

JTST - JOURNAL OF TRANSPORTATION SCIENCE & TECHNOLOGY

MANUSCRIPT ID: JIST-2022-0019

KIỂM TRA HIỆN TƯỢNG THẨM CÔNG TRÌNH HÀM THỦ THIÊM BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG CAMERA HỒNG NGOẠI

Manuscript ID	JIST-2022-0019
Full title	Kiểm Tra Hiện Tượng Thẩm Công Trình Hàm Thủ Thiêm Bằng Phương Pháp Sử Dụng Camera Hồng Ngoại
Summary	Bài báo trình bày cách xác định vết thẩm hàm Thủ Thiêm bằng phương pháp đếm giọt thủ công và phương pháp sử dụng camera hồng ngoại. Kết quả phân tích cho thấy, phương pháp sử dụng camera hồng ngoại có thể phát hiện chính xác toàn bộ các vị trí thẩm đã phát hiện bởi phương pháp đếm giọt thủ công, ngoài ra còn xác định được các vị trí thẩm mới mà phương pháp đếm giọt thủ công không thấy được. Từ kết quả nghiên cứu, nhóm tác giả kiến nghị sử dụng kết hợp hai phương pháp để xác định triệt để các vết thẩm trong những công trình hầm dìm.
Research Topic	Cầu hầm
Keywords	Hiện tượng thẩm; camera hồng ngoại; phương pháp đếm giọt; hầm giao thông
Authors	- Anh Nguyễn Tuấn, Email: tuananh.nguyen@ut.edu.vn, School: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, Faculty: . - Thủy Nguyễn Tiến, Email: , School: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, Faculty: .
Corresponding author	Anh Nguyễn Tuấn, Email: tuananh.nguyen@ut.edu.vn, School: Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, Faculty: .
Funding	NO

Kiểm tra hiện tượng thấm công trình hầm Thủ Thiêm bằng phương pháp sử dụng camera hồng ngoại

Detection of water leakage of Thu Thiem tunnel using the infrared thermography method

Nguyễn Tuấn Anh*, Nguyễn Tiến Thủy

Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

*Email liên hệ: tuananh.nguyen@ut.edu.vn

Tóm tắt:

Bài báo trình bày cách xác định vết thấm hầm Thủ Thiêm bằng phương pháp đếm giọt thủ công và phương pháp sử dụng camera hồng ngoại. Kết quả phân tích cho thấy, phương pháp sử dụng camera hồng ngoại có thể phát hiện chính xác toàn bộ các vị trí thấm đã phát hiện bởi phương pháp đếm giọt thủ công, ngoài ra còn xác định được các vị trí thấm mới mà phương pháp đếm giọt thủ công không thấy được. Từ kết quả nghiên cứu, nhóm tác giả kiến nghị sử dụng kết hợp hai phương pháp để xác định triệt để các vết thấm trong những công trình hầm chìm.

Từ khóa: Hiện tượng thấm; camera hồng ngoại; phương pháp đếm giọt; hầm giao thông.

Abstract:

This paper presents the methods to detect the water seepages at Thu Thiem Tunnel including manual droplet counting method and infrared thermography method. It is found that the latter not only can spot all the seepages that has been detected using the former method but it also can identify new defects that the manual method cannot reveal. The authors suggest that both methods to be used collectively in order to thoroughly identify the water seepages in submerged tunnels.

Keywords: Water seepage; infrared thermography method; manual methods; traffic tunnels.

1. Giới thiệu

Đường hầm Thủ Thiêm (hay còn gọi đường Hầm sông Sài Gòn) là công trình hầm giao thông vượt sông đầu tiên được xây dựng tại Việt Nam, được xem là một trong các công trình hầm giao thông hiện đại bậc nhất khu vực Đông Nam Á. Hầm Thủ Thiêm được thông xe vào ngày 20 tháng 11 năm 2011.

Theo kinh nghiệm vận hành của các hầm chìm bê tông cốt thép trên thế giới, hiện tượng thấm thường phát sinh tại các vị trí hư hỏng, hơn nữa thấm nước cũng sẽ dẫn đến việc đẩy nhanh tốc độ hư hỏng của kết cấu bê tông hầm [1]. Do vậy, công tác kiểm tra, thu thập dữ liệu phải được thực hiện ngay sau khi đưa công trình vào khai thác

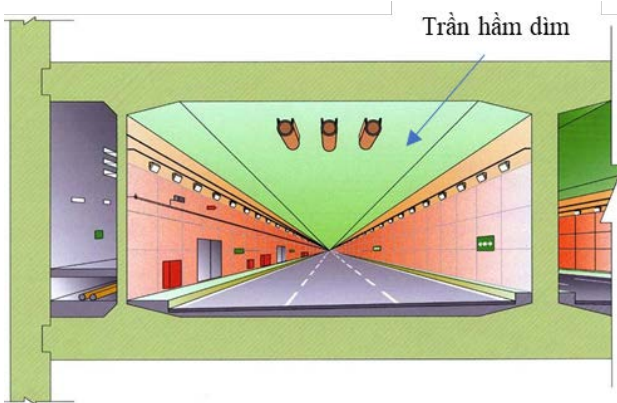
và tiến hành liên tục để đảm bảo cho việc vận hành hầm một cách an toàn.

Phương pháp sử dụng camera hồng ngoại đã được thử nghiệm tại nhiều công trình hầm trên thế giới, một trong những tác dụng của phương pháp đo nhiệt là có thể phát hiện và đánh giá hiện tượng thấm công trình [1], [2], [3]. Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá hiệu quả của việc sử dụng phương pháp camera hồng ngoại trong công tác kiểm tra thấm công trình hầm ngầm Thủ Thiêm.

2. Phương pháp nghiên cứu

Tại công trình hầm Thủ Thiêm, hiện tượng thấm được ghi nhận chủ yếu tại các đốt hầm chìm. Phần tường hầm được bảo vệ bởi một lớp vật liệu

chống cháy, do đó, công tác kiểm tra thấm được thực hiện tại trần của 04 đốt hầm dìm (hình 1).



Hình 1. Bố trí thiết bị ở các đốt hầm dìm.

Hầm dìm dài 370.8 m bao gồm 04 đốt hầm nối kết lại với nhau, từ Km 13+959.2 đến Km 14+330, mặt cắt ngang dạng hộp đôi, rộng 33.3 m, cao 8.9 m, tính không thông xe 5.3 m. bao gồm hai đường xe chạy riêng biệt. Để kiểm tra đánh giá hiện tượng thấm, hai phương pháp được

sử dụng là phương pháp đếm giọt truyền thống và phương pháp sử dụng camera hồng ngoại.

Phương pháp đếm giọt

Kiểm tra thấm bằng phương pháp đếm giọt là phương pháp truyền thống và đang được áp dụng rộng rãi. Phương pháp này xác định các vị trí thấm bằng mắt thường hoặc thông qua dụng cụ ống nhòm từ xa trong điều kiện tuần tra kiểm tra hằng ngày hay vị trí nước nhỏ giọt hoặc ẩm. Tình trạng thấm được xác định bằng cách đếm số giọt nước hay sự xuất hiện thạch nhũ tại các vị trí thấm. Sổ tay vận hành và bảo dưỡng đường hầm Thủ Thiêm quy định tình trạng hư hại, xuống cấp hoặc thay đổi của các bộ phận kết cấu hầm được chia thành 05 cấp A, B, C, D, E dựa trên kết quả kiểm tra bằng phương pháp đếm giọt (bảng 1).

Phương pháp đếm giọt được thực hiện theo hai hướng với hai chiều lưu thông hầm.

Bảng 1. Tiêu chí đánh giá mức độ thấm.

Mức độ	Tiêu chí cho thấm nước	Xử lý
A	Lớn hơn 30 giọt/phút.	Sửa chữa
B	Nhỏ hơn hoặc bằng 30 giọt/phút. Ngoài ra khi phát hiện ra các tình trạng sau: <ul style="list-style-type: none"> • Có thạch nhũ xuất hiện tại vị trí thấm nước; • Nước có rỉ sắt chảy ra tại vị trí thấm. • Bề mặt bê tông bị ướt nhưng nước không nhỏ giọt; • Bề mặt tường hầm bị ướt nhưng nước không chảy xuống tới chân tường nên không thể thu gom bằng tấm mút xốp; • Có hiện tượng phân hóa hay ó màu. 	Quan trắc hàng ngày và Kiểm tra hàng năm
C		
D	Không có vấn đề gì xảy ra	Kiểm tra
E	Khó thực hiện kiểm tra bằng mắt thường mà không có giàn giáo.	

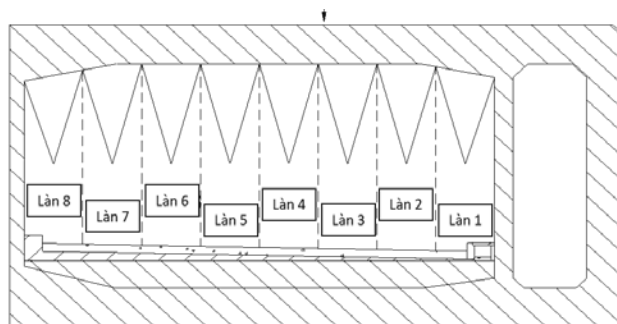
Phương pháp sử dụng camera hồng ngoại

Tại các vị trí xảy ra hiện tượng thấm, sự xuất hiện của nước sẽ làm cho nhiệt độ của bê tông hầm giảm hơn so với các vị trí bê tông khô [1]. Như vậy bản đồ nhiệt sẽ là một trong những cơ sở cho việc xác định vị trí cũng như mức độ thấm của bê tông vỏ hầm. Các thiết bị được sử dụng trong công tác kiểm tra: (1) camera hồng ngoại FLIR A325; (2) camera thường có độ phân giải cao; (3) thiết bị định vị GPS dùng để xác định vị trí trong hầm; (4) phần mềm TD Doctor Road để xử lý số liệu đo. Các thiết bị đo được gắn cố định trên xe chuyên dụng chạy với vận tốc đều 5 km/h (hình 2). Nguyên lý hoạt động của camera hồng ngoại là sử dụng bức xạ hồng ngoại để tạo nên các hình ảnh nhiệt. Tương tự như nguyên lý hoạt động của camera thường đó là sử dụng ánh sáng để tạo ảnh [4].



Hình 2. Các thiết bị được lắp đặt trên xe chuyên dụng.

Công tác quét camera hồng ngoại được thực hiện theo chiều lưu thông hai hướng. Phạm vi quét của camera được tính toán là 1.5 m mỗi lần quét. Do đó, để đảm bảo việc quét hết khẩu độ trần hầm, mỗi hướng di chuyển được thực hiện 08 lần quét theo sơ đồ thể hiện ở hình 3. Dữ liệu được thu thập thông qua mỗi lần quét và được lưu về thiết bị máy tính.



Hình 3. Sơ đồ quan trắc thấm bằng hệ thống camera hồng ngoại hướng quan trắc từ Quận 2 sang Quận 1.

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả quan trắc bằng phương pháp đếm giọt

Số lượng giọt ghi nhận tại hầu hết các điểm xuất hiện hiện tượng thấm đều nhỏ, do đó để đảm bảo cho độ chính xác, thời gian thực hiện mỗi lần kiểm tra là 5 phút/ vị trí đo.

Theo hướng từ Quận 2 về Quận 1, các vị trí thấm được đánh số thứ tự bắt đầu từ 1 và tính từ đốt hầm chìm thứ nhất (đốt 1) tính theo hướng lưu thông. Lần kiểm tra theo hướng này ghi nhận 11 vị trí thấm, trong đó có 07 vị trí mức độ thấm B ở các đốt 2, đốt 3 và đốt 4; 04 vị trí có mức độ thấm C nằm ở các đốt 2 và đốt 3. Đốt 1 không xuất hiện vị trí thấm.

Bảng 2. Bảng kết quả kiểm tra đánh giá mức độ thấm các đốt hầm dim hướng Quận 2 sang Quận 1.

Đốt hầm	Số hiệu	Giọt nước/ 5 phút	Tình trạng/ hiện tượng	Mức độ thấm
Đốt 1		Không phát hiện vị trí thấm		
	1	0	Âm ướt	C
Đốt 2	2	0	Âm ướt	C
	3	0	Âm ướt	C
	4	8	Xuất hiện nhũ thạch	B
	5	6	Xuất hiện nhũ thạch	B
Đốt 3	6	5	Xuất hiện nhũ thạch	B
	7	11	Xuất hiện nhũ thạch	B
	8	0	Âm ướt	C
Đốt 4	9	4	Xuất hiện nhũ thạch	B
	10	4	Nhỏ giọt (vị trí sửa chữa)	B
	11	3		B

Theo hướng ngược lại (hướng kiểm tra từ Quận 1 qua Quận 2), các vị trí thấm được đánh số theo thứ tự bắt đầu từ 12 và tính từ đốt hầm dim thứ tư (đốt 4) theo hướng lưu thông. Tất cả có 10

vị trí thấm, trong đó 04 vị trí có mức độ thấm B nằm ở các đốt số 2, đốt 3 và đốt 4; 06 vị trí ghi nhận mức độ thấm C nằm ở các đốt 2, đốt 3 và đốt 4. Đốt 1 không xuất hiện vị trí thấm.

Bảng 3. Bảng kết quả kiểm tra đánh giá mức độ thấm các đốt hầm dim hướng Quận 1 sang Quận 2.

Đốt hầm	Số hiệu	Giọt nước/ 5 phút	Tình trạng/ hiện tượng	Mức độ thấm
Đốt 4	12	0	Âm ướt	C
	13	0	Âm ướt	C
	14	3	Xuất hiện nhũ thạch	B
	15	0	Âm ướt	C
Đốt 3	16	0	Âm ướt	C
	17	12	Xuất hiện nhũ thạch	B
	18	0	Âm ướt	C
Đốt 2	19	7	Xuất hiện nhũ thạch	B
	20	8	Xuất hiện nhũ thạch	B
	21	0	Âm ướt, ó màu	C
Đốt 1		Không xuất hiện vị trí thấm		

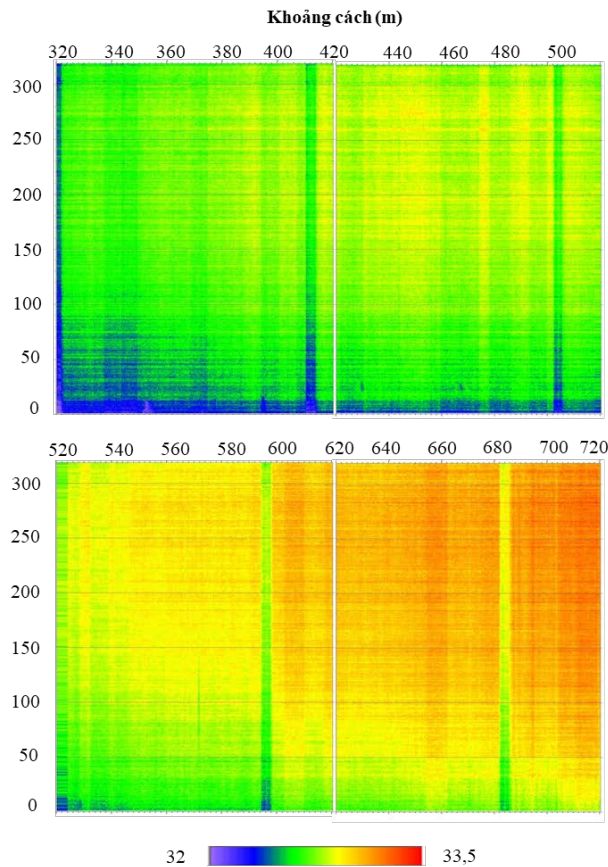
Kết quả kiểm tra thông qua camera hồng ngoại

Hình ảnh bản đồ nhiệt độ cho phép chẩn đoán các vị trí bất thường của kết cấu. Đặc biệt, tại các vị trí thấm, do có sự xuất hiện của nước nên làm nhiệt độ các vùng thấm nhỏ hơn các vùng bê tông khô. Tuy nhiên, một số yếu tố khác có thể làm thay đổi dải nhiệt trên hình ảnh như: Vị trí các thiết bị, đường dây điện, ống nước; vị trí có các tấm chống cháy, cáp quang báo cháy; vị trí có ánh sáng đèn chiếu sáng hầm; vị trí bụi bám bề mặt theo các khe rãnh... Các hình ảnh camera

thường được sử dụng song song với mục đích phát hiện và loại trừ những vị trí đặc biệt đó.

Mỗi lần quét ghi nhận số liệu các giá trị của nhiệt độ theo dải gồm 319 điểm quét, là khẩu độ của camera tương ứng với độ rộng thực tế tại hiện trường là 1.5 m (hình 4).

Kết quả phân tích hình ảnh nhiệt và hình ảnh camera thường phát hiện ra 07 vị trí thấm trùng theo bình đồ kiểm tra thấm của phương pháp thủ công, là các điểm 2, 4, 5, 7, 9, 10, 11. Ngoài ra còn xác định được thêm 09 vị trí bất thường mới nằm ngoài bình đồ thấm đã được kiểm tra bằng phương pháp đếm giọt thủ công trước đó.



Hình 4. Hình ảnh nhiệt lần 1 sau khi xử lý dữ liệu bằng phần mềm chuyên dụng.

