

---

# RỦI RO HƯ HỒNG CÁC CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG VÀ PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN

FAILURE RISK OF CONSTRUCTION AND THE EVALUATION METHOD

TS. PHẠM VĂN THỨ

Khoa Đào tạo Sau đại học, Trường ĐHHH

## **Tóm tắt:**

*Trên cơ sở phân tích và phân loại các nguyên nhân hư hỏng các công trình xây dựng cũng như nghiên cứu các phương pháp xác định rủi ro hư hỏng công trình, tác giả đề xuất lựa chọn phương pháp đánh giá và thực hành đánh giá rủi ro hư hỏng các công trình bến cảng theo phương pháp tiếp cận xác suất là một trong những phương pháp khả thi và tin cậy nhất hiện nay.*

## **Abstract:**

*Based on the analysis and category of failure causes of construction as well as study of evaluation method of failure risk of construction, the author proposes to apply the probability approach method to evaluate the failure risk of port construction as the most applicable and reliable method so far.*

Trong lĩnh vực xây dựng cũng như bất kỳ một lĩnh vực công nghiệp nào khác luôn tồn tại những tình huống hư hỏng. Thống kê chỉ ra rằng 80 % các trường hợp hư hỏng trong xây dựng có liên quan tới việc phá hoại kết cấu chịu lực. Nguyên nhân của sự hư hỏng đó là do những sai lầm do con người đã phạm phải trong quá trình thiết kế, xây dựng và khai thác công trình. Khi công trình xảy ra hư hỏng không những làm giảm độ tin cậy, ảnh hưởng đến thời hạn phục vụ của công trình mà còn gây ra thiệt hại lớn về người và của.

Một công trình xây dựng được xem là an toàn nếu độ rủi ro thực tế của nó nằm trong vùng các giá trị chấp nhận. Giá trị biên của vùng này là hai giá trị tiêu chuẩn rủi ro [3]: rủi ro hư hỏng tiêu chuẩn và rủi ro hư hỏng giới hạn cho phép.

Rủi ro hư hỏng tiêu chuẩn là giá trị cho phép rủi ro hư hỏng đối với những công trình mới xây dựng.

Rủi ro hư hỏng giới hạn cho phép là giá trị rủi ro khi công trình đang khai thác đạt tới thì phải tiến hành sửa chữa để làm giảm rủi ro hư hỏng và gia tăng dự trữ an toàn.

Ngoài ra, còn tồn tại giá trị thứ ba cần xét đến là giá trị giới hạn khi đạt tới tương ứng với trường hợp hao mòn hữu hình của kết cấu (công trình) đã đạt đến giá trị giới hạn và trên thực tế sẽ không còn khả năng chống lại tác dụng của tải trọng ngoài.

Vùng các giá trị chấp nhận rủi ro hư hỏng biểu thị mức an toàn của kết cấu của công trình. Để áp dụng vào thực tế cần phải có những thông tin về trạng thái kỹ thuật của công trình mà công cụ dùng để đo đạc chúng là sự kết hợp giữa con người có kinh nghiệm và kiến thức, hệ thống máy móc, kết hợp với các phương pháp toán học và công nghệ thông tin để xử lý các số liệu thu thập được. Những ứng dụng thực tế của phương pháp luận tính toán rủi ro hư hỏng và dự trữ an toàn còn lại của công trình gắn liền với thủ tục đánh giá và điều khiển mức an toàn của các công trình đã xây dựng và đang duy trì. Việc áp dụng các phương pháp này cho phép:

- xếp trạng thái kỹ thuật của đối tượng nghiên cứu vào một trong ba trạng thái có thể: an toàn, hư hỏng hoặc hư hỏng hoàn toàn;
- xác định "mức đóng góp" của mỗi nhóm kết cấu chịu tải vào rủi ro hư hỏng chung của đối tượng nghiên cứu;
- tính toán dự trữ an toàn còn lại và dự báo khoảng thời gian khai thác cần áp dụng giải pháp để giảm rủi ro hư hỏng của đối tượng nghiên cứu.

## **1. Rủi ro hư hỏng và cách tiếp cận dự báo**

Rủi ro hư hỏng là một một véc tơ có các thành phần được điều chỉnh bởi rủi ro khách quan hình thành từ những sai lầm của người thiết kế, người cung cấp vật liệu xây dựng, người tổ chức xây dựng, người kiểm tra, giám sát ... Những thành phần không điều chỉnh được của rủi ro hư hỏng là xác suất phát sinh ngoài dự tính của những tác động bên ngoài lên đối tượng thiết kế, khác nhau về độ lớn và tần suất. Khoảng 80% các trường hợp hư hỏng nhà và công trình xảy ra là do giao của hai biến cố bất lợi độc lập, đó là biến cố xuất hiện ngẫu nhiên những tác động ngoài dự kiến khi thiết kế dẫn đến hư hỏng và biến cố xuất hiện tập hợp những sai lầm của con người khi xây dựng hoặc khai thác đối tượng làm giảm độ an toàn kết cấu công trình.

Việc dự báo rủi ro hư hỏng các đối tượng xây dựng trên cơ sở tiếp cận xác suất cổ điển là không thể tiến hành do hai nguyên nhân [6]. Thứ nhất, hư hỏng công trình là những biến số hiếm, thứ hai, những sai lầm do con người gây ra trong khi thiết kế, xây dựng và khai thác đóng góp một không xác định vào phản ứng của kết cấu đối với tác động bên ngoài. Vì rủi ro hư hỏng và mức không xác định của trạng thái kỹ thuật của kết cấu chịu tải là những khái niệm liên quan chặt chẽ với nhau, nên việc đánh giá rủi ro hư hỏng phải được thực hiện trên cơ sở phương pháp tiếp cận logic – xác suất, các phương pháp của lý thuyết phục vụ đám đông, logic mờ và các phương pháp tiếp nhận giải pháp trong những điều kiện bất định.

Các đại lượng rủi ro hư hỏng thực tế, hao mòn hữu hình và dự trữ an toàn của công trình cũng có quan hệ mật thiết với nhau. Để xác định những đại lượng này cần phải sử dụng luật phân phối rủi ro hư hỏng – đó là chỉ số tích phân mức an toàn kết cấu của đối tượng xây dựng. Nếu biết luật đó, thì dựa vào giá trị của chỉ tiêu đại biểu lớn nhất – entropi thông tin có thể kết luận về mức không xác định của trạng thái kỹ thuật của kết cấu chịu lực của đối tượng. Dựa vào tốc độ phát triển entropi có thể xác định được những giá trị rủi ro hư hỏng đánh dấu sự chuyển trạng thái của đối tượng xây dựng về mặt chất, ví dụ từ an toàn sang hư hỏng, hoặc từ hư hỏng sang hư hỏng hoàn toàn.

Việc dự báo và đánh giá hư hỏng của đối tượng xây dựng được thực hiện trên cơ sở tiến hành thực nghiệm của tổ hợp máy móc – con người – các phương pháp toán học – công nghệ thông tin cùng với những kinh nghiệm, hiểu biết và sự nhiệt tình của các thực nghiệm viên. Chức năng cơ bản của các thực nghiệm viên là dự định trước thông tin về trạng thái kỹ thuật của kết cấu chịu tải của đối tượng. Muốn vậy, thực nghiệm viên phải nắm bắt được các phương pháp các trạng thái giới hạn và phương pháp tiếp nhận giải pháp trong những điều kiện không xác định.

Trong [1] đã khẳng định rằng khi kết thúc việc xây dựng, do những sai lầm của con người mà xác suất hư hỏng thực tế  $P_\Phi$  tăng so với giá trị lý thuyết  $P_m$  một vài lần (hình 1). Trên hình 1 thể hiện luật phân phối của tác động  $F$  và sức chịu  $S$  của đối tượng. Sai lầm của con người là hao hụt phân phối sức chịu của đối tượng so với tác động bên ngoài (đường gạch gạch). Điều này dẫn đến tăng xác suất hư hỏng so với lý thuyết (thiết kế).

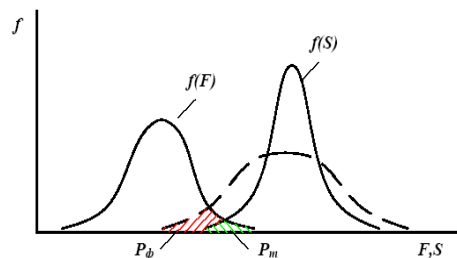
Xác suất hư hỏng thực tế của công trình sẽ là  $P_\Phi = P_m + P_A$ , trong đó  $P_A$  là xác suất hư hỏng bổ sung do sai lầm của con người gây ra. Để xác định  $P_A$  áp dụng công thức Bayes [6]. Gọi  $C$  là biến cố tồn tại sai sót trong quá trình xây dựng các kết cấu chịu tải.  $C^*$  là biến cố không tồn tại sai sót trên. Các biến cố  $C$  và  $C^*$  lập thành nhóm đầy đủ các biến cố xung khắc, đồng khả năng trong quá trình xây dựng, còn trước khi bắt đầu xây dựng công trình, tập hợp  $C$  là rỗng. Đặt  $P(C^*) = \nu$  là xác suất của biến cố khi xây dựng xong công trình không có sai sót;  $P(C) = 1 - \nu$  là xác suất của biến cố đối lập với biến cố trên. Xác suất tiên nghiệm (trước khi xây dựng) có xuất hiện và không xuất hiện hư hỏng công trình đã biết và tương ứng bằng  $P_m$  và  $(1 - P_m)$ . Từ công thức Bayes suy ra quan hệ

$$P_A = \frac{P_m \cdot P(C/A)}{[P_m \cdot P(C/A) + (1 - P_m) \cdot P(C/A^*)]} \quad (1)$$

Theo logic  $P(C/A^*) = \nu$  là xác suất của biến cố  $C$  khi không có hư hỏng, còn  $P(C/A) = 1 - \nu$  là xác suất của biến cố  $C$  khi có hư hỏng xảy ra. Sau khi thay các đại lượng trên

vào phương trình Bayes, lưu ý tới  $P_m < 10^{-6}$  [1], ta có  $P_A = P_m(1 - \nu)/\nu$ . Cộng  $P_A$  với  $P_m$  sẽ cho tỷ số  $P_\Phi / P_m = (P_A + P_m) / P_m = 1/\nu$ . Trong đó tham số  $\nu$  nên hiểu là mức tin cậy của kết cấu chịu tải của công trình. Tỷ số  $1/\nu$  luôn luôn lớn hơn 1 và chỉ ra rằng rủi ro hư hỏng thực tế lớn hơn bao nhiêu lần so với rủi ro thiết kế tiềm ẩn trong đối tượng và là chỉ tiêu phân tích trạng thái kỹ thuật của đối tượng chịu tải và có thể tiếp nhận là giá trị hư hỏng của đối tượng xây dựng  $r$ .

$$r = P_\Phi / P_m = 1/\nu. \quad (2)$$



Hình 1. Xác suất hư hỏng lý thuyết  $P_m$  và thực tế  $P_\Phi$ .

Để tìm luật phân phối mật độ xác suất của  $r$  khi không có tài liệu thống kê các giá trị có thể của nó, ta xuất phát từ những định lý sau của logic và thực tế xây dựng [3, 4]:

- *Định lý 1.* Xác suất  $r \leq 1$  bằng không, vì trong quá trình xây dựng độ rủi ro hư hỏng thiết kế sẽ không đạt được do hàng loạt nguyên nhân, trong đó có nguyên nhân khách quan.

- *Định lý 2.* Đường cong phân phối  $r$  là không đối xứng, mod của  $r$  bị dịch chuyển sang trái so với giá trị trung bình, vì luôn luôn có sự cố gắng của con người bảo vệ môi trường sống của mình.

Phân phối Rây-lây một tham số [3, 6] phù hợp với các định lý trên có dạng:

$$f(r) = (r-1) / \sigma^2 \cdot \exp\left[-(r-1) / 2\sigma^2\right]. \quad (3)$$

Trong (3),  $\sigma$  có liên hệ với kỳ vọng toán rủi ro hư hỏng  $R$  tính theo công thức

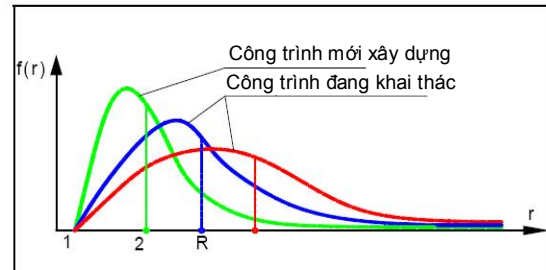
$$R = 1 + 1,25 \cdot \sigma. \quad (4)$$

Để xác định giá trị trung bình rủi ro  $R$  nên sử dụng công thức rút ra từ (2),  $R = 1 / Mv$ , (5)

trong đó  $Mv$  là giá trị trung bình của đại lượng ngẫu nhiên  $v$  có giá trị trong khoảng (0, 1).

Giá trị rủi ro hư hỏng tiêu chuẩn – là giá trị trung bình rủi ro khi đạt tới thì kết cấu chịu tải của công trình sẽ chuyển sang trạng thái chất lượng khác. Giá trị rủi ro tiêu chuẩn là bất biến, vì chúng độc lập với dạng kết cấu và số tầng của đối tượng.

Các giá trị rủi ro tiêu chuẩn gồm: rủi ro bình thường (tự nhiên)  $R_H$  là thể hiện rủi ro hư hỏng khi kết thúc quá trình xây dựng công trình; rủi ro giới hạn cho phép  $R_{np}$  là tương ứng với trạng thái chuyển đổi từ an toàn sang hư hỏng, khi đó cần phải sửa chữa để giảm rủi ro; rủi ro hư hỏng giới hạn  $R_n$  là tương ứng với việc chuyển đổi từ trạng thái hư hỏng sang trạng thái hư hỏng hoàn toàn, khi đó khả năng chống lại tác động bên ngoài của đối tượng đã hết.



Hình 2. Dạng luật phân phối rủi ro hư hỏng của nhà mới xây và nhà đã khai thác

Để tìm những giá trị tiêu chuẩn rủi ro hư hỏng người ta sử dụng luật phân phối (2) (hình 2).

Luật phân phối của  $v$  thực tế là giá trị đối xứng với giá trị 0,5. Điều này có nghĩa là bất luận dạng đường cong phân phối của  $v$ , giá trị trung bình của nó  $Mv$  bằng 0,5. Từ (5) suy ra rủi ro hư hỏng tự nhiên bằng 2. Nói cách khác, xác suất hư hỏng thực tế của đối tượng sau khi xây dựng trung bình lớn hơn 2 lần so với xác suất tiềm ẩn trong đối tượng sau thiết kế. Luật phân phối rủi ro hư hỏng của đối tượng mới xây dựng và sau quá trình khai thác bị suy giảm (hình 2). Nguyên nhân suy giảm có thể là do kết quả tác động của tập hợp các yếu tố sai lầm của con người, sự lão hoá và ăn mòn kết cấu làm cho giá trị trung bình dịch chuyển sang phải. Khi đó, mức không xác định của trạng thái kỹ thuật của kết cấu chịu lực được đo bằng entropi thông tin tăng lên. Theo lý thuyết xác suất, entropi thông tin của luật phân phối được xác định theo công thức sau:

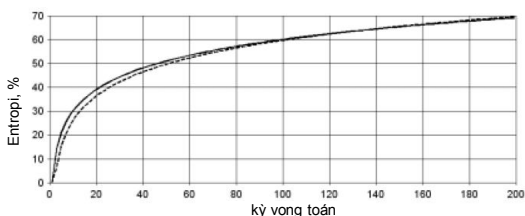
$$H = -\sum P(A_i) \log_2 P(A_i), \quad (6)$$

Trong đó  $P(A_i)$  là xác suất của biến cố được xác định xuất phát từ luật phân phối và chính là rủi ro hư hỏng trong miền giá trị thứ  $i$ . Hình 3 là đồ thị được xây dựng trên cơ sở thực nghiệm tính toán trên máy tính kết hợp sử dụng các công thức (3), (4) và (5) tính hàm  $H(R)$  (đường gạch gạch), chỉ ra quan hệ giữa entropi thông tin với đại lượng kỳ vọng toán  $R$  của luật phân phối rủi ro hư hỏng. Đồ thị xấp xỉ (đường liền tục trên hình 3) nhận được bằng phương trình có dạng

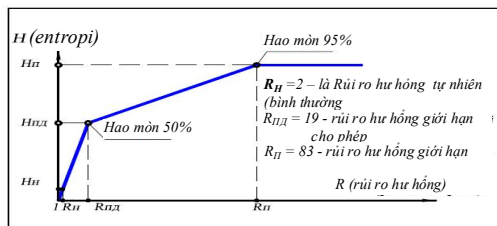
$$H(R) = \log_{2,15} R. \quad (7)$$

Để áp dụng vào thực tế, đường cong lý thuyết (hình 3) được thay bằng ba đoạn thẳng, ở mỗi đoạn entropi thay đổi, tại điểm danh giới các đoạn thì có bước nhảy (hình 4). Như [5] chỉ ra rằng sự thay đổi tốc độ entropi bất kỳ đều dẫn đến thay đổi trạng thái kỹ thuật của đối tượng. Các giá trị ngưỡng rủi ro hư hỏng như trên hình 4. Trạng thái của đối tượng được xem là: an toàn nếu trong kết cấu chịu tải không có vết nứt; hư hỏng nếu vết nứt xuất hiện không đe dọa trực tiếp đối với kết cấu và hư hỏng hoàn toàn nếu vết nứt hiện có là sự đe dọa trực tiếp phá hoại kết cấu.

Các giá trị rủi ro hư hỏng tiêu chuẩn  $R_H$ ,  $R_{\pi A}$ ,  $R_{\pi}$  là những bất biến vì từ phương pháp xác định chúng suy ra rằng chúng không phụ thuộc vào bất kỳ một dạng kết cấu nào. Hai trong các giá trị trên hình thành giới hạn dưới và trên của vùng giá trị rủi ro hư hỏng chấp nhận ( $R_H$ ,  $R_{\pi A}$ ). Kết cấu chịu lực của công trình xây dựng nói chung là một kết cấu phức tạp, có thể coi nó là tập hợp của  $n$  nhóm kết cấu cùng loại (nền, móng, dầm, cột...). Các mức tin cậy tiêu chuẩn của nhóm các kết cấu chịu tải khác với những giá trị rủi ro tiêu chuẩn vì chúng không phải là đại lượng bất biến. Chúng phụ thuộc vào dạng kết cấu công trình. Để xác định các mức tin cậy tiêu chuẩn, các bộ phận chịu lực của kết cấu công trình được chia thành  $n$  nhóm chịu lực cùng loại liên kết chặt chẽ với nhau. Độ tin cậy của công trình được xác định theo công thức [6]:



Hình 3. Luật entropi thông tin giá trị trung bình rủi ro hư hỏng của đối tượng xây dựng



Hình 4. Mô hình suy giảm bộ phận chịu tải và các giá trị ngưỡng rủi ro hư hỏng

$$v = \prod_{i=1}^n p_i, \quad (8)$$

Trong đó:  $p_i$  là mức tin cậy của nhóm kết cấu chịu lực thứ  $i$ .

Kết hợp công thức (5) và (8) sẽ được công thức xác định rủi ro hư hỏng trung bình của công trình

$$R = 1 / M_v = 1 / \prod (M_p) \quad (9)$$

Giả thiết rằng ở  $n$  nhóm kết cấu chịu tải cùng loại, mức tin cậy trung bình  $M_p$  là như nhau và bằng  $p_H$ . Trong trường hợp này, trung bình rủi ro hư hỏng  $R$  theo định nghĩa sẽ bằng giá trị rủi ro hư hỏng bình thường  $R_H$ . Công thức (9) lấy  $R_H = 1 / p_H^n$ , từ đó xác định mức tin cậy tiêu chuẩn

$$p_H = (R_H)^{-\frac{1}{n}}; p_{\pi A} = (R_{\pi A})^{-\frac{1}{n}}, \quad (10)$$

$p_{\pi A}$  là mức tin cậy giới hạn cho phép của các nhóm kết cấu chịu tải.

## 2. Các chỉ tiêu an toàn thực tế của công trình

Các công thức (9) và (10) đã khẳng định rằng rủi ro hư hỏng nội tại của công trình phụ thuộc vào trạng thái kỹ thuật của các nhóm kết cấu chịu tải cùng loại. Với những công trình xây dựng lớn, số lượng của các nhóm cũng như số kết cấu cùng loại trong một nhóm ở những công trình này là rất lớn và việc thường xuyên kiểm tra theo dõi trạng thái kỹ thuật của các nhóm kết cấu chịu tải cùng loại này sẽ phát sinh chi phí lớn về thời gian và tiền bạc. Để khắc phục được vấn đề này, trong mỗi nhóm kết cấu chịu tải cùng loại tìm ra những kết cấu có khuyết tật lớn nhất và nhỏ nhất trong cơ sở đánh giá sự phù hợp của chúng với những yêu cầu của thiết kế trong phần đảm bảo độ bền, độ cứng và độ ổn định. Theo quan điểm của logic mờ, trên cơ sở đánh giá sự phù hợp đó xác định được mức tin cậy  $p_1$  của kết cấu có khuyết tật lớn nhất và  $p_2$  của kết cấu có khuyết tật nhỏ nhất trong mỗi nhóm kết cấu chịu tải cùng loại. Việc sử dụng chỉ tiêu thống nhất đòi hỏi đưa thêm vào những khái niệm chỉ tiêu “tổng hợp” và chỉ tiêu “tích phân” độ an toàn kết cấu của đối tượng. Chỉ tiêu “tổng hợp” nên tiếp nhận là luật phân phối xác suất mức tin cậy của các kết cấu còn lại trong nhóm. Chỉ tiêu này có thể sử dụng luật phân phối đều, có mật độ phân phối dạng sau:

$$f(p) = 1 / (p_2 - p_1), \quad (11)$$

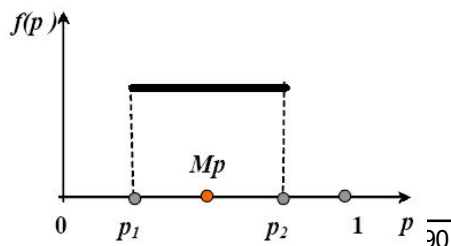
Trong đó  $p$  là mức tin cậy của các kết cấu trong nhóm ( $p_1 \leq p \leq p_2$ ). Dạng (11) cho trên hình

5.

Kỳ vọng toán của phân phối sẽ là

$$M_p = \frac{p_1 + p_2}{2} \quad (12)$$

Quá trình khai thác  $M_p$  dịch dần sang trái, do có sự lão hoá, hao mòn kết cấu và sai lầm của con



Hình 5. Dạng mật độ phân phối đều

người. Ở từng thời điểm cụ thể  $p_1$ ,  $p_2$  và  $Mp$  được xác định cho từng nhóm kết cấu. Tập hợp các chỉ tiêu này hình thành tập thông tin cần thiết và đầy đủ để xác định giá trị trung bình rủi ro hư hỏng  $R$  phù hợp với chỉ tiêu "tích phân" độ an toàn kết cấu.

Để xác định độ tin cậy của kết cấu theo những sai lệch của các tham số so với các yêu cầu khi thiết kế được phát hiện trên cơ sở thực nghiệm, người ta sử dụng nguyên tắc được xây dựng trên cơ sở biến ngôn ngữ «rất» [8, 9], bảng 1.

Nguyên tắc được trình bày ở trong bảng 1 và bao hàm 11 mức nguy hiểm của kết cấu phân biệt theo chỉ tiêu mức của biến «rất». Khi lập quy tắc người ta sử dụng phương pháp của logic mờ tập hợp đồng nhất hoá những khái niệm «độ tin cậy» và «sự phù hợp». Vì độ phù hợp khác với độ tin cậy được thay đổi trong giới hạn từ 0,5 đến 1, mức tin cậy trong bảng 1 được phân chia thành hai phần, một chứa đựng mức phù hợp, còn một chứa đựng sự không phù hợp. Biên giới giữa các phần là mức nguy hiểm thứ sáu đặc trưng cho mức giới hạn dưới của sự phù hợp với các yêu cầu của thiết kế. Yếu tố này cho phép biến ngôn ngữ (rất)<sup>1..10</sup> của mức nguy hiểm thứ sáu gán giá trị phù hợp giới hạn bằng 0,5, điều đó cho phép nhận được đánh giá bằng số biến ngôn ngữ «rất» và tính toán độ tin cậy đối với tất cả các mức nguy hiểm còn lại được biểu diễn trong bảng 1.

Bảng 1. Ấn định mức tin cậy của kết cấu dựa vào mức nguy hiểm và hạng của mức nguy hiểm

Mức nguy hiểm của kết cấu	Quan hệ giữa kết cấu với những yêu cầu của thiết kế	Hạng của mức	Bậc của biến «rất»	Mức tin cậy của kết cấu
0	Không có khuyết tật	-	(rất) <sup>0,00</sup>	<b>1,00</b>
1	Sự phù hợp với những yêu cầu thiết kế trên thực tế là đầy đủ	1	(rất) <sup>0,01</sup>	0,994
		2	(rất) <sup>0,02</sup>	0,987
		3	(rất) <sup>0,03</sup>	0,981
2	Lệch so với yêu cầu thiết kế không lớn	1	(rất) <sup>0,05</sup>	0,969
		2	(rất) <sup>0,10</sup>	0,939
		3	(rất) <sup>0,15</sup>	0,910
3	Lệch so với yêu cầu thiết kế khá lớn	1	(rất) <sup>0,20</sup>	0,882
		2	(rất) <sup>0,30</sup>	0,828
		3	(rất) <sup>0,40</sup>	0,777
4	Sự phù hợp với yêu cầu thiết kế thấp	1	(rất) <sup>0,50</sup>	0,730
		2	(rất) <sup>0,60</sup>	0,686
		3	(rất) <sup>0,70</sup>	0,644
5	Sự phù hợp với yêu cầu thiết kế thực tế là không	1	(rất) <sup>0,80</sup>	0,604
		2	(rất) <sup>0,90</sup>	0,568
		3	(rất) <sup>1,00</sup>	0,533
6	Sự phù hợp với yêu cầu thiết kế ở giới hạn dưới	1	(rất) <sup>1,10</sup>	<b>0,5</b>
7	Kết cấu chứa đựng một khuyết tật nguy hiểm	1	(rất) <sup>1,20</sup>	0,470
		2	(rất) <sup>1,30</sup>	0,441
		3	(rất) <sup>1,40</sup>	0,414
8	Kết cấu chứa đựng một vài khuyết tật nguy hiểm	1	(rất) <sup>1,50</sup>	0,389
		2	(rất) <sup>1,60</sup>	0,365
		3	(rất) <sup>1,70</sup>	0,343
9	Kết cấu chứa đựng những khuyết tật đe dọa hư hỏng	1	(rất) <sup>1,80</sup>	0,322
		2	(rất) <sup>1,90</sup>	0,303
		3	(rất) <sup>2,00</sup>	0,284
10	Trạng thái kết cấu thực sự là giới hạn	-	(rất) <sup>2,20</sup>	<b>0,25</b>

Khi đã xác định được giá trị rủi ro hư hỏng, có thể chuyển trạng thái kỹ thuật kỹ thuật của các bộ phận chịu tải của công trình vào một trong số ba trạng thái : an toàn, hư hỏng và hư hỏng hoàn toàn. Để xác định giá trị trung bình thực tế rủi ro hư hỏng  $R$ , thực nghiệm viên dùng kinh nghiệm và sự hiểu biết của mình kết hợp với các máy móc và dụng cụ khảo sát các bộ phận chịu tải của công trình. Theo kết quả khảo sát ở mỗi nhóm kết cấu cùng loại trong bộ phận chịu tải của công trình sẽ phát hiện ra những kết cấu có khuyết tật lớn nhất và nhỏ nhất và ấn định mức nguy hiểm của kết cấu và hạng của mức theo bảng 1 dựa trên kiến thức kinh nghiệm thực tế.

Đối với mỗi nhóm kết cấu theo nguyên tắc định dạng hoá thông tin thực nghiệm (bảng 1), chuyển mức nguy hiểm của kết cấu có khuyết tật lớn nhất và nhỏ nhất vào mức tin cậy  $p_1$  và  $p_2$  tương ứng. Đối với mỗi nhóm kết cấu, xác định mức tin cậy trung bình theo công thức  $Mp = (p_1 + p_2) / 2$ . Đại lượng rủi ro hư hỏng của công trình được xác định theo công

thức  $R = 1 / \prod_{i=1}^n (Mp_i)$ , trong đó  $\prod_{i=1}^n (Mp)$  là tích các mức tin cậy trung bình của n nhóm kết cấu

chịu tải cùng loại của công trình. Đối chiếu giá trị trung bình rủi ro hư hỏng R với các giá trị rủi ro hư hỏng tiêu chuẩn và chuyển trạng thái kỹ thuật của công trình vào một trong ba trạng thái có thể: an toàn nếu  $R_H < R < R_{IIA}$ ; hư hỏng nếu  $R_{IIA} < R < R_n$ ; hư hỏng hoàn toàn nếu  $R > R_n$ .

Trên cơ sở kết quả khảo sát trạng thái kỹ thuật của bến số 4 - cảng Hải Phòng, sử dụng nguyên tắc nêu trên ta lập được bảng 2.

Bảng 2. Thông tin thực nghiệm về trạng thái kỹ thuật của các nhóm kết cấu chịu tải cùng loại của công trình bến số 4 - cảng Hải Phòng

Số hiệu nhóm kết cấu	Kết cấu	Mức nguy hiểm và hạng của kết cấu trong nhóm	
		Có khuyết tật lớn nhất	Có khuyết tật nhỏ nhất
01	Cọc cừ thép Larssen V	3.3	2.1
02	Thanh neo	4.3	2.3
03	Cọc thép đỡ thanh neo dài 17 m	2.3	1.2
04	Cọc thép đỡ thanh neo dài 15 m	2.3	1.2
05	Tường neo	2.3	1.2
06	Dầm mũ	5.3	3.2
07	Bích neo	5.3	2.3
08	Bản tựa tàu	4.3	3.1
09	Dầm ốp	2.1	1.3
10	Dầm liên kết tường neo	2.1	1.3
11	Lăng thể đất, đá trước bến	2.3	1.3
12	Liên kết nối thanh neo	2.3	1.3
13	Liên kết nối thanh neo và tường neo	2.3	2.1

Trong bảng 2 ở cột thứ 3 và thứ 4 thể hiện mức và hạng mức nguy hiểm của kết cấu. Kết cấu cọc cừ thép, cấu kiện có khuyết tật lớn nhất được ấn định mức nguy hiểm thứ 3 (lệch so với yêu cầu thiết kế khá lớn) và ở hạng mức thứ 3 (mức cao nhất), cấu kiện có khuyết tật nhỏ nhất được ấn định mức nguy hiểm thứ 2 (lệch so với yêu cầu thiết kế không lớn), hạng 1. Các kết cấu khác được ấn định tương tự.

Theo các mức nguy hiểm và hạng các mức nguy hiểm, xác định các giá trị độ tin cậy  $p_1$  và  $p_2$  của những kết cấu có khuyết tật lớn nhất và nhỏ nhất trong mỗi nhóm và tính toán độ tin cậy trung bình  $Mp$  của các nhóm kết cấu chịu tải cùng loại đưa vào bảng 3.

Bảng 3. Kết quả định dạng thông tin thực nghiệm

Số hiệu nhóm kết cấu	Mức tin cậy của kết cấu		Mức tin cậy trung bình trong nhóm $M_p$
	Có khuyết tật lớn nhất $p_1$	Có khuyết tật nhỏ nhất $p_2$	
01	0.777	0.981	0.879
02	0.644	0.91	0.777
03	0.91	0.987	0.949
04	0.91	0.987	0.949
05	0.91	0.987	0.949
06	0.533	0.828	0.681
07	0.533	0.91	0.722
08	0.644	0.882	0.763
09	0.969	0.981	0.975
10	0.969	0.981	0.975
11	0.91	0.981	0.946
12	0.91	0.981	0.946
13	0.91	0.969	0.94

Rủi ro hư hỏng thực tế của công trình được xác định theo công thức (9):

$$R = 1 / \prod_{i=1}^n (Mp_i) = 5,77$$

So sánh với giá trị rủi ro hư hỏng giới hạn cho phép thấy rằng:  $R < R_{\text{PIA}} = 19$ . Vậy, công trình nằm trong trạng thái an toàn.

Theo phương pháp đánh giá rủi ro hư hỏng công trình dựa vào mức tin cậy trung bình của nhóm các kết cấu chịu tải cùng loại thì ngoài sự phát hiện hư hỏng, khuyết tật của kết cấu bằng mắt thường cần phải kết hợp với hệ thống trang thiết bị máy móc hiện đại để có thể đưa ra những số liệu hư hỏng cụ thể và chính xác. Vì vậy, đòi hỏi người thực nghiệm viên phải có kinh nghiệm thực tế sâu sắc, có kiến thức chuyên môn vững vàng và đầu tư nhiều thời gian, công sức, tiền bạc.

Phương pháp này chia mức tin cậy của kết cấu thành 11 cấp, với mỗi cấp lại chia thành 3 mức nên đảm bảo độ chính xác tương đối cao. Từ những kết quả đánh giá trên còn có thể xác định các chỉ tiêu dự trữ của công trình và điều chỉnh rủi ro hư hỏng công trình trong giai đoạn thiết kế, xây dựng và khai thác [7].

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO:**

- [1]. Аугусти Г., Баратта А., Кашиати Ф. Вероятностные методы в строительном проектировании/ Пер. С англ. – М.: Стройиздат, 1988.
- [2]. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. –М.: Стройиздат, 1982.
- [3]. Мельчаков А.П. К теории прогнозирования риска аварии объектов строительства// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». –2001. –Выпуск 1.
- [4]. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981.
- [5]. Скоробогатов С.М. Принцип информационной энтропии в механике разрушения инженерных сооружений и горных пластов. – Екатеринбург: Изд. УрГУПС, 2000.
- [6]. Хенли Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска/ Пер. С англ. В. С. Сыромятникова, Г. С. Деминой; Под общ. Ред. В. С. Сыромятникова.–М.: Машиностроение, 1984.
- [7]. Мельчаков А.П. Расчет и оценка риск аварии и безопасного ресурса строительных объектов. Учебное пособие. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2006. – 49 с.
- [8]. Reliability of Structures. Andrej S. Nowak, Kevin R. Collins International Edition 2000, Mc Graw – Hill Higher Education.

**Người phản biện: TS. Đào Văn Tuấn**