

## ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY VÀ DỰ BÁO XÁC SUẤT SỰ CỐ CỦA NHÀ VÀ CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

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

*Tóm tắt: Bài báo giới thiệu phương pháp đánh giá nhanh, đánh giá gần đúng độ tin cậy của kết cấu xây dựng dựa theo những hư hỏng và khuyết tật trong các kết cấu đó, cũng như đánh giá tình trạng kỹ thuật của nhà hoặc công trình. Dự báo xác suất sự cố của công trình xây dựng.*

*Abstract: The article introduces quick assessment method, approximate assessment of reliability of construction structures based on damages and defects of these structures, as well as evaluation of the technical condition of the buildings/structures. Prediction of the probability of failures of buildings.*

### 1. Mở đầu

Trong công tác thiết kế, thi công và khai thác sử dụng đã có nhiều giải pháp kỹ thuật cũng như giải pháp công nghệ để hạn chế các hư hỏng và sự cố công trình, song thực tế hư hỏng và sự cố công trình xây dựng vẫn xảy ra. Thông thường khi công trình bị hư hỏng nặng hoặc xảy ra sự cố thì mới thực hiện khảo sát, đánh giá tình trạng kỹ thuật và xác định nguyên nhân, đó là cách ứng xử thụ động và hậu quả là khó lường. Phương pháp đánh giá nhanh độ tin cậy của kết cấu xây dựng và dự báo xác suất sự cố công trình là cơ sở để các đơn vị chuyên môn cũng như các cơ quan quản lý có thể đưa ra các quyết định phù hợp.

### 2. Một số thuật ngữ và định nghĩa

Một số thuật ngữ và định nghĩa sau đây được sử dụng trong bài báo đã được đề cập trong [1 - 4].

- Độ tin cậy của kết cấu xây dựng là khả năng bảo đảm chất lượng của kết cấu về khả năng chịu lực cần thiết, độ bền lâu, độ biến dạng, trong thời gian theo tiêu chuẩn quy định;

- Mức độ hư hỏng là sự mất khả năng chịu lực của kết cấu xây dựng tính theo tỉ lệ phần trăm so với giá trị thiết kế;

- Tình trạng kỹ thuật là các đặc trưng sử dụng của kết cấu xây dựng hoặc của nhà và công trình tại một thời điểm nhất định.

### 3. Đánh giá độ tin cậy của kết cấu xây dựng theo những hư hỏng của chúng

Hư hỏng của kết cấu xây dựng được phân thành 2 nhóm phụ thuộc vào nguyên nhân gây ra hư hỏng: a) do lực tác động, b) do tác động của môi trường. Hư hỏng do tác động của môi trường không chỉ làm giảm khả năng chịu lực của kết cấu mà còn làm giảm độ bền lâu.

Tùy thuộc vào mức độ hư hỏng và độ tin cậy hiện có, tình trạng kỹ thuật của kết cấu được chia thành 5 loại: bình thường, đạt yêu cầu, chưa đạt yêu cầu, không đạt yêu cầu, nguy hiểm.

Ảnh hưởng của hư hỏng đến độ tin cậy của kết cấu được đánh giá qua sự giảm hệ số độ tin cậy tổng hợp [1]:

$$\gamma_0 = \gamma_m \cdot \gamma_c \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \quad (1)$$

trong đó:

$\gamma_m$  - hệ số độ tin cậy của vật liệu;

$\gamma_c$  - hệ số điều kiện làm việc;

$\gamma_f$  - hệ số độ tin cậy của tải trọng;

$\gamma_n$  - hệ số độ tin cậy theo công năng.

Độ tin cậy tương đối của kết cấu trong sử dụng được tính theo công thức :

$$y = \frac{\gamma}{\gamma_0} \quad (2)$$

Hư hỏng của kết cấu được xác định như sau:

$$\varepsilon = 1 - y \quad (3)$$

trong đó:  $\gamma$  - hệ số độ tin cậy thực tế của kết cấu có xét đến các hư hỏng hiện có.

Giá trị của  $y$  và  $\varepsilon$  được cho trong bảng 1.

# KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

**Bảng 1. Phân loại tình trạng kỹ thuật của kết cấu xây dựng**

Phân loại tình trạng kỹ thuật	Mô tả tình trạng kỹ thuật	Độ tin cậy tương đối $\gamma$	Mức độ hư hỏng $\varepsilon$
1 (Bình thường, hay còn gọi: 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 (Đạt yêu cầu, hay còn gọi 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 (Chưa đạt yêu cầu, hay còn gọi: 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 (Không đạt yêu cầu, hay còn gọi: 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 được đưa vào sử dụng.	0,75	0,25
5 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

Đánh giá tình trạng kỹ thuật của kết cấu thép, bê tông cốt thép, gạch đá và gỗ dựa trên cơ sở những hư hỏng của chúng cũng được lập thành các bảng [1]. Trong các trường hợp này đánh giá độ tin cậy của kết cấu được tiến hành theo hư hỏng lớn nhất của kết cấu.

Đánh giá tổng hợp mức độ hư hỏng của nhà và công trình theo công thức:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i} \quad (4)$$

trong đó:  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$  - giá trị lớn nhất của các hư hỏng loại kết cấu riêng lẻ;

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

Khi đánh giá các giá trị hư hỏng cần xét tới giá trị hư hỏng lớn nhất vì sự cố nhà hoặc công trình thường do hư hỏng lớn gây ra trong kết cấu riêng lẻ.

Các trọng số của kết cấu được thiết lập trên cơ sở đánh giá chuyên gia có xét đến hậu quả kinh tế – xã hội do loại kết cấu riêng lẻ bị phá hủy và tính chất phá hủy (phá hủy với các dấu hiệu báo trước như có giai đoạn biến dạng dẻo hoặc phá hủy giòn tức thời).

Khi không có 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:  $\alpha = 2$ .

Độ tin cậy tương đối của nhà hoặc công trình xác định theo công thức:

$$\gamma = 1 - \varepsilon \quad (5)$$

Khi tiến hành khảo sát nhanh thì đánh giá tổng hợp tình trạng kỹ thuật của nhà và công trình có thể căn cứ vào các hư hỏng đặc trưng được lập thành các bảng.

Giá trị hư hỏng của kết cấu xây dựng sau  $t$  năm sử dụng được xác định theo công thức:

$$\varepsilon = 1 - e^{-\lambda t} \quad (6)$$

trong đó:

$$\lambda = \frac{-\ln y}{t_\phi} \quad \text{- hao mòn thường xuyên xác định}$$

theo số liệu khảo sát căn cứ vào sự thay đổi khả năng chịu lực vào thời điểm khảo sát.

$\gamma$  - độ tin cậy tương đối, xác định theo phân nhóm tình trạng kỹ thuật của kết cấu phụ thuộc vào hư hỏng cho trong bảng 1;

$t_{\varphi}$  - thời gian sử dụng đến thời điểm khảo sát, tính bằng năm.

Thời hạn sử dụng kết cấu (tính bằng năm) đến khi cần tiến hành sửa chữa lớn được xác định theo công thức:

$$t = \frac{0,16}{\lambda} \quad (7)$$

trong đó:  $\lambda$  - hao mòn thường xuyên.

Thời hạn sử dụng kết cấu đến tình trạng có thể xảy ra sự cố được tính theo công thức:

$$t_0 = \frac{0,22}{\lambda} \quad (8)$$

### 3. Dự báo xác suất sự cố nhà và công trình xây dựng

Sự cố nhà và công trình xây dựng xuất hiện chủ yếu do những sai sót nghiêm trọng trong quá trình tính toán, thiết kế, thi công xây dựng và khai thác sử dụng. Trong trường hợp, khi việc dự báo không thuận lợi thì cần xem xét đến cả chất lượng thiết kế, thi công cũng như khai thác sử dụng nhằm khắc phục những hư hỏng đã phát hiện.

Thiết kế không đủ độ tin cậy có thể do các nguyên nhân:

- Lựa chọn sơ đồ tính toán không phù hợp với sơ đồ làm việc thực tế của kết cấu do không có hoặc không đủ tiêu chuẩn thiết kế, do sự không rõ ràng của sơ đồ tính toán và điều kiện làm việc thực tế về khai thác sử dụng công trình;

- Chưa tính đủ tải trọng và tác động lên công trình;

- Chưa đủ thông tin về các tính chất cũng như sự biến động của vật liệu, kết cấu và nền móng cũng như phạm vi tác động của các yếu tố;

- Sử dụng các dạng kết cấu mới chưa được thử nghiệm;

- Chưa tính đến các tác động và hư hỏng ngẫu nhiên có thể xảy ra;

- Có những sai sót do kỹ sư thiết kế thiếu kinh nghiệm, sự phức tạp về tính toán và cấu tạo, không đủ thời gian thiết kế.

Chất lượng thi công công trình không bảo đảm có thể do các nguyên nhân:

- Sử dụng vật liệu không bảo đảm chất lượng;

- Áp dụng công nghệ xây lắp khác thường hoặc chưa được thử nghiệm;

- Công tác kiểm tra chất lượng yếu kém, sự phối hợp giữa thiết kế và thi công không đạt yêu cầu;

- Cán bộ và công nhân thi công xây dựng trình độ thấp;

- Điều kiện thi công không đảm bảo: thiếu thời gian, phương tiện, tác nghiệp giữa các bộ phận không tốt.

Khai thác sử dụng không đúng có thể do:

- Tăng tải trọng lên công trình so với thiết kế;

- Khai thác sử dụng công trình không đúng quy định;

- Sử dụng công trình sai công năng;

- Công trình không được bảo trì và kiểm tra chất lượng theo định kỳ;

- Khi nhà hoặc công trình có hư hỏng vẫn khai thác sử dụng;

- Kết cấu bị giảm độ bền theo thời gian do tích tụ hư hỏng như: bị ăn mòn, vật liệu bị phong hóa, thay đổi điều kiện nước ngầm, vật liệu bị môi,...

Xác định xác suất sự cố được thực hiện dựa trên cơ sở phân tích các điều kiện ảnh hưởng đến độ tin cậy của công trình, sử dụng phương pháp đánh giá chuyên gia nhưng không loại trừ việc sử dụng kết quả tính toán theo số liệu đã có hoặc số liệu khảo sát thực trạng.

Mỗi một điều kiện được đánh giá theo thang điểm và có 5 khả năng xảy ra: 1 - Không chấp nhận; 2 - Không đạt; 3 - Đạt; 4 - Khá; 5 - Tốt.

Độ tin cậy quy ước của nhà hay công trình  $\beta$  xác định theo công thức:

$$\beta = \frac{\sum P_i}{5} \quad (9)$$

trong đó:  $P_i$  - tỷ trọng đánh giá độ tin cậy, được tính bằng tích của tỷ trọng điều kiện với điểm đánh giá, bảng 2.

Giá trị độ tin cậy quy ước  $\beta$  của công trình được so sánh với thang đánh giá độ tin cậy cho trong bảng [1].

# KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

**Bảng 2. Đánh giá độ tin cậy của nhà và công trình**

N	Điều kiện độ tin cậy theo các tiêu chí	Tỷ trọng đáp ứng của các tiêu chí	Điểm đánh giá					Tỷ trọng độ tin cậy	Cơ sở ra phương án
			1	2	3	4	5		
Chất lượng thiết kế									
1	Mô hình tính toán và tải trọng tác động phù hợp thực tế.	0,05							
2	Kết cấu và vật liệu đã được sử dụng ở nhiều công trình.	0,05							
3	Xét đến các yêu cầu của tiêu chuẩn.	0,05							
4	Người thiết kế chuyên nghiệp.	0,10							
5	Có đủ thời gian và phương tiện thiết kế.	0,05							
Chất lượng xây dựng									
6	Vật liệu và kết cấu phù hợp với thiết kế.	0,10							
7	Đã có các công nghệ xây dựng.	0,05							
8	Kiểm soát chất lượng xây dựng.	0,10							
9	Đội ngũ cán bộ chuyên nghiệp.	0,10							
10	Đủ thời gian và phương tiện thi công.	0,05							
11	Tuân thủ đúng tiêu chuẩn và thiết kế.	0,10							
Chất lượng sử dụng									
12	Không sử dụng quá tải trọng thiết kế.	0,05							
13	Kiểm soát và vận hành công trình và thiết bị tốt.	0,05							
14	Tuân thủ nguyên tắc khai thác.	0,10							
$\Sigma = 1,00$					$\Sigma = P$				
<p>Chú thích 1. Độ tin cậy quy ước của nhà hay công trình <math>\beta</math> xác định theo công thức: <math>\beta = \frac{P}{5}</math>.</p> <p>Chú thích 2. Đánh giá theo thang điểm điều kiện độ tin cậy như sau: điểm 1: không chấp nhận; điểm 2: không đạt; điểm 3: đạt; điểm 4: khá; điểm 5: tốt.</p>									

**Bảng 3. Thang đánh giá độ tin cậy và xác suất sự cố của nhà và công trình theo đánh giá chuyên gia**

Độ tin cậy quy ước	Xác suất sự cố trong năm	Thang đánh giá độ tin cậy (bằng từ ngữ)
1	$10^{-6}$	Khá
0,8	$10^{-4}$	Đạt
0,6	$10^{-4}$	Không đạt
0,4	$10^{-3}$	Không chấp nhận

## 4. Ví dụ tính toán

\* Ví dụ 1:

Yêu cầu xác định tình trạng kỹ thuật của cầu cạn bằng bê tông cốt thép đỡ đường ống công nghệ.

Cầu cạn sử dụng kết cấu bê tông cốt thép điển hình: nhịp 12 m, bước trụ 12 m, dầm ngang có bước 4 m.

Theo kết quả khảo sát sơ bộ một đoạn đặc trưng của cầu cạn thì các kết cấu chịu lực có các giá trị về mức độ hư hỏng như sau:

- Giá trị hư hỏng lớn nhất của dầm ngang  $\epsilon_1 = 0,25$ ;
- Giá trị hư hỏng lớn nhất của kết cấu nhịp  $\epsilon_2 = 0,15$ ;
- Giá trị hư hỏng lớn nhất của các trụ  $\epsilon_3 = 0,15$ .

Xác định tình trạng kỹ thuật của toàn bộ cầu cạn có tính đến tầm quan trọng của các kết cấu thành phần.

Trọng số được chọn dựa vào hậu quả khi kết cấu bị phá hủy. Ví dụ đối với cầu cạn khẩu độ 12m và bước của dầm ngang là 4 m (có 3 dầm ngang trong nhịp) trong trường hợp kết cấu nhịp bị phá hủy thì dẫn đến sập đổ tất cả các dầm ngang, còn sập đổ trụ thì dẫn đến sập đổ 2 nhịp với 6 dầm ngang.

Với phân tích nêu trên cần chọn các trọng số  $\alpha_1 = 1$  cho dầm ngang,  $\alpha_2 = 3$  cho kết cấu nhịp,  $\alpha_3 = 6$  cho trụ.

Theo công thức (4) tìm được giá trị hư hỏng của công trình:

## KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

$$\varepsilon = \alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \alpha_3 \varepsilon_3 / (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) = 1. 0,25 + 3. 0,15 + 6. 0,16 / (1 + 3 + 6) = 0,16$$

Theo bảng 1 tình trạng kỹ thuật của cầu cạn có thể xếp vào loại 3.

Kết luận: Để bảo đảm độ tin cậy sử dụng. Cầu cạn cần được tiến hành sửa chữa.

\* Ví dụ 2:

Yêu cầu đánh giá độ tin cậy và xác suất sự cố của silo bê tông cốt thép chứa xi măng có chiều cao 26,7 m, đường kính trong là 9,5 m, thành silo dày 18 cm, bê tông mác 200. Xi măng được xả bằng máy nén khí.

Trên cơ sở tư liệu mà chuyên gia thu được từ nhà máy cho thấy:

- Chất lượng vật liệu khi thi công silo không được kiểm tra thường xuyên;
- Đơn vị thi công không có kinh nghiệm sử dụng cốp pha trượt khi thi công silo;

- Trách nhiệm kiểm tra chất lượng thi công không được thực hiện;

- Các cán bộ thi công không chuyên nghiệp, lãnh đạo thi công không có trình độ đại học kỹ thuật;
- Trong quá trình thi công bê tông thành silo bằng cốp pha trượt đã có những lúc dừng quá lâu, cốt thép đặt không theo khuôn dướng.

Khi vận hành sử dụng, silo bị vượt tải do áp lực khí nén không được kiểm tra khi xả vật liệu.

Công tác nghiệm thu silo đưa vào sử dụng không đúng quy định, không chất tải các silo để tạo lún đều; vi phạm quy định vận hành, silo có vết nứt vẫn được đưa vào sử dụng.

Dựa vào kinh nghiệm khảo sát, kinh nghiệm khai thác sử dụng và sự cố của các công trình tương tự, trong bảng 4 trình bày cách đánh giá độ tin cậy quy ước bằng phương pháp chuyên gia.

**Bảng 4.** Đánh giá độ tin cậy của silo bằng phương pháp chuyên gia

N <sub>0</sub>	Điều kiện tin cậy	Tỷ trọng điều kiện	Điểm đánh giá					Tỷ trọng tin cậy	Cơ sở để quyết định chọn phương án
			1	2	3	4	5		
1	2	3	4					5	6
1	Sự phù hợp mô hình tính và tải trọng tác động.	0,05			3			0,15	Tiêu chuẩn chưa nghiên cứu đầy đủ về hệ số áp lực khi xả vật liệu.
2	Có tham khảo giải pháp kết cấu tương tự.	0,05				4		0,2	Có kinh nghiệm thi công các công trình tương tự.
3	Có xét đến yêu cầu của tiêu chuẩn.	0,05				4		0,2	Thiết kế mẫu.
4	Tính chuyên nghiệp của người thiết kế.	0,01				4		0,4	
5	Thiết kế có đủ thời gian và điều kiện.	0,05				4		0,2	Thiết kế mẫu.
<b>Chất lượng thi công</b>									
6	Sự phù hợp của vật liệu và kết cấu.	0,1	1					0,1	Thi công bê tông bị dừng không đúng yêu cầu kỹ thuật. Cốt thép đặt không đúng kỹ thuật thiết kế.
7	Có tham khảo phương pháp thi công.	0,05		2				0,1	Đơn vị thi công chưa có kinh nghiệm thi công silô.
8	Kiểm tra chất lượng thi công.	0,1		2				0,2	Công tác kiểm tra chất lượng không được kiểm tra thường xuyên.
9	Tính chuyên nghiệp của cán bộ.	0,1	1					0,1	Cán bộ thực hiện thi công không chuyên nghiệp.
10	Việc bảo đảm thời gian và điều kiện thi công.	0,05			3			0,15	Thi công thực hiện trong thời gian hạn chế.
11	Sự không tuân thủ tiêu chuẩn.	0,1	1					0,1	Đã không tiến hành thử tải trước khi đưa vào sử dụng.

# KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

Chất lượng khai thác sử dụng									
12	Không có vượt tải so với thiết kế.	0,05		2				0,1	Không kiểm tra được áp lực khí khi xả vật liệu.
13	Kiểm tra tình trạng của công trình và thiết bị.	0,05	1					0,05	Như trên.
14	Tuân thủ quy định sử dụng.	0,1	1					0,1	Khai thác sử dụng khi công trình có những hư hỏng nguy hiểm.
		$\Sigma=1$						P=2,15	
Chú thích: 1 - không chấp nhận, 2 - không đạt yêu cầu, 3 - đạt yêu cầu, 4 - khá, 5 - tốt									

Độ tin cậy quy ước của silo là:

$$\beta = P/5 = 2,15/5 = 0,43$$

Theo bảng 3,  $\beta = 0,43$  thì xác suất sự cố trong năm là  $Q = 10^{-3}$ , như vậy công trình không bảo đảm độ tin cậy. Phải dừng khai thác sử dụng silo.

## 5. Kết luận

Trên cơ sở số liệu khảo sát tình trạng kỹ thuật của công trình xây dựng có thể tính toán đánh giá được mức độ hư hỏng, độ tin cậy thực tế và dự báo xác suất sự cố của công trình. Việc đánh giá có thể thực hiện bằng các cách tiệm cận khác nhau phụ thuộc vào số liệu khảo sát thu được, các hồ sơ kỹ thuật của công trình và kinh nghiệm của chuyên gia. Trong trường hợp sử dụng các bảng có sẵn cần lưu ý đến sơ đồ kết cấu của nhà và công trình cũng như việc lựa chọn trọng số của các cấu kiện, kết cấu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. *Стройиздат 2001.*
2. СП 13 – 102 – 2003, Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
3. ГОСТ 31937 – 2011, Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
4. ГОСТ 27751 – 2014, Надежность строительных конструкций и оснований.

**Ngày nhận bài:** 12/8/2019.

**Ngày nhận bài lần cuối:** 19/8/2019.

Assessment reliability and precision forecast home failure and construction works