

---

# ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT AN TOÀN TRONG ĐIỀU CHỈNH RỦI RO HƯ HỎNG CÔNG TRÌNH

## THE APPLICATION OF RELIABILITY IN CORRECTING THE FAILURE RISK OF CONSTRUCTION

TS. PHẠM VĂN THỨ  
Khoa Đào tạo Sau đại học, Trường ĐHHH

### **Tóm tắt:**

*Trong bài báo này trình bày những nội dung cốt yếu áp dụng lý thuyết an toàn trong việc điều chỉnh mức rủi ro hư hỏng công trình trong các giai đoạn thiết kế, thi công và khai thác công trình trong toàn bộ vòng đời của chúng. Tập trung chủ yếu vào kỹ thuật thao tác nhằm điều chỉnh rủi ro hư hỏng công trình trong các giai đoạn khác nhau của vòng đời của chúng.*

### **Abstract:**

*The article mentions the essential contents of the application of safety theory in correcting failure risk rate in the phases of design, building and operating the construction for its whole life. It also concentrates on the techniques of correcting failure risk of construction in different phases of construction's whole life.*

Theo tài liệu 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 [9].

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.

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 khai thác. Trong các giai đoạn khác nhau của vòng đời công trình thì công nghệ điều chỉnh cũng có những đặc điểm khác nhau. Sau đây ta xem xét cụ thể kỹ thuật điều chỉnh rủi ro hư hỏng trong giai đoạn thiết kế, thi công và khai thác công trình.

### **1. Điều chỉnh rủi ro hư hỏng trong giai đoạn thiết kế công trình**

Mục đích chủ yếu của việc điều chỉnh là tăng dự trữ an toàn của công trình ở thời điểm kết thúc xây dựng nó, nhờ vào dự báo rủi ro hư hỏng ngay trong giai đoạn dự kiến xây dựng nó. Việc dự báo như vậy có thể thực hiện dựa trên cơ sở thông tin về hiệu quả của hệ quản lý chất lượng của các nhà thầu tham gia xây dựng. Thực tế chứng tỏ hiệu quả của hệ quản lý chất lượng của nhà thiết kế, người cung cấp vật liệu xây dựng và người xây dựng càng cao thì mức an toàn của kết cấu công trình càng cao.

Việc dự báo rủi ro hư hỏng có thể theo công thức (9)[9], còn mức tin cậy trung bình  $M_p$  của nhóm kết cấu cùng loại của bộ phận chịu tải được xác định trên cơ sở kết quả tổng hợp chất lượng của những người tham gia xây dựng.  $M_p$  có thể xác định bằng xác suất  $P(B)$  về sự phù hợp của đối tượng với những yêu cầu bảo đảm độ bền, độ ổn định và độ cứng của các tài liệu tiêu chuẩn hiện hành.

$$M_p = P(B) = \sum P(B/q_i)P(q_i), \quad (1)$$

trong đó:  $q = \{q_i\} = \{M\bar{C}\bar{\Pi}, M^*C\bar{\Pi}, MC^*\bar{\Pi}, M\bar{C}\bar{\Pi}^*, M^*C^*\bar{\Pi}, M^*C\bar{\Pi}^*, MC^*\bar{\Pi}^*, M^*C^*, \bar{\Pi}^*\}$  - là nhóm đầy đủ các biến cố độc lập sau:  $M$  - là biến cố không có sai lầm của người cung cấp vật liệu;  $C$  - là biến cố không có sai lầm của người thi công;  $\bar{\Pi}$  - là biến cố không có sai lầm của người thiết kế;  $M^*$ ,  $C^*$ ,  $\bar{\Pi}^*$  - tương ứng là những biến cố đối lập với các biến cố  $M$ ,  $C$  và  $\bar{\Pi}$ . Xác suất có điều kiện  $P(B/q_i)$  là những bất biến, nghĩa là xác suất phù hợp của kết cấu với những yêu cầu an toàn với điều kiện:

- 1)  $P(B/q_1) = 1$  sẽ tương ứng với trường hợp không có sai lầm của mọi người tham gia xây dựng;
- 2)  $P(B/q_2) = a$  sẽ tương ứng với trường hợp có sai lầm của người cung cấp vật liệu;
- 3)  $P(B/q_3) = b$  sẽ tương ứng với trường hợp có sai lầm của người xây dựng;
- 4)  $P(B/q_4) = c$  sẽ tương ứng với trường hợp có sai lầm của người thiết kế;
- 5)  $P(B/q_5) = a.b$  sẽ tương ứng với trường hợp không có sai lầm của người thiết kế;
- 6)  $P(B/q_6) = a.c$  sẽ tương ứng với trường hợp không có sai lầm của người xây dựng;
- 7)  $P(B/q_7) = b.c$  sẽ tương ứng với trường hợp không có sai lầm của người cung cấp;
- 8)  $P(B/q_8) = a.b.c$  sẽ tương ứng với trường hợp có sai lầm của mọi người tham gia xây dựng.

