

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

NGUYỄN HOÀNG ANH

TÊN ĐỀ TÀI:

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH TUỔI THỌ CÒN LẠI CỦA KẾT CẤU
CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG
CỦA KHUYẾT TẬT, HƯ HỎNG

Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng

Mã số: 9580201



TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2023

Luận án được hoàn thành tại

Viện Khoa học công nghệ xây dựng - Bộ Xây dựng

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS Nguyễn Xuân Chính 
Viện Khoa học công nghệ xây dựng
2. TS. Cao Duy Khôi 
Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Phản biện 1: GS.TS. Nguyễn Văn Phó - Trường ĐH Xây dựng HN

Phản biện 2: GS.TS. Nguyễn Thái Chung - Học viện kỹ thuật quân sự

Phản biện 3: PGS. TS. Nguyễn Hồng Sơn - Trường ĐH Kiến trúc HN

Luận án sẽ được bảo vệ trước hội đồng chấm luận án cấp Viện tại Phòng họp 2 - Viện Khoa học công nghệ xây dựng, Số 81 Trần Cung, Nghĩa Tân, Cầu Giấy, Hà Nội, vào hồi giờ ... phút ngày tháng năm 2023.

Có thể tìm luận án tại:

- Thư viện Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng
- Thư viện Quốc Gia Việt Nam

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

- [1] Nguyễn Xuân Chính, Nguyễn Hoàng Anh (2016), “*Tính toán sự cố rủi ro của công trình xây dựng*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, (Số 4/2016). Trang 3-9.
- [2] Nguyễn Xuân Chính, Nguyễn Hoàng Anh (2017), “*Ảnh hưởng của mức độ hư hỏng đến tuổi thọ của công trình xây dựng*”, Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ X, Tập 3 Hà Nội 12/2017. Trang 147-154.
- [3] Nguyễn Xuân Chính, Nguyễn Hoàng Anh (2019), “*Đánh giá độ tin cậy và dự báo xác suất sự cố của nhà và công trình xây dựng*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, (Số 3/2019). Trang 3-8.
- [4] Nguyễn Hoàng Anh, Nguyễn Xuân Chính (2021), “*Một số phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, (Số 2/2021), Trang 3-11.
- [5] Nguyễn Hoàng Anh (2022), “*Phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình bê tông cốt thép theo độ tin cậy của cấu kiện*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, (Số 3/2022), Trang 11-20.

MỞ ĐẦU

1. Sự cần thiết của đề tài nghiên cứu

Trong quá trình khai thác sử dụng dưới tác động của tải trọng và môi trường, công trình xây dựng không thể tránh khỏi xuống cấp và hư hỏng. Câu hỏi đặt ra là: Sự xuống cấp và hư hỏng trong quá trình sử dụng ảnh hưởng như thế nào đến an toàn và tuổi thọ của công trình? Đánh giá mức độ nguy hiểm của hư hỏng như thế nào, thời gian sử dụng của công trình còn lại là bao nhiêu? Nhằm trả lời các câu hỏi nói trên, việc đánh giá mức độ an toàn và tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng là vấn đề đang được quan tâm nghiên cứu ở cả trong và ngoài nước. Hơn nữa, do yêu cầu thực tế về quản lý quỹ nhà ở và các công trình xây dựng nên hầu hết các nước đều đặt ra yêu cầu đánh giá tình trạng kỹ thuật cũng như dự báo thời gian sử dụng còn lại của nhà và công trình xây dựng đang khai thác. Tuy vậy cho đến nay rất ít các quốc gia có đủ các tiêu chuẩn và hướng dẫn kỹ thuật để đánh giá tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng.

Do đó đề tài luận án: *“Nghiên cứu xác định tuổi thọ còn lại của kết cấu công trình bê tông cốt thép có xét đến ảnh hưởng của khuyết tật, hư hỏng”* có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án

- a) Đối tượng nghiên cứu: Nhà khung bê tông cốt thép;
- b) Các dạng hư hỏng phổ biến dưới tác dụng của tải trọng và tác động thông thường: nứt, võng, suy giảm cường độ vật liệu bê tông, cốt thép, mức độ ăn mòn cốt thép, khuyết tật về thay đổi kích thước tiết diện.

3. Nhiệm vụ nghiên cứu

- Nghiên cứu phương pháp xử lý số liệu khảo sát và xác định các tham số đầu vào để xác định mức độ hư hỏng (độ tin cậy tương đối);
- Nghiên cứu tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu nhà khung bê tông cốt thép khi xét đến khuyết tật, hư hỏng;
- Nghiên cứu phương pháp tính toán xác định tuổi thọ còn lại của nhà khung bê tông cốt thép khi xét tới ảnh hưởng của khuyết tật, hư hỏng theo TCVN.

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

- Áp dụng lý thuyết độ tin cậy để đánh giá độ tin cậy của kết cấu nhà và công trình do ảnh hưởng của hư hỏng là một trong những xu hướng hiện đại đang được một số nước phát triển áp dụng;
- Nghiên cứu lựa chọn phương pháp và xây dựng quy trình đánh giá cùng với những đề xuất của đề tài luận án có thể áp dụng để bổ sung hoặc biên soạn hướng dẫn kỹ thuật đánh giá mức độ tin cậy và tuổi thọ còn lại của nhà khung bê tông cốt thép.

5. Các kết quả mới của luận án

- Đề xuất phương pháp tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu. Phương pháp này là một cải tiến của phương pháp tính toán tuổi thọ còn lại của công trình dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài của liên bang Nga để nâng cao độ tin cậy trong tính toán;
- Thiết lập được các thuật toán và quy trình tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu theo tiêu chuẩn thiết kế hiện hành (TCVN);
- Thiết lập các bảng tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu. Bảng tính được lập bằng phần mềm excellen, dễ sử dụng và dễ nhập, kiểm tra số liệu đầu vào đầu ra;
- Xây dựng được quy trình tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo hai phương pháp và áp dụng tính toán trên một công trình cụ thể để đánh giá mức độ thực hành và rút ra ưu nhược điểm của hai phương pháp.

6. Bố cục của luận án

Luận án các nội dung chính như sau:

- Chương 1. Tổng quan về vấn đề cần nghiên cứu;
- Chương 2. Xác định độ tin cậy của cấu kiện kết cấu bê tông cốt thép sử dụng lý thuyết xác suất thống kê và độ tin cậy;
- Chương 3. Cơ sở khoa học và phương pháp tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình có xét đến khuyết tật, hư hỏng;
- Chương 4. Khảo sát, đánh giá xác định tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng;
- Kết luận và kiến nghị;
- Tài liệu tham khảo;
- Phụ lục

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ CẦN NGHIÊN CỨU

Trong chương này sẽ tổng hợp các nội dung: Bản chất và các đặc trưng hư hỏng của kết cấu bê tông cốt thép, trình tự khảo sát kỹ thuật để đánh giá định lượng các đặc trưng hiện trạng của cấu kiện, kết cấu công trình và các nghiên cứu trong nước và ngoài nước về nội dung cần nghiên cứu

1.1. Khuyết tật, hư hỏng kết cấu bê tông cốt thép

Khuyết tật: là sự sai khác vượt quá sai số cho phép so với tiêu chuẩn qui định. Khuyết tật xuất hiện trong quá trình sản xuất và thi công xây lắp.

Hư hỏng: là sự vượt quá giới hạn cho phép của tiêu chuẩn. Ví dụ sự xuất hiện vết nứt ở những vị trí không cho phép, vết nứt hoặc độ võng lớn hơn qui định của tiêu chuẩn, sự suy giảm cường độ bê tông, hay là sự giảm yếu kích thước tiết diện ngang của cấu kiện hoặc kết cấu.

Trên thực tế, trong quá trình sử dụng tồn tại cả khuyết tật và hư hỏng. Vì vậy, trong nhiều trường hợp có thể sử dụng chung một thuật ngữ “**Hư hỏng**” cho hai khái niệm nói trên.

1.1.1. Hư hỏng đặc trưng của kết cấu bê tông và bê tông cốt thép

Hư hỏng của kết cấu bê tông và bê tông cốt thép khá đa dạng, tuy vậy có thể nhận dạng và phân loại hư hỏng theo dạng kết cấu và các loại tác động lên các kết cấu đó.

Thực tế cho thấy: các dạng khuyết tật và hư hỏng kết cấu bê tông cốt thép phụ thuộc rất nhiều yếu tố và chủ yếu là [48], [54], [57], [66]: Đặc trưng cơ lý của bê tông cốt thép phụ thuộc vào loại thép và bê tông; Dạng tác động (lực, chất ăn mòn dạng nước và gas, chế độ nhiệt ẩm, nhiệt độ cao...); Dạng, hướng và hình thức tác động (tĩnh, động, tập trung hoặc phân bố...); Sự phù hợp giữa sơ đồ tính toán thực tế và thiết kế; Sơ đồ kết cấu của nhà và công trình (lắp ghép, bán lắp ghép, toàn khối...); vv....

1.1.2. Hư hỏng đặc trưng của nhà khung bê tông cốt thép

- Sơ đồ kết cấu của nhà khung bê tông cốt thép phổ biến là: Khung chịu lực; Khung và tường gạch chịu lực; Khung và tường là các tấm panel nhẹ.

- Các nguyên nhân hư hỏng chủ yếu của kết cấu nhà khung là: Biến động điều kiện địa chất thủy văn trong nền móng công trình; Lún không đều; Vật liệu của kết cấu chịu lực và bao che bị ăn mòn; Sử dụng không đúng quy định; Quá tải; Tác động của nhiệt độ cao; vv...

1.2. Trình tự khảo sát kỹ thuật

Mục đích là xác định tình trạng kỹ thuật, đánh giá định lượng các đặc trưng hiện trạng của cấu kiện, kết cấu công trình có kể đến sự thay đổi của chúng theo thời gian. Khảo sát kỹ thuật bao gồm các giai đoạn: khảo sát sơ bộ, khảo sát chi tiết.

1.2.1. Khảo sát sơ bộ

Khảo sát sơ bộ (trực quan) được tiến hành nhằm mục đích đánh giá sơ bộ tình trạng kỹ thuật của công trình theo các dấu hiệu bên ngoài của chúng, là cơ sở để lập phương án khảo sát chi tiết.

1.2.2. Khảo sát chi tiết

Khảo sát chi tiết nhằm mục đích xác định lại sơ đồ kết cấu, kích thước cấu kiện, tình trạng của vật liệu và kết cấu tổng thể. Khảo sát chi tiết được tiến hành bằng những dụng cụ và thiết bị chuyên dụng.

1.3. Các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước về hư hỏng và tuổi thọ của kết cấu công trình xây dựng

1.3.1. Một số công trình nghiên cứu ở nước ngoài

- Nhóm nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố ăn mòn bê tông và cốt thép do carbonat hóa và xâm nhập ion clo đến khả năng chịu lực, tuổi thọ của cầu kiện, kết cấu, có thể kể đến: Trong [27] do Viện Geocisa và Viện Torroja Tây Ban Nha thực hiện đưa ra 2 phương pháp đánh giá đánh giá kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn do Clo và Carbonat là Phương pháp đơn giản hóa và phương pháp chi tiết.

- Nhóm nghiên cứu mô hình đánh giá tuổi thọ sử dụng của cầu kiện, kết cấu bê tông cốt thép dựa theo khái niệm xác suất, có thể kể đến: trong [34] nhóm tác giả Fabio Biondini & Elsa Garavalia đã trình bày một mô hình xác suất để đánh giá tuổi thọ sử dụng của các công trình đang bị hư hỏng dựa vào dữ liệu quan trắc được. Sự tiến triển hư hỏng được mô hình hóa dưới dạng một quá trình nửa-Markov. Theo các tác giả, sự thay đổi các đặc trưng kết cấu theo thời gian là một quá trình ngẫu nhiên của các biến ngẫu nhiên τ_i , trong đó τ_i là tuổi thọ của hệ kết cấu. Xác suất hư hỏng được xác định như sau:

$$P_f(t, t_0) = P\{\tau_i \leq t\} = F_{t_i}(t, t_0)$$

Trong đó t_0 là tuổi của hệ kết cấu ở trạng thái i và F_{t_i} là hàm phân bố tích lũy của biến ngẫu nhiên t_i .

- Nhóm nghiên cứu của các nhà khoa học liên bang Nga về tuổi thọ còn lại của công trình là khá đa dạng và đầy đủ, có thể kể đến: trong [82] do Viện nghiên cứu các công trình công nghiệp trung ương liên bang Nga ban hành. Đây là một trong những tài liệu được dùng để đánh giá nhanh, đánh giá gần đúng độ tin cậy kết cấu xây dựng của nhà và công trình theo dấu hiệu bên ngoài. Từ đó tính toán tuổi thọ còn lại của công trình.

1.3.2. Một số công trình nghiên cứu trong nước

- Nhóm các nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố ăn mòn bê tông và cốt thép do carbonat hóa và xâm nhập ion clo đến khả năng chịu lực, tuổi thọ của cầu kiện, kết cấu, có thể kể đến: trong [6] tác giả Đào Văn Dinh, đã nghiên cứu về sự xâm nhập clo gây ra ăn mòn cốt thép đối với các cầu bê tông cốt thép ven biển. Xây dựng phương pháp và mô hình dự báo tuổi thọ sử dụng cho các công trình cầu bê tông cốt thép ở ven biển Việt Nam theo sự xâm nhập clo. Đề ra biện pháp tăng cường kéo dài tuổi thọ sử dụng.

- Nhóm các nghiên cứu đánh giá dự báo tuổi thọ của kết cấu công trình xây dựng, có thể kể đến: trong [2] tác giả Nguyễn Xuân Chính đã trình bày sơ lược cách đánh giá mức độ hư hỏng của nhà ở nhiều tầng thông qua số liệu khảo sát được tính toán theo tiêu chuẩn đánh giá mức độ nguy hiểm (TCVN 373) để dự báo tuổi thọ còn lại chúng.

- Nhóm các nghiên cứu đánh giá dự báo tuổi thọ của kết cấu trong lĩnh vực giao thông; cầu, đường; thủy lợi; công trình biển, có thể kể đến: trong [7] các tác giả Nguyễn Văn Huân, Phùng Vĩnh An đã ứng dụng các kết quả nghiên

cứu trong nước và trên thế giới về lý thuyết độ tin cậy để xây dựng một hệ thống tiêu chí, phương pháp đánh giá an toàn và xây dựng lý thuyết dự báo tuổi thọ cho công dưới đê.

1.4. Các kết quả đạt được từ các công trình nghiên cứu đã công bố

Từ tổng quan về tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước về ảnh hưởng của hư hỏng đên tuổi thọ của nhà và công trình xây dựng, rút ra được một số kết quả chính như sau:

- Nhiều công trình tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố ăn mòn bê tông và cốt thép đến khả năng chịu lực, tuổi thọ của cấu kiện, kết cấu.
- Một số nghiên cứu đưa ra mô hình đánh giá tuổi thọ sử dụng của cấu kiện, kết cấu bê tông cốt thép dựa theo khái niệm xác suất. Về góc độ lý thuyết là chặt chẽ và có độ tin cậy cao, tuy vậy rất khó áp dụng vào thực tế.
- Các kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học liên bang Nga có thể chia thành hai nhóm:

Nhóm thứ nhất là sử dụng các lý thuyết xác suất thống kê, lý thuyết độ tin cậy, tiếp cận logic - xác suất, dựa trên cơ sở lý thuyết xác suất (định lý giả thuyết, định lý xác suất toàn phần, v.v...), phương pháp lý thuyết tập hợp và phương pháp ra quyết định trong trường hợp không xác định.

Nhóm thứ hai là phương pháp thực hành để đánh giá tuổi thọ của cấu kiện, kết cấu dựa vào mức độ hư hỏng và độ tin cậy, tiêu biểu là tài liệu: Hướng dẫn kỹ thuật về đánh giá độ tin cậy và tuổi thọ còn lại của kết cấu theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài, phương pháp này đáp ứng được yêu cầu thực tế là dễ áp dụng, song mức độ tin cậy chưa cao vì phương pháp chủ yếu dựa vào dấu hiệu hư hỏng bên ngoài.

1.5. Các vấn đề cần nghiên cứu của luận án

Với các vấn đề nêu trên, trong luận án này tác giả định hướng nội dung nghiên cứu chính là: *Nghiên cứu phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình dựa vào tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu theo các số liệu khảo sát hư hỏng thực tế hiện trường* (không theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài) để nâng cao ĐTC trong tính toán. Ứng dụng cụ thể là bài toán xác định tuổi thọ còn lại của nhà khung bê tông cốt thép khi xét đến các số liệu khảo sát về hư hỏng của cấu kiện bê tông cốt thép.

CHƯƠNG 2. XÁC ĐỊNH ĐỘ TIN CẬY CỦA CẤU KIỆN, KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP SỬ DỤNG LÝ THUYẾT XÁC SUẤT THỐNG KÊ VÀ ĐỘ TIN CẬY

2.1. Một đặc trưng cơ bản của đại lượng ngẫu nhiên

Trong khảo sát, khi quan trắc n lần giá trị X .

Kỳ vọng là giá trị trung bình của các giá trị quan trắc: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$.

Phương sai: $D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ và độ lệch chuẩn: $\sigma = \sqrt{D}$

2.2. Một số hàm phân phối xác suất thường gặp trong kỹ thuật

Phân phối chuẩn hay phân phối Gauss

Phân phối chuẩn là một trong những phân phối quan trọng nhất của các bài toán kỹ thuật, được biểu thị bởi:

Hàm mật độ: $f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2\right]; -\infty < x < +\infty$

Hàm phân phối xác suất: $F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2\right] dx$

Trong đó giá trị kỳ vọng μ và độ lệch chuẩn σ là hai tham số của phân phối.

2.3. Một số phương pháp tính độ tin cậy

2.3.1. Đặt vấn đề

Tính độ tin cậy là tính xác suất thoả mãn một số điều kiện nào đó. Chẳng hạn, yêu cầu thoả mãn điều kiện $R > S$, trong đó R là khả năng chịu lực, S là hiệu ứng tác động. Do R và S là các đại lượng ngẫu nhiên nên vì vậy phải tính xác suất: $P(R > S) = P(Z > 0)$, trong đó: $Z = R - S$, được gọi là lượng dự trữ an toàn hay khoảng an toàn. Điều kiện an toàn tổng quát: $Z = F(X_1, X_2, \dots, X_n) > 0$, trong đó: X_1, X_2, \dots, X_n là các biến cơ bản của bài toán. Các biến X_i có thể là ngẫu nhiên, từ quy luật của X_i có thể tính được $P(Z > 0)$.

2.3.2. Phương pháp momen cấp 2 bậc nhất (phương pháp độ tin cậy bậc nhất (FORM)) [67]

2.3.2.1. Nội dung phương pháp

Xét trường hợp 2 biến ngẫu nhiên chuẩn và độc lập thống kê R và S .

Hàm công năng $Z = R - S$. Điều kiện an toàn $R > S$.

Chỉ số độ tin cậy β là tỷ số: $\beta = \frac{\mu_z}{\sigma_z} = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\mu_R^2 + \mu_S^2}}$. Khi có giá trị β , theo bảng

số hàm phân bố đã được chuẩn hoá Φ để tìm ra P_f . $P_f = \Phi(-\beta) = 1 - \Phi(\beta)$
Trường hợp Z là hàm của nhiều biến ngẫu nhiên X_1, X_2, \dots, X_n thì việc tính μ_z và σ_z không đơn giản.

Xét 2 trường hợp:

a) Trường hợp $Z = Z(X_1, X_2, \dots, X_n)$ là hàm tuyến tính của các biến X_i

$$Z = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n = \sum_{i=1}^n a_i X_i + a_0$$

Trong đó các a_i là hằng số, các X_i là các đại lượng ngẫu nhiên có phân phối chuẩn và độc lập (hệ số tương quan bằng không) μ_Z và σ_Z được tính như sau:

$$\mu_Z = a_0 + a_1 \mu_{X_1} + a_2 \mu_{X_2} + \dots + a_n \mu_{X_n},$$

$$\sigma_Z = \sqrt{(a_1 \sigma_{X_1})^2 + (a_2 \sigma_{X_2})^2 + \dots + (a_n \sigma_{X_n})^2}$$

b) Trường hợp $Z = Z(X_1, X_2, \dots, X_n) = g(X_1, X_2, \dots, X_n)$ là hàm phi tuyến

Tính gần đúng: bằng khai triển theo chuỗi Taylor hàm công năng $g(x)$ quanh giá trị trung bình

$$Z = g(\mu_x) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial g}{\partial X_i} \Big|_{\mu_x} (X_i - \mu_{X_i}) + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \frac{\partial^2 g}{\partial X_i \partial X_j} \Big|_{\mu_x} (X_i - \mu_{X_i})(X_j - \mu_{X_j}) + \dots$$

Lấy gần đúng bằng cách bỏ các số hạng bậc 2 trở lên, chỉ giữ lại số hạng bậc

"0" và bậc nhất ta có: $Z \approx g(\mu_x) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial g}{\partial X_i} \Big|_{\mu_x} (X_i - \mu_{X_i})$. Khi đó:

$$\mu_z \approx g(\mu_{X_1}, \mu_{X_2}, \dots, \mu_{X_n}) \text{ và phương sai: } \sigma_z^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial g}{\partial X_i} \Big|_{\mu_x} \frac{\partial g}{\partial X_j} \Big|_{\mu_x} cov(X_i, X_j)$$

Trong đó $cov(X_i, X_j)$ là hiệp phương sai của X_i và X_j

Nếu các biến là không tương quan thì: $\sigma_z^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial X_i} \right)^2 var(X_i)$

Ngoài phương pháp FORM trong luận án còn trình bày phương pháp Hasofer - Lind trong trường hợp $Z = R - S$, Phương pháp mô phỏng Monte Carlo.

2.3.3. Lựa chọn phương pháp tính toán độ tin cậy trong nghiên cứu

Các đại lượng về tính chất cơ lý của vật liệu, tải trọng, kích thước hình học đều mang tính chất của đại lượng ngẫu nhiên và có luật phân bố chuẩn [3], [43], [67]. Hơn nữa trong tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu theo khả năng chịu lực, hàm công năng là các công thức giải tích. Đây là những điều kiện để việc áp dụng phương pháp FORM đảm bảo độ tin cậy. Kết hợp với ưu điểm lớn nhất của phương pháp FORM là tính toán đơn giản, nên trong luận án sử dụng phương pháp FORM để phục vụ nghiên cứu.

2.4. Lượng hóa độ tin cậy trong đánh giá độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu xây dựng

Trong kết cấu công trình, nội lực là một hàm của nhiều biến số mà các biến này đặc trưng cho tính chất cơ lý của vật liệu, kích thước hình học, tải trọng và tác động, vv... có thể biểu diễn dưới dạng hàm: $F = Z(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$.

Trong đó $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ là các đại lượng thay đổi tương ứng với các yếu tố được xét đến. Do sự biến động của các yếu tố này không lớn nên ta có thể tuyến tính hoá mối quan hệ quanh giá trị kỳ vọng và viết nó dưới dạng:

$$F_{(x+\Delta x)} - F_x = \Delta F = \frac{\partial Z}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial Z}{\partial x_2} \Delta x_2 + \frac{\partial Z}{\partial x_3} \Delta x_3 + \dots + \frac{\partial Z}{\partial x_n} \Delta x_n$$

Ở đây $\Delta Z, \Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \dots, \Delta x_n$ là sai lệch của các đại lượng so với giá trị kỳ vọng của chúng, đây là các đại lượng ngẫu nhiên, độc lập có phân bố chuẩn nên độ lệch chuẩn của nó được tính theo công thức sau:

$$S_{\Delta F} = \sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial x_1}\right)^2 S_{\Delta x_1}^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial x_2}\right)^2 S_{\Delta x_2}^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial x_3}\right)^2 S_{\Delta x_3}^2 + \dots + \left(\frac{\partial Z}{\partial x_n}\right)^2 S_{\Delta x_n}^2}$$

Như vậy độ lệch chuẩn của các tham số sẽ được xác định, ví dụ x_1 là đại

lượng đặc trưng cho tính chất cơ lý của vật liệu thì $S_m = \left| \frac{\partial Z}{\partial x_1} \right| S_{\Delta x_1}$. Tương tự

như vậy đối với các tham số khác. Bằng phương pháp này, giá trị tuyệt đối của đại lượng được đạo hàm có thể xem như là hệ số ảnh hưởng sự thay đổi tham số đến sự thay đổi của lượng dự trữ an toàn. Các giá trị này có thể xác định bằng phương pháp giải tích nếu biết mối quan hệ giữa nội lực với các tham số liên quan ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) dưới dạng hàm số. Trường hợp không biết rõ (theo quy luật hàm số) mối liên hệ thì hệ số ảnh hưởng có thể xác định bằng phương pháp gần đúng. Để thực hiện mục tiêu này cần cho thông số phải tìm một giá số Δx so với giá trị kỳ vọng, còn các đại lượng khác thì vẫn giữ nguyên giá trị và sẽ xác định được độ lệch chuẩn của nội lực. Với giá trị gần đúng ta có thể viết: $\left| \frac{\partial Z}{\partial x} \right| \approx \left| \frac{\Delta Z}{\Delta x} \right|$.

2.5. Kết luận chương 2

Đã trình bày một số khái niệm cơ bản của lý thuyết xác suất thống kê và một số phương pháp tính ĐTC. Phân tích, lựa chọn phương pháp FORM để tính toán ĐTC trong các phần sau của luận án.

Đã trình bày các giả thiết đã được chấp nhận để áp dụng tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu BTCT đó là các tham số là các đại lượng ngẫu nhiên, độc lập và tuân theo luật phân bố chuẩn. Từ đó lượng hóa cách tính toán ĐTC

của cầu kiện, kết cấu xây dựng. Đây là cơ sở để tính toán chi tiết ĐTC của cầu kiện, kết cấu trong chương 3.

CHƯƠNG 3. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN XÁC ĐỊNH TUỔI THỌ CÒN LẠI CỦA CÔNG TRÌNH CÓ XÉT ĐẾN KHUYẾT TẬT, HƯ HỎNG

3.1. Đặt vấn đề

Trong cơ học công trình nói chung và cơ học kết cấu xây dựng nói riêng có 2 loại bài toán chính:

- Bài toán thiết kế công trình, là bài toán phổ biến mà các kỹ sư thường gặp.
- Bài toán chuẩn đoán kỹ thuật công trình: có thể là đánh giá khả năng an toàn của công trình tại thời điểm kiểm tra, tìm hiểu quy luật suy giảm chất lượng công trình và xác định tuổi thọ còn lại của công trình. Trong đó bài toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình là phức tạp hơn cả.

3.2. Cơ sở khoa học của các phương pháp xác định tuổi thọ còn lại

Để xác định tuổi thọ còn lại của công trình cần:

- Chọn hàm đặc trưng, $K(t) = \varphi(t, k_o, \vec{\omega})$;
- Chọn và xác định đại lượng đặc trưng cho chất lượng công trình;

$$\vec{\omega} = \{\omega_i\} = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$$

- Xác định $\vec{\omega}^*$, $K(t^*)$ tại thời điểm khảo sát. Trong đó t^* là thời gian đã khai thác, tính từ thời điểm đưa công trình vào khai thác sử dụng;
- Xác định tham số $K_{min} = K(T)$, từ đó xác định được tuổi thọ dự kiến T;
- Tuổi thọ còn lại của công trình: $\Delta T = T - t^*$.

3.3. Xác định tuổi thọ còn lại theo hàm đặc trưng là ĐTC

Trong các tiêu chí tổng hợp thì ĐTC là đầy đủ nhất vì vậy khi xác định tuổi thọ còn lại người ta thường chọn ĐTC làm đại lượng đặc trưng. Khi sử dụng ĐTC, cần phân biệt ĐTC thiết kế và ĐTC khai thác.

3.3.1. Độ tin cậy thiết kế

- ĐTC thiết kế là xác suất an toàn được tính từ hồ sơ thiết kế;
- Điều kiện an toàn của công trình theo ĐTC là: $P_s \geq [P_s]$;
- Điều kiện an toàn khi nghiệm thu: ($t=0$): $P_s(t=0) \geq [P_s(t=0)]$;
- Điều kiện an toàn trong suốt quá trình khai thác sử dụng: $P_s(t) \geq [P_s(t)] \forall t \in [0, T]$. Do $P_s(t)$ giảm theo thời gian nên cần đảm bảo điều kiện: $P_s(t) \geq [P_s]_{min} \forall t \in [0, T]$. Trong đó $[P_s]_{min}$ là $[P_s]$ nhỏ nhất trong suốt thời gian tuổi thọ T. Hay nói cách khác $[P_s]_{min}$ là ĐTC khi hết tuổi thọ. Do đó người thiết kế phải quan tâm đến hai giá trị $[P_s(t=0)]$ và $[P_s]_{min} = P_s(T)$;

- Khi quy định giá trị $[P_s(t = 0)]$, cần đảm bảo lượng dự trữ cần thiết, để trong suốt quá trình khai thác ĐTC của công trình dù suy giảm nhưng vẫn thỏa mãn điều kiện $P_s(t) \geq [P_s]_{min}$. Vì vậy, khi thiết kế công trình theo độ tin cậy, chỉ cần đảm bảo: $P_s(t = 0) \geq [P_s(t = 0)]$.

3.3.2. Độ tin cậy khai thác

Theo kết quả nghiên cứu trong [50], [76] quá trình suy giảm chất lượng của các hệ thống phức tạp (trong đó có kết cấu công trình) có thể coi tuân theo quy luật số mũ. Vì vậy để đơn giản trong tính, chấp nhận quy luật suy giảm ĐTC $P(t)$ theo hàm số mũ. Dạng tổng quát được biểu thị như sau: $P(t) = e^{-\lambda t}$, trong đó λ là chỉ số hao mòn thường xuyên của công trình. Như vậy để xác định $P(t)$ chỉ cần xác định λ , λ được xác định: Khảo sát thực trạng công trình tại thời điểm t^* , $P(t^*) = y = e^{-\lambda t^*} \Rightarrow \lambda = -\ln y / t^*$.

3.4. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo các biến thể của phương pháp chọn ĐTC làm đại lượng đặc trưng

3.4.1. Cơ sở lý luận của các biến thể

3.4.1.1. Tính ĐTC dựa vào các quan niệm của lý thuyết xác suất.

Trong tính toán ĐTC của công trình, người ta chuyển ý tưởng xuất hiện và không xuất hiện trong lý thuyết xác suất sang “hur hỏng” và “không hur hỏng”.

3.4.1.2. Đại lượng chỉ mức độ hur hỏng

- Phân loại các cấu kiện: Công trình có nhiều loại cấu kiện có số lượng, vai trò khác nhau, phân thành các nhóm như cột, dầm, sàn, mái, v.v.... Gọi ε_i là hur hỏng đại diện của cấu kiện thứ i , $i = \overline{1, n}$. ε_i được xác định theo các chỉ dẫn kỹ thuật [70], [71], [82]. $\varepsilon_i = 0$ là không hur hỏng, đáp ứng các yêu cầu của thiết kế; $\varepsilon_i = 1$ là hur hỏng hoàn toàn.

- Đánh giá hur hỏng của từng loại cấu kiện bằng cách chọn cấu kiện hur hỏng nhiều nhất của loại làm đại diện, (thiên về an toàn).

3.4.1.3. Đại lượng biểu thị độ tin cậy tương đối.

- Vai trò của các nhóm cấu kiện trong ĐTC của công trình được biểu thị bởi giá trị trọng số α_i của nhóm cấu kiện. Như vậy loại cấu kiện thứ i tham gia vào hur hỏng tổng thể của kết cấu là $\varepsilon_i \cdot \alpha_i$, $i = \overline{1, n}$.

-Biểu thức định lượng hur hỏng tổng thể của công trình là:
$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i \alpha_i$$

Khi $\varepsilon_i = 1, \forall i = \overline{1, n}$ thì ứng với hur hỏng hoàn toàn, khi đó:
$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i \alpha_i = \sum_{i=1}^n \alpha_i$$

- Tỷ số giữa hư hỏng ở mức trung gian nào đó và mức độ hư hỏng hoàn toàn

là: $\varepsilon = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \alpha_i / \sum_{i=1}^n \alpha_i$, được gọi là độ hư hỏng tương đối của kết cấu.

- Độ tin cậy tương đối của công trình tại thời điểm t^* là: $y = 1 - \varepsilon$

3.4.1.4. Quy luật suy giảm độ tin cậy theo thời gian t

Theo mục 3.2.2. Dựa vào số liệu khảo sát, đo đạc số liệu hiện trường ta tìm được các ε_i ; xác định được ε . Khi đó: $\lambda = -\ln(1 - \varepsilon) / t^*$

Như vậy độ tin cậy tương đối được biểu diễn là: $y = P_S(t) = e^{-\lambda t}$

3.4.1.5. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình

Trong phần trên đã trình bày độ tin cậy suy giảm theo thời gian đến mức nào đó thì hết tuổi thọ nghĩa là phải xác định: $P_S(T) = [P_S(t)]_{min}$. Giá trị $[P_S(t)]_{min} \forall t \in [0, T]$ do các tiêu chuẩn quy định. Từ giá trị $[P_S(t)]_{min}$ xác định được tuổi thọ T , từ đó tính được tuổi thọ còn lại: $\Delta T = T - t^*$.

3.4.2. Nhận xét

Xác định mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của cấu kiện, kết cấu và của công trình là bước quan trọng nhất trong lược đồ tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình. Trong mục 3.5 sẽ trình bày chi tiết phương pháp xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu theo dấu hiệu bên ngoài [82]. Từ đó rút ra ưu nhược điểm của phương pháp này và đề xuất phương pháp khắc phục.

3.5. Phương pháp xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu

3.5.1. Phương pháp đánh giá mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài [82]

Căn cứ vào kết quả khảo sát các dấu hiệu hư hỏng bên ngoài: vết nứt, độ võng, mức độ ăn mòn cốt thép, bong tróc bê tông, vv... sử dụng bảng tra lập sẵn để xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện. Bảng tra chia làm 5 mức tình trạng kỹ thuật với mức độ hư hỏng lần lượt là 0; 0,05; 0,15; 0,25; 0,35.

Sau khi xác định được mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu, mức độ hư hỏng

tổng hợp của nhà và công trình theo công thức: $\varepsilon = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \alpha_i / \sum_{i=1}^n \alpha_i$

Trong đó: ε_i là hư hỏng lớn nhất của nhóm cấu kiện, α_i là trọng số của nhóm cấu kiện, khi không cơ sở để chọn thì có thể xác định α_i như sau: móng, tường chịu lực là 3, cột là 8; dầm là 4; sàn, mái và kết cấu khác là 2.

3.5.2. Nhận xét ưu nhược điểm của phương pháp xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu dựa theo dấu hiệu bên ngoài [82]

Ưu điểm: Có thể dễ dàng xác định được mức độ hư hỏng, độ tin cậy tương đối của các cấu kiện và xác định nhanh tuổi thọ còn lại của công trình.

Nhược điểm:

- Dấu hiệu hư hỏng bên ngoài chưa phản ánh hết tình trạng khả năng chịu lực của cấu kiện, kết cấu nên mức độ hư hỏng dựa theo dấu hiệu bên ngoài sẽ có sai số. Hơn nữa được tra dựa theo bảng phân loại mức độ hư hỏng với các khoảng chia: 0,05; 0,15; 0,25; 0,35, có bước chia khá lớn dẫn đến có thể có sai số lớn trong tính toán;
- Không đưa ra phương pháp xác định trọng số của nhóm cấu kiện.

Đề xuất:

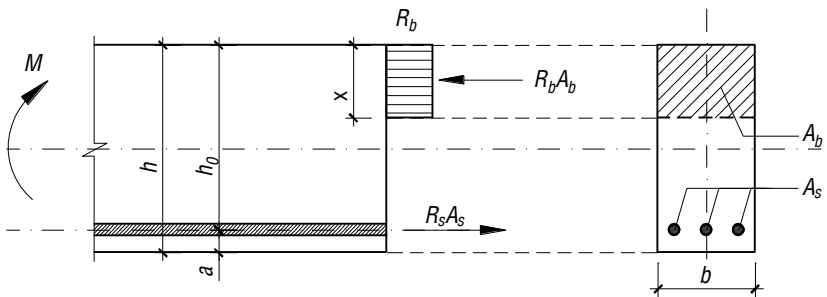
- Mức độ hư hỏng của các cấu kiện kết cấu được xác định theo độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu và hoàn toàn có thể tính toán dựa trên số liệu khảo sát, đo đạc, thí nghiệm nghiệm hiện trường. Vì vậy, đề xuất phương pháp xác định mức độ hư hỏng và tuổi thọ còn lại theo tính toán ĐTC của cấu kiện kết cấu;
- Đề xuất cách xác định trọng số của nhóm cấu kiện dựa vào phân tích độ nhạy của các tham số cơ bản tới ĐTC.

3.5.3. Phương pháp đề xuất xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện thông qua tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu.

Áp dụng kết quả trong chương 2 để tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu.

3.5.3.1. Cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn

a) Cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn đặt cốt đơn



Hình 3.1-Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất của tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn [20]

Điều kiện để đảm bảo cho tiết diện không vượt quá trạng thái giới hạn về cường độ là [20]: $M \leq M_{td} \rightarrow M \leq R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$, x được xác định từ điều kiện cân bằng lực. Biến đổi ta được:

$$M_{td} = R_b b \frac{R_s A_s}{R_b} \left(h_0 - \frac{R_s A_s}{2 R_b b} \right) = R_s A_s h_0 - \frac{R_s^2 A_s^2}{2 R_b b}$$

Lần lượt xét các tham số khi chúng là các biến ngẫu nhiên và xác định độ lệch chuẩn của chúng:

$$S'_{R_b} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial R_b} \right| S_{R_b} = \left| \frac{R_s^2 A_s^2}{2R_b^2 b} \right| S_{R_b}; S'_{R_s} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial R_s} \right| S_{R_s} = \left| A_s h_0 - \frac{R_s A_s^2}{R_b b} \right| S_{R_s};$$

$$S'_{A_s} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial A_s} \right| S_{A_s} = \left| R_s h_0 - \frac{R_s^2 A_s}{R_b b} \right| S_{A_s}; S'_{h_0} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial h_0} \right| S_{h_0} = |R_s A_s| S_{h_0}$$

$$S'_b = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial b} \right| S_b = \left| \frac{R_s^2 A_s^2}{2R_b b^2} \right| S_b$$

Phương sai của tổng hợp của M_{td} : $S_{\Delta M_{td}}^2 = S_{R_b}^{\prime 2} + S_{R_s}^{\prime 2} + S_{A_s}^{\prime 2} + S_{h_0}^{\prime 2} + S_b^{\prime 2}$.

b) Cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn đặt cốt kép

Điều kiện kiểm tra [20]: $M \leq M_{td} = R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$

Biến đổi ta có: $M_{td} = R_s A_s h_0 - \frac{R_s^2 A_s^2}{2R_b b} - \frac{R_{sc} A_s^{\prime 2}}{2R_b b} + \frac{R_s A_s R_{sc} A'_s}{R_b b} - R_{sc} A'_s a'$

Từ đây ta tính được phương sai của momen giới của tiết diện:

$$S_{\Delta M_{td}}^2 = S_{R_s}^{\prime 2} + S_{A_s}^{\prime 2} + S_{R_{sc}}^{\prime 2} + S_{A_s'}^{\prime 2} + S_{R_b}^{\prime 2} + S_{h_0}^{\prime 2} + S_b^{\prime 2} + S_{a'}^{\prime 2}$$

3.5.3.2. Cấu kiện bê tông cốt thép chịu nén lệch tâm [20]

Điều kiện kiểm tra [20]: $N.e \leq R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$.

Tùy thuộc vào trạng thái chịu lực, xác định được chiều cao vùng nén x , từ đó xác định được N_{td} và $S_{\Delta N_{td}}^2 = S_{R_{sc}}^{\prime 2} + S_{A_s'}^{\prime 2} + S_{R_b}^{\prime 2} + S_b^{\prime 2} + S_{h_0}^{\prime 2} + S_e^{\prime 2} + S_x^{\prime 2}$.

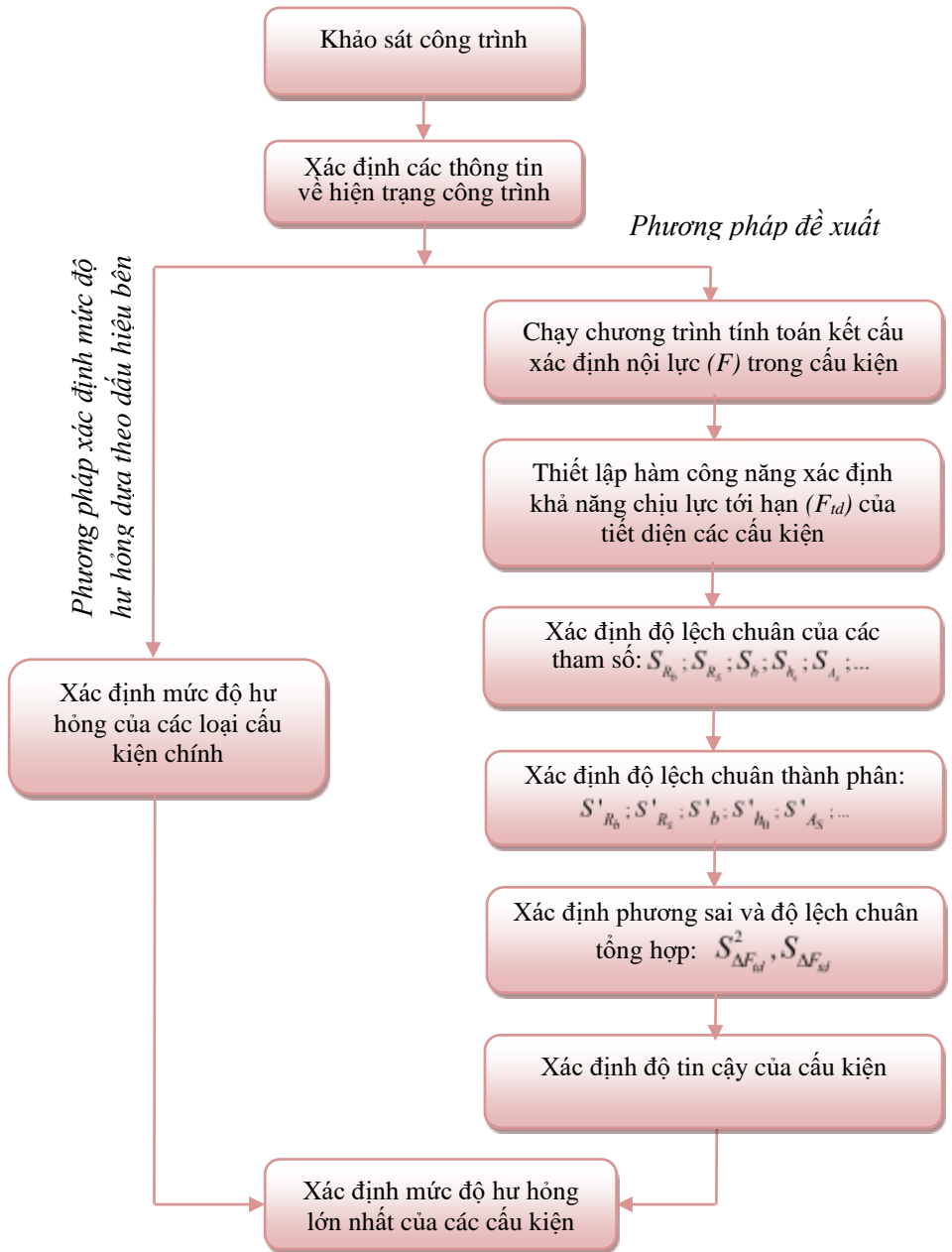
3.5.3.3. Cấu kiện bê tông cốt thép chịu tác dụng của lực cắt [20]

Điều kiện kiểm tra [20]: $Q \leq Q_b + Q_{sw}$. $Q_{td} = 1,5 \frac{R_{bt} b h_0^2}{C} + 0,75 \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w} C$.

Sau khi tìm được Q_{td} sẽ xác định được hàm công năng của Q_{td} . Phương sai của lực cắt giới hạn: $S_{\Delta Q_{td}}^2 = S_{R_{bt}}^{\prime 2} + S_b^{\prime 2} + S_{h_0}^{\prime 2} + S_{R_{sw}}^{\prime 2} + S_{A_{sw}}^{\prime 2} + S_{s_{sw}}^{\prime 2}$.

3.5.4. Trình tự tính toán mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu theo phương pháp [82] và phương pháp đề xuất tính toán theo ĐTC

Tổng hợp mục 3.5.1, 3.5.3, trình tự tính toán xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu theo 2 phương pháp được thể hiện như sơ đồ sau:



Hình 3.2-Sơ đồ tính toán xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện

3.6. Phương pháp xác định trọng số α_i

Khi phân tích độ nhạy của các tham số cơ bản đối với ĐTC, có thể dự đoán về ảnh hưởng của nó đến ĐTC. Do đó, sau đây luận án đề nghị cách xác định các trọng số α_i theo độ nhạy của các tham số cơ bản.

3.6.1. Chọn tham số cơ bản đại diện cho nhóm cấu kiện

Để tính toán độ nhạy, cần xác định các tham số cơ bản của từng nhóm x_{ij} với i là chỉ số nhóm $i = \overline{1, n}$, j là chỉ số các tham số trong nhóm $j = \overline{1, m}$.

3.6.2. Xác định độ nhạy của các tham số cơ bản và tham số đại diện nhóm

- Độ nhạy tỷ đối của hàm một biến số $f(x)$ tại giá trị x_0 .

$$k(\vec{x}_0) = \frac{\Delta f(\vec{x}_0 + \Delta \vec{x}_0)}{f(\vec{x}_0)} = \frac{f(\vec{x}_0 + \Delta \vec{x}_0) - f(\vec{x}_0)}{f(\vec{x}_0)}$$

- Lượng dự trữ của nhóm cấu kiện.

Điều kiện an toàn: $\sigma_{max} \leq [\sigma]$. Lượng dự trữ an toàn là: $[\sigma] - \sigma_{max} = q$

Lượng dự trữ an toàn tỷ số là $l = \frac{q}{\sigma_{max}}$. Trường hợp nhiều chiều thì σ_{max} là một hàm nào đó, song ta có thể tính toán được giá trị.

3.6.3. Cơ sở chọn trọng số

- Các nhóm cấu kiện có độ nhạy cao nguy hiểm hơn nhóm độ nhạy thấp. Cho nên với nhóm có độ nhạy cao được chọn trọng số cao và ngược lại.

- Nhóm có lượng dự trữ cao ít nguy hiểm hơn nhóm có lượng dự trữ an toàn thấp. Vì vậy nhóm có lượng dự trữ thấp được chọn trọng số cao và ngược lại.

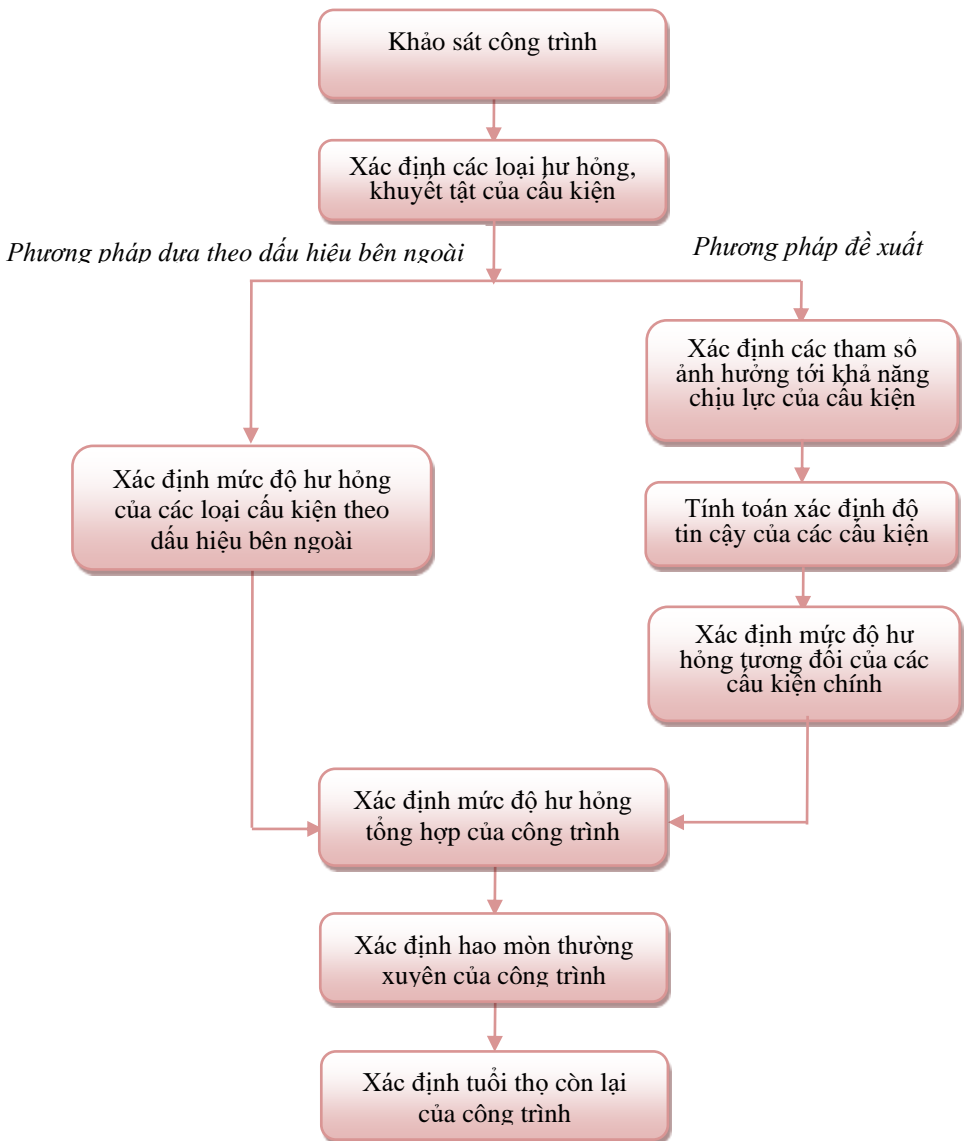
- Việc chọn $\sum_{i=j}^n \alpha_i = a$ bằng bao nhiêu là tùy theo người nghiên cứu, sao cho n giá trị α_i có tổng a , cũng không ảnh hưởng đến ε vì tính theo tỷ số.

Nhận xét:

- Lượng dự trữ q liên quan chặt chẽ với ĐTC, việc tính toán nói chung rất phức tạp và đòi hỏi nhiều số liệu. Hơn nữa, các phương pháp chỉ dùng cho một loại công trình (ngay trong nhà khung BTCT cũng có nhiều loại). Vì vậy, không thể áp dụng một loại phương pháp nào đó cho nhiều loại công trình khác nhau. Do đó trong phạm vi của luận án, phần xác định trọng số của nhóm cấu kiện chỉ đề xuất phương pháp tính toán, không thực hiện tính toán chi tiết.

3.7. Các bước tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp [82] và phương pháp đề xuất theo tính toán ĐTC

Các bước tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình được thể hiện theo sơ đồ sau:



Hình 3.3 - Sơ đồ tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình

3.8. Kết luận chương 3

Đã tổng hợp và đưa ra cơ sở khoa học của các phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình. Trên cơ sở phân tích ưu nhược điểm của phương pháp xác định tuổi thọ còn lại dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài của liên

bang Nga, đã đề xuất phương pháp xác định tuổi thọ còn lại theo tính toán ĐTC của cầu kiện, kết cấu và đề xuất hướng xác định trọng số của nhóm cầu kiện. Đã xây dựng quy trình xác định mức độ hư hỏng của cầu kiện, kết cấu và quy trình xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo 2 phương pháp.

CHƯƠNG 4. KHẢO SÁT ĐÁNH GIÁ, XÁC ĐỊNH TUỔI THỌ CÒN LẠI CỦA CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

Đề đánh giá mức độ áp dụng thực hành và rút ra những so sánh đánh giá ưu nhược điểm của phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài và phương pháp đề xuất theo tính toán ĐTC của cầu kiện, kết cấu. Chương 4 sẽ trình bày quy trình và kết quả tính toán xác định tuổi thọ còn lại của một công trình cụ thể theo hai phương pháp.

4.1. Thông tin chung hiện trạng công trình theo kết quả khảo sát

4.1.1. Thông tin chung hiện trạng công trình

- Công trình là trụ sở làm việc, đến thời điểm khảo sát đã khai thác sử dụng được 27 năm, diện tích xây dựng là 344 m², gồm 04 tầng mỗi tầng cao 3.6m. Công trình đã xuống cấp, xuất hiện nhiều hư hỏng cục bộ trên kết cấu công trình.

4.1.2. Quy trình khảo sát hiện trạng

Tiến hành các công tác khảo sát để xác định hiện trạng kiến trúc, kết cấu và các dấu hiệu và thông số hư hỏng,

4.1.3. Kết quả khảo sát hiện trạng

Kết quả khảo sát về hư hỏng theo dấu hiệu bên ngoài và số liệu hao mòn kích thước hình học, cường độ bê tông, cốt thép, mức độ ăn mòn cốt thép được thể hiện chi tiết trong mục 4.2; 4.3.

4.2. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp đánh giá mức độ hư hỏng qua dấu hiệu bên ngoài

- **Bước 1:** Dựa vào số liệu khảo sát mức độ hư hỏng qua các dấu hiệu bên ngoài, tra bảng 3.2 lập bảng tổng hợp mức độ hư hỏng của các cầu kiện.

- **Bước 2:** Xác định được mức độ hư hỏng lớn nhất của nhóm cầu kiện, kết cấu: với kết cấu cột, dầm, sàn lần lượt là 0,15; 0,15;0,25.

- **Bước 3:** Hư hỏng tổng hợp của nhà:

$$\varepsilon = (\varepsilon_1\alpha_1 + \varepsilon_2\alpha_2 + \dots + \varepsilon_i\alpha_i) / (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i) = 0,164$$

Độ tin cậy tương đối của nhà: $y = I - \varepsilon = 0,823$

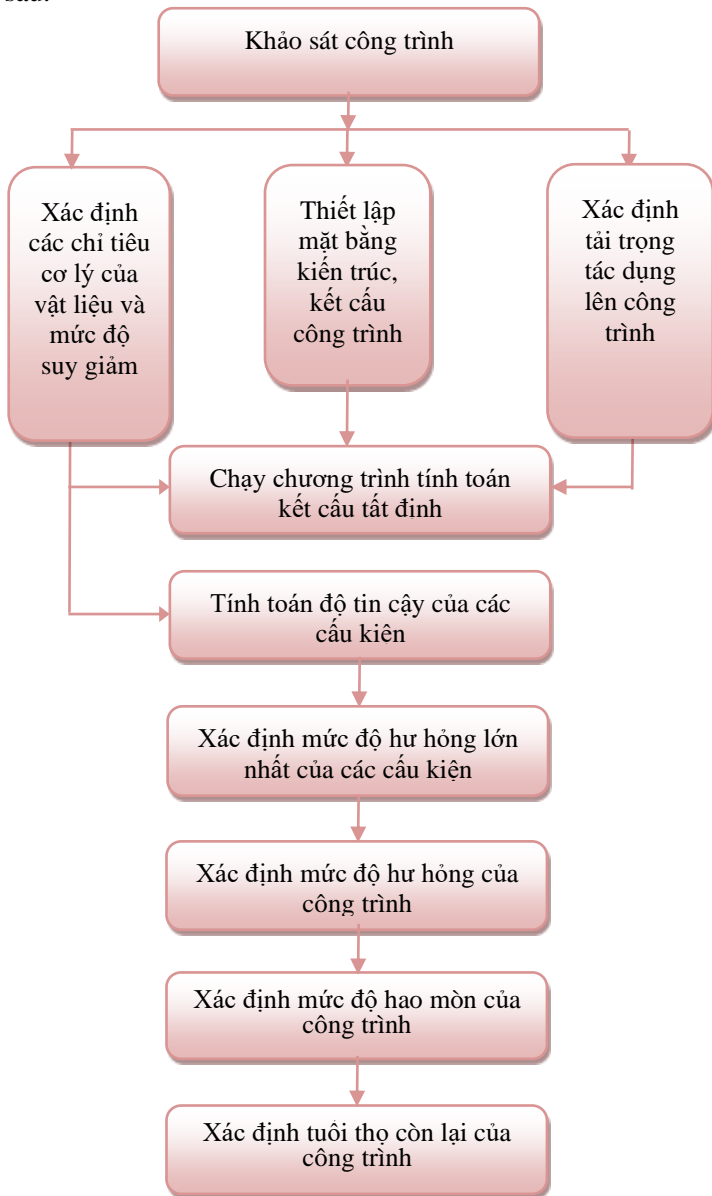
- **Bước 4:** Hao mòn thường xuyên của nhà: $\lambda = -\ln y / t = -\ln 0,836 / 27 = 0,00664$

- **Bước 5:** Xác định tuổi thọ của nhà: $T = 0,22 / \lambda = 0,22 / 0,00664 = 33,1$ năm.

- **Bước 6:** Tuổi thọ còn lại của công trình: $\Delta T = 33,1 - 27 = 6,1$ năm.

4.3. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp tính toán độ tin cậy của cầu kiện kết cấu

Quy trình tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình được thể hiện theo sơ đồ sau:



Hình 4.1-Sơ đồ tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo tính toán độ tin cậy

4.3.1. Kết quả khảo sát phục vụ công tác tính toán và xác định tuổi thọ còn lại của công trình

4.3.1.1. Kết quả khảo sát hiện trường

Qua kết quả đo đạc, thí nghiệm hiện trường thu được kết quả như sau:

- Mức độ sai lệch kích thước tiết diện so với thiết kế trung bình 4%;
- Bê tông: Cường độ bê tông của các mẫu thí nghiệm có độ lệch trung bình 2% so với cường độ thiết kế;
- Cốt thép: Cường độ cốt thép của các mẫu thí nghiệm có độ lệch trung bình 3% so với cường độ thiết kế;
- Mức độ ăn mòn cốt thép: tiết diện cốt thép suy giảm so với thiết kế đối với kết cấu cột, dầm là 10%, với kết cấu sàn là 15%.

4.3.1.2. Xác định tải trọng tác dụng lên công trình

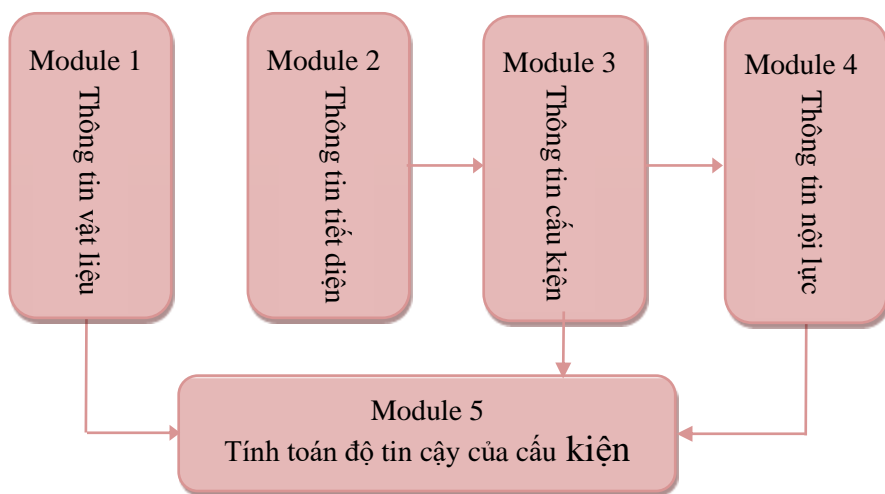
Tải trọng tác dụng lên công trình được tính toán dựa theo [22]

4.3.2. Lập mô hình phân tích kết cấu và xác định nội lực trong cấu kiện

Sử dụng phần mềm Etabs để phân tích kết cấu, xác định nội lực trong các cấu kiện của công trình.

4.3.3. Tính toán độ tin cậy của các cấu kiện

Dựa theo tính toán trong mục 3.5.2 trong chương 3, Sử dụng phần mềm excel để thiết lập chương trình tính toán độ tin cậy của các cấu kiện: cột, dầm, sàn. Sơ đồ khối của chương trình được thể hiện như sau:



Hình 4.2-Sơ đồ khối phần mềm tính toán độ tin cậy của kết cấu

Kết quả tính toán độ tin cậy được thể hiện minh họa trong bảng 4.1

Bảng 4.1. Tính toán độ tin cậy của cấu kiện

TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY CỦA CẤU KIỆN DÀM CHỊU UỐN

Vật liệu sử dụng:

Bê tông: **B22.5**

$R_b = 1.3 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta W_D = 2\%$ $S_{Rb} = 0.03 \text{ KN/cm}^2$

Cốt thép:

AII

$R_s = 26 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta P_s = 3\%$ $S_{Rs} = 0.78 \text{ KN/cm}^2$

$R_{sc} = 26 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta P_{sc} = 3\%$ $S_{Rs} = 0.78 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta P_{D1} = 10\%$

$\Delta P_{D2} = 4\%$

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo			M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số								Độ lệch chuẩn					$S_{M_u}^2$ (KN.cm) ² (33)	S_{M_u} KN.cm (34)	$\frac{M_u}{M}$ (35)	P_s (36)		
		b	h	a'	h ₀	L		A _s	A _s	A _s		S _b	S _h	S _{a'}	S _{A_s}	S _{Rb}	S _{A_s}	S _{h₀}	S _{Rsc}	S _{Rb}	S _b	S _{A_s}	S _{a'}	S _{Rb}	S _{A_s}	S _{h₀}	S _{Rsc}	S _{Rb}	S _b					S _{A_s}	S _{a'}
		cm	cm	cm	cm	m		cm ²	cm ²	cm ²		cm	cm	cm	cm ²	cm ³	KN/cm	KN	cm ³	cm ³	KN	KN/cm	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN					KN	KN
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)
2b1	max	22	40	4	36	4.2	2.06	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.0	1.000
	min	22	40	4	36		-2.89	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.8	1.000
2b2	max	22	40	4	36	4.2	1.16	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000
	min	22	40	4	36		-2.57	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000
2b3	max	22	40	4	36	4.2	1.17	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000
	min	22	40	4	36		-2.47	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.2	1.000
2b4	max	22	40	4	36	4.2	1.11	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.7	1.000
	min	22	40	4	36		-2.79	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000
2b5	max	22	40	4	36	4.2	1.91	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.1	1.000
	min	22	40	4	36		-3.32	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.999
2b6	max	22	40	4	36	4.2	1.11	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.7	1.000
	min	22	40	4	36		-2.79	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	9.000
2b7	max	22	40	4	36	4.2	1.17	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000
	min	22	40	4	36		-2.47	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.2	1.000
2b8	max	22	40	4	36	4.2	1.16	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000
	min	22	40	4	36		-2.57	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000

4.3.4. Xác định tuổi thọ còn lại của kết cấu công trình theo tính toán ĐTC

- **Bước 1:** Dựa vào kết quả tính toán ĐTC của các cấu kiện, xác định được mức độ hư hỏng lớn nhất của nhóm cấu kiện cột, dầm, sàn lần lượt là: 0,169; 0,166; 0,231.

- **Bước 2:** Hư hỏng tổng hợp: $\varepsilon = (\varepsilon_1\alpha_1 + \varepsilon_2\alpha_2 + \dots + \varepsilon_i\alpha_i) / (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i) = 0,177$

- **Bước 3:** Độ tin cậy tương đối của nhà: $y = 1 - \varepsilon = 0,823$

- **Bước 4:** Hao mòn thường xuyên của nhà: $\lambda = -\ln y / t = -\ln 0,823 / 27 = 0,00722$

- **Bước 5:** Xác định tuổi thọ của nhà: $T = 0,22 / \lambda = 0,22 / 0,0072 = 30,5$ năm

- **Bước 6:** Tuổi thọ còn lại của công trình: $\Delta T = 30,5 - 27 = 3,5$ năm

4.4. Đánh giá kết quả tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo hai phương pháp

Kết quả tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp [82] và phương pháp đề xuất lần lượt là 6,1 năm và 3,5 năm, chênh lệch 2,6 năm (tương ứng khoảng 42% so với kết quả của phương pháp [82] và khoảng 74% so với phương pháp đề xuất), là mức độ chênh lệch tương đối lớn. Nguyên nhân do việc xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện của hai phương pháp có sự khác nhau. Dưới đây là phân tích các kết quả tính toán khác nhau của hai phương pháp và rút ra những đánh giá nhận xét:

- Hư hỏng lớn nhất của cột, dầm, sàn theo phương pháp [82] lần lượt là 0,15; 0,15; 0,25, theo phương pháp đề xuất là 0,169; 0,177; 0,231. Chênh lệch kết quả tính toán giữa hai phương pháp lần lượt là 0,019; 0,027; 0,019, là không lớn so với bước phân loại là 0,1 giữa các khoảng phân chia mức độ hư hỏng theo phương pháp [82] (0,05; 0,15; 0,25; 0,35). Như vậy, có thể đánh giá rằng trong phương pháp [82] các khoảng phân loại mức độ hư hỏng của cấu kiện là lớn, dẫn tới kết quả tính toán tuổi thọ còn lại của công trình có sai số lớn.

- Hư hỏng lớn nhất của kết cấu dầm tầng 2, dầm tầng mái, của kết cấu cột tầng 3 xác định theo phương pháp [82] là 0,15, theo phương pháp đề xuất lần lượt là 0,169 và 0,067, ≈ 0 (độ tin cậy bằng 1). Phân tích thực tế làm việc của kết cấu thấy rằng: Do tải trọng tác dụng lên kết cấu dầm tầng 2 lớn hơn nhiều so với kết cấu dầm mái nên thực tế mức độ hư hỏng (độ tin cậy) sẽ lớn hơn dù biểu hiện hư hỏng bên ngoài như nhau. Với kết cấu cột tầng 3, do lượng dự trữ trong thiết kế lớn (theo yêu cầu kiến trúc, tiết diện cột không thay đổi nên tại tầng 3 khả năng chịu lực của tiết diện cột lớn hơn nhiều nội lực tác dụng) nên thực tế cột vẫn đảm bảo độ an toàn khi chịu lực ngay cả khi xuất hiện hư hỏng bên ngoài. Điều này khẳng định: **đánh giá mức độ hư hỏng bên ngoài chưa phản ánh đúng tình trạng chất lượng của kết cấu.**

Như vậy, khi có số liệu khảo sát đầy đủ việc tính toán ĐTC của cấu kiện sẽ cho kết quả tin cậy hơn so với phương pháp tra bảng phân loại cho trước.

4.5. Kết luận chương 4

Đã xây dựng được quy trình tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu khi có số liệu khảo sát hiện trường, trên cơ sở đó xác định được tình trạng kỹ thuật, tuổi thọ còn lại của công trình.

Đã thiết lập được các bảng tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu và tuổi thọ còn lại của công trình. Bảng tính được lập bằng phần mềm excelle, dễ sử dụng và dễ nhập, kiểm tra số liệu đầu vào đầu ra.

Trên cơ sở những kết quả đạt được khi tính toán tuổi thọ còn lại của một công trình cụ thể bằng 2 phương pháp, rút ra những nhận xét về ưu nhược điểm của 2 phương pháp. Cụ thể:

a. Phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình dựa trên dấu hiệu hư hỏng bên ngoài.

- Ưu điểm:

+ Dễ thực hiện vì sử dụng các bảng tra có sẵn;

+ Đánh giá nhanh được tình trạng kỹ thuật của công trình.

- Nhược điểm:

+ Độ tin cậy chưa cao do dấu hiệu hư hỏng bên ngoài chưa phản ánh đúng tình trạng chất lượng của kết cấu (cường độ vật liệu, khả năng chịu lực của kết cấu, vv...);

+ Mức độ hư hỏng của cấu kiện được phân loại với khoảng khá rộng (0,05;0,15;0,25;0,35) dẫn đến kết quả tính toán có thể có sai số khá lớn.

b. Phương pháp đề xuất xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình dựa vào tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu theo các số liệu khảo sát thực tế hiện trường (không theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài).

Ưu điểm của phương pháp này là:

+ Xác định được độ tin cậy của từng cấu kiện kết cấu, trên cơ sở sử dụng các chương trình tính toán kết cấu BTCT thông dụng và các quy định khác của tiêu chuẩn thiết kế hiện hành;

+ Khả năng áp dụng của phương pháp đề nghị là cao vì các kỹ sư chỉ cần dùng các chương trình quen thuộc;

- Kết quả xác định tuổi thọ còn lại của hai phương án có chênh lệch tương đối cho thấy khi có số liệu khảo sát tương đối đầy đủ cho phép tính toán được độ tin cậy của các cấu kiện, kết cấu với các giá trị xác định chứ không phải ở trong các khoảng như theo dấu hiệu bên ngoài. Vì vậy có thể nói phương pháp xác định tuổi thọ còn lại dựa theo tính toán độ tin cậy của cấu kiện kết cấu thông qua số liệu khảo sát đảm bảo được độ tin cậy và có thể áp dụng vào thực tế.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Những kết quả đạt được

1.1. Hệ thống hóa và tóm lược các phương pháp phổ biến đánh giá ảnh hưởng của hư hỏng đến tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng. Phân tích đánh giá các ưu nhược điểm của các phương pháp, từ đó rút ra được những vấn đề cần nghiên cứu hoàn thiện.

1.2. Tập trung phân tích đánh giá phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình đang được sử dụng phổ biến của Liên Bang Nga “Hướng dẫn đánh giá độ tin cậy của kết cấu nhà và công trình theo dấu hiệu bên ngoài” và các tài liệu liên quan. Làm rõ được những ưu nhược điểm của phương pháp này, trên cơ sở đó đề xuất một cách tiếp cận khác để nâng cao độ tin cậy của phương pháp.

1.3. Những đóng góp mới của luận án

1.3.1. Đề xuất phương pháp tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu. Phương pháp này là một cải tiến của phương pháp tính toán tuổi thọ còn lại của công trình dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài của liên bang Nga để nâng cao độ tin cậy trong tính toán.

1.3.2. Thiết lập được các thuật toán và quy trình tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu theo tiêu chuẩn thiết kế hiện hành (TCVN).

1.3.3. Thiết lập các bảng tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu. Bảng tính được lập bằng phần mềm excelle, dễ sử dụng và dễ nhập, kiểm tra số liệu đầu vào đầu ra.

1.3.4. Xây dựng được quy trình tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo hai phương pháp và áp dụng tính toán trên một công trình cụ thể để đánh giá mức độ thực hành và rút ra ưu nhược điểm của hai phương pháp. Cho thấy phương pháp đề xuất có độ tin cậy và khả năng ứng dụng vào thực tế (vì sử dụng các phần mềm tính toán thông dụng).

2. Kiến nghị

2.1. Với phương pháp tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài chỉ nên sử dụng để đánh giá nhanh tuổi thọ còn lại và tình trạng kỹ thuật của nhà và công trình.

2.2. Khi cần đánh giá một cách đầy đủ và bảo đảm độ tin cậy cao hơn thì nên tiến hành khảo sát chi tiết hiện trạng công trình và có thể sử dụng phương pháp xác định tuổi thọ còn lại theo tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu.

3. Hướng phát triển của đề tài luận án

3.1. Trên cơ sở các nghiên cứu về tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình đối với dạng công trình kết cấu bê tông cốt thép, có thể nghiên cứu bổ

sung để thiết lập quy trình tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình kết cấu thép.

3.2. Trong tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình đại lượng độ hư hỏng tương đối của công trình ngoài phụ thuộc vào mức độ hư hỏng của từng loại cấu kiện còn phụ thuộc vào giá trị trọng số của từng loại cấu kiện. Khi không có tính toán thì có thể lựa chọn theo các giá trị cho trước. Thực tế ngay trong một nhóm cấu kiện sự tham gia của các cấu kiện vào ĐTC chung của công trình cũng khác nhau, hơn nữa với mỗi dạng kết cấu ảnh hưởng của mỗi nhóm kết cấu tới ĐTC chung của công trình cũng khác nhau. Trong luận án đã đề đề xuất cách xác định trọng số theo độ nhạy của các tham số cơ bản. Vì vậy, có thể phát triển hướng nghiên cứu này để xác định trọng số của nhóm cấu kiện cho các dạng công trình.