu Long | | |
| 20. | Đề xuất xây dựng quy trình quản lý công trình cấp nước tập trung tại huyện Bình Lục, tỉnh Hà Nam | | |
| 21. | Nghiên cứu chức năng và dịch vụ của rừng ngập mặn trồng x Đại Hợp, huyện Kiến Thụy, thành phố Hải Phòng | | |
| 22. | Nghiên cứu xây dựng định mức tiêu hao điện năng của các trạm bơm tiêu và đề xuất các giải pháp giảm thiểu | | |
| 23. | Mô phỏng một qui trình khi phục hệ thống điện miền Bắc | | |
| 24. | Cơ sở hạ tầng phòng chống thiên tai qui mô nhỏ và những đề xuất trong quản lý đầu tư | | |
| 25. | Bối cảnh tối ưu hóa lợi ích thủy điện và ứng dụng cho nhà máy thủy điện hồ Núi Cốc, Thái Nguyên | | |

Toà soạn: PHÒNG 508 - NHÀ A1 - TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
175 TÂY SƠN - ĐÔNG ĐA - HÀ NỘI

Điện thoại: 04.35638158 **Fax:** 04. 38534198; **Email:** tapchitlmt@wru.edu.vn

Số lượng in: 300 cuốn, khổ 21 × 29 cm tại Công ty in Thủy lợi. Giấy phép xuất bản số: 158/GP-BVHTT, cấp ngày 08/05/2003.

TABLE OF CONTENT

| N ^o | Title | Author | Page |
|----------------|--|---|-------------------------|
| 1. | Effect of initial placement conditions on shear strength of a shallow layer expansive soil | KIEU MINH THE NGUYEN CANH THAI TRINH QUANG MINH DUONG THI THANH HIEN KRZYSZTOF RADZICKI | 3 11 |
| 2. | Long term structural health monitoring system for cable stayed bridge in Vietnam | LE XUAN KHAM | 17 |
| 3. | Science base research more to water storage of reservoir in central region of Vietnam | LE XUAN ROANH PHAM VAN LAP | 23 |
| 4. | Cause analysis of cofferdam failure of the Thermo-electricity works in Tra Vinh | LUONG MINH CHINH | 28 |
| 5. | The thermal monitoring method – a quality change in the monitoring of seepage and erosion processes in dikes and earth dams | NGUYEN QUANG HUNG NGUYEN VAN MAO | 37 |
| 6. | Reliability analysis of revetments using interlocking concrete blocks | NGUYEN QUANG PHU VO PHAN, VO NGOC HA | 43 49 |
| 7. | The selection of materials to design the Self Compacted Concrete | THAI HONG SON | 58 |
| 8. | Evaluation the ratio of the vertical stress on top the cap pile in the soft ground treatment solution by concrete pile systems combine geotextle | TRINH MINH THU TRINH CONG VAN | 63 |
| 9. | Cement content and water – cement ratio for soil stabilization by soil cement deep mixing method in coastal zone of Mekong delta area | VU QUOC VUONG | 68 |
| 10. | Determining the causes, evaluating the status of damage and studying the solutions for repairing damaged dike surface | NGUYEN QUANG PHU | 76 |
| 11. | Research for improving the impermeability of roller compacted concrete gravity dam with cement-based capillary crystalline waterproofing paint | PHAM THI LIEN HUONG | 81 |
| 12. | Structural beauty in hydroelectric and irrigation works | NGUYEN LAN HUONG | 85 |
| 13. | Calculation is a number of reliability and safety system headworks reservoir | NGUYEN QUANG TRUNG NGUYEN XUAN LAM | 95 |
| 14. | Performance of reservoirs operation to the low-flow in lower Ma river basin | NGUYEN HOANG SON HOANG THANH TUNG LE KIM TRUYEN TRAN KIM CHAU | 104 |
| 15. | Developing a tool for flood forecast to reservoir and inundation warning downstream due to flood release and dam break for small and medium reservoirs | NGUYEN KIEN QUYET | 109 |
| 16. | The methods for settlement space of works system adjustment of division scale for dismembered river flow | NGUYEN THI MINH HANG | 115 |
| 17. | Saltwater intrusion into the aquifer of Phu Quy island, Binh Thuan province | LE VAN CHIN | 121 |
| 18. | Assessment of the impact of climate change and economic development on the water balance of namtien reservoir, sayaboury province, laos | VINILAY SAYAPHONE DOAN THU HA | 126 |
| 19. | Rainwater collection and storage for household water supply in Mekong delta | NGUYEN HOANG HO HUYNH PHU | 134 |
| 20. | Operation and maintenance model for clean water supply system Binh Luc district, Ha Nam province | NGUYEN T. KIM CUC DO VAN CHINH | 139 |
| 21. | Study on functions and services of planted mangroves in Dai Hop Commune, Kien Thuy District, Hai Phong Province | LE VAN CHIN | 146 |
| 22. | Research on determining electrical energy consumed norm of drainage pumping stations and proposing management solutions to reduce them | LE CONG THANH | 152 |
| 23. | Simulation of north vietnam power system restore from black out | NGUYEN TRUNG DUNG | 160 |
| 24. | Small-scale infrastructure for disaster prevention and recommendations for investment management | NGUYEN HUU PHUC | 160 |
| 25. | Formulating benefit-optimization problem for hydroelectric generation and application for Nui coc hydropower plant, Thainguyen province | DAO VAN KHIEM | 160 |

Ảnh bìa 1: Đập chính Đa Mỹ - Công trình Đa Mỹ - Bạc thang dưới của Thủy điện Hàm Thuận Đa Mỹ