



KỸ THUẬT BẢO TRÌ KẾT CẤU BÊ TÔNG RỒNG THOÁT NƯỚC: TỔNG HỢP KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU QUỐC TẾ VÀ CÁC ĐỀ XUẤT NÂNG CAO HIỆU QUẢ Ở VIỆT NAM

Trần Hồng Hải^{1*}

Tóm tắt: Công nghệ bê tông rồng thoát nước (BTRTN) là một trong các công nghệ có tính ứng dụng rộng và hiệu quả nhất cho mục tiêu khôi phục quá trình thủy văn tự nhiên khu vực đô thị trên thế giới. Vấn đề đặt ra ở đây là đối với các bề mặt sân bãi, vỉa hè, đường... sử dụng BTRTN, thông thường các lỗ rồng sẽ bị tắc nghẽn sau một thời gian sử dụng, dẫn đến hạn chế khả năng duy trì chức năng thiết kế ban đầu. Hiện nay, ở Việt Nam, công nghệ bảo trì BTRTN chưa được nghiên cứu nhiều và đang thiếu các tài liệu hướng dẫn kỹ thuật. Bài báo này tổng hợp các vấn đề quan trọng liên quan đến công việc kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN từ các cuốn sổ tay hay tài liệu hướng dẫn đã được công bố bởi các tổ chức nghiên cứu quốc tế. Bên cạnh đó, dựa trên các thách thức và đặc điểm môi trường đô thị Việt Nam, bài báo đề xuất các giải pháp bổ sung nhằm nâng cao hiệu quả bảo trì kết cấu BTRTN ở Việt Nam.

Từ khóa: Bê tông rồng thoát nước; kiểm tra; bảo trì; Việt Nam.

Pervious concrete maintenance: summary of international research results and recommendations to enhance its effectiveness in Vietnam

Abstract: Pervious concrete is one of the most applicable and effective technologies for the goal of naturally hydrological process restoration in the urban area over the world. Problems raised are that voids on surface of pervious concrete structures, such as pavements or parking lots...are often filled by sediment, trash, debris...after a period of usage time that leads to not maintain the structures' originally designed functions. Presently, pervious concrete has not received much attention by Vietnamese scholars and there have not been officially published guidelines or manuals for inspecting and maintaining pervious concrete structures. This paper summarizes important technical issues related to pervious concrete maintenance from guidelines or manuals published by international research organizations. In addition, based on common challenges and Vietnam specific urban contextual characteristics, this paper also provides recommendations for improvement of maintenance's effectiveness in Vietnam.

Keywords: Pervious concrete; inspection; maintenance; Vietnam.

Nhận ngày 01/9/2017; sửa xong 18/9/2017; chấp nhận đăng 26/9/2017

Received: September 1st, 2017; revised: September 18th, 2017; accepted: September 26th, 2017



1. Giới thiệu

Đô thị hóa (ĐTH) nhanh hết hợp biến đổi khí hậu (BĐKH) đã tác động rất lớn đến môi trường tự nhiên, ảnh hưởng đến hệ sinh thái, ảnh hưởng đến quá trình thủy văn trong và ngoài khu vực đô thị... [1]. Quá trình đô thị hóa mạnh mẽ làm bề mặt bị bê tông hóa nhanh đã dẫn tới các quá trình thủy văn của dòng chảy nước bề mặt trở nên không theo quy luật tự nhiên, phá hoại hạ tầng, gây ô nhiễm và cạn kiệt nước ngầm và gây hiện tượng lũ, ngập úng thường xuyên trong các vùng đô thị phát triển [2,3]. Birhanu, Kim [4], Zope, Eldho [5], và Chen, Theller [6] đã tiến hành phân tích các rủi ro ngập lụt do BĐKH và ĐTH nhanh tại một số nước và chỉ ra rằng lưu lượng dòng chảy cao nhất có thể tăng từ 10% đến 25% và diện tích ngập lụt tăng cao lên 64.28% trong khoảng thời gian 10 năm tương ứng với tỷ lệ tăng diện tích ĐTH là 74.84%. Hơn nữa, Wang, Zhang [7] cũng cảnh báo rằng trong tương lai gần, vấn đề chất lượng dòng chảy sẽ trở thành mối lo lớn nhất do tác động của ĐTH và BĐKH. Có thể nói, thách thức đáng lưu tâm nhất đối với các khu đô thị phát triển là quản lý bền vững và sử dụng hiệu quả nguồn nước mưa đồng thời giải quyết các vấn đề như ngập lụt, hạn hán, hạ mực nước ngầm và ô nhiễm nguồn nước [3].

¹ TS, Khoa Xây dựng DD & CN, trường Đại học Xây dựng.

* Tác giả chính. E-mail: tranhonghaimixi@gmail.com.

Hiện nay, công nghệ BTRTN đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới giúp giảm lượng nước mưa bề mặt, khôi phục quá trình thủy văn tự nhiên; từ đó giảm ngập úng, giảm mức độ ô nhiễm và bổ sung nguồn nước ngầm trong và ngoài khu vực đô thị [8]. Vấn đề đặt ra ở đây là đối với các bề mặt sân bãi, vỉa hè, đường... sử dụng BTRTN, thông thường các lỗ rỗng sẽ bị tắc nghẽn sau một thời gian sử dụng, dẫn đến hạn chế các chức năng thiết kế ban đầu. Có nhiều nguyên nhân gây tắc lỗ rỗng kết cấu BTRTN như do hạt trầm tích tích tụ lại, rác sinh hoạt, lá cây... hoặc do hiện tượng phá hoại kết cấu vì lực ngoài do xe cộ đi lại... Và một vấn đề thực tế nữa là dòng chảy nước mưa bề mặt là một đại lượng thay đổi hàng năm, bởi vậy các hệ thống quản lý nước mưa (trong đó có các kết cấu sử dụng BTRTN) nên được giám sát, điều chỉnh và bảo trì để năng lực của hệ thống luôn đáp ứng được các yêu cầu hiện thời [9]. Tuy nhiên, Flynn, Linkous [10] báo cáo rằng hoạt động kiểm tra và bảo trì các công trình BTRTN là hiếm khi được triển khai trong thực tế. Hiện nay cũng đang thiếu các nghiên cứu về các giải pháp kỹ thuật bảo trì để kéo dài tuổi thọ của các công trình quản lý nước mưa bền vững sử dụng BTRTN cũng như các nghiên cứu về các yếu tố kiểm soát ảnh hưởng đến hiệu quả của chúng theo thời gian [11,12].

Hiện nay, một vài tài liệu hướng dẫn kỹ thuật về các công việc bảo trì hệ thống quản lý nước mưa bền vững nói chung và kết cấu BTRTN nói riêng đã được công bố trên thế giới. Nhiều hướng dẫn trong các tài liệu này có tính chất địa phương, chỉ có tính ứng dụng trong các điều kiện môi trường cụ thể, chúng có giá trị tham khảo và là điểm khởi đầu cho việc xây dựng các kế hoạch bảo trì BTRTN ở đô thị Việt Nam. Bài báo tổng hợp các vấn đề kỹ thuật liên quan từ những tài liệu này bao gồm: các công việc và lịch trình kiểm tra và bảo trì, các lưu ý bổ sung để đảm bảo hiệu quả và an toàn bảo trì. Hơn nữa, dựa trên các thách thức và đặc điểm môi trường đô thị Việt Nam, bài báo đề xuất các giải pháp kỹ thuật và quản lý bảo trì bổ sung nhằm nâng cao hiệu quả ứng dụng kết cấu BTRTN ở Việt Nam.



2. BTRTN: khái niệm, hiệu quả môi trường và các ứng dụng

2.1 Khái niệm

BTRTN trong tiếng Anh là “pervious concrete” hay “permeable concrete”; nó là một trong các dạng riêng của bê tông rỗng “porous concrete” và bê tông cấp phối gián đoạn “gap-graded concrete” [13]. Bê tông rỗng thoát nước đã được trao giải thưởng “Best management practices” trong việc giảm lượng nước mưa bề mặt và giảm mức độ ô nhiễm của dòng chảy nước mưa. Theo Viện bê tông Mỹ (ACI), BTRTN là loại bê tông không có độ sụt, dùng cấp phối hạt gián đoạn gồm có xi măng Portland, cốt liệu lớn, một lượng nhỏ hoặc không cốt liệu nhỏ, nước và phụ gia. Sau khi rắn chắc từ hỗn hợp vật liệu trên, bê tông sẽ có hệ thống lỗ rỗng thông nhau có kích thước từ 2mm đến 8mm, từ đó dễ dàng cho nước chảy qua. Độ rỗng rất lớn của bê tông có thể thay đổi từ 15% đến 35%, cường độ nén từ 2,8MPa đến 28MPa. Tốc độ thoát nước của BTRTN thay đổi tùy theo kích thước cốt liệu và khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông và thường vào khoảng từ 81 đến 730 lít/phút/m² [14] (Hình 1).



Hình 1. Mẫu bê tông rỗng thoát nước

2.2 Hiệu quả môi trường

Về hiệu quả bảo vệ môi trường của BTRTN, theo báo cáo [13] thì BTRTN khi được dùng làm mặt đường, lối đi, bãi đỗ xe... sẽ cho phép nước mưa thấm vào đất nền và thể tích lỗ rỗng của hệ kết cấu BTRTN cũng có chức năng tích chứa nước mưa tạm thời, từ đó giúp giảm dòng chảy nước mưa bề mặt, bổ sung và nâng cao chất lượng nguồn nước ngầm. Nước mưa sau khi thấm qua BTRTN và ngấm vào nền đất sẽ được lọc các chất độc hại theo cơ chế tự nhiên bởi các quá trình sinh hóa trong đất trước khi bổ sung vào nguồn nước ngầm hoặc chảy ra các sông, hồ. Theo báo cáo nghiên cứu của Portland Cement Association, Illinois, Mỹ [13], quá trình nước mưa ngấm vào nền đất có thể lọc được đến 80% chất cặn lắng đọng, 60% vi lượng kim loại nặng và 65% hợp chất photphat (trang 7). Như vậy, BTRTN được áp dụng thích hợp sẽ giúp hạn chế được ngập úng vùng đô thị, giảm lũ lụt và xói lở khu vực hạ lưu, nâng cao chất lượng nguồn nước, giảm gánh nặng lên các nhà máy xử lý nước và hệ thống cống thoát nước hiện có, giảm yêu cầu xây dựng hệ thống xử lý nước mưa mới..., từ đó mang tới lợi ích rất lớn về kinh tế, xã hội và môi trường.

Ngoài ra, sử dụng BTRTN cho hạ tầng giao thông sẽ giúp tiêu tán âm thanh phát ra từ mặt đường, từ đó giúp hạn chế tiếng ồn trong đô thị. BTRTN hấp thụ nhiệt mặt trời ít hơn bề mặt bê tông truyền thống, và cấu trúc lỗ rỗng giúp giảm lượng nhiệt được tích trữ lại trong kết cấu, từ đó giúp giảm các hiệu ứng đảo nhiệt “heat island” tại đô thị. Thêm nữa, ở các nước xứ lạnh, có tuyết như Canada, Mỹ... BTRTN rất hữu ích khi giúp nâng cao tốc độ tan băng, từ đó giảm được 70% chi phí dọn tuyết [15]. Cuối cùng, việc có thể tạo màu cho BTRTN sử dụng cho các đường giao thông trong công viên, khu đô thị, sân tennis... tạo mỹ quan môi trường và nâng cao chất lượng cuộc sống.

2.3 Phạm vi ứng dụng

Phạm vi ứng dụng của BTRTN là rất rộng; ví dụ như vỉa hè, bãi đỗ xe, đường nội thị, đường đi bộ, vai đường, rãnh thoát bên đường, đường trong sân golf, sân tennis, sân viên ở bể bơi, sân nhà, bề mặt thấm nước xung quanh gốc cây ở vỉa hè, kết cấu hạ tầng thủy văn, ổn định độ dốc và làm các lớp nền thấm nước dưới đường bê tông thường có chức năng chịu tải lớn... [11]. Với độ xốp cao BTRTN cũng được dùng cho kết cấu cách nhiệt hay cách âm như tường nhà. Ở Châu Âu, BTRTN còn được sử dụng như vật liệu kết cấu, ví dụ làm các bức tường cho ngôi nhà 1-2 tầng, tường chịu lực cho các tòa nhà cao tầng (có thể lên đến 10 tầng), các tấm panel chèn, tường chắn bờ biển... [15]. Cũng có các định hướng nghiên cứu áp dụng công nghệ bề mặt thấm thấu nước để hạn chế sạt lở đất do dòng chảy nước mưa.

Tuy nhiên, BTRTN có vài nhược điểm cần lưu ý: (1) Cường độ nén và uốn không cao, do đó không thể làm mặt đường cao tốc hay đường có mật độ và tải trọng xe lưu thông cao và khó có thể bố trí cốt thép vào trong các kết cấu từ loại bê tông này [16]; (2) Yêu cầu bảo trì thường xuyên, đặc biệt trong các điều kiện bất lợi như thời tiết xấu, dưới tán cây; (3) Trong một số trường hợp, chi phí xây dựng là lớn hơn nhiều so với sử dụng bê tông thường; (4) Quy trình kỹ thuật thi công phức tạp hơn vì có thể yêu cầu kiểm tra khả năng thấm thấu của nền đất và bảo đảm độ xốp, độ rỗng và cường độ thiết kế đồng thời [17].

Nhìn chung, tính ứng dụng của BTRTN cho mục tiêu hiệu quả môi trường trong đô thị là rất lớn; tuy nhiên, để tận dụng được các ưu điểm đặc tính của BTRTN, việc thiết kế cấp phối, kỹ thuật thi công và bảo trì phải được tiến hành khoa học và cẩn thận.



3. Yêu cầu kỹ thuật kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN

Các báo cáo chỉ ra rằng bên cạnh các yếu tố như chất lượng thiết kế thấp, kỹ thuật xây dựng không phù hợp, nền đất có độ thấm thấp, hay giao thông vượt tải cho phép... việc tiến hành kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN không phù hợp cũng là một nguyên nhân chính gây ra hư hỏng sớm hoặc giảm chức năng các kết cấu và phát sinh chi phí lớn để sửa chữa kết cấu [18]. Một chương trình kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN toàn diện và dài hạn là rất quan trọng để giúp các kết cấu BTRTN làm việc tối ưu và phát hiện được các rủi ro tiềm năng, từ đó đảm bảo các lợi ích của kết cấu được duy trì lâu dài theo thời gian. Đã có nhiều công trình nghiên cứu được tiến hành với các điều kiện môi trường khác nhau và đã đưa được ra các hướng dẫn kỹ thuật bảo trì kết cấu BTRTN; dưới đây sẽ trình bày tổng hợp một vài trong số đó.

3.1 Yêu cầu kỹ thuật trong công việc kiểm tra

Việc kiểm tra thường xuyên và có hệ thống là yếu tố rất quan trọng giúp công tác bảo trì kết cấu BTRTN thành công và hiệu quả. Công tác kiểm tra giúp đánh giá đúng tình trạng hoạt động của kết cấu, xác định được các công việc bảo trì cần thiết và cung cấp thông tin thực trạng để cập nhật kế hoạch bảo trì và vận hành kết cấu BTRTN. Dưới đây là các nội dung kiểm tra kết cấu BTRTN được các tài liệu báo cáo:

- Khả năng tiếp cận kết cấu để kiểm tra [15,17];
- Kiểm tra độ sạch bề mặt kết cấu (không có rác, cặn, trầm tích...) [15,18,17,20];
- Kiểm tra mức độ hư hại của kết cấu (không có dấu hiệu nứt, vỡ, sụt, lún, xói mòn, lão hóa...) [15,18,20];
- Kiểm tra sự ứ đọng nước, tích nước lâu dài trên bề mặt kết cấu [15,17,18];
- Kiểm tra khả năng thấm thấu của kết cấu [15,17,20];
- Kiểm tra tính ổn định, các hiện tượng sụt, sạt lở, xói mòn đất gần cạnh kết cấu [15,18];
- Kiểm tra thảm thực vật xung quanh kết cấu có được chăm sóc tốt. Không có thực vật, cây cỏ sống chèn lên mặt kết cấu [15,17,18];

- Kiểm tra hiện tượng tắc nghẽn các kết cấu đầu vào và đầu ra đầu nối với kết cấu BTRTN trong hệ thống quản lý nước mưa tổng thể [15,17,18];

- Kiểm tra phát hiện các nguồn chất thải, ô nhiễm mới có thể tác động đến kết cấu BTRTN [15,17,18].

Tần suất kiểm tra kết cấu BTRTN phụ thuộc vào điều kiện của nhiều yếu tố như đặc điểm kết cấu (hay hệ kết cấu), điều kiện thời tiết và các đặc điểm của môi trường xung quanh... [20]. Sổ tay bảo trì và vận hành hệ thống nước mưa [20] đề xuất rằng việc kiểm tra sau khi xây dựng nên ít nhất 2 lần 1 năm và ngay sau mỗi cơn mưa lớn (trên 15 mm). Thực hiện việc kiểm tra đều đặn, thường xuyên cho đến khi đánh giá được mức độ tần suất bảo trì cần thiết. Khoảng thời gian thực hiện kiểm tra tiếp theo nên được xác định dựa trên các yêu cầu bảo trì thực tế [20].

