



▶ NGUYỄN HỮU MAY

Tiến sĩ Nguyễn Hữu May đang là trợ lý giáo sư tại chương trình Kỹ thuật Xây dựng và Môi trường, trường Đại học Hiroshima, Nhật Bản. Các hướng nghiên cứu chính của tác giả tập trung vào lĩnh vực vật liệu xây dựng, đặc biệt tập trung vào độ bền lâu của bê tông, chất lượng lớp bê tông bảo vệ, bê tông và chất kết dính xanh và thân thiện với môi trường, các phương pháp thử nghiệm không phá hủy đối với bê tông và ứng dụng của trí tuệ nhân tạo trong kỹ thuật dân dụng. Là một nhà nghiên cứu trẻ, tác giả luôn mong muốn được kết nối, học tập và hợp tác với các nhà nghiên cứu có cùng hướng quan tâm. Thông tin thêm về tác giả có thể tham khảo tại website: <https://nguyenuumay.com/>; Email liên hệ: nguyenuumay@hiroshima-u.ac.jp

PHƯƠNG PHÁP KIỂM TRA KHÔNG PHÁ HỦY WIST ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG BÊ TÔNG

Nguyễn Hữu May¹

¹Chương trình Kỹ thuật Xây dựng và Môi trường,
Đại học Hiroshima, 1-4-1 Kagamiyama,
Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8527, Nhật Bản
Email: nguyenuumay@hiroshima-u.ac.jp

TÓM TẮT:

WIST (Water Intentional Spraying Test) là một phương pháp không phá hủy mới, nhanh và kinh tế đã và đang được áp dụng tại Nhật Bản để đánh giá chất lượng của bê tông bảo vệ. Bài báo này tập trung giới thiệu, mô tả phương pháp và quy trình sử dụng phương pháp WIST để đánh giá và phân loại chất lượng lớp bê tông bảo vệ. Một số kết quả nghiên cứu và ứng dụng chính của phương pháp WIST được trình bày trong bài báo. Bên cạnh đó, bài báo cũng đề cập đến khả năng áp dụng phương pháp WIST tại Việt Nam và khuyến nghị hướng nghiên cứu và cơ hội hợp tác giữa nhóm nghiên cứu tại Nhật Bản và Việt Nam.

Từ khóa: chất lượng bê tông bảo vệ; kiểm tra không phá hủy; độ bền lâu của bê tông; đánh giá chất lượng ngoài hiện trường; WIST.

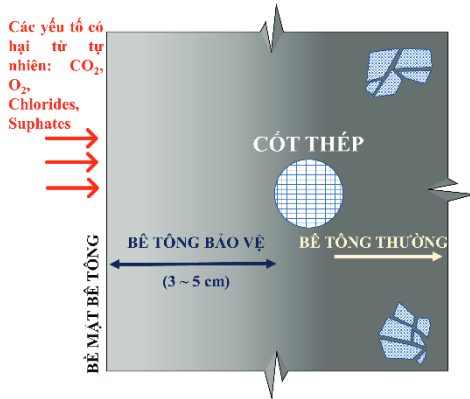
1. GIỚI THIỆU

Bê tông đã và đang được sử dụng như loại vật liệu chính trong ngành xây dựng (ví dụ: xây dựng dân dụng, cầu, đường) với các ưu điểm nổi bật như nguồn nguyên liệu sản xuất phong phú, dễ chế tạo, và giá thành thấp. Do vậy, đánh giá chất lượng là công tác quan trọng để đảm bảo khả năng sử dụng và độ bền lâu của các kết cấu bê tông trong suốt vòng đời sử dụng.

Trong công tác đánh giá chất lượng, độ bền lâu của kết cấu bê tông (concrete durability) là một tiêu chí quan trọng để đánh giá tuổi thọ của kết cấu. Độ bền lâu được xem là khả năng của bê tông chống lại các tác động của môi trường như thời tiết, xâm nhập hóa học và mài mòn, trong khi vẫn duy trì các đặc tính kỹ thuật thiết kế. Độ bền lâu của kết cấu bê tông đã được nghiên cứu rộng rãi trên thế giới, nhưng vẫn còn rất hạn chế ở Việt Nam [1], [2].

Để bảo vệ kết cấu bê tông, lớp bê tông bảo vệ đóng vai trò quan trọng như lớp bảo vệ đầu tiên (Hình 1) [3], [4]. Trong suốt vòng đời sử dụng của kết cấu bê tông, các tác nhân có hại từ môi trường xung quanh có thể xâm nhập vào lớp này qua cấu trúc rỗng xốp của nó và gây ra hư hỏng (ví dụ: ăn mòn cốt thép, xâm nhập các bon) [4], [5]. Công tác đánh giá chất lượng lớp bê tông bảo vệ có thể tiến hành trong phòng thí nghiệm hoặc ngoài hiện trường. Đánh giá trong phòng thí nghiệm là phương pháp truyền thống diễn ra trong phòng thí nghiệm với sự hỗ trợ của nhiều thiết bị thí nghiệm và điều kiện thí nghiệm được kiểm soát. Trong khi đó, đánh giá ngoài hiện

trường được tiến hành trực tiếp trên cấu kiện bê tông và bị ảnh hưởng trực tiếp từ các điều kiện tự nhiên. Một số ưu điểm nổi bật của phương pháp này là phản ánh đúng tình trạng của kết cấu thực, cung cấp một đánh giá nhanh, tổng quan cho kết cấu, và linh hoạt trong việc kiểm tra.



Hình 1. Lớp bê tông bảo vệ

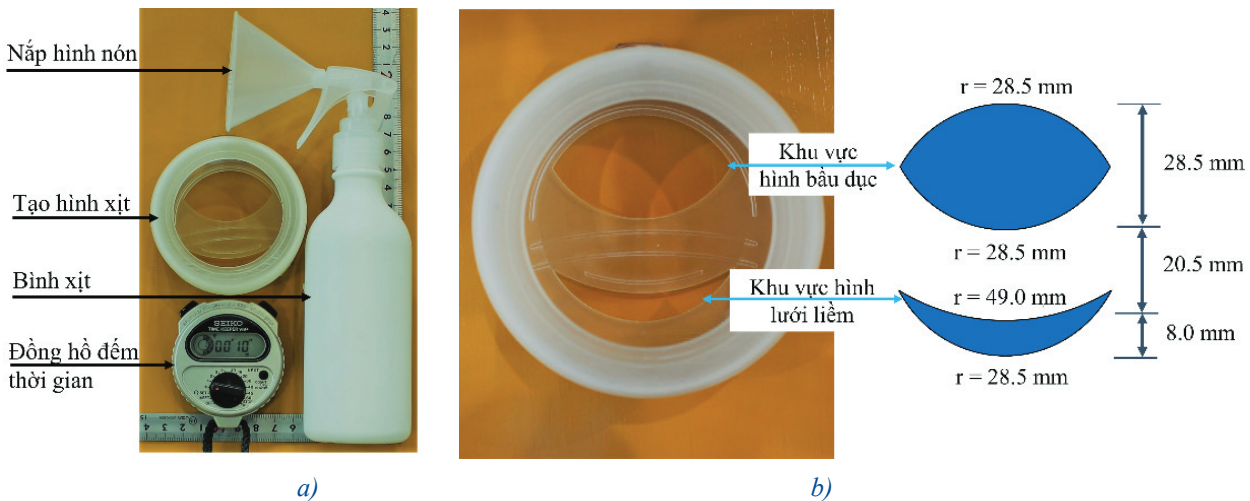
Tại hiện trường, chất lượng bê tông có thể đánh giá bằng nhiều cách khác nhau, nhưng có thể chia thành hai nhóm phương pháp chính: phương pháp kiểm tra phá hủy và phương pháp kiểm tra không phá hủy. Phương pháp phá hủy đánh giá chất lượng bê tông thông qua việc phá hoại một phần hoặc hoàn toàn mẫu/kết cấu. Trong khi đó, phương pháp không phá hủy đánh giá chất lượng bê tông mà không phá hủy, ảnh hưởng đến mẫu/kết cấu, ví dụ như hệ thống đánh giá thấm Autoclam, bài kiểm tra

PERMIT [6], [7]. Kết quả là phương pháp không phá hủy đang được quan tâm, áp dụng rộng rãi đặc biệt đối với các kết cấu bê tông đang được khai thác sử dụng.

Tuy nhiên, việc áp dụng các phương pháp này còn nhiều hạn chế như phải dùng nguồn điện ngoài, các thiết bị hiện đại, lắp đặt và vận hành phức tạp, chiếm dụng không gian thí nghiệm, chi phí cao, và mất nhiều thời gian. Hơn nữa, độ chính xác của các phương pháp này bị ảnh hưởng nhiều do chịu tác động trực tiếp từ các yếu tố môi trường. Do vậy mong muốn về một phương pháp đánh giá không phá hủy mới, đơn giản, nhanh, và hiệu quả ngày càng tăng lên trong khoa học bê tông.

Gần đây, một phương pháp không phá hủy để đánh giá chất lượng lớp bê tông bảo vệ được đề xuất bởi Tiến sĩ Nishio, một chuyên gia Nhật Bản, có tên gọi là thử nghiệm xịt nước có chủ ý (tên tiếng Anh: Water Intentional Spraying Test (WIST)) [8]. Phương pháp này dựa trên nguyên lý về khả năng hấp thụ nước của bê tông và đánh giá thông qua việc quan sát bằng mắt thường khi lượng nước nhỏ được xịt và chảy trên bề mặt của kết cấu bê tông cần kiểm tra (Hình 2).

Qua quá trình phát triển, phương pháp WIST đã thể hiện tính ưu việt về tính đơn giản, nhanh, và hiệu quả [10]. Bên cạnh đó, kết quả của phương pháp còn được đề xuất và xác nhận như một chỉ số độ bền mới để phân loại chất lượng bê tông [11] và đánh giá nhanh chất lượng bê tông ở tuổi sớm [9]. Các đặc điểm chính của phương pháp này là: (i) không yêu cầu nguồn điện ngoài, đây



Hình 2. Cấu tạo phương pháp WIST: a) các bộ phận của phương pháp; b) bộ phận tạo hình xịt [9]

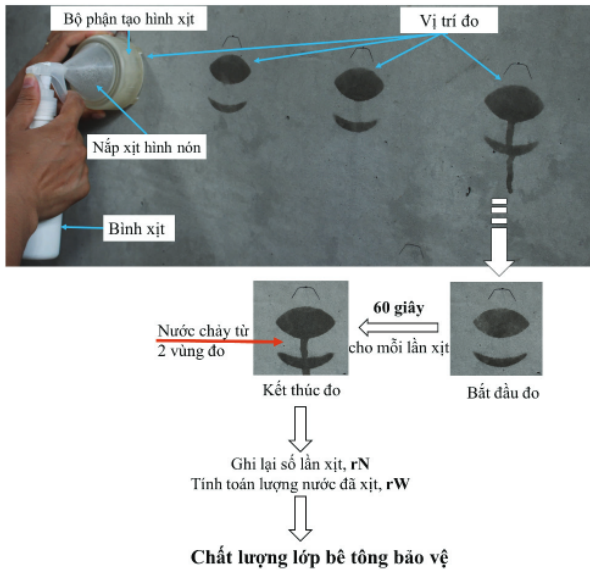
là điểm quan trọng giúp phương pháp WIST có thể áp dụng ở nhiều vị trí khác nhau; (ii) tiết kiệm nhân công và không cần các thiết bị hỗ trợ, dẫn đến giảm kinh phí và tính đơn giản; (iii) dễ dàng thí nghiệm và có kết quả nhanh. Những đặc điểm nổi bật này cho thấy WIST là một phương pháp tiềm năng để kiểm tra chất lượng bê tông ngoài hiện trường.

Do vậy, mục tiêu của bài báo là giới thiệu phương pháp WIST trong việc đánh giá chất lượng lớp bê tông

bảo vệ. Đầu tiên bài báo giới thiệu chi tiết cấu tạo các bộ phận, và nguyên lý làm việc của phương pháp. Tiếp theo, bài báo giới thiệu các nghiên cứu và ứng dụng chính của WIST. Các hướng nghiên cứu tiếp theo và tiềm năng áp dụng WIST ở Việt Nam được trình bày trong phần tiếp theo của bài báo.

2. CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA PHƯƠNG PHÁP WIST

Về cấu tạo: Bộ dụng cụ của phương pháp WIST bao gồm bình xịt nước, bộ phận tạo hình xịt, đồng hồ đếm ngược (Hình 3a). Bình xịt bao gồm một bình chứa nước, được phun ra ngoài qua nắp hình nón có đường kính 60 mm. Lượng nước mỗi lần xịt được hiệu chuẩn trước và được thu thập trong quá trình thí nghiệm để theo dõi hiệu suất của bình xịt. Bộ phận tạo hình xịt cho phép cố định các vị trí đo và chia chúng thành các khu vực hình bầu dục phía trên và khu vực lưới liềm phía dưới (Hình 3b).



Hình 3. Nguyên lý đánh giá chất lượng lớp bê tông bảo vệ bằng phương pháp WIST.

Về nguyên lý làm việc: Đối với mỗi khu vực đo lường, bốn vị trí đo được chọn và đánh dấu. Sau đó, bộ phận tạo hình xịt được sử dụng để kiểm soát việc phun nước tại vị trí đo. Nắp hình nón được đặt lên bộ phận tạo hình xịt và nước được xịt vào vị trí cần đo (Hình 3). Khoảng thời gian 60 giây được duy trì giữa các lần xịt liên tiếp, được xác định dựa trên các khảo sát tối ưu [8]. Mỗi lần đo kết thúc khi nước chảy từ vùng hình bầu dục phía trên xuống vùng “nụ còi” phía dưới, theo quan sát bằng mắt thường (Hình 2b). Số lần xịt tại một vị trí được đếm (bằng đồng hồ đếm) từ khi bắt đầu xịt đến khi quan sát thấy hiện tượng “nước chảy” từ khu vực hình bầu dục xuống khu vực hình lưới liềm (Hình 2b). Giá trị trung bình cộng của số lần xịt trên bốn vị trí thử nghiệm cho mỗi khu vực đo được tính toán được gọi là rN. Giá trị rN đánh giá khả năng hấp thụ nước của bê tông, và do đó phản ánh chất lượng bê tông bảo vệ (Hình 3). Cụ thể, giá trị rN cao phản ánh bê tông hấp thụ nước cao, cho thấy chất lượng lớp bê tông bảo vệ kém và ngược lại. Dựa trên số lần xịt (rN), tổng lượng nước đã xịt lên phần diện tích bầu dục, rW, được tính toán theo công thức 1 [11].

$$rW = rN \times W \quad (1)$$

Trong đó, W là lượng nước xịt lên vùng bầu dục tại mỗi lần xịt (gram).

Dựa trên giá trị rW, chất lượng của lớp bê tông bảo vệ được phân loại theo Bảng 1 [11].

Bảng 1. Phân loại chất lượng bê tông bảo vệ theo chỉ số rW [11]

Chất lượng lớp bê tông bảo vệ	Tổng lượng nước đã xịt lên phần bầu dục, rW, theo phương pháp WIST	
	Phương pháp xịt đơn	Phương pháp xịt kép ¹
Cao	< 0,20	Không áp dụng
Trung bình	0,20 – 0,70	0,10 – 0,40
Thấp	> 0,70	> 0,40

¹ Phương pháp xịt kép: nước sẽ được xịt 2 lần liên tiếp (kép), đợi 60 giây và lặp lại.

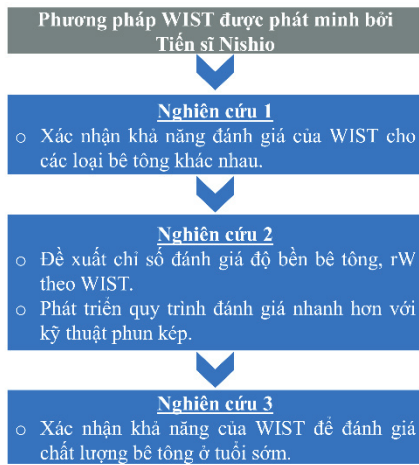
3. MỘT SỐ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG CỦA PHƯƠNG PHÁP WIST

Tại Đại học Hiroshima và Viện nghiên cứu kỹ thuật đường sắt Tokyo, khả năng sử dụng của WIST đã được nghiên cứu và kiểm chứng giai đoạn 1- tại phòng thí nghiệm. Các kết quả thu được có thể được tóm tắt như sau (xem Hình 4).

1) Nghiên cứu đầu tiên [10] tập trung vào việc chứng minh khả năng sử dụng của WIST với các loại bê tông có chất lượng khác nhau. Đối với mục tiêu này, mối quan hệ giữa kết quả WIST và hệ số thấm khí được xác định bằng phương pháp Torrent đã được thiết lập. Kết quả đã chứng minh WIST là một phương pháp đơn giản và đầy hứa hẹn để đánh giá chất lượng lớp bê tông bảo vệ. Đặc biệt, khả năng của phương WIST trong việc phát hiện bê tông chất lượng kém là rất phù hợp.

2) Nghiên cứu thứ hai [11] tập trung vào mở rộng khả năng sử dụng của phương pháp WIST. Các kết quả chính đã được kiểm chứng, bao gồm: (i) thiết lập công thức chuyển đổi giữa các thiết bị WIST có lượng nước xịt khác nhau; (ii) phát triển và xác nhận quy trình đánh giá nhanh hơn bằng cách sử dụng kỹ thuật xịt kép; và (iii) đề xuất một chỉ số độ bền mới để phân loại chất lượng lớp bê tông bảo vệ.

3) Nghiên cứu thứ ba [9] sử dụng phương pháp WIST để đánh giá chất lượng của bê tông tuổi sớm. Kết quả chỉ ra rằng phương pháp WIST rất phù hợp trong việc phát hiện bê tông chất lượng kém và bê tông chất lượng bình thường vào ngày thứ 1 và thứ 7 tương ứng sau khi tháo khuôn. Kết quả góp phần thiết lập một đánh giá nhanh chất lượng lớp bê tông bảo vệ ở giai đoạn rất sớm ngay sau khi tháo ván khuôn. Nghiên cứu giải quyết vấn đề điển hình của các phương pháp không phá hủy liên quan đến độ ẩm cao trong bê tông tuổi sớm. Trong thực tế, phương pháp WIST có thể được sử dụng để đánh giá chất lượng tay nghề trong quá trình thi công các kết cấu bê tông.



Hình 4. Một số nghiên cứu và ứng dụng của WIST [9], [10], [11]

4. HƯỚNG NGHIÊN CỨU/ TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG WIST TẠI VIỆT NAM

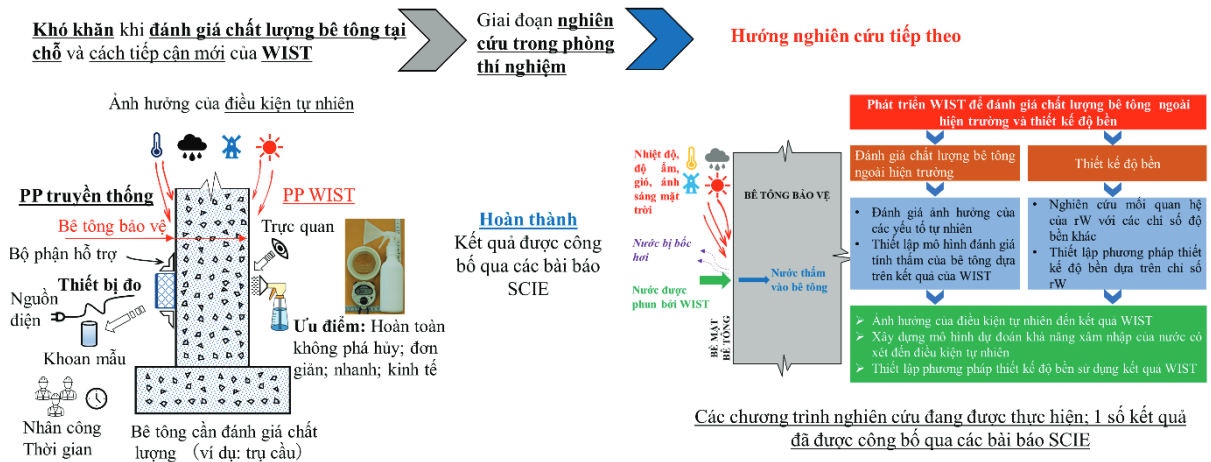
Trong giai đoạn tiếp theo, nhóm nghiên cứu đang phát triển các ứng dụng mới của phương pháp WIST để đánh giá chất lượng bê tông ngoài hiện trường và thiết kế độ bền. Các mục tiêu được tóm tắt trong Hình 5.

Mục tiêu nghiên cứu thứ 1: Xây dựng mô hình dự đoán độ thấm nước của kết cấu bê tông sử dụng kết quả WIST có xét đến ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên. Mảng nghiên cứu này gồm ba giai đoạn sau: Giai đoạn đầu: đánh giá ảnh hưởng của từng điều kiện tự nhiên đến

kết quả của phương pháp WIST trong phòng thí nghiệm. Giai đoạn thứ hai: nghiên cứu ảnh hưởng của các điều kiện đo tại hiện trường. Kết quả thu được sẽ được so sánh với kết quả của giai đoạn đầu. Giai đoạn thứ ba: thiết lập mô hình dự đoán độ thấm nước có xét đến ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên. Mô hình dựa trên trí tuệ nhân tạo sẽ được thiết lập dựa trên các thông số đầu vào bao gồm vật liệu cấu thành (loại và lượng xi măng, tỷ lệ nước/xi măng), điều kiện tự nhiên (nhiệt độ, độ ẩm tương đối, gió, bức xạ mặt trời), điều kiện kết cấu tại thời điểm đo (độ ẩm bề mặt và nhiệt độ bề mặt) và kết quả phương pháp WIST. Kết quả mô hình đề xuất sau đó sẽ được kiểm chứng thông qua kết quả thu được ở giai đoạn 1 và 2. Một số kết quả của phần này đã được phân tích công bố [12], [13].

Mục tiêu nghiên cứu thứ 2: Nghiên cứu phương pháp thiết kế độ bền mới sử dụng kết quả phương pháp WIST. Đối với mục tiêu này, kết quả phương pháp WIST sẽ được thu thập cùng với các đặc tính khác của bê tông như tốc độ cacbonat hóa, hệ số khuếch tán clorua, độ thấm khí và khả năng chống đóng băng-tan băng. Mối tương quan giữa kết quả phương pháp WIST và các thông số này sẽ được thiết lập và thảo luận để đề xuất một phương pháp thiết kế độ bền mới.

Quá trình xây dựng, sử dụng các công trình bê tông đã phát triển mạnh ở Việt Nam. Việc bảo trì, bảo hành và đánh giá chất lượng kết cấu bê tông trong suốt quá trình sử dụng đang đòi hỏi nhiều trang thiết bị, kỹ thuật



Hình 5. Các khó khăn trong đánh giá chất lượng bê tông tại hiện trường, nghiên cứu trước đây và các hướng nghiên cứu tiếp theo

và kinh phí. Việc chứng minh tính khả thi của phương pháp WIST sẽ mở ra một cách tiếp cận đơn giản, tiết kiệm, hiệu quả, và nhanh chóng để đánh giá chất lượng bê tông ngoài hiện trường. Nghiên cứu này có ý nghĩa thực tế, đặc biệt cho các nước đang phát triển như nước ta hiện nay.

Hiện tại, phương pháp WIST đã và đang được áp dụng trong công tác đánh giá chất lượng bê tông tại Nhật Bản. Các hướng nghiên cứu giai đoạn tiếp theo cũng đang được hỗ trợ bởi quỹ tài trợ cho nghiên cứu khoa học

Kakenhi, Nhật Bản. Nhóm nghiên cứu luôn sẵn sàng trao đổi, chia sẻ và hợp tác các hướng nghiên cứu với các nhà nghiên cứu và các tổ chức tại Việt Nam để có thể áp dụng phương pháp WIST về nước trong tương lai.

5. LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin gửi lời cảm ơn đến giáo sư hướng dẫn Kenichiro Nakarai, Tiến Sĩ Sohei Nishio đã hướng dẫn thực hiện nghiên cứu. Tác giả gửi lời cảm ơn đến học bổng MEXT, quỹ nghiên cứu Kakenhi và trường Đại học

Hiroshima đã hỗ trợ kinh phí và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. Cuối cùng, tác giả hi vọng bài viết sẽ đóng góp vào việc tăng cường mối quan hệ giữa Nhật Bản và Việt Nam nhân dịp kỷ niệm 50 năm quan hệ ngoại giao và là kênh kết nối nhóm nghiên cứu với các nhà nghiên cứu và tổ chức tại Việt Nam quan tâm đến phương pháp WIST.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. W. Tang, Y. Yao, C. Andrade, and Z. J. Li, “Recent durability studies on concrete structure,” *Cement and Concrete Research*, vol. 78, Elsevier Ltd, pp. 143–154, Dec. 01, 2015. doi: 10.1016/j.cemconres.2015.05.021.
- [2] H. Beushausen, R. Torrent, and M. G. Alexander, “Performance-based approaches for concrete durability: State of the art and future research needs,” *Cement and Concrete Research*, vol. 119, pp. 11–20, May 2019, doi: 10.1016/j.cemconres.2019.01.003.
- [3] P. A. M. Basheer and É. Nolan, “Near-surface moisture gradients and in situ permeation tests,” *Construction and Building Materials*, vol. 15, no. 2–3, pp. 105–114, 2001, doi: 10.1016/S0950-0618(00)00059-3.
- [4] Z. Cui and A. Alipour, “Concrete cover cracking and service life prediction of reinforced concrete structures in corrosive environments,” *Construction and Building Materials*, vol. 159, pp. 652–671, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03.224.
- [5] A. E. Long, G. D. Henderson, and F. R. Montgomery, “Why assess the properties of near-surface concrete?,” *Construction and Building Materials*, vol. 15, no. 2–3, pp. 65–79, 2001, doi: 10.1016/S0950-0618(00)00056-8.
- [6] “P.A.M. Basheer, F.R. Montgomery, A.E. Long ‘CLAM’ tests for measuring in situ permeation properties of concrete Nondestruct. Test. Eval., 12 (1995), pp. 53-73”.
- [7] P. A. M. Basheer, R. J. Andrews, D. J. Robinson, and A. E. Long, “‘PERMIT’ ion migration test for measuring the chloride ion transport of concrete on site,” *NDT & E International*, vol. 38, no. 3, pp. 219–229, Apr. 2005, doi: 10.1016/j.ndteint.2004.06.013.
- [8] S. Nishio, “Simple Evaluation of Water Permeability of Cover-concrete Using a Water Spray Method.,” *Quarterly Report of RTRI*, vol. 58, no. 1, pp. 36–42, 2017, doi: 10.2219/rtriq.58.1_36.
- [9] M. H. Nguyen, K. Nakarai, Y. Kai, and S. Nishio, “Early evaluation of cover concrete quality utilizing water intentional spray tests,” *Construction and Building Materials*, vol. 231, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117144.
- [10] M. H. Nguyen, K. Nakarai, Y. Kubori, and S. Nishio, “Validation of simple nondestructive method for evaluation of cover concrete quality,” *Construction and Building Materials*, vol. 201, pp. 430–438, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.12.109.
- [11] M. H. Nguyen, K. Nakarai, and S. Nishio, “Durability index for quality classification of cover concrete based on water intentional spraying tests,” *Cement and Concrete Composites*, vol. 104, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2019.103355.
- [12] M. H. Nguyen, S. Nishio, and K. Nakarai, “Effect of temperature on nondestructive measurements for air permeability and water sorptivity of cover concrete,” *Construction and Building Materials*, vol. 334, p. 127361, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.127361.
- [13] M. H. Nguyen, K. Nakarai, and R. Torrent, “Service life prediction of steam-cured concrete utilizing in-situ air permeability measurements,” *Cement and Concrete Composites*, vol. 114, p. 103747, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2020.103747.