Kết quả từ hình ảnh nhiệt không ghi nhận các vị trí điểm thấm 1, 3, 8 (thấm cấp độ C) và điểm thấm 6 (thấm cấp độ B) như kết quả của công tác kiểm tra đếm giọt được thực hiện trước đó. Những vị trí này đã được kiểm tra lại bằng phương pháp thủ công và được xác định tại thời điểm kiểm tra, các vị trí này đã khô và không còn xuất hiện hiện tượng ẩm ướt trên bề mặt. 09 vị trí

bất thường mới cũng đã được kiểm tra lại bằng mắt thường và kết quả cũng khẳng định, tại 09 vị trí đó có xuất hiện hiện tượng thấm ở các mức độ khác nhau.

Có thể thấy rằng phương pháp sử dụng camera hồng ngoại tỏ ra hiệu quả ở việc phát hiện khá chính xác và hiệu quả các vị trí thấm. Tuy nhiên, thiết bị còn bị hạn chế bởi dải quét tương đối

thấp, cần phải quét nhiều lần, việc tính toán phạm vi quét cũng như tọa độ quét cũng gặp nhiều khó khăn. Hơn nữa, việc phân tích các điểm bất thường cũng cần so sánh với hình ảnh camera thường tốn khá nhiều thời gian công tác.

4. Kết luận và kiến nghị

Công tác đếm giọt thủ công tỏ ra có ưu thế trong việc xác định chính xác mức độ thấm. Tuy nhiên, số điểm thấm còn bị bỏ sót do việc thực hiện kiểm tra thấm bằng mắt thường trong điều kiện ánh sáng đường hầm hạn chế. Hơn nữa công tác dò tìm vị trí thấm bằng phương pháp này còn có nhược điểm là tốn nhân lực và thời gian thực hiện. Với việc khai thác thường xuyên lưu lượng lớn như hầm Thủ Thiêm, phương pháp này gặp nhiều khó khăn trong quá trình thực hiện do phải chặn dòng xe, ảnh hưởng đến hoạt động giao thông qua hầm. Công tác này do đó cũng chỉ được thực hiện vào ban đêm và phải tiến hành liên tục nhiều ngày.

Phương pháp sử dụng camera hồng ngoại mang lại hiệu quả tốt trong công tác phát hiện vị trí thấm. Có thể thấy phương pháp này phát hiện ra 100% các điểm thấm xác định thông qua phương pháp thủ công và ngoài ra còn xác định được nhiều điểm thấm mới mà phương pháp thủ công bỏ sót. Thời gian thực hiện nhanh gọn và không làm ảnh hưởng đến việc lưu thông của các phương tiện giao thông đi qua hầm.

Tuy nhiên, việc xác định mức độ thấm còn gặp phải nhiều khó khăn do hiện nay chưa có quy định làm cơ sở cho việc phân tích mức độ thấm theo hình ảnh nhiệt. Do đó, sau khi xác định các điểm nghi ngờ bằng hình ảnh nhiệt, cần xác định lại mức độ thấm bằng phương pháp thủ công để đảm bảo cho việc theo dõi và đánh giá tình trạng thấm công trình hầm đúng theo quy định.

Tài liệu tham khảo

- [1] A. Wimsatt et al.; "Mapping Voids, Debonding, Delaminations, Moisture, and Other Defects Behind or Within Tunnel Linings". Washington, DC: The National Academies Press; 2013. DOI: 10.17226/22609.
- [2] P. Yu, H. Wu, C. Liu, Z. Xu; "Water leakage diagnosis in metro tunnels by intergration of laser point cloud and infrared thermal imaging". Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch. 2018; 42(3):2167–2171. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-3-2167-2018.
- [3] B. Shakmak and A. Al-Habaibeh; "Detection of water leakage in buried pipes using infrared technology; A comparative study of using high and low resolution infrared cameras for evaluating distant remote detection". In Proc. 2015 IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT); 3-5 November, 2015; Amman, Jordan. IEEE; 2015. pp.1-7. DOI: 10.1109/AEECT.2015.7360563.
- [4] W. Frodella, G. Gigli, S. Morelli, L. Lombardi, N. Casagli; "Landslide mapping and characterization through Infrared Thermography (IRT): Suggestions for a methodological approach from some case studies". Remote Sens. 2017; 9(12):1281-1305. DOI: 10.3390/rs9121281.

Ngày nhận bài: 20/08/2021

Ngày chuyển phản biện: 24/08/2021

Ngày hoàn thành sửa bài: 14/09/2021

Ngày chấp nhận đăng: 21/09/2021