Ngoài ra, theo Sổ tay quản lý nước mưa [15] vì công năng và độ bền của kết cấu BTRTN bị tác động rất lớn bởi sự thay đổi thời tiết theo mùa và các sự kiện thời tiết khắc nghiệt nên các hoạt động kiểm tra và bảo trì đột xuất hoặc có tính đặc trưng theo mùa là rất cần thiết. Ví dụ, hoạt động kiểm tra cần tiến hành ngay khi xảy ra các cơn bão hay mưa lớn hoặc khi phát hiện khả năng thẩm thấu của kết cấu có dấu hiệu không hiệu quả. Bất cứ khi nào phát hiện việc thoát nước của mặt đường hay vỉa hè BTRTN có vấn đề, cần kiểm tra việc tắc nghẽn lỗ rỗng bề mặt, làm sạch đất đá, lá cây, rác và bụi đất. Khi có các lỗi về kết cấu như nứt, lún... cần bóc tách và thay thế mới lớp BTRTN bề mặt [15]. Những hiện tượng này thường xảy ra tại những bề mặt có lưu lượng hay tải trọng giao thông lớn. Bề mặt kết cấu BTRTN cũng cần được kiểm tra sự lão hóa kết cấu; cách ly hay loại bỏ các vật liệu như cát, muối, tro bụi... ngay khi chúng xuất hiện vì chúng làm hư hại bê tông hoặc làm tắc nghẽn lỗ rỗng bề mặt [15].

Hướng dẫn bảo trì của Ban quản lý môi trường thành phố Castle Rock [19] đề xuất việc kiểm tra tình trạng bề mặt và khả năng thẩm thấu của kết cấu BTRTN nên được tiến hành ít nhất 1 lần 1 năm và ngay sau mỗi cơn bão hay các cơn mưa lớn bất thường để đảm bảo khả năng thấm của bề mặt kết cấu. Các video, ảnh, các ghi chú nên được thực hiện để đo lường sự giảm khả năng thấm nước theo thời gian. Việc đo lường có hệ thống khả năng thấm bề mặt kết cấu BTRTN có thể áp dụng các phương pháp kiểm tra theo tiêu chuẩn ASTM C1701 [20].

Hơn nữa, theo Tài liệu kỹ thuật bảo trì được công bố bởi Đại học Kentucky [18], tần suất kiểm tra các kết cấu BTRTN nên tiến hành thường xuyên hơn trong những tháng đầu tiên sau khi hoàn thành xây dựng để kiểm tra khả năng hoạt động phù hợp của kết cấu. Trong thời gian này, việc kiểm tra nên được tiến hành sau mỗi cơn mưa để kiểm tra sự ứ đọng nước bề mặt. Sau thời gian này, tần suất kiểm tra có thể là 1 lần/1 năm cho từng kết cấu riêng lẻ [18]. Hơn nữa, toàn bộ công việc kiểm tra cần được ghi chép lại cẩn thận, trong đó phải chỉ rõ các công việc bảo trì cũng như thời điểm tiến hành cần thiết. Tần suất kiểm tra có thể ban đầu là 1 lần/1 tháng, sau tăng lên 1 lần/1 năm và cuối cùng có thể là 1 lần/5 năm [18].

3.2 Yêu cầu kỹ thuật bảo trì

Kết cấu BTRTN yêu cầu hoạt động bảo trì định kỳ và không định kỳ. Nội dung công việc và lịch bảo trì được xác định dựa trên kết quả kiểm tra thực tế và kế hoạch bảo trì đã xây dựng trước. Việc triển khai bảo trì cần dựa trên thông tin thiết kế hệ thống kết cấu và các thủ tục an toàn trong bản kế hoạch bảo trì [20]. “Sổ tay thiết kế hạ tầng xanh” của URS Corporation [17] đề xuất nhiệm vụ và lịch bảo trì kết cấu BTRTN như Bảng 1.

“Sổ tay quản lý nước mưa” thành phố Goegria [15] đề xuất công việc và lịch trình bảo trì kết cấu BTRTN như Bảng 2.

“Sổ tay quản lý nước mưa” của thành phố Georgia [15] cũng lưu ý việc loại bỏ rác, cặn lắng, hay trầm tích nên tiến hành bằng các máy làm sạch chân không hoặc áp lực thấp, tiến hành định kỳ ít nhất 1 năm hoặc khi cần thiết. Việc phun áp lực giúp mặt đường cải thiện 80-90% năng lực thấm trong một vài trường hợp (Hình 2 và 3).

“Hướng dẫn bảo trì” của Ban Quản lý môi trường Thành phố Castle Rock [19] đề xuất thêm rằng cần tiến hành công việc loại bỏ rác, bụi, mảnh vụn... đối với kết cấu BTRTN ngay sau khi hoàn thành các công việc công trường trên hoặc gần đó. Nên sử dụng máy quét



Hình 2. Thiết bị phun áp lực [15]



Hình 3. Máy quét chân không [15]

Bảng 1. Công việc và lịch bảo trì [17]

Hoạt động bảo trì	Lịch bảo trì
- Ngăn cấm vận chuyển vật liệu rời đi lên kết cấu BTRTN; - Dẫn hướng các dòng chảy khu vực xung quanh ra xa vị trí kết cấu BTRTN.	Kiểm tra thường xuyên
- Diện tích nứt, vỡ, sụt, lún ổ gà... có thể được xử lý bằng các phương pháp truyền thống như sử dụng bê tông thường (hạn chế diện tích hư hại dưới 10% tổng diện tích BTRTN). Nếu diện tích hư hại lớn hơn 10%, biện pháp xử lý cần được phê duyệt bởi các kỹ sư chuyên môn.	Khi cần thiết
- Loại bỏ rác, cặn lắng, trầm tích... - Loại bỏ cỏ thực vật sống chèn lên bề mặt BTRTN; - Giám sát khả năng thấm nước ngay sau mỗi cơn mưa lớn.	Hàng tháng hoặc sau mỗi cơn mưa lớn
- Quét hay hút chân không làm sạch bề mặt kết cấu BTRTN; - Có thể dùng xịt rửa áp lực hạn chế ở những chỗ tắc nghẽn nặng; - Nếu kết cấu BTRTN đặt ở những nơi có nguy cơ cao bị tắc nghẽn thì tần suất kiểm tra và bảo trì có thể yêu cầu nhiều hơn.	2 lần/1 năm
- Các chất làm tan băng, tuyết hữu cơ có thể được sử dụng; tuy nhiên cát và sỏi là nghiêm cấm; - Máy cày tuyết, băng có thể được sử dụng nếu trang bị thêm lớp phủ bọc bánh xe.	Khi cần thiết vào mùa đông

Bảng 2. Công việc và lịch bảo trì [15]

Hoạt động bảo trì	Lịch bảo trì
- Loại bỏ cặn, rác, trầm tích... trên bề mặt kết cấu BTRTN; - Kiểm tra để đảm bảo rằng bề mặt kết cấu không bị tắc nghẽn, đặc biệt sau các cơn mưa lớn; - Tiến hành các biện pháp để ngăn chặn dầu, hay trầm tích di chuyển vào diện tích bề mặt kết cấu BTRTN từ vùng lân cận; - Làm sạch diện tích xung quanh và đảm bảo các kết cấu liên quan trong hệ thống hạ tầng ổn định, sạch, không cặn lắng, trầm tích, rác....	Khi cần thiết
- Kiểm tra và xử lý hư hỏng hay nứt, sụt lún cục bộ kết cấu BTRTN; thay thế các bộ phận của kết cấu nếu cần thiết để đảm bảo chức năng, tính phối hợp, và hiệu quả của hệ kết cấu; - Kiểm tra rủi ro sạt lở kết cấu nền đất xung quanh, bên dưới kết cấu BTRTN và xử lý kịp thời; - Có biện pháp ngăn dòng chảy tràn qua kết cấu khi có mưa lớn. - Quét hay hút chân không bề mặt kết cấu BTRTN; có thể sử dụng ống áp lực cao (rất cẩn thận và hạn chế) ở những nơi khó làm sạch cặn lắng, trầm tích;	Hàng tháng
- Phụt rửa, thông hệ thống ống cống thu hồi nước phía dưới kết cấu BTRTN.	Hàng năm hoặc theo yêu cầu sau khi kiểm tra
- Sử dụng chất tan tuyết, băng hữu cơ để làm sạch bề mặt kết cấu BTRTN.	Vào mùa đông

chân không hoặc máy khí tái sinh với tần suất 2 lần mỗi năm để duy trì khả năng thấm của kết cấu BTRTN. Công việc này nên thực hiện vào ngày khô ráo để có hiệu quả tốt nhất; không sử dụng nước với máy quét. Khi bề mặt kết cấu BTRTN có tuyết, hay đóng băng, việc loại bỏ chúng nên sử dụng phương pháp cơ khí, không nên sử dụng hóa chất tan băng thể lỏng và rắn, cũng tuyệt đối không sử dụng cát. Hướng dẫn bảo trì [19] cũng khuyến nghị rằng việc thay thế cục bộ kết cấu BTRTN cần cố gắng hạn chế tối đa bởi vì việc dùng cửa để cắt sẽ làm hư hỏng bê tông rỗng xung quanh. Nếu kết cấu bị tắc, tiến hành công việc thật hay rửa không khí nên được ưu tiên. Hơn nữa, nếu phải tiến hành thay thế cục bộ thì nên mở rộng vùng thay thế đến các khe nứt có sẵn. Bê tông thường có thể được sử dụng trong trường hợp này, miễn bảo đảm 90% bề mặt kết cấu BTRTN vẫn được duy trì. Nếu diện tích hư hại lớn hơn 10% tổng diện tích bề mặt kết cấu BTRTN, việc xử lý bắt buộc tham vấn các kỹ sư có chuyên môn.

"Tài liệu kỹ thuật bảo trì" được công bố bởi Đại học Kentucky [18] cũng đưa ra vài lưu ý bổ sung trong bảo trì BTRTN gồm: (1) Tiến hành các biện pháp để ngăn chặn việc phát sinh hay di chuyển các cặn lắng, rác, trầm tích từ các vùng lân cận lên trên bề mặt kết cấu BTRTN; (2) Tiến hành công việc quét hay hút chân

không để loại bỏ mảnh vụn, rác, cặn lắng, trầm tích... ít nhất 1 lần/1 năm; từ đó duy trì được khả năng thấm nước của bề mặt kết cấu BTRTN; và (3) Có thể phải thay thế lớp kết cấu BTRTN và cả lớp đất nền nếu như ứ đọng nước xảy ra dai dẳng và trầm trọng.

3.3 Một vài lưu ý thêm đã được báo cáo

Như đã nhấn mạnh, các công việc kiểm tra và bảo trì các kết cấu BTRTN được đề xuất trong các tài liệu sở tay hay hướng dẫn không phải là toàn diện. Mỗi loại kết cấu và trong các điều kiện môi trường khác nhau sẽ yêu cầu bổ sung các biện pháp hỗ trợ khác. Dưới đây là các lưu ý thêm nhằm nâng cao hiệu quả bảo trì BTRTN trong các trường hợp cụ thể được trích dẫn từ các tài liệu khác:

(1) Bề mặt xung quanh hay lân cận kết cấu BTRTN nên được trồng phủ thảm thực vật để hạn chế xói lở và ngăn chặn các hạt cặn, trầm tích chảy vào bề mặt kết cấu BTRTN [17];

(2) Trong quá trình chuẩn bị mặt bằng cho thi công, hệ thống xả thải của khu vực xung quanh cần được xây dựng để ngăn vật liệu và rác thải di chuyển lên trên bề mặt kết cấu BTRTN. Các chất liệu như cát, rơm, đất... nghiêm cấm được vận chuyển lên trên mặt BTRTN [19].

(3) Cần xem xét cẩn thận vấn đề tổ chức mặt bằng và kế hoạch xây dựng, thiết kế tiến độ và kế hoạch mua sắm vật liệu cho dự án xây dựng có sử dụng kết cấu BTRTN ngay từ giai đoạn thiết kế nhằm hạn chế tối đa bụi, rác thải, cốt liệu... phủ lên trên bề mặt kết cấu BTRTN [10].

(4) Với một số kết cấu BTRTN ngầm, việc kiểm tra và bảo trì là rất khó khăn và tiềm ẩn mất an toàn; giải pháp tiếp cận kết cấu để kiểm tra và bảo trì cùng các giải pháp bảo đảm an toàn cần được xem xét cẩn thận từ giai đoạn thiết kế [15, 19, 20]. Trang bị thiết bị bảo hộ và đào tạo kiến thức an toàn là cần thiết và bắt buộc [19].

(5) Khi xây dựng kế hoạch kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN, chúng ta cần lưu ý:

- Ngay từ giai đoạn đầu của dự án, các vấn đề kỹ thuật bảo trì cần được thảo luận với các kỹ sư thiết kế sớm nhất có thể [20];

- Cần xây dựng trách nhiệm của cộng đồng, người dân xung quanh trong việc bảo vệ, kiểm tra và bảo trì các kết cấu [15];

- Cần xác định hết các yếu tố bất lợi (như điều kiện môi trường, thời tiết, văn hóa và thói quen sinh hoạt của người dân, thực trạng xây dựng...) nhiều khả năng sẽ tác động đến hiệu quả của kết cấu BTRTN [21].



4. Các rào cản ảnh hưởng đến hiệu quả công tác kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN ở Việt Nam

Để kết cấu BTRTN duy trì được chức năng lâu dài theo thiết kế, chúng ta cần xây dựng và triển khai được một chương trình bảo trì đạt được các mục tiêu kế hoạch lâu dài, định kỳ, kịp thời và hiệu quả. Các kế hoạch bảo trì cần được thiết kế cho riêng từng loại kết cấu và điều kiện môi trường cụ thể; mỗi trường hợp sẽ có các rào cản, khó khăn cần xử lý để bảo trì có hiệu quả nhất. Ở đây, bài báo trình bày tổng hợp các rào cản ảnh hưởng đến hiệu quả công tác kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN được các báo cáo nghiên cứu quốc tế chỉ ra trong các điều kiện riêng của mỗi vùng như vùng Louisville and Jefferson County [17], bang Georgia [15], thành phố Boise City [20], thành phố Castle Rock [19], bang Chicago [22] và thành phố Fayette County, Kentucky, Anh [18] (xem Bảng 3).



5. Các đề xuất nâng cao hiệu quả công tác bảo trì kết cấu BTRTN trong môi trường đô thị ở Việt Nam

5.1 Các đặc điểm điều kiện môi trường ứng dụng BTRTN ở Việt Nam

Thực tế, công nghệ BTRTN chỉ mới được áp dụng ở Việt Nam gần đây và với quy mô rất hạn chế ở các đô thị. Nhìn chung, có thể nói rằng các rào cản ảnh hưởng đến công tác bảo trì được báo cáo ở Bảng 3 hiện cũng tồn tại trong điều kiện Việt Nam. Thêm nữa, đặc trưng giao thông đô thị phổ biến ở Việt Nam là có tính hỗn hợp, các phương tiện khác nhau được lưu thông lẫn nhau, không phân làn cố định; điều này dẫn đến việc khó khăn trong quản lý hạn chế tải trọng cũng như lưu lượng giao thông cho các mặt đường sử dụng BTRTN. Hầu hết đô thị Việt Nam đang trong quá trình phát triển nên hoạt động xây dựng diễn ra phổ biến và diện rộng, tăng cao rủi ro gây tắc nghẽn lỗ rỗng bề mặt kết cấu BTRTN do vật liệu và chất thải xây dựng gây ra. Ý thức trách nhiệm cộng đồng, tuân thủ luật giao thông của người tham gia giao thông còn rất thấp; dẫn đến nhiều khả năng sẽ có các phương tiện vượt tải quy định đi vào đường BTRTN gây hư hại

Bảng 3. Các rào cản ảnh hưởng đến hiệu quả kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN

Rào cản quản lý	Rào cản công nghệ - kỹ thuật	Tham khảo
Thiếu một định nghĩa thống nhất về “hệ thống quản lý nước mưa bền vững” trong đó kết cấu BTRTN là một thành phần chính	Thiếu đội ngũ có chuyên môn, kinh nghiệm, và trách nhiệm để thực hiện công việc kiểm tra và bảo trì	[15,17]
Trách nhiệm quản lý, kiểm tra và bảo trì không rõ ràng	Quá trình thiết kế thường không tính đến các yếu tố liên quan về kiểm tra và bảo trì về sau	[15,20,21]
Thiếu nguồn tài chính để quản lý và triển khai công việc kiểm tra và bảo trì	Thiếu các công cụ, các hướng dẫn kỹ thuật tiến hành kiểm tra tính hiệu quả của kết cấu cho các mục tiêu đã được thiết kế ban đầu	[15]
Thiếu cơ chế hiệu quả để kiểm soát trách nhiệm của các bên liên quan trong việc thực hiện công việc kiểm tra và bảo trì	Không xem xét quá trình kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN trong một chương trình bảo trì được thiết kế toàn diện, xuyên suốt mọi thành phần của hệ thống quản lý nước mưa	[15,20]
Thiếu các quy định pháp lý liên quan	Thiếu các tiêu chuẩn thiết kế, tiêu chuẩn bảo trì kết cấu BTRTN	[15]
Nhận thức cộng đồng còn thấp về vai trò của các kết cấu BTRTN cho mục tiêu điều hòa thủy văn đô thị	Công nghệ bảo trì kết cấu BTRTN chưa phát triển	[11,13,15]

kết cấu mặt đường nghiệm trọng. Cuối cùng, ý thức giữ vệ sinh môi trường công cộng rất kém cộng với thói quen kinh doanh và ăn uống vỉa hè của người dân đô thị Việt Nam sẽ đem đến nhiều khó khăn trong việc giữ gìn sạch sẽ bề mặt đường hay vỉa hè BTRTN. Những đặc điểm có tính xã hội này sẽ mang đến rất nhiều thách thức trong quản lý và xử lý kỹ thuật bảo trì kết cấu BTRTN ở đô thị Việt Nam.

5.2 Các đề xuất nâng cao hiệu quả công tác bảo trì kết cấu BTRTN ở Việt Nam

Một trong các chỉ số quan trọng nhất đánh giá sự thành công của việc sử dụng kết cấu BTRTN cho mục tiêu bền vững là tính hiệu quả toàn vòng đời của kết cấu đó. Câu hỏi đặt ra không phải là sự cần thiết hay không các hoạt động bảo trì kết cấu BTRTN, mà là làm thế nào nó được triển khai và quản lý? nguồn ngân sách ở đâu? đội ngũ kỹ thuật ở đâu? những ai sẽ chịu trách nhiệm và cho các công việc nào? và tiêu chuẩn kỹ thuật cần đạt được? Khi những câu hỏi này chưa được xử lý thỏa đáng thì công việc bảo trì thường sẽ bị bỏ qua và sẽ dẫn đến nhiều rủi ro cả về tính hiệu quả, an toàn và chi phí cải tạo hay thậm chí xây dựng mới sau này. Các nghiên cứu về BTRTN ở Việt Nam hiện nay cũng chỉ tập trung vào các vấn đề thiết kế (ví dụ [23,24]) mà chưa tập trung vào vấn đề bảo trì các công trình sử dụng BTRTN. Dựa trên kết quả phân tích các rào cản chung và đặc điểm môi trường có tính riêng biệt ở Việt Nam, bài báo đưa ra các đề xuất cần thực hiện để nâng cao hiệu quả công tác kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN.

Đề xuất liên quan vấn đề kỹ thuật:

(1) Công việc, lịch kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN cần tham khảo các hướng dẫn kỹ thuật được tổng hợp trong Bảng 1-3. Thêm nữa, với điều kiện môi trường đô thị ở Việt Nam như đã nêu trong mục 5.1, bài báo khuyến nghị công việc kiểm tra có thể cần tiến hành với tần suất nhiều hơn so với các đề xuất;

(2) Khi xây dựng dự án hạ tầng quản lý nước mưa bền vững có sử dụng các kết cấu BTRTN, chúng ta cần xem xét mọi yếu tố liên quan đến quá trình kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN trong một chương trình bảo trì toàn diện, xuyên suốt và kết nối dành cho mỗi thành phần kết cấu của cả hệ thống hạ tầng đó;

(3) Khi xây dựng kế hoạch kiểm tra và bảo trì BTRTN, cần đặc biệt lưu ý về điều kiện môi trường, thực trạng hoạt động xây dựng, văn hóa và thói quen sinh sống cộng đồng trong vùng lân cận để xác định hết nguyên nhân tiềm năng ảnh hưởng đến chất lượng và chức năng kết cấu BTRTN theo thời gian, từ đó có giải pháp thiết kế kết cấu và giải pháp bảo trì phù hợp nhất.

(4) Cần tiến hành nghiên cứu xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật, các hướng dẫn kỹ thuật; và phát triển công cụ hỗ trợ kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN.

(5) Cần có các chương trình đào tạo đội ngũ cán bộ kỹ thuật có chuyên môn và trách nhiệm về kiểm tra và bảo trì các kết cấu BTRTN; chương trình đào tạo cần tích hợp vào trong kế hoạch kiểm tra và bảo trì chung [22].

(6) Cuối cùng, cần xây dựng cơ sở dữ liệu điện tử về hoạt động kiểm tra và bảo trì để có cơ sở phân tích đưa ra các dự đoán cũng như các giải pháp bảo trì phù hợp và nhanh chóng.

Đề xuất liên quan vấn đề quản lý:

(1) Cần tiến hành xây dựng quy định và hướng dẫn có tính pháp lý để quản lý công tác bảo trì kết cấu BTRTN lên các vấn đề như quy định trách nhiệm thực hiện, quy định năng lực, quy định an toàn, quy định về nguồn vốn, quy định giám sát, kiểm soát,... [21];

(2) Cần tuyên truyền, nâng cao nhận thức của cộng đồng về vai trò và chức năng của kết cấu BTRTN đối với mục tiêu điều hòa dòng chảy thủy văn đô thị, từ đó nâng cao trách nhiệm của họ trong việc sử dụng và bảo vệ các kết cấu BTRTN [19];

(3) Cần có chương trình chứng nhận nhà thầu xây dựng có chuyên môn về BTRTN (theo Tiêu chuẩn ACI 522 [14]).



6. Kết luận

Công nghệ BTRTN đang ngày càng nhận được lưu tâm trong nghiên cứu và triển khai ứng dụng ở Việt Nam. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện nay chỉ tập trung vào kỹ thuật thiết kế và xây dựng mà chưa có ứng dụng vấn đề kiểm tra và bảo trì các kết cấu BTRTN trong điều kiện đô thị Việt Nam.

Hiện nay đã có nhiều sở tay hay hướng dẫn kỹ thuật về kiểm tra và bảo trì hệ thống quản lý nước mưa đã được công bố quốc tế; trong đó chỉ dẫn các công việc kiểm tra và bảo trì cần thiết cho từng loại thành phần hệ thống bao gồm các kết cấu BTRTN (như mặt đường, bãi đậu xe, mương thấm...). Bài báo này trình bày kết quả tổng hợp các hướng dẫn bảo trì BTRTN trong các tài liệu quốc tế đã có. Bên cạnh đó, dựa trên phân tích các rào cản kỹ thuật và quản lý và các đặc điểm môi trường đô thị Việt Nam, bài báo cũng cung cấp 06 đề xuất kỹ thuật và 03 đề xuất quản lý bảo trì quan trọng cần thực hiện để nâng cao hiệu quả ứng dụng kết cấu BTRTN ở đô thị Việt Nam.

Kết quả nghiên cứu có giá trị tham khảo và là một bước đi đầu tiên trong nghiên cứu bảo trì kết cấu BTRTN ở Việt Nam. Các nghiên cứu thực nghiệm trong thời gian tới là cần thiết để xây dựng hướng dẫn kỹ thuật kiểm tra và bảo trì kết cấu BTRTN phù hợp vào từng loại công trình và môi trường đô thị cụ thể ở Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này thuộc Đề tài nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ Quốc gia, Mã số ĐKKH 07/16-20.

Tài liệu tham khảo

1. Yang X., Yue W., Xu H., Wu J., He Y. (2014), "Environmental consequences of rapid urbanization in Zhejiang province, East china", *International journal of environmental research and public health*, 11(7):7045-7059.
2. Schütte S., Schulze R.E. (2017), "Projected impacts of urbanisation on hydrological resource flows: A case study within the uMngeni Catchment, South Africa", *Journal of Environmental Management*, 196:527-543.
3. Saraswat C., Kumar P., Mishra B.K. (2016), "Assessment of stormwater runoff management practices and governance under climate change and urbanization: An analysis of Bangkok, Hanoi and Tokyo", *Environmental Science & Policy*, 64:101-117.
4. Birhanu D., Kim H., Jang C., Park S. (2016), "Flood Risk and Vulnerability of Addis Ababa City Due to Climate Change and Urbanization", *Procedia Engineering*, 154:696-702.
5. Zope P.E., Eldho T.I., Jothiprakash V. (2016), "Impacts of land use-land cover change and urbanization on flooding: A case study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India", *CATENA*, 145:142-154.
6. Chen J., Theller L., Gitau M.W., Engel B.A., Harbor J.M. (2017), "Urbanization impacts on surface runoff of the contiguous United States", *Journal of Environmental Management*, 187:470-481.
7. Wang M., Zhang D., Adhityan A., Ng W.J., Dong J., Tan S.K. (2016), "Assessing cost-effectiveness of bioretention on stormwater in response to climate change and urbanization for future scenarios", *Journal of Hydrology*, 543: 423-432.



8. VijayaVenkataRaman S., Iniyan S., Goic R. (2012), "A review of climate change, mitigation and adaptation", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1):878-897.
9. Choubane B., Page G.C., Musselman J.A. (1998), "Investigation of water permeability of coarse graded Superpave pavements", *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, 67.
10. Flynn K., Linkous B., Buechter M. (2012), "Operation and maintenance assessment for structural storm-water BMPs", in *World Environmental and Water Resources Congress 2012: Crossing Boundaries*.
11. Kevern J. (2011), "Pervious Concrete Applications and Stormwater Management", *Louisiana Transportation Conference*, 1-40.
12. Lim H., Lu X. (2016), "Sustainable urban stormwater management in the tropics: An evaluation of Singapore's ABC Waters Program", *Journal of Hydrology*, 538:842-862.
13. Tennis P.D., Leming M.L., Akers D.J. (2004), *Pervious Concrete Pavements*, Research Report No. EB302.02, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, USA.
14. ACI522R-06 (2006), *Pervious Concrete*, American Concrete Institute. Detroit, USA
15. ARC (2015), *Georgia Stormwater Management Manual*, Atlanta Regional Commission, Georgia Environmental Protection Division.
16. Wanielista M., Chopra M., Spence J., Ballock C. (2007), *Hydraulic Performance Assessment of Pervious Concrete Pavements for Stormwater Management Credit*, Research Report, Stormwater Management Academy, University of Central Florida, Orlando, FL 32816.
17. URS (2011), *Green Infrastructure Design Manual*, URS Corporation, 325 West Main Street, Suite 1200, Louisville, KY 40202.
18. UK (2012), *Post-Construction Structural BMP Operation and Maintenance Plans*, University of Kentucky.
19. CRUD (2012), *Stormwater Management Facility Operation and Maintenance (O&M) General Guidelines*, Town of Castle Rock Utilities Department, Stormwater Division.
20. ODI (2015), *Storm Water System Operation and Maintenance Handbook*, The Boise City Storm Water On-site Detention Inspection Program.
21. UDFCD (2010), *Urban Storm Drainage Criteria Manual*, Volume 3, Urban Drainage and Flood Control District.
22. DWM (2016), *Chicago Stormwater Management Ordinance Manual*, The Department of Water Management, City of Chicago.
23. Bình L.T., Sơn N.V. (2013). "Nghiên cứu ứng dụng bê tông thấm nước trong các công trình xây dựng ở Việt Nam", in ISBN 978-604-82-0066-4, *Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên*.
24. Chánh N.V. (2011), *Study of the production of pervious concrete for city planning engineering: An environmentally friendly material*, Research Report No. B2006-20-11, Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam.