

A STUDY ON REPAIR AND MAINTENANCE SOLUTIONS FOR CIVIL STRUCTURES TOWARD MODERNIZATION

NGHIÊN CỨU CÁC GIẢI PHÁP SỬA CHỮA VÀ BẢO TRÌ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG THEO HƯỚNG HIỆN ĐẠI

Phạm Văn Dũng, Trần Quốc Phong
Trường Đại học Quảng Bình

ABSTRACT: After a period of operation, civil structures often encounter various types of deterioration such as cracking, leakage, corrosion, and structural deformation. This paper provides an overview of common failures in construction, categorizes their causes, and analyzes advanced repair and maintenance methods, including reinforcement using composite materials (FRP/CFRP), polymer-based waterproofing, and the application of digital technologies (BIM, IoT, AI). Based on these findings, the paper proposes solutions to current challenges, such as developing qualified human resources, applying life cycle cost optimization, and building digital maintenance databases. The results aim to support scientific and practical foundations for improving repair and maintenance efficiency of construction works in Vietnam towards sustainable development.

Keywords: Structural repair, building maintenance, structural strengthening, Waterproofing, CFRP materials, Building Information Modeling (BIM), Internet of Things (IoT).

TÓM TẮT: Công trình xây dựng sau một thời gian khai thác thường đối mặt với nhiều dạng hư hỏng như nứt, thấm, ăn mòn và biến dạng kết cấu. Bài báo này trình bày tổng quan về các dạng hư hỏng thường gặp trong công trình, phân loại nguyên nhân, đồng thời phân tích chi tiết các phương pháp sửa chữa và bảo dưỡng hiện đại như gia cố bằng vật liệu composite (FRP/CFRP), chống thấm polymer, và ứng dụng công nghệ số (BIM, IoT, AI). Từ đó, tác giả đề xuất các giải pháp khắc phục khó khăn hiện tại, bao gồm đào tạo nguồn nhân lực, tối ưu chi phí theo vòng đời và xây dựng cơ sở dữ liệu số hóa. Bài báo góp phần cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn nhằm nâng cao hiệu quả công tác sửa chữa - bảo dưỡng công trình xây dựng tại Việt Nam trong bối cảnh phát triển bền vững.

Từ khóa: Sửa chữa công trình, bảo trì xây dựng, gia cố kết cấu, chống thấm, Vật liệu CFRP, BIM, IoT.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công trình xây dựng dân dụng, trong suốt vòng đời khai thác, luôn chịu tác động bởi nhiều yếu tố bất lợi như tải trọng sử dụng, điều kiện môi trường, quá trình thi công không đồng nhất và sự lão hóa vật liệu theo thời gian. Những yếu tố này dẫn đến các dạng hư hỏng phổ biến như nứt kết cấu, thấm nước, ăn mòn cốt thép và suy giảm khả năng chịu lực, ảnh hưởng trực tiếp đến

an toàn, hiệu quả sử dụng và tuổi thọ công trình[1],[2].

Theo thống kê của Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng (IBST), có đến 65-70% công trình xây dựng tại Việt Nam gặp phải một hoặc nhiều vấn đề kỹ thuật cần sửa chữa trong vòng 10 năm sau khi đưa vào sử dụng. Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh, công trình ngày càng quy mô và đa dạng, công tác sửa chữa và bảo trì đóng vai trò

ngày càng quan trọng, không chỉ để khôi phục chức năng mà còn nhằm nâng cao độ bền và giá trị sử dụng lâu dài.

Thực tiễn cho thấy, nếu công tác bảo trì được thực hiện đúng phương pháp và định kỳ, chi phí sửa chữa đột xuất có thể giảm đến 40%, đồng thời kéo dài tuổi thọ công trình thêm từ 15 đến 25% so với công trình không được duy tu thường xuyên. Mặt khác, xu thế phát triển của ngành xây dựng hiện đại đang chuyển mạnh sang các giải pháp ứng dụng công nghệ số, như mô hình thông tin công trình (BIM), cảm biến IoT, phân tích dữ liệu lớn và trí tuệ nhân tạo

(AI), nhằm nâng cao hiệu quả giám sát và tự động hóa quá trình bảo trì[3].

Tuy nhiên, tại Việt Nam, công tác sửa chữa – bảo dưỡng công trình dân dụng vẫn còn đối mặt với nhiều thách thức như thiếu nhân lực chuyên môn, giới hạn ngân sách, thiếu cơ sở dữ liệu kỹ thuật số và chưa phổ biến công nghệ hiện đại [4]. Do đó, việc nghiên cứu tổng quan, hệ thống hóa các dạng hư hỏng, phương pháp sửa chữa và xây dựng quy trình bảo trì khoa học là cơ sở cần thiết để nâng cao chất lượng công trình dân dụng trong xu thế phát triển bền vững.

Hình 1. Các dạng hư hỏng thường gặp trong công trình xây dựng



Cốt thép bị môi trường xâm thực ăn mòn



Tường bị thấm từ nhà vệ sinh



Sàn bê tông bị nứt dẫn đến thấm

2. VAI TRÒ CỦA CÔNG TÁC SỬA CHỮA VÀ BẢO DƯỠNG CÔNG TRÌNH

Công tác sửa chữa và bảo dưỡng công trình dân dụng giữ vai trò cốt lõi trong hệ thống quản lý vòng đời xây dựng. Trước hết, nó đảm bảo an toàn công trình. Hư hỏng nếu không được xử lý kịp thời sẽ dẫn đến sự cố nghiêm trọng, gây thiệt hại về người và của, làm gián đoạn hoạt động sản xuất và dân sinh. Các vụ việc sập công trình ở Việt Nam trong thập kỷ qua đều phần lớn có nguyên nhân từ việc không duy tu bảo trì đúng cách [5].

Thứ hai, công tác này kéo dài tuổi thọ

công trình một cách hiệu quả. Bảo trì định kỳ không chỉ duy trì trạng thái làm việc ổn định mà còn phát hiện sớm những nguy cơ tiềm ẩn để xử lý triệt để. Việc bảo trì đúng định kỳ có thể kéo dài tuổi thọ công trình thêm từ 20-30% so với tuổi thọ thiết kế. Điều này đồng nghĩa với việc giảm đáng kể chi phí sửa chữa lớn về sau và nâng cao hiệu suất đầu tư [4], [6].

Thứ ba, bảo dưỡng và sửa chữa là yêu cầu pháp lý bắt buộc. Các văn bản pháp luật như Thông tư 06/2021/TT-BXD, TCVN 4055:2012 và Luật Xây dựng 2014 (sửa đổi năm 2020) đều quy định rõ trách nhiệm của

chủ đầu tư và đơn vị quản lý công trình trong việc lập, cập nhật và thực hiện kế hoạch bảo trì trong suốt vòng đời công trình. Việc vi phạm các quy định này có thể dẫn đến xử phạt hành chính hoặc thậm chí truy cứu trách nhiệm hình sự nếu để xảy ra tai nạn.

Cuối cùng, bảo trì còn là công cụ quản trị hiệu quả tài sản công và tư. Trong bối cảnh chuyển đổi số, dữ liệu về lịch sử sửa chữa, độ bền vật liệu, chu kỳ kiểm tra... giúp thiết lập hệ thống quản lý bảo trì thông minh. Điều này cho phép các cơ quan và doanh nghiệp xây dựng lập kế hoạch ngân sách bảo trì, tối ưu hóa chi phí đầu tư và ứng phó linh hoạt với các sự cố.

Tóm lại, công tác sửa chữa và bảo dưỡng là trụ cột trong quản lý công trình hiện đại, kết hợp giữa kỹ thuật, pháp lý và tài chính để đảm bảo phát triển bền vững trong xây dựng.

3. PHÂN LOẠI VÀ ĐẶC ĐIỂM HƯ HỎNG THƯỜNG GẶP TRONG CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

Hư hỏng công trình xây dựng là hiện tượng phổ biến trong suốt vòng đời khai thác và vận hành. Những dạng hư hỏng này nếu không được phát hiện và xử lý kịp thời sẽ gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến an toàn, hiệu quả sử dụng và chi phí bảo trì. Việc phân loại khoa học các dạng hư hỏng đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng kế hoạch sửa chữa hợp lý và tối ưu hóa chi phí [1], [2].

3.1. Hư hỏng kết cấu: nứt, biến dạng, lún lệch

Hư hỏng kết cấu là loại hư hỏng nguy hiểm nhất và thường xuất hiện sớm nếu công trình bị tác động quá tải, nền móng yếu hoặc thi công sai kỹ thuật. Biểu hiện phổ biến gồm nứt chéo tại gối dầm, nứt

tường, võng sàn, lún nền cục bộ.

Các báo cáo kỹ thuật cho thấy, hư hỏng kết cấu chiếm khoảng 35-40% tổng số các dạng hư hỏng được ghi nhận [1]. Nếu không xử lý kịp thời, chúng có thể dẫn đến mất khả năng chịu lực, sụp đổ cục bộ hoặc toàn bộ công trình [2].

3.2. Ăn mòn và suy giảm vật liệu

Ăn mòn thép trong bê tông là nguyên nhân làm suy yếu cấu kiện chịu lực và giảm tuổi thọ công trình. Quá trình ăn mòn thường bắt đầu do thấm nước kéo dài hoặc môi trường chứa ion Clo, đặc biệt tại các vùng ven biển. Biểu hiện dễ nhận biết bao gồm bong lớp bê tông bảo vệ, cốt thép gỉ đỏ, rạn nứt dọc thân cột [7], [8].

Các nghiên cứu chỉ ra rằng, nếu không được chống thấm và bảo vệ đúng cách, khả năng chịu lực của cốt thép có thể giảm đến 30% chỉ sau 10 năm khai thác [9].

3.3. Thấm nước và chống thấm kém

Thấm nước là dạng hư hỏng phổ biến ở các công trình nhà ở dân dụng và công trình công cộng, thường xuất hiện tại sàn mái, ban công, tầng hầm và nhà vệ sinh. Nguyên nhân chủ yếu là do thiếu lớp chống thấm, hệ thống thoát nước kém, hoặc thi công sai kỹ thuật [4].

Thống kê cho thấy hơn 60% công trình nhà ở dân dụng tại các thành phố lớn có hiện tượng thấm nước trong vòng 5-7 năm sau đưa vào sử dụng nếu không có lớp bảo vệ phù hợp.

3.4. Hư hỏng do va chạm và tải trọng bất thường

Tác động cơ học từ va chạm thiết bị thi công, xe tải hoặc thay đổi công năng sử dụng có thể gây ra hư hỏng đột ngột như nứt gãy dầm, sập trần, cong vênh cấu kiện. Mặc dù ít xảy ra, các dạng hư hỏng này có mức độ nguy hiểm cao và yêu cầu can thiệp ngay

lập tức [10].

3.5. Hư hỏng do điều kiện khí hậu - môi trường

Môi trường nhiệt đới ẩm gió mùa tại Việt Nam là yếu tố thúc đẩy sự xuống cấp của vật liệu bao che, lớp hoàn thiện và kết cấu bê tông. Những thay đổi nhiệt độ lớn trong ngày, độ ẩm cao và mưa axit là các tác nhân gây nứt co ngót, phong hóa bề mặt và bong tróc lớp sơn phủ [4][8].

Bên cạnh đó, tại các khu vực ven biển, sự xâm nhập muối còn đẩy nhanh quá trình phá hủy bê tông và làm tăng tốc độ ăn mòn cốt thép.

3.6. Hư hỏng hệ thống kỹ thuật

Các hệ thống kỹ thuật như điện, cấp thoát nước, thông gió và phòng cháy chữa cháy nếu không được bảo trì định kỳ dễ xảy ra sự cố:

Dò điện, chập cháy do dây dẫn xuống cấp.

Ống cấp nước bị rò rỉ, gây thấm ngược kết cấu.

Tắc hệ thống thoát nước gây tràn sàn và ẩm mốc.

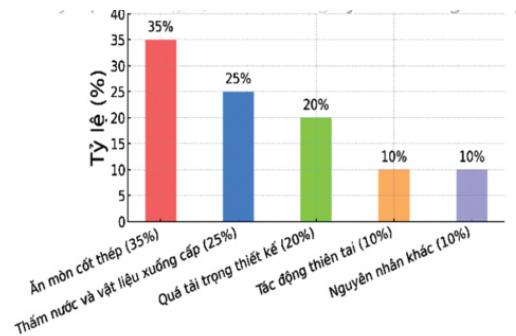
Báo cáo kỹ thuật cho thấy hệ thống kỹ thuật thường bị bỏ qua trong bảo trì, dẫn đến chi phí khắc phục cao và rủi ro về an toàn.

3.7. Thống kê nguyên nhân hư hỏng

Tổng hợp từ các nghiên cứu và báo cáo kỹ thuật, nguyên nhân gây hư hỏng công trình được phân chia theo tỷ lệ sau: Ăn mòn cốt thép: 35%, Thấm nước và vật liệu xuống cấp: 25%, Quá tải trọng thiết kế: 20%, Tác động thiên tai: 10%, Nguyên nhân khác: 10%.

4. PHƯƠNG PHÁP SỬA CHỮA VÀ BẢO DƯỠNG

Phương pháp sửa chữa và bảo dưỡng công trình xây dựng là một trong những yếu



Hình 2. Tỷ lệ nguyên nhân gây hư hỏng công trình xây dựng

tổ quyết định đến hiệu quả quản lý vòng đời công trình. Việc lựa chọn phương án phù hợp cần được dựa trên mức độ hư hỏng, loại hình công trình, điều kiện kỹ thuật và ngân sách đầu tư. Hiện nay, công tác này được thực hiện theo bốn nhóm phương pháp chính: bảo trì phòng ngừa, bảo trì khắc phục, gia cố kết cấu và ứng dụng công nghệ hiện đại [1].

4.1. Bảo trì phòng ngừa

Bảo trì phòng ngừa là phương pháp bảo dưỡng định kỳ nhằm duy trì trạng thái hoạt động bình thường của công trình ngay cả khi chưa phát sinh hư hỏng rõ rệt. Mục tiêu chính là ngăn ngừa sự xuống cấp của vật liệu và cấu kiện trước khi sự cố xảy ra.

Các nội dung thực hiện phổ biến gồm:

Kiểm tra bằng mắt thường, kết hợp đo lường biến dạng. Làm sạch bề mặt, sơn phủ bảo vệ chống ăn mòn. Thay thế các chi tiết nhỏ như gioăng cao su, bản lề, phụ kiện cơ điện. Bỏ sung lớp chống thấm mái, vệ sinh máng xối, kiểm tra đường ống. Phương pháp này đặc biệt hiệu quả đối với các công trình dân dụng, nhà cao tầng và công trình có hoạt động liên tục (nhà máy, trung tâm dữ liệu...) [3].

Ưu điểm: Giảm thiểu nguy cơ hư hỏng lớn. Kéo dài tuổi thọ công trình từ

20–30%. Giảm chi phí sửa chữa đột xuất và nâng cao hiệu suất sử dụng [5].

Hạn chế: Cần đầu tư công cụ kiểm tra và duy trì hệ thống theo dõi định kỳ (hồ sơ bảo trì, thiết bị cảm biến...).

4.2. Bảo trì khắc phục

Bảo trì khắc phục là hình thức sửa chữa được tiến hành sau khi công trình đã có biểu hiện xuống cấp rõ rệt như nứt, võng, thấm nước hoặc ăn mòn cốt thép. Đây là hình thức can thiệp bị động, thường tốn kém và yêu cầu kỹ thuật xử lý chính xác.

Quy trình thường bao gồm:

Khảo sát hiện trạng bằng thiết bị đo không phá hủy (ultrasound, búa bật nảy, camera nội soi) [6].

Đánh giá mức độ hư hỏng và xác định nguyên nhân.

Lập phương án sửa chữa chi tiết (bản vẽ, vật liệu, quy trình thi công).

Thực hiện sửa chữa và nghiệm thu theo tiêu chuẩn kỹ thuật.

Ví dụ biện pháp kỹ thuật:

Xử lý vết nứt nhỏ bằng keo epoxy hoặc vật liệu polymer [6].

Thay thế đoạn ống cấp thoát nước bị hỏng.

Chống thấm tường tầng hầm bằng vữa trộn phụ gia kỵ nước.

Ưu điểm: Xử lý được các hư hỏng rõ ràng, tập trung vào vị trí nguy hiểm.

Hạn chế: Chi phí cao hơn bảo trì phòng ngừa; không thể áp dụng đại trà; gây gián đoạn hoạt động nếu không lên kế hoạch hợp lý.

4.3. Gia cố và sửa chữa kết cấu

Khi các bộ phận chịu lực chính bị hư hỏng hoặc xuống cấp nghiêm trọng, cần áp dụng phương pháp gia cố để khôi phục hoặc nâng cao khả năng chịu lực. Đây là nhóm giải pháp mang tính kỹ thuật cao, yêu cầu

chuyên gia có chứng chỉ hành nghề tham gia thẩm định và thiết kế phương án [3], [11].

Các kỹ thuật gia cố phổ biến hiện nay bao gồm:

Gia cố bằng FRP/CFRP: Dán sợi carbon/polymer vào bề mặt cấu kiện để tăng khả năng chịu kéo - uốn - xoắn. Ưu điểm là nhẹ, không làm tăng tải trọng tĩnh, thời gian thi công ngắn [6], [12].

Bọc vữa polymer hoặc vữa sửa chữa chuyên dụng: Áp dụng cho cột, dầm bê tông bị lộ thép, hư hỏng bề mặt. Vữa polymer có độ bám dính cao và khả năng chống thấm tốt [7].

Gia cố bằng thép hình: Sử dụng bản thép gia cường liên kết bằng bulong hoặc hàn vào cấu kiện cũ (phù hợp với cầu, nhà công nghiệp).

Cải tạo móng: Thay đổi kết cấu móng bằng cách bổ sung cọc, cọc ép, mở rộng bản móng, tùy theo điều kiện địa chất [4].

Hiệu quả: Nhiều công trình sau gia cố bằng CFRP cho thấy khả năng chịu lực tăng 40-50% và kéo dài tuổi thọ khai thác thêm từ 15-20 năm [12].

Hạn chế: Chi phí cao, yêu cầu kỹ thuật phức tạp, phải có thiết bị chuyên dụng và kiểm soát chất lượng chặt chẽ [3].

4.4. Ứng dụng công nghệ hiện đại trong sửa chữa - bảo dưỡng

Sự phát triển của công nghệ số, trí tuệ nhân tạo và thiết bị cảm biến đã mở ra hướng đi mới trong công tác bảo trì công trình. Các công nghệ đang được áp dụng gồm:

a) Công nghệ khảo sát không tiếp xúc

Drone (thiết bị bay không người lái): Giúp khảo sát mặt ngoài công trình cao tầng, mái nhà xưởng lớn, nơi khó tiếp cận.

Camera hồng ngoại - ảnh nhiệt: Dùng để phát hiện rò rỉ nhiệt, vết nứt ngầm, ẩm mốc tường mà mắt thường không thấy [15].

Thiết bị đo biến dạng (sensor rung, nghiêng): Giám sát biến dạng thời gian thực tại cầu, hầm, công trình quan trọng [8].

Ví dụ: Dự án kiểm tra mặt ngoài tòa nhà Landmark 81 - TP.HCM.

Mục tiêu: Khảo sát lớp kính mặt dựng và hệ thống mái sau 2 năm khai thác.

Thiết bị: DJI Matrice 300 RTK gắn camera zoom và ảnh nhiệt.

Kết quả: Phát hiện 12 vị trí kính bị lệch khớp, 2 khu vực mái có đọng nước nhẹ, từ đó kịp thời sửa chữa.

Lợi ích: Giảm 80% thời gian so với khảo sát thủ công, không cần lắp giàn giáo.

b) Mô hình thông tin công trình - BIM

BIM cho phép quản lý đồng bộ hồ sơ thiết kế, thi công và vận hành công trình trên nền tảng số. Tích hợp với dữ liệu từ cảm biến IoT giúp kiểm soát trạng thái kết cấu và lên kế hoạch bảo trì tự động.

Ví dụ: Dự án trung tâm hành chính mới TP. Đà Nẵng.

Ứng dụng: Quản lý toàn bộ vòng đời công trình bằng mô hình BIM tích hợp Revit và Navisworks.

Cảm biến IoT: Gắn vào trần kỹ thuật và hầm kỹ thuật để đo nhiệt độ, độ ẩm và trạng thái thiết bị cơ điện.

Chức năng bảo trì: Khi cảm biến ghi nhận độ ẩm vượt mức → hệ thống gửi cảnh báo → nhân viên truy cập mô hình 3D kiểm tra vị trí hư hỏng → lên kế hoạch sửa chữa.

Lợi ích: Giảm 30% thời gian bảo trì định kỳ, minh bạch lịch sử sửa chữa.

c) Trí tuệ nhân tạo và học máy (AI)

Phân tích dữ liệu ảnh (camera, drone) để phát hiện và phân loại nứt gãy.

Tự động cảnh báo khi kết cấu có dấu hiệu lệch chuẩn về rung, biến dạng, nhiệt độ [3].

Ví dụ: Dự án thử nghiệm AI giám sát nứt tường - Trường ĐH Xây dựng Hà Nội.

Dữ liệu: Sử dụng ảnh chụp mặt ngoài 3 tòa nhà cũ bằng drone + camera 4K.

Xử lý: Ứng dụng mạng học sâu (deep learning - YOLOv5) để phát hiện, phân loại và gán nhãn nứt theo mức độ nghiêm trọng.

Tính năng: Hệ thống tự cảnh báo khi phát hiện vết nứt dài > 1.5 m hoặc rộng > 0.3 mm.

Lợi ích: Hạn chế tối đa kiểm tra bằng tay, phát hiện sớm vết nứt dạng ẩn.

4.5. Đánh giá tổng quan và lựa chọn phương pháp phù hợp

Lựa chọn phương pháp bảo trì - sửa chữa cần căn cứ trên:

Mức độ hư hỏng: Nhẹ → phòng ngừa; Trung bình → khắc phục; Nặng → gia cố.

Loại công trình: Công trình dân dụng, nhà máy, hạ tầng giao thông...

Điều kiện vận hành: Công trình đang sử dụng, tạm ngưng, cải tạo.

Nguồn lực kỹ thuật, tài chính và thời gian thi công.

5. QUY TRÌNH BẢO TRÌ VÀ SỬA CHỮA

Một quy trình bảo trì và sửa chữa khoa học là yếu tố then chốt để đảm bảo tính hệ thống, nhất quán và hiệu quả trong công tác duy tu công trình. Việc xây dựng quy trình không những giúp giảm thiểu rủi ro, mà còn nâng cao năng lực dự báo, phân tích và tối ưu hóa chi phí đầu tư bảo trì.

Hiện nay, các hướng dẫn trong TCVN 4055:2012, Luật Xây dựng (sửa đổi 2020) và thực tiễn triển khai tại Việt Nam đều đề xuất quy trình gồm 6 bước chính: khảo sát - đánh giá - lập phương án - thi công - nghiệm

Bảng 1. So sánh các phương pháp sửa chữa và bảo dưỡng công trình

Phương pháp	Hiệu quả (%)	Chi phí tương đối	Ứng dụng phổ biến
Bảo trì phòng ngừa	80	Trung bình	Nhà ở, công trình dân dụng
Bảo trì khắc phục	60	Cao	Nhà máy, công trình có sự cố
Gia cố kết cấu	75	Rất cao	Cầu, móng, kết cấu chịu lực
Công nghệ hiện đại	85	Trung bình	Công trình lớn, đô thị thông minh

thu - cập nhật hồ sơ.

Bước 1: Khảo sát hiện trạng

Khảo sát là bước đầu tiên và có vai trò quyết định trong toàn bộ quy trình sửa chữa - bảo trì. Việc khảo sát cần được thực hiện bởi đội ngũ kỹ sư chuyên môn, có chứng chỉ hành nghề và kinh nghiệm thực tế [6].

Các nội dung khảo sát bao gồm:

- Đánh giá tổng thể kết cấu: móng, cột, dầm, sàn.
- Kiểm tra hệ thống kỹ thuật: điện, nước, PCCC.
- Quan sát, đo đạc các biểu hiện hư hỏng: nứt, thấm, võng...
- Ứng dụng công nghệ: sử dụng drone, camera ảnh nhiệt, thiết bị đo không phá hủy (NDT).

Bước 2: Đánh giá hư hỏng và phân loại

Sau khi khảo sát, kết quả cần được xử

lý, phân tích và đánh giá theo các tiêu chí kỹ thuật.

Nội dung đánh giá bao gồm:

- Xác định vị trí, mức độ và phạm vi hư hỏng.
- Phân loại hư hỏng theo nhóm: kết cấu, hoàn thiện, kỹ thuật, môi trường [3].
- Đánh giá mức độ nguy hiểm: có cần dừng khai thác không? Có ảnh hưởng đến ổn định công trình không?

Bước 3: Lập phương án sửa chữa - bảo trì

Dựa trên kết quả đánh giá, kỹ sư lập phương án sửa chữa tương ứng. Phương án phải đảm bảo các yêu cầu:

- Phù hợp mức độ hư hỏng và ngân sách.
- Lựa chọn vật liệu, thiết bị, công nghệ phù hợp.
- Dự kiến thời gian thi công, ảnh hưởng đến vận hành.

Nội dung phương án cần có:

- Thuyết minh biện pháp kỹ thuật.
- Bản vẽ chi tiết vị trí sửa chữa.
- Dự toán chi phí (vật tư, nhân công, máy móc).
- Kế hoạch an toàn lao động.

Bước 4: Tổ chức thi công sửa chữa

Sau khi được phê duyệt, phương án được triển khai theo quy trình kỹ thuật nghiêm ngặt. Công tác này bao gồm:

- Huy động thiết bị, nhân lực và vật tư.
- Thi công đúng quy trình vật liệu (theo TCVN, hướng dẫn hãng sản xuất).
- Kiểm tra kỹ thuật từng công đoạn.

Lưu ý quan trọng:

- Các công trình đang vận hành cần có phương án không gián đoạn hoạt động.
- Cần có giám sát kỹ thuật độc lập hoặc giám sát tác giả nếu là công trình cấp đặc biệt.

Bước 5: Nghiệm thu, kiểm tra và vận hành thử

Sau khi thi công hoàn tất, công trình cần được nghiệm thu theo các bước:

- Nghiệm thu nội bộ từng hạng mục.
- Kiểm định lại bằng thiết bị nếu cần (đặc biệt là gia cố kết cấu).
- Vận hành thử (nếu liên quan đến hệ thống kỹ thuật).

Tiêu chuẩn áp dụng: TCVN 9381:2012 - Kiểm định kỹ thuật công trình xây dựng.

Kết quả cần có: biên bản nghiệm thu, hồ sơ chất lượng, ảnh minh chứng, bản vẽ hoàn công.

Bước 6: Lập hồ sơ bảo trì và cập nhật cơ sở dữ liệu

Bước cuối cùng nhưng rất quan trọng là ghi nhận toàn bộ thông tin vào hồ sơ quản lý bảo trì công trình:

- Nhật ký bảo trì, lý lịch sửa chữa từng hạng mục.
- Thông số vật liệu, thời gian thi công, đơn vị thực hiện.
- Lịch kiểm tra và bảo trì kỳ tiếp theo.

Hồ sơ này có thể được tích hợp vào phần mềm quản lý BIM hoặc CSDL kỹ thuật điện tử, giúp truy vết và kiểm tra nhanh chóng [15].

5.7. Mô hình hóa quy trình

Quy trình tổng thể có thể tóm tắt dưới dạng sơ đồ sau:



Hình 3. Sơ đồ quy trình bảo trì

5.8. Đánh giá và đề xuất cải tiến

- Nhiều công trình tại Việt Nam vẫn chưa áp dụng đầy đủ 6 bước nêu trên, đặc biệt là bước cập nhật hồ sơ và sử dụng dữ liệu số.

- Cần tăng cường đào tạo nhân lực về kỹ thuật kiểm tra không phá hủy, sử dụng phần mềm mô phỏng kết cấu và quản lý bảo trì số.

- Đề xuất xây dựng **hệ thống cơ sở dữ liệu bảo trì quốc gia**, liên thông giữa các địa phương, giúp phân tích xu hướng xuống cấp và lên kế hoạch ngân sách trung hạn.

6. KHÓ KHĂN VÀ GIẢI PHÁP TRONG CÔNG TÁC BẢO TRÌ VÀ SỬA CHỮA CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

Việc thực hiện công tác sửa chữa và bảo dưỡng công trình xây dựng tại Việt Nam đang phải đối mặt với nhiều thách thức và khó khăn, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả, chất lượng và tính bền vững của công trình. Dưới đây là ba nhóm khó khăn chính cùng các giải pháp được đề xuất để cải thiện và phát triển công tác này.

6.1. Thiếu nhân lực chuyên môn và kỹ thuật chất lượng cao

Một trong những hạn chế lớn nhất hiện nay là nguồn nhân lực chuyên ngành bảo trì, sửa chữa công trình còn thiếu cả về số lượng và chất lượng. Nhiều kỹ sư và kỹ thuật viên chưa được đào tạo bài bản, thiếu kinh nghiệm thực tiễn, cũng như chưa được cấp chứng chỉ hành nghề chuyên biệt cho lĩnh vực bảo trì công trình [10].

Những ảnh hưởng:

- Quy trình sửa chữa không chuẩn xác, dễ gây tái hư hỏng sau một thời gian ngắn.

- Kỹ thuật mới, công nghệ hiện đại chưa được áp dụng hiệu quả do thiếu chuyên môn.

- Khó khăn trong kiểm soát chất lượng thi công và đánh giá hiện trạng công trình.

Giải pháp:

- Tăng cường đào tạo chuyên sâu cho kỹ sư bảo trì, kết hợp với cấp chứng chỉ hành nghề theo tiêu chuẩn quốc gia hoặc quốc tế.

- Phối hợp giữa các trường đại học, viện nghiên cứu và doanh nghiệp xây dựng để tổ chức các khóa đào tạo thực hành, cập nhật công nghệ mới [10].

- Thúc đẩy xây dựng và áp dụng chuẩn mực đạo đức nghề nghiệp và tiêu chuẩn hành nghề trong lĩnh vực sửa chữa - bảo trì.

6.2. Giới hạn ngân sách và phân bổ nguồn lực không hiệu quả

Ngân sách dành cho bảo trì công trình ở Việt Nam còn hạn chế, nhiều dự án phải cắt giảm chi phí hoặc chỉ ưu tiên sửa chữa khi hư hỏng đã phát sinh nghiêm trọng. Thực trạng này không những làm giảm hiệu quả công tác bảo trì mà còn tiềm ẩn rủi ro an toàn, gây phát sinh chi phí sửa chữa lớn hơn trong tương lai [4].

Vấn đề chính:

- Thiếu kế hoạch đầu tư dài hạn và dự phòng ngân sách thường xuyên.

- Thiếu cơ chế phân bổ nguồn lực dựa trên đánh giá khoa học về hiện trạng và nguy cơ hư hỏng.

Giải pháp:

- Áp dụng phương pháp đánh giá vòng đời chi phí (Life Cycle Costing - LCC) để dự toán và phân bổ ngân sách bảo trì theo hiệu quả kinh tế lâu dài [4].

- Lập kế hoạch bảo trì định kỳ dựa trên phân tích dữ liệu thực tế và ưu tiên các công trình, hạng mục có nguy cơ cao.

- Tăng cường đầu tư nguồn lực cho công tác bảo trì, giảm thiểu chi phí sửa chữa đột xuất và duy trì giá trị tài sản xây dựng.

6.3. Thiếu cơ sở dữ liệu số hóa và hệ thống quản lý hiện đại

Một trở ngại quan trọng khác là việc thiếu hệ thống cơ sở dữ liệu (CSDL) tích hợp và nền tảng quản lý số hóa, dẫn đến khó khăn trong theo dõi toàn diện quá trình khai thác, sửa chữa và bảo dưỡng công trình. Việc lưu trữ thông tin truyền thống trên giấy hoặc các file rời rạc gây cản trở trong truy xuất, phân tích và cập nhật thông tin kịp thời.

Hệ quả:

- Khó khăn trong việc dự báo xu hướng xuống cấp và lập kế hoạch bảo trì khoa học.

- Việc giám sát, kiểm tra công trình thường không được đồng bộ, thiếu chính xác.

- Gián đoạn thông tin giữa các đơn vị quản lý, thi công và giám sát.

Giải pháp:

- Xây dựng hệ thống cơ sở dữ liệu kỹ thuật số tập trung, đồng bộ các thông tin liên quan đến hiện trạng công trình, hồ sơ sửa chữa, bảo trì, vật liệu sử dụng và kế hoạch bảo trì tiếp theo.

- Áp dụng nền tảng quản lý công trình tích hợp công nghệ BIM (Building Information Modeling), IoT và trí tuệ nhân tạo để nâng cao hiệu quả theo dõi, cảnh báo và ra quyết định bảo trì [15].

- Đào tạo cán bộ quản lý sử dụng hiệu quả các công cụ công nghệ thông tin, phần mềm quản lý bảo trì và giám sát hiện trạng công trình.

6.4. Các khó khăn bổ sung khác

Ngoài ba nhóm chính trên, công tác bảo trì và sửa chữa còn gặp các vấn đề như:

- Thiếu quy chuẩn và tiêu chuẩn kỹ thuật đồng bộ: Dẫn đến phương pháp thi công và vật liệu sử dụng không thống nhất, chất lượng không ổn định [10].

Bảng 2. Tổng hợp giải pháp bảo trì và sửa chữa

Khó khăn	Ảnh hưởng	Giải pháp đề xuất
Thiếu nhân lực chuyên môn	Chất lượng công tác bảo trì kém, khó áp dụng công nghệ mới	Đào tạo kỹ sư chuyên sâu, cấp chứng chỉ hành nghề, phối hợp đào tạo thực hành
Giới hạn ngân sách	Sửa chữa chấp vá, phát sinh chi phí lớn do không bảo trì định kỳ	Áp dụng phương pháp đánh giá vòng đời chi phí (LCC) để hoạch định ngân sách hợp lý
Thiếu cơ sở dữ liệu số hóa	Khó theo dõi, kiểm soát và lên kế hoạch bảo trì hiệu quả	Xây dựng hệ thống quản lý kỹ thuật số, tích hợp BIM, IoT, AI
Thiếu quy chuẩn kỹ thuật đồng bộ	Phương pháp thi công và vật liệu không nhất quán, ảnh hưởng chất lượng	Hoàn thiện hệ thống quy chuẩn bảo trì, tiêu chuẩn kỹ thuật
Quản lý phối hợp chưa hiệu quả	Trùng lặp công việc, bỏ sót bảo trì, giảm hiệu quả hoạt động	Tăng cường phối hợp đa bên, minh bạch trách nhiệm và tiến độ
Chưa phổ biến công nghệ mới	Thiếu tối ưu trong kiểm tra, dự báo và ra quyết định bảo trì	Thúc đẩy đầu tư và áp dụng công nghệ kiểm tra không phá hủy, cảm biến IoT, AI

- Khó khăn trong công tác quản lý và phối hợp giữa các bên liên quan: Nhà quản lý, nhà thầu, đơn vị thi công và khách hàng chưa có cơ chế phối hợp hiệu quả, gây trùng lặp hoặc bỏ sót công việc.

- Chưa phổ biến việc áp dụng công nghệ mới: Do tâm lý ngại thay đổi và hạn chế về chi phí, nhiều đơn vị chưa sẵn sàng đầu tư vào công nghệ kiểm tra không phá hủy, cảm biến IoT, trí tuệ nhân tạo.

6.5. Tổng kết và khuyến nghị

- Để khắc phục các khó khăn trên và nâng cao chất lượng công tác sửa chữa, bảo trì công trình tại Việt Nam, cần thực hiện đồng bộ các giải pháp:

- Xây dựng chương trình đào tạo dài hạn, phát triển nguồn nhân lực kỹ thuật chất lượng cao và có chứng chỉ hành nghề chuyên ngành.

- Áp dụng phương pháp đánh giá vòng

đời chi phí để hoạch định ngân sách bảo trì phù hợp và hiệu quả [4].

- Đầu tư xây dựng hệ thống quản lý kỹ thuật số tích hợp, sử dụng BIM và các công nghệ mới nhằm nâng cao năng lực quản lý và ra quyết định [15].

- Cập nhật, hoàn thiện hệ thống quy chuẩn, tiêu chuẩn bảo trì và sửa chữa đồng bộ trên toàn quốc [10].

- Thúc đẩy hợp tác đa ngành giữa các cơ quan quản lý, doanh nghiệp xây dựng và viện nghiên cứu để phát triển các giải pháp công nghệ và kỹ thuật tiên tiến.

7. KẾT LUẬN

Công tác sửa chữa và bảo dưỡng công trình xây dựng dân dụng giữ vai trò then chốt trong việc bảo đảm tuổi thọ, tính an toàn và hiệu quả khai thác của các công trình trong suốt vòng đời sử dụng. Các nghiên cứu và thực tiễn cho thấy, việc duy trì một hệ thống

quản lý bảo trì bài bản, khoa học kết hợp với ứng dụng các giải pháp kỹ thuật tiên tiến là yếu tố quyết định giúp giảm thiểu rủi ro hư hỏng, ngăn ngừa sự cố và tối ưu hóa chi phí vận hành công trình.

Việc áp dụng đồng bộ các phương pháp bảo trì phòng ngừa, khắc phục, gia cố kết cấu và công nghệ hiện đại như BIM, IoT và trí tuệ nhân tạo đã tạo nên bước chuyển mình mạnh mẽ cho công tác bảo dưỡng trong ngành xây dựng. Các giải pháp công nghệ này không những giúp nâng cao hiệu quả giám sát, phát hiện và xử lý sự cố kịp thời mà còn hỗ trợ các nhà quản lý trong việc ra quyết định dựa trên dữ liệu thực tế và phân tích chuyên sâu.

Tuy nhiên, để phát huy tối đa lợi ích của công tác bảo trì và sửa chữa công trình tại Việt Nam, cần có sự đồng bộ từ chính sách, nguồn nhân lực đến hạ tầng công nghệ. Đào tạo chuyên sâu đội ngũ kỹ sư, kỹ thuật viên chuyên ngành với chứng chỉ hành nghề rõ ràng sẽ góp phần nâng cao năng lực kỹ thuật và chất lượng công tác bảo trì. Bên cạnh đó, việc đầu tư xây dựng cơ sở dữ liệu số hóa, áp dụng các nền tảng quản lý công trình tích hợp BIM và các hệ thống giám sát hiện đại sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc quản lý, theo dõi và phân tích tình trạng công trình một cách liên tục và chính xác.

Ngoài ra, đẩy mạnh hợp tác quốc tế trong nghiên cứu và chuyển giao công nghệ sẽ giúp Việt Nam tiếp cận nhanh hơn các giải pháp tiên tiến, đồng thời nâng cao vị thế ngành xây dựng trong bối cảnh toàn cầu hóa và hội nhập kinh tế quốc tế. Việc phát triển ngành xây dựng hướng đến phát triển bền vững cũng đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa các cơ quan quản lý, doanh nghiệp và cộng đồng, nhằm đảm bảo rằng công tác bảo trì - sửa chữa không chỉ là nhiệm vụ kỹ thuật mà còn là trách nhiệm xã hội và môi trường.

Trong thời gian tới, ngành xây dựng Việt Nam cần chú trọng phát triển các định hướng sau trong lĩnh vực sửa chữa - bảo trì công trình dân dụng:

- Hoàn thiện hệ thống pháp lý và quy chuẩn kỹ thuật: Ban hành các quy định chuyên biệt về bảo trì công trình dân dụng theo vòng đời, phân loại công trình theo mức độ rủi ro và yêu cầu bảo trì bắt buộc.

- Số hóa công tác bảo trì: Áp dụng rộng rãi mô hình quản lý BIM tích hợp dữ liệu cảm biến, phần mềm phân tích và nền tảng theo dõi từ xa cho các công trình dân dụng lớn như chung cư cao tầng, trường học, bệnh viện.

- Phát triển cơ sở dữ liệu quốc gia về tình trạng công trình: Lưu trữ đồng bộ hồ sơ sửa chữa, nhật ký bảo trì, thông tin vật liệu và thời gian sử dụng - hướng tới nền tảng phân tích dữ liệu lớn (big data) trong ngành xây dựng.

- Tăng cường đào tạo và cấp chứng chỉ nghề bảo trì công trình: Hình thành hệ thống kiểm định năng lực cho kỹ sư, kỹ thuật viên hành nghề bảo trì, tương tự như kỹ sư thiết kế hay giám sát hiện nay.

- Thúc đẩy đổi mới sáng tạo và chuyển giao công nghệ: Hợp tác với các quốc gia tiên tiến để triển khai AI, robot kiểm tra công trình, vật liệu sửa chữa thông minh và công nghệ in 3D trong phục hồi kết cấu.

Tóm lại, công tác sửa chữa và bảo dưỡng công trình xây dựng không chỉ góp phần duy trì sự ổn định, bền vững của hệ thống cơ sở hạ tầng mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội. Việc nâng cao hiệu quả quản lý bảo trì, kết hợp với đổi mới công nghệ và nâng cao chất lượng nguồn nhân lực sẽ là chìa khóa mở ra tương lai phát triển bền vững cho ngành xây dựng Việt Nam trong thập kỷ tới.

LỜI CẢM ƠN: Nghiên cứu được tài trợ bởi đề tài cấp cơ sở năm học 2024-2025 của Trường Đại học Quảng Bình. Mã số đề tài: CS.15.2025

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. V. Bình (2018), Giáo trình Kỹ thuật bảo trì công trình, NXB Xây dựng.
- [2] T. V. Dũng (2019), Quản lý bảo trì công trình xây dựng, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [3] V. A. Tuấn (2017), Kết cấu bê tông cốt thép - hư hỏng và biện pháp sửa chữa, NXB Đại học Quốc gia.
- [4] N. T. Tùng (2016), Kiểm định công trình xây dựng - Phương pháp và kỹ thuật, NXB Xây dựng.
- [5] L. M. Đức (2013), Vai trò của bảo trì trong nâng cao tuổi thọ công trình, Tạp chí Khoa học GTVT.
- [6] L. T. T. Huyền (1998), Vật liệu mới trong sửa chữa công trình, NXB Bách khoa Hà Nội.
- [7] T. V. Hải (2018), Công nghệ vật liệu FRP trong sửa chữa kết cấu, Tạp chí Xây dựng Việt Nam.
- [8] L. H. Quang (2020), Công nghệ cảm biến trong bảo dưỡng công trình, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng.
- [9] Đ. T. M. Lan (2017), Ứng dụng mô hình BIM trong bảo trì công trình, Tạp chí Công nghiệp.
- [10] H. V. Hòa (2019), Thiết kế bảo trì trong vòng đời công trình, Tạp chí Khoa học và Công nghệ GTVT.
- [11] N. V. Phúc (2013), An toàn công trình - đánh giá và quản lý rủi ro, NXB Giao thông vận tải.
- [12] T. Q. Bảo (2019), Phương pháp gia cường bằng tấm CFRP, Tạp chí Xây dựng & Đô thị, 2019.
- [13] H. V. Phương, Đánh giá tuổi thọ công trình bằng phương pháp kiểm định không phá hủy, Tạp chí Khoa học & Công nghệ Xây dựng.
- [14] N. T. H. Nhung (2022), Ảnh hưởng của môi trường đến kết cấu công trình, Tạp chí Môi trường Xây dựng.
- [15] N. Đ. Anh (2021), Sửa chữa nhà ở xuống cấp - giải pháp kỹ thuật và chính sách hỗ trợ, Tạp chí Nhà ở và Thị trường Bất động sản.

Liên hệ:

ThS. Phạm Văn Dũng

Phòng Kế hoạch, Tài chính và Quản lý đầu tư, Trường Đại học Quảng Bình

Địa chỉ: 18 Nguyễn Văn Linh, phường Đồng Thuận, tỉnh Quảng Trị

Email: dungpv@qbu.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/05/2025

Ngày gửi phản biện: 20/05/2025

Ngày duyệt đăng: 5/6/2026