

**MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH TUỔI THỌ CÒN LẠI  
CỦA CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG**  
**SOME METHODS FOR ASSESSING THE REMAINING SERVICE LIFE  
OF BUILDING STRUCTURES**

ThS. **NGUYỄN HOÀNG ANH**, PGS.TS. **NGUYỄN XUÂN CHÍNH**  
Viện KHCN Xây dựng

*Tóm tắt: Ngày nay việc tính toán tuổi thọ còn lại của nhà và công trình xây dựng không những là một trong những nhiệm vụ cần thiết mà còn là một trong những bài toán kỹ thuật phức tạp cần được nghiên cứu giải quyết.*

*Có nhiều phương pháp và cách tiếp cận để giải quyết vấn đề này với những ưu điểm và tồn tại của chúng. Bài báo giới thiệu một số phương pháp xác định tuổi thọ còn lại đang được quan tâm ở Việt Nam và nước ngoài, đồng thời nêu các nhận xét và kiến nghị.*

*Từ khóa: tuổi thọ còn lại, hư hỏng kết cấu xây dựng.*

*Abstract: Nowadays, calculation the remaining service life of buildings and structures is not only a required task but also one of the complicated technical problems that need to be studied and solved. There are many methods and approaches to solving this problem with their advantages and shortcomings. The article introduces some methods to determine the remaining service life that are of interest in Vietnam and abroad, also to make some comments.*

*Keywords: Remaining service life, Damage of building structures.*

### **1. Đặt vấn đề**

Trong lĩnh vực xây dựng cũng như trong các ngành công nghiệp khác có thể xảy ra các trường hợp hư hỏng hay sự cố công trình. Số liệu thống kê chỉ ra rằng khoảng 80% trường hợp hư hỏng và sự

cố công trình là do sai sót của con người gây ra trong quá trình khảo sát, thiết kế, thi công và khai thác sử dụng.

Đánh giá độ tin cậy của kết cấu xây dựng đang sử dụng được thực hiện dựa theo các hư hỏng của chúng thông qua khảo sát kỹ thuật. Theo kết quả khảo sát có thể đánh giá được mức độ hư hỏng, khả năng đáp ứng của kết cấu và tuổi thọ còn lại của công trình.

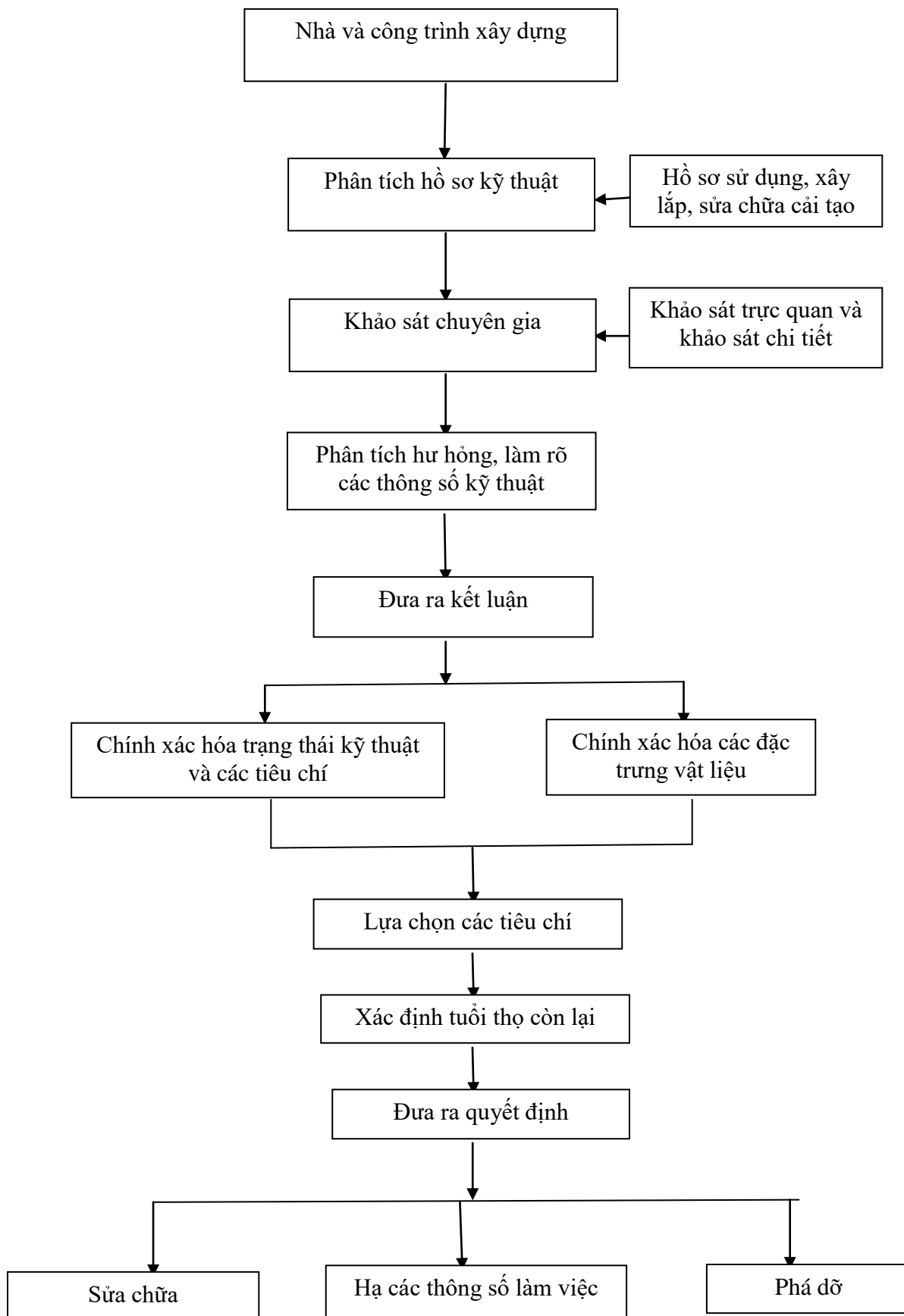
Tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng được hiểu là thời gian (tính bằng năm) đến khi kết cấu đạt đến trạng thái giới hạn, khi đó không cho phép sử dụng tiếp nếu không tiến hành sửa chữa lớn (có thể phải gia cường và thay thế một số bộ phận kết cấu).

Bài toán xác định tuổi thọ còn lại có thể thực hiện với các sai số khác nhau có nghĩa là với mức độ chính xác và độ phức tạp khác nhau. Độ chính xác cao có thể đạt được khi sử dụng lý thuyết độ tin cậy với các thông số phân bố theo thời gian. Độ chính xác trung bình khi các thông số tính toán được lấy theo giá trị trung bình và độ lệch chuẩn. Độ chính xác đạt yêu cầu có thể sử dụng các tính toán tiền định, khi không có các công thức tính chính xác thì có thể sử dụng các quan hệ thực nghiệm.

### **2. Khảo sát công trình xây dựng**

Khảo sát là tổng hợp các công việc từ thu thập, xử lý số liệu, hệ thống hóa và phân tích tình trạng kỹ thuật của nhà và công trình, các cấu kiện riêng lẻ, đánh giá tình trạng kỹ thuật và mức độ hư hỏng

## Sơ đồ trình tự xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình xây dựng



Theo kết quả khảo sát có thể xác định được tình trạng kỹ thuật cũng như dự báo tuổi thọ còn lại của nhà và công trình, trên cơ sở đó để đưa ra giải pháp cần thiết nhằm đảm bảo an toàn cho công trình trong khai thác sử dụng.

Dự báo tuổi thọ còn lại được thực hiện dựa theo quy luật thay đổi các thông số được xác định khi phân tích cơ chế phát triển hư hỏng hoặc theo kết quả khảo sát chi tiết.

Mục đích của khảo sát chi tiết là có được dữ liệu về tình trạng kỹ thuật của đối tượng được khảo sát, các thông số công nghệ, về điều kiện tác động tương hỗ với môi trường. Khảo sát chi tiết cần thực hiện ở công trình theo đề cương được phê duyệt có sự thống nhất của các bên liên quan: đơn vị khảo sát, chủ quản công trình, các đơn vị quản lý theo quy định của pháp luật (nếu cần thiết).

Phân tích hư hỏng bao gồm việc đánh giá khả năng chịu tải thực tế của cấu kiện và kết cấu theo các tiêu chuẩn hiện hành có xét đến tải trọng và tác động hiện tại kể cả tác động của nhiệt độ, kích thước hình học thực tế của cấu kiện và kết cấu ở các bộ phận có dấu hiệu quá tải theo kết quả khảo sát.

Xác định cơ chế hình thành và phát triển hư hỏng, các tình huống hư hỏng sẽ xảy ra, quy luật và dự báo sự phát triển hư hỏng có thể dẫn tới trạng thái giới hạn (từ từ, xuống cấp, bất ngờ trong đó có trạng thái cực hạn).

Đánh giá các thông số về tình trạng kỹ thuật của công trình theo các tiêu chuẩn hiện hành. So sánh với các quy định và tiêu chí (ví dụ: xuất hiện giới hạn bề rộng vết nứt, giới hạn chảy...)

### **3. Phương pháp tính tuổi thọ còn lại theo mức độ hư hỏng và hao mòn vật lý [5,6]**

Xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình theo các dấu hiệu khác nhau, các dấu hiệu đó có thể là:

- Hao mòn vật lý;
- Độ bền tĩnh hoặc động học của vật liệu có xét đến khuyết tật và hư hỏng;
- Độ mỏi của vật liệu.

Khái niệm cơ bản để tính toán tuổi thọ còn lại của nhà và công trình là dựa vào nguyên lý “sử dụng an toàn theo tình trạng kỹ thuật”.

Theo cách tiếp cận này thì việc đánh giá tình trạng kỹ thuật của công trình được thực hiện theo các thông số kỹ thuật nhằm bảo đảm độ tin cậy và an toàn sử dụng theo quy định của tiêu chuẩn hoặc hồ sơ thiết kế.

Phụ thuộc vào các tiêu chí của trạng thái giới hạn và điều kiện sử dụng mà các thông số kỹ thuật có thể là:

- Các đặc trưng vật liệu (đặc trưng cơ lý: giới hạn chảy, giới hạn bền, độ cứng, khả năng chống nứt, giới hạn bền mỏi, độ bền lâu, từ biến, thành phần hóa học, cấu trúc...);
- Các hệ số dự trữ (theo giới hạn chảy, cường độ, độ bền lâu, từ biến,...);
- Các thông số về công nghệ (nhiệt độ, độ rung, chế độ làm việc...).

Dự báo tuổi thọ hay độ dự trữ còn lại được thực hiện theo kết quả khảo sát cũng như dựa trên cơ sở quy luật thay đổi của các thông số theo kết quả phân tích cơ chế phát triển hư hỏng.

Theo kết quả khảo sát và đánh giá theo chuyên gia có thể xác định tình trạng kỹ thuật và tuổi thọ còn lại của nhà và công trình xây dựng.

Đánh giá theo chuyên gia dựa vào:

- Phân tích hồ sơ kỹ thuật và hồ sơ khai thác sử dụng công trình;
- Phân tích điều kiện sử dụng;
- Kết quả khảo sát sơ bộ và khảo sát chi tiết;
- Kết quả tính toán kiểm tra.

Để đảm bảo độ tin cậy của kết quả tính toán tuổi thọ trong nhiều trường hợp cần tiến hành các thí nghiệm bổ sung.

Hiện nay một phương pháp phổ biến để xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình xây dựng là sử dụng quy luật hàm mũ.

Gốc tọa độ được chọn là năm công trình đưa vào sử dụng hoặc là năm công trình đã được thực hiện sửa chữa lớn. Ở điểm tọa độ này khả năng chịu lực của kết cấu là lớn nhất.

Sau đây trình bày phương pháp xác định tuổi thọ còn lại dựa trên mối quan hệ nêu trên.

#### **Bước 1:**

Từ kết quả khảo sát xác định các loại khuyết tật và hư hỏng của cấu kiện, kết cấu. Các cấu kiện và

# KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

kết cấu được sắp xếp theo nhóm và loại như: cột, dầm, sàn, mái,...

### Bước 2:

Xác định hư hỏng tổng hợp của nhà hoặc công trình theo công thức:

$$\varepsilon = (\varepsilon_1\alpha_1 + \varepsilon_2\alpha_2 + \dots + \varepsilon_i\alpha_i) / (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i) \quad (1)$$

trong đó:

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$  - các hư hỏng lớn nhất của cấu kiện, kết cấu của nhà hoặc công trình,  $0 \leq \varepsilon \leq 1$ ;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$  - các trọng số của kết cấu.

Trọng số của kết cấu được đặc trưng bằng tổn thất xảy ra khi kết cấu bị phá hủy, được xác định trên cơ sở đánh giá hậu quả do kết cấu bị phá hủy trong công trình cụ thể (thông thường do các chuyên gia có kinh nghiệm xác định).

Khi không cơ sở để chọn giá trị trọng số thì có thể lấy các giá trị  $\alpha_i$  như sau:

- Sàn và mái:  $\alpha = 2$ ;
- Dầm:  $\alpha = 4$ ;
- Dàn:  $\alpha = 7$ ;
- Cột:  $\alpha = 8$ ;
- Tường chịu lực và móng:  $\alpha = 3$ ;

- Các dạng kết cấu khác:  $\alpha = 2$ .

### Bước 3:

Xác định độ tin cậy tương đối của nhà hoặc công trình tính theo công thức:

$$\gamma = 1 - \varepsilon \quad (2)$$

### Bước 4:

Hao mòn thường xuyên của công trình được thể hiện theo quy luật hàm số mũ, xác định theo công thức:

$$\lambda = -\ln \gamma / t \quad (3)$$

Trong đó:  $t$  - thời gian từ khi đưa vào sử dụng đến thời điểm khảo sát (hoặc từ khi công trình đã được sửa chữa lớn) được tính bằng năm.

### Bước 5:

Thông qua quy luật suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu theo hàm số mũ, tuổi thọ của nhà hoặc công trình tính từ lúc đưa vào sử dụng hoặc từ khi sửa chữa lớn được xác định theo công thức:

$$T = 0,16 / \lambda \quad (4)$$

Tuổi thọ còn lại của nhà và công trình được tính theo công thức:

$$T_{cl} = T - t \quad (5)$$

**Bảng 1. Phân loại tình trạng kỹ thuật của kết cấu xây dựng theo mức độ hư hỏng**

Phân loại tình trạng kỹ thuật	Mô tả tình trạng kỹ thuật	Độ tin cậy tương đối $\gamma$	Mức độ hư hỏng $\varepsilon$
1 Tình trạng tiêu chuẩn	Không có hư hỏng nhìn thấy, tình trạng kỹ thuật bình thường. Đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn và tài liệu thiết kế hiện hành. Không cần tiến hành sửa chữa.	1,00	0,00
2 Tình trạng đủ khả năng làm việc	Tình trạng làm việc đạt yêu cầu, khả năng chịu lực của kết cấu được đảm bảo, các yêu cầu tiêu chuẩn về trạng thái giới hạn thứ hai và độ bền lâu có thể bị vi phạm nhưng vẫn đảm bảo điều kiện sử dụng bình thường. Cần có biện pháp chống ăn mòn và sửa chữa các hư hỏng nhỏ.	0,95	0,05
3 Tình trạng khả năng làm việc hạn chế	Chưa đáp ứng hoàn toàn yêu cầu sử dụng. Khả năng làm việc có hạn chế. Tồn tại những hư hỏng làm giảm khả năng chịu lực. Để tiếp tục sử dụng bình thường cần tiến hành sửa chữa các kết cấu bị hư hỏng.	0,85	0,15
4 Tình trạng không đủ khả năng làm việc	Tình trạng làm việc không đạt yêu cầu. Tồn tại những hư hỏng chứng tỏ không đáp ứng sử dụng của kết cấu. Yêu cầu sửa chữa lớn với sự gia cường kết cấu. Khi kết cấu chưa được gia cường cần hạn chế các tải trọng tác động. Kết cấu sau khi sửa chữa và gia cường mới đưa được vào sử dụng.	0,75	0,25
5 Tình trạng nguy hiểm	Tình trạng nguy hiểm. Tồn tại hư hỏng có thể dẫn đến sập đổ kết cấu. Yêu cầu giảm tải khẩn cấp và có biện pháp chống đỡ kịp thời, rào chắn vùng nguy hiểm. Sửa chữa chủ yếu là tiến hành thay thế các kết cấu nguy hiểm.	0,65	0,35

Như vậy căn cứ vào kết quả khảo sát có thể xác định được mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối, trên cơ sở đó xác định tuổi thọ còn lại của công

trình. Bảng 2 và 3 là phân loại mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của kết cấu bê tông cốt thép và kết cấu thép.

## KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

**Bảng 2. Phân loại mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của kết cấu bê tông cốt thép**

Loại tình trạng kỹ thuật	Dấu hiệu hư hỏng (Theo một trong các dấu hiệu thu được từ khảo sát)	Độ tin cậy tương đối $\gamma$	Mức độ hư hỏng $\epsilon$
1	- Trong kết cấu bê tông cốt thép có một số vết nứt nhỏ bề rộng vết nứt không quá 0,1 mm; - Một vài chỗ bị rỗ.	1,00	0,00
2	- Hình thành vết nứt ở vùng kéo các cấu kiện chịu uốn với bề rộng vết nứt đến 0,3 mm. Vết nứt ở mỗi nối của các tấm sàn lắp ghép bề rộng vết nứt đến 2 mm; - Cốt thép cấu tạo và thép đai bị rỉ, bề mặt bê tông ẩm bị đổi màu.	0,95	0,05
3	- Vết nứt trong vùng bê tông chịu kéo đến 0,5 mm; - Vết nứt chạy dọc theo cốt thép bị gỉ. Ăn mòn cốt thép đến 10 % tiết diện. Bê tông trong vùng chịu kéo giữa các cốt thép dễ bị vỡ vụn đến hết lớp bảo vệ.	0,85	0,15
4	- Bề rộng vết nứt vuông góc với trục dầm không lớn hơn 1 mm và chiều dài vết nứt lớn hơn 3/4 chiều cao dầm. Vết nứt xuyên ngang ở cột không lớn hơn 0,5 mm. Độ võng của cấu kiện chịu uốn lớn hơn 1/75 khẩu độ; - Ở vùng kéo của các cấu kiện chịu uốn hình thành các vết nứt bề rộng vết nứt đến 0,5 mm. Các tấm sàn bê tông cốt thép lắp ghép bị dịch chuyển lệch nhau theo chiều cao đến 3 cm; - Lớp bê tông bảo vệ bị bong tách cốt thép bị ăn mòn đến 15 %. Cường độ bê tông giảm đến 30 %.	0,75	0,25
5	- Bề rộng vết nứt vuông góc với trục dầm lớn hơn 1 mm và chiều dài vết nứt lớn hơn 3/4 chiều cao dầm. Vết nứt xiên cắt qua vùng gối tựa và vùng neo cốt thép chịu kéo của dầm; - Trong các cấu kiện chịu nén có các vết nứt xiên xuyên cấu kiện. Các vết nứt trong kết cấu chịu tác động đổi chiều. Cốt thép trong vùng chịu nén của cột bị phình. Một số cốt thép chịu lực trong vùng chịu kéo bị đứt, các cốt đai trong vùng vết nứt xiên bị đứt. Bê tông trong vùng chịu nén bị vỡ; - Độ võng trong các cấu kiện chịu uốn lớn hơn 1/50 khẩu độ đồng thời trong vùng chịu kéo có các vết nứt lớn hơn 0,5 mm; - Tiết diện cốt thép bị giảm đến 15 % do bị ăn mòn. Cường độ bê tông bị giảm đến 30 %. Mỗi nối bị hư hỏng. Diện tích tiết diện gối tựa của tấm giảm (nhỏ hơn 5 cm <sup>2</sup> ).	0,65	0,35

**Bảng 3. Phân loại mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của kết cấu thép**

Loại tình trạng kỹ thuật	Dấu hiệu hư hỏng (Theo một trong các dấu hiệu thu được từ khảo sát)	Độ tin cậy tương đối $\gamma$	Mức độ hư hỏng $\epsilon$
1	- Không có dấu hiệu hư hỏng.	1,00	0,00
2	- Một số chỗ lớp chống ăn mòn bị hỏng. Ở một vài đoạn có những vết ăn mòn làm hỏng đến 5% tiết diện. Một số vị trí bị cong vào do va chạm với các phương tiện vận tải và các hư hại khác làm giảm yếu tiết diện đến 5%.	0,95	0,05
3	- Độ võng của cấu kiện chịu uốn vượt 1/150 khẩu độ; - Gỉ thành mảng làm giảm diện tích tiết diện cấu kiện chịu lực đến 15%. Một số vị trí bị cong vào do va chạm với các phương tiện vận tải và các hư hại khác làm giảm yếu tiết diện đến 15 %. Bản mã nút vì kèo bị cong.	0,85	0,15
4	- Độ võng của cấu kiện chịu uốn lớn hơn 1/75 khẩu độ. Kết cấu mất ổn định cục bộ (bản bụng và cánh cửa dầm bị vênh, cột bị phình). Một số bu lông hoặc đinh tán bị đứt (liên kết bu lông). Ở các cấu kiện thứ yếu có các vết nứt; - Ăn mòn làm giảm tiết diện tính toán của cấu kiện chịu lực đến 25%. Các vết nứt ở các mối hàn hoặc ở trong vùng gần mối hàn. Các tác động cơ học làm giảm yếu tiết diện đến 25%. Chênh nghiêng của vì kèo so với trục thẳng đứng lớn hơn 15mm. Các nút liên kết bị lỏng do bu lông hoặc đinh tán bị xoay.	0,75	0,25
5	- Độ võng của cấu kiện chịu uốn lớn hơn 1/50 khẩu độ. Dầm hoặc các cấu kiện chịu nén mất ổn định tổng thể. Các cấu kiện chịu kéo của vì kèo bị đứt. Có các vết nứt ở các cấu kiện chịu lực chính; - Ăn mòn làm giảm tiết diện tính toán của các cấu kiện chịu lực lớn hơn 25 %. Các mối nối bị lỏng cùng sự dịch chuyển của gối tựa.	0,65	0,35

**Nhận xét:**

- Kết quả đánh giá theo phương pháp này trước hết phụ thuộc vào  $\epsilon$  trong đó các  $\alpha$  tuy là các trọng số nhưng chọn trọng số như thế nào, các tài liệu

nước ngoài đều không trình bày rõ ràng;

- Cần xác định rõ loại công trình nào thì áp dụng được phương pháp này;
- Theo ý các tác giả thì cấu kiện mang trọng số cao là cấu kiện có ảnh hưởng lớn đến độ tin cậy. Nếu ta tính được độ tin cậy thành phần thì có thể xác định được trọng số chính xác hơn.

**4. Phương pháp tính tuổi thọ còn lại theo khả năng chịu lực**

$$\omega = (\sum \Delta N_i \cdot A_{vi} + \sum \Delta M_i \cdot A_{gi} + \sum \Delta Q_i \cdot A_{gi}) / (\sum A_{vi} + 2 \sum A_{gi}) \quad (6)$$

trong đó:

$\Delta N_i$  – dự trữ khả năng chịu lực của cấu kiện thẳng đứng thứ  $i$  (cột, trụ, cọc chống...) dưới tác dụng của lực thẳng đứng;

$A_{vi}$  – diện tích sập đổ do sự cố của cấu kiện thẳng đứng thứ  $i$  gây ra;

$\Delta M_i$  – dự trữ khả năng chịu lực của cấu kiện nằm ngang thứ  $i$  chịu mô men (dầm, xà, tấm...);

$\Delta Q_i$  – dự trữ khả năng chịu lực của cấu kiện nằm ngang thứ  $i$  chịu lực cắt (dầm, xà, tấm...);

$A_{gi}$  - diện tích sập đổ do sự cố của cấu kiện nằm ngang thứ  $i$  gây ra.

Dự trữ khả năng chịu lực do tác dụng của momen uốn và lực cắt được xác định khi tiến hành tính toán kiểm tra kết cấu chịu tải theo các công thức sau:

$$\Delta N_i = N_{pi} - N_{ui} \quad (7)$$

$$\Delta M_i = M_{pi} - M_{ui} \quad (8)$$

$$\Delta Q_i = Q_{pi} - Q_{ui} \quad (9)$$

trong đó:

$N_{pi}$  – khả năng chịu lực thiết kế dưới tác dụng của lực thẳng đứng của cột, trụ...;

$N_{ui}$  – nội lực dọc của cấu kiện;

$M_{pi}$  - khả năng chịu lực thiết kế do tác dụng mô men của dầm, xà, tấm...;

$M_{ui}$  – mô men uốn tác dụng lên tiết diện của cấu kiện;

$Q_{pi}$  - khả năng chịu lực thiết kế dưới do lực cắt tác dụng của dầm, xà, tấm...;

$Q_{ui}$  – lực cắt tác dụng ở gần gối của cấu kiện.

Một cách tiếp cận khác để tính tuổi thọ còn lại của công trình là trong công thức (4) đại lượng  $\gamma$  – độ tin cậy tương đối được thay bằng hệ số dự trữ tương đối về khả năng chịu lực –  $\omega$ . Như vậy công thức (4) có dạng:

$$T = -\ln \omega / \lambda \quad (5)$$

Hệ số dự trữ tương đối về khả năng chịu lực của nhà hoặc công trình được xác định theo công thức:

Để xác định tuổi thọ còn lại của nhà hoặc công trình ở thời điểm khảo sát thì trong các công thức trên thay các giá trị lực dọc, mô men, lực cắt thiết kế bằng các giá trị lực dọc, mô men và lực cắt thực tế có xét đến các hư hỏng hiện có.

Khi xác định diện tích sập đổ của cấu kiện đứng và ngang thứ  $i$ ,  $A_{vi}$ ,  $A_{gi}$  cần xét đến sự liên quan lẫn nhau của các kết cấu chịu lực. Ví dụ: diện tích sập đổ của tấm sàn hoặc mái bằng diện tích hình chiếu của tấm theo phương ngang. Diện tích sập đổ của dầm, dàn,... bằng diện tích hình chiếu của tất cả các cấu kiện trên kết cấu này.

Nhận xét: Phương pháp là đơn giản (thủ tục tính toán) song đòi hỏi số liệu rất phức tạp, nhiều số liệu khó xác định trong thực tế.

**5. Phương pháp tính tuổi thọ còn lại theo các hệ số tin cậy [8]**

Một phương pháp khác để tính tuổi thọ còn lại của công trình là thông qua các hệ số tin cậy, bao gồm các bước sau:

**Bước 1:**

*Xác định hệ số tin cậy tiêu chuẩn*

Hệ số độ tin cậy tiêu chuẩn  $K_0$  xác định theo công thức sau:

$$K_0 = \gamma_m \cdot \gamma_c \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \quad (10)$$

trong đó:

$\gamma_m$  – Hệ số tin cậy của vật liệu;

$\gamma_c$  – Hệ số điều kiện làm việc của kết cấu;

$\gamma_f$  – Hệ số tin cậy của tải trọng;

$\gamma_n$  – Hệ số tầm quan trọng (trọng số).

Các hệ số này được lấy theo tiêu chuẩn hoặc theo quy định của thiết kế.

### Bước 2:

Xác định hệ số độ tin cậy của kết cấu đang sử dụng:

Ảnh hưởng của khuyết tật và hư hỏng đến độ tin cậy của kết cấu được đánh giá thông qua hệ số độ tin cậy tiêu chuẩn  $K_0$ .

Hệ số độ tin cậy của kết cấu đang sử dụng xác định theo công thức:

$$K = K_0 \gamma \quad (11)$$

trong đó:  $\gamma$  – hệ số giảm độ tin cậy của kết cấu ở thời điểm khảo sát (độ tin cậy tương đối) cho trong bảng 1, 2, 3.

### Bước 3:

Xác định tuổi thọ còn lại của công trình:

Chấp nhận quy luật thay đổi hệ số dự trữ theo đường parabol bậc hai, độ an toàn hay độ dự trữ của kết cấu, nhà, công trình được tính theo công thức:

$$T_u = T \frac{\sqrt{(K_0 - 1)}}{(K_0 - K)} \quad (12)$$

trong đó:

$T_u$  – độ dự trữ của kết cấu, nhà hay công trình ở thời điểm đưa vào sử dụng;

$T$  – thời gian sử dụng kết cấu đến thời điểm khảo sát;

$K$  – hệ số độ tin cậy của kết cấu đang sử dụng;

$K_0$  – hệ số độ tin cậy tiêu chuẩn.

Tuổi thọ còn lại của kết cấu, nhà và công trình ( $T_{ci}$ ) đến khi xảy ra trạng thái giới hạn mà ở trạng thái đó công trình không thể tiếp tục sử dụng nếu không được gia cường hay tiến hành sửa chữa lớn, được tính theo công thức:

$$T_{ci} = T_u - T \quad (13)$$

**Nhận xét:** Phương pháp có cơ sở lý luận rõ ràng, tính toán đơn giản, hệ số độ tin cậy  $\gamma$  được xác định, tuy vậy cần xác định miền chấp nhận của giá trị  $\gamma$  đã nêu. Tuổi thọ còn lại đạt được mức độ chính xác trong điều kiện công trình được thi công và khai thác phù hợp với các giả thiết tính toán và các tiêu chuẩn áp dụng.

### 6. Phương pháp tính tuổi thọ còn lại theo mức độ ăn mòn kết cấu [7]

Tuổi thọ còn lại của kết cấu nhà chịu tác động ăn mòn được xác định theo công thức:

$$T_k = \frac{S_\Phi - S_p}{\alpha} \quad (14)$$

trong đó:

$S_\Phi$  - chiều dày sườn (thành, bản) thực tế nhỏ nhất của cấu kiện, tính bằng mm;

$S_p$  - chiều dày sườn (thành, bản) tính toán của cấu kiện, mm;

$\alpha$  - tốc độ ăn mòn đều, tính bằng mm/năm.

Tốc độ ăn mòn đều xác định theo công thức:

$$\alpha = \frac{S_u - S_\Phi}{t} \quad (15)$$

trong đó:

$S_u$  - chiều dày sườn (thành, bản) ban đầu của cấu kiện, (mm);

$t$  – thời gian từ khi đưa công trình vào sử dụng đến thời điểm khảo sát, năm.

Theo mức độ ăn mòn cấu kiện, kết cấu cho phép đánh giá dự trữ còn lại của các kết cấu riêng lẻ, trên cơ sở đó có thể tính toán tuổi thọ còn lại của công trình.

**Nhận xét:** Tuổi thọ còn lại phụ thuộc vào nhiều nguyên nhân trong đó có nguyên nhân ăn mòn. Vì vậy khi đánh giá một công trình hiện hữu theo phương pháp ăn mòn thì phải xác định nguyên nhân ăn mòn có phải là chủ yếu hay không.

### 7. Ví dụ tính toán tuổi thọ còn lại của công trình

#### Ví dụ 1:

Trên cơ sở kết quả khảo sát nhà 5 tầng có kết cấu khung bê tông cốt thép, tường chèn gạch, sàn và mái sử dụng các panel bê tông cốt thép lắp ghép.

Công trình đã đưa vào sử dụng đến thời điểm khảo sát là 20 năm. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình.

Kết quả khảo sát bao gồm:

- Cường độ chịu nén của bê tông từ kết quả khoan lấy mẫu và súng bật nảy;
- Đường kính cốt thép, loại thép, số lượng cốt thép, mức độ ăn mòn;
- Xác định chiều dài, bề rộng các vết nứt của các cấu kiện và kết cấu bê tông cốt thép, tường gạch;

# KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

- Xác định độ võng, chuyển dịch, chênh nghiêng, chênh cao của các cấu kiện và kết cấu;
- Xác định mức độ thấm của sàn và mái;
- Xác định các hư hỏng khác như bong rộp sàn, tường, hệ thống kỹ thuật...
- Tổng hợp kết quả khảo sát thể hiện trong bảng 4.

**Bảng 4. Tổng hợp kết quả khảo sát**

TT	Loại cấu kiện	Số lượng (cái, tấm)	Mức độ hư hỏng	
			Nhẹ nhất	Nặng nhất
1	Cột tầng 1	21	0,05	0,07
2	Cột tầng 2	21	0,05	0,06
3	Cột tầng 3	21	0,05	0,06
4	Cột tầng 4	21	0,05	0,05
5	Cột tầng 5	21	0,05	0,04
6	Dầm D1 tầng 1	7	0,15	0,08
7	Dầm D1 tầng 2	7	0,10	0,07
8	Dầm D1 tầng 3	7	0,10	0,08
9	Dầm D1 tầng 4	7	0,10	0,06
10	Dầm D1 tầng 5	7	0,05	0,05
11	Dầm D2 tầng 1	7	0,15	0,08
12	Dầm D2 tầng 2	7	0,15	0,05
13	Dầm D2 tầng 3	7	0,10	0,04
14	Dầm D2 tầng 4	7	0,10	0,05
15	Dầm D2 tầng 5	7	0,10	0,06
16	Panel sàn tầng 1	54	0,15	0,06
17	Panel sàn tầng 2	54	0,15	0,05
18	Panel sàn tầng 3	54	0,15	0,05
19	Panel sàn tầng 4	54	0,10	0,04
20	Panel mái	48	0,15	0,12
21	Cầu thang	2	0,05	0,09
22	Tường tầng 1	19	0,15	0,08
23	Tường tầng 2	19	0,15	0,06
24	Tường tầng 3	19	0,10	0,06
25	Tường tầng 4	19	0,10	0,05
25	Tường tầng 5	19	0,05	0,06

Xác định hư hỏng tổng hợp của nhà theo công thức (1):

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

$$\varepsilon = (0,07.8 + 0,08.4 + 0,12.2 + 0,06.2 + 0,09.2) / (8 + 4 + 2 + 2 + 2) = 0,08.$$

Xác định độ tin cậy tương đối của nhà theo công thức:

$$\gamma = 1 - \varepsilon$$

$$\gamma = 1 - 0,08 = 0,92$$

Xác định hao mòn thường xuyên của nhà theo công thức:

$$\lambda = -\ln \gamma / t$$

$$\lambda = -\ln 0,92 / 20 = 0,004.$$

Thời gian đến lúc công trình phải thực hiện sửa chữa lớn là:

$$T = 0,16 / 0,004 = 40 \text{ năm}$$

Tuổi thọ còn lại của nhà là:

$$T_{cl} = 40 - 20 = 20 \text{ năm}$$

**Kết luận:** Tuổi thọ còn lại của nhà là 20 năm.

**Ví dụ 2:**

Với công trình nêu ở ví dụ 1 yêu cầu tính tuổi thọ còn lại theo các hệ số tin cậy.

Xác định hệ số tin cậy tiêu chuẩn:

$$K_0 = \gamma_m \cdot \gamma_c \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n$$

Ở đây:

$\gamma_m$  – hệ số tin cậy của vật liệu = 0,9;

$\gamma_c$  – hệ số điều kiện làm việc của kết cấu = 1,0;

$\gamma_f$  – hệ số tin cậy của tải trọng = 1,2;

$\gamma_n$  – hệ số tầm quan trọng (trọng số) = 1;

$$K_0 = 0,9.1.1,2.1 = 1,08.$$

Xác định hệ số độ tin cậy của kết cấu đang sử dụng theo công thức:



$$K = K_0 y$$

$$K = 1,08 \cdot 0,92 = 0,99$$

Độ dự trữ của nhà ở thời điểm khảo sát:

$$T_u = T \frac{\sqrt{(K_0 - 1)}}{(K_0 - K)}$$

$$T_u = 20 \frac{\sqrt{1,08 - 1}}{1,08 - 0,99} = 60$$

Tuổi thọ còn lại của nhà là:

$$T = 60 - 20 = 40 \text{ năm}$$

**Kết luận:** Tuổi thọ còn lại của nhà là 40 năm.

Có sự sai khác về tuổi thọ còn lại theo các cách tính khác nhau là do cách tiếp cận của từng phương pháp cũng khác nhau. Trường hợp thứ nhất là tính tuổi thọ còn lại so với thời gian đến thời điểm phải tiến hành sửa chữa lớn. Trường hợp thứ hai là tính đến thời điểm công trình đạt đến trạng thái giới hạn. Mặt khác còn phụ thuộc vào các hệ số tin cậy và trọng số là do thiết kế hoặc các chuyên gia khảo sát đánh giá lựa chọn quyết định.

Đánh giá an toàn đối với một bản thiết kế thì căn cứ theo tiêu chuẩn có thể tiến hành một cách dễ dàng khi đã tính được đáp ứng của công trình. Đối với công trình hiện hữu (công trình đã và đang khai thác) thì việc đánh giá an toàn và tuổi thọ còn lại rất khó khăn, vì rằng mức độ an toàn của công trình hiện hữu phụ thuộc vào các khâu: khảo sát số liệu (tình trạng hiện tại), tài liệu thiết kế, quá trình sử dụng, tiêu chuẩn sử dụng để thiết kế. Đặc biệt chú ý các tác động bất ngờ và cực đoan đã xảy ra trước khi tiến hành đánh giá. Vì lý do trên các quốc gia đều có rất đầy đủ các tiêu chuẩn thiết kế công trình song không đầy đủ các tiêu chuẩn đánh giá công trình hiện hữu. Vì vậy, việc tiếp thu các thành tựu của nước ngoài và sửa đổi bổ sung để phù hợp với điều kiện Việt Nam.

Độ an toàn (độ tin cậy) của công trình là chỉ tiêu chất lượng quan trọng nhất để đánh giá an toàn công trình và qua đó xác định tuổi thọ còn lại. Muốn xác định tuổi thọ còn lại thì phải xác định thể nào là an toàn (theo độ bền hay theo trạng thái giới hạn). Ngày nay do biến đổi khí hậu, thiên nhiên xuất hiện những hiện tượng bất thường và cực đoan vì vậy ưu tiên an toàn sinh mạng là quan trọng nhất. Do đó

trạng thái giới hạn được xác định lại công trình không sụp đổ hay biến thành cơ cấu.

Các tiêu chuẩn đánh giá phải đơn giản dễ dùng để các kỹ sư có thể áp dụng trong thực tế. Song mặt khác phải đủ chính xác (tất nhiên có sai số). Vì vậy người ta thường thay độ tin cậy của công trình bằng một đại lượng hay hàm số nào đó của các tham số cơ bản. Chẳng hạn các phương pháp ở trên tuy tính theo độ tin cậy song không tính trực tiếp độ tin cậy của công trình mà tính giả thiết qua một đại lượng khác. Ngày nay tính trực tiếp độ tin cậy theo lý thuyết chỉ được quy định trong thiết kế công trình của một số nước (tiêu chuẩn độ tin cậy của TQ).

Những vấn đề nêu trên tuy đã có bắt đầu nghiên cứu ở nước ta và tiếp thu thành tựu của nước ngoài song chỉ mới là bước đầu.

Bài báo này chỉ nêu thành tựu mới của các nước và có một số đánh giá đề xuất.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ГОСТ Р 54257-2010. Надежность строительных конструкций и оснований - Основные положения.
2. А. П. Мельчаков. Расчёт и оценка риска аварии и безопасного ресурса строительных объектов. Издат. ЮурГУ – 2006.
3. Болотин В. В. Ресурс машин и конструкций. М. Машиностроение 1990.
4. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей. М. Наука 1999.
5. С. М. Беляев УДК 69.059.14. Расчёт остаточного ресурса зданий с учётом запаса несущей способности конструкций.
6. ЦНИИПРОМЗДАНИЙ. Рекомендации по оценке надёжности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам М., 2001.
7. УДК 624.13 Пермяков М. Б. Расчёт и оценка остаточного ресурса зданий.
8. УДК 69.059.14 Н.П. Соснин К. вопросу об оценке остаточного ресурса зданий и сооружений.

Ngày nhận bài: 19/5/2021.

Ngày nhận bài sửa: 28/5/2021.

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2021.