Những bất biến trên có thể có được từ thông tin phân tích hư hỏng ngẫu nhiên. Theo thông kê ở Nga có tới 80% hư hỏng công trình xảy ra là do sai lầm của những người tham gia quá trình xây dựng, trong đó lỗi của người cung cấp vật liệu <20%, lỗi của những người thi công < 50%, còn lỗi của những người thiết kế < 10%. Do đó, các bất biến có thể lấy như sau:  $a = 0,8$ ;  $b = 0,5$ ;  $c = 0,9$ .

Nếu ký hiệu xác suất của các biến cố độc lập  $M$ ,  $C$  và  $\Pi$  là  $P(M) = \mu_M$ ,  $P(C) = \mu_C$ ,  $P(\Pi) = \mu_\Pi$ , thì từ công thức xác suất toàn phần ta có:

$$\begin{aligned}
 M_p &= \mu_M \cdot \mu_C \cdot \mu_\Pi + 0,8(1 - \mu_M) \cdot \mu_C \cdot \mu_\Pi + 0,5\mu_M(1 - \mu_C) \cdot \mu_\Pi + \\
 &+ 0,9\mu_M \cdot \mu_C(1 - \mu_\Pi) + 0,4(1 - \mu_M)(1 - \mu_C)\mu_\Pi + 0,72(1 - \mu_M) \cdot \mu_C(1 - \mu_\Pi) + \\
 &+ 0,45\mu_M(1 - \mu_C)(1 - \mu_\Pi) + 0,36(1 - \mu_M)(1 - \mu_C)(1 - \mu_\Pi).
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Trong (2) các đại lượng  $\mu_M, \mu_C, \mu_\Pi$  - là mức phù hợp của kết cấu chịu tải với các yêu cầu của tiêu chuẩn. Công thức (2) cho phép xác định được mức tin cậy trung bình  $M_p$  của nhóm kết cấu chịu tải cùng loại trong giai đoạn dự kiến xây dựng công trình khi đã có thiết kế cụ thể.

Để xác định  $\mu_\Pi$  người đánh giá thiết kế cần phải thực hiện các công việc sau:

- Phát hiện những sai lầm trong bản thiết kế theo danh mục chi tiết;
- Đánh giá mức nguy hiểm của các sai lầm trên theo bảng 1 (suy từ bảng 1 [9]);
- Tiếp nhận giải pháp loại bỏ sai lầm được phát hiện.

**Bảng 1. Sự liên hệ giữa mức phù hợp với mức nguy hiểm của các sai lầm đã bỏ qua**

Mức nguy hiểm	Mức ảnh hưởng của các sai lầm	Mức tin cậy thiết kế
1	Không ảnh hưởng	0,987
2	Ảnh hưởng không rõ nét	0,939
3	Ảnh hưởng không đáng kể	0,828
4	Ảnh hưởng đáng kể	0,686
5	Ảnh hưởng rất đáng kể	0,568
6	Ảnh hưởng cao ở mức giới hạn	0,500

Các mức nguy hiểm và cấp phù hợp được xác định đối với mỗi sai lầm thô được phát hiện ở trong bản thiết kế. Tập hợp các mức hình thành tập mờ các đánh giá về chất lượng của bản thiết kế, cuối cùng theo đại số tập mờ, về mặt định lượng việc đánh giá chất lượng bản thiết kế được xác định theo công thức  $\mu_\Pi = \min \{(\mu_\Pi)_i\}$ .

Để xác định  $\mu_M$  và  $\mu_C$  người ta giả thiết tồn tại quan hệ trực tiếp giữa mức an toàn kết cấu với hiệu quả của hệ quản lý chất lượng của tổ chức tham gia xây dựng. Người kiểm tra, đánh giá cần phải ấn định theo qui tắc và yêu cầu của hệ thống quản lý chất lượng ISO. Tương tự ta cũng tìm được  $\mu_M = \min \{(\mu_M)_i\}$ ,  $\mu_C = \min \{(\mu_C)_i\}$ .

Từ đó suy ra qui trình phân loại mức an toàn của kết cấu công trình xây dựng trong giai đoạn thiết kế cụ thể như sau:

- Định dạng “cây” trạng thái của đối tượng là trình tự xây dựng các nhóm kết cấu

chịu lực cùng loại.

- Xác định  $\mu_{PI}$  là đánh giá bằng số chất lượng thiết kế.
- Ấn định  $\mu_M, \mu_C$  đối với mọi người tham gia xây dựng.
- Xác định MP theo (2) cho tất cả các nhóm kết cấu chịu tải cùng loại.
- Theo (9)[9] xác định kỳ vọng rủi ro hư hỏng thực tế sau khi xây dựng và so với rủi ro hư hỏng bình thường RH.
- Nếu  $R > R_H = 2$  thì xây dựng biểu đồ các mức dự báo trung bình độ tin cậy MP cho các nhóm kết cấu chịu tải cùng loại và chỉ ra mức tin cậy tiêu chuẩn pH của kết cấu [9].
- Dựa vào biểu đồ trên xác định mức độ đóng góp của tổ chức tham gia xây dựng khác nhau vào rủi ro hư hỏng chung mà tiếp nhận giải pháp điều chỉnh hiệu quả.

## 2. Điều chỉnh rủi ro hư hỏng trong giai đoạn xây dựng công trình

Mục đích điều chỉnh rủi ro hư hỏng trong quá trình thi công công trình là bảo đảm ở thời điểm đưa công trình vào khai thác, độ rủi ro hư hỏng không vượt quá giá trị tiêu chuẩn  $R_H$ . Chỉ khi đó mới đạt được dự trữ an toàn lớn nhất cho công trình. Công tác điều chỉnh chủ yếu là đồng nhất hoá rủi ro hư hỏng đối với tất cả các phần của công trình (với nhà thì đó là các tầng). Thủ tục đồng nhất hoá cụ thể như sau:

- Lập những yêu cầu an toàn kết cấu của đối tượng nghiên cứu phù hợp với giá trị rủi ro hư hỏng tiêu chuẩn thông thường RH và mức tin cậy trung bình thông thường pH của các nhóm kết cấu mang tải của công trình.
- Xác định các giá trị p1 và p2 là các mức tin cậy thực tế của các nhóm kết cấu mang tải cùng loại của các phần công trình (hoặc tầng nhà).
- Xây dựng biểu đồ xác định mức đóng góp vào rủi ro chung của các nhóm kết cấu mang tải.
- Tiếp nhận giải pháp khắc phục các khuyết tật. Thông tin cuối cùng về trạng thái kỹ thuật của các nhóm kết cấu mang tải được ấn định.
- Tiến hành thực nghiệm thống kê (phương pháp Monte – Carlo) rủi ro hư hỏng thực tế.
- Xây dựng biểu đồ phân phối rủi ro hư hỏng thực tế, từ đó tiếp nhận giải pháp về sự phù hợp giữa kết cấu mang tải với yêu cầu an toàn kết cấu.

Việc kiểm tra độ an toàn của kết cấu công trình trong quá trình xây dựng chính là xác định xác suất  $\lambda$  của biến cố ( $R < R_H = 2$ ). Xác suất  $\lambda$  chính là diện tích phần biểu đồ phân phối rủi ro hư hỏng thực tế trong khoảng từ 1 đến 2. Nếu  $\lambda \geq 0,5$  thì phần công trình (hoặc tầng nhà) phù hợp với yêu cầu an toàn của kết cấu.

## 3. Điều chỉnh rủi ro hư hỏng công trình trong giai đoạn đang khai thác

Việc đánh giá rủi ro hư hỏng và dự trữ còn lại của công trình đang khai thác là cần thiết khi cần cải tạo, khôi phục và sửa chữa chúng. Hệ thực nghiệm đánh giá rủi ro hư hỏng là tổ hợp người – máy, bao gồm các phương pháp toán học, công nghệ thông tin, kinh nghiệm, sự hiểu biết và trực giác của thực nghiệm viên [7].

Công nghệ điều chỉnh mức an toàn kết cấu công trình đang khai thác theo hệ thực nghiệm nêu trên được tiến hành theo các giai đoạn sau:

- Giai đoạn 1: Lập các yêu cầu an toàn của kết cấu của các đối tượng nghiên cứu và thông tin về trạng thái kỹ thuật của các kết cấu mang tải, nghĩa là ấn định biên các vùng rủi ro hư hỏng chấp nhận và xác định các giá trị tiêu chuẩn của mức tin cậy của kết cấu mang tải (bảng 2).

*Bảng 2. Các yêu cầu an toàn của kết cấu mang tải*

TT	Các yêu cầu an toàn của kết cấu	Giá trị rủi ro hư hỏng R
1	Rủi ro hư hỏng tiêu chuẩn bình thường	$R_H = 2$
2	Rủi ro hư hỏng giới hạn cho phép	$R_{\Pi D} = 19$
3	Mức tin cậy tiêu chuẩn bình thường của kết cấu	$p_H = (R_H)^{-1/n}$
4	Mức tin cậy giới hạn cho phép của kết cấu	$p_{\Pi D} = (R_{\Pi D})^{-1/n}$

*Ghi chú: n – là số nhóm kết cấu mang tải cùng loại của công trình.*

- Giai đoạn 2: Xác định mức tin cậy p1 và p2 tương ứng với những khuyết tật lớn nhất và nhỏ nhất trong mỗi nhóm và xác định giá trị trung bình độ tin cậy Mp của kết cấu trong nhóm. Dựa vào giá trị Mp xây dựng biểu đồ các mức tin cậy trung bình thực tế của các nhóm kết cấu chịu tải cùng loại, đồng thời có chỉ ra những mức tin cậy tiêu chuẩn bình thường và giới hạn cho phép của chúng. Theo công thức (9) trong [9] xác định giá trị rủi ro hư hỏng của tất cả các phần của công trình (hoặc tầng nhà), xây dựng biểu đồ rủi ro, có chỉ ra những vùng rủi ro hư hỏng chấp nhận. Biểu đồ mức tin cậy, biểu đồ rủi ro hư hỏng và tài liệu thực nghiệm là cơ sở hình thành thông tin về mức đóng góp vào rủi ro chung của các nhóm kết cấu bất lợi và thông tin này là cơ sở để điều chỉnh mức an toàn và dự trữ còn lại của công trình đang khai thác.
- Giai đoạn 3: Tiến hành khảo sát nguyên nhân giảm mức an toàn kết cấu công trình và xây dựng kế hoạch ngắn hạn, dài hạn tối ưu sửa chữa, phục hồi nhằm hạ thấp rủi ro hư hỏng. Trình tự tiến hành sửa chữa do thực nghiệm viên lập ra, trước tiên là sửa chữa để bảo đảm an toàn cho kết cấu của phần nền móng, sau đó đến các phần khác phía trên.
- Giai đoạn 4: Dự báo tình huống kỳ vọng rủi ro hư hỏng của công trình và dự trữ an toàn công trình sau khi hoàn thiện công tác sửa chữa, phục hồi.

Như vậy, công nghệ điều chỉnh mức an toàn của kết cấu công trình đang khai thác bao gồm hai công đoạn chủ yếu:

- 1) Dự đoán trạng thái kỹ thuật của kết cấu chịu tải và đánh giá sự phù hợp giữa rủi ro hư hỏng thực tế với yêu cầu an toàn kết cấu đã ấn định trước.
- 2) Khảo sát nguyên nhân giảm mức an toàn kết cấu công trình và tiếp nhận giải pháp kỹ thuật để gia cường các bộ phận kết cấu, có tiến hành tính toán, thiết kế và phải xét đến vai trò của bộ phận gia cường trong hệ “nền-kết cấu chịu tải”.

Với công nghệ nghiên cứu điều chỉnh rủi ro hư hỏng công trình trong giai đoạn thiết kế, thi công và khai thác công trình đã trình bày ở trên hoàn toàn có thể áp dụng có hiệu quả vào thực tế, bảo đảm cho kế hoạch xây dựng mới và sửa chữa các công trình đang khai thác hợp lý, an toàn và tin cậy.

#### **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]. З.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]. 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.
- [9]. Phạm Văn Thứ. *Rủi ro hư hỏng các công trình xây dựng và phương pháp tiếp cận.* Tạp chí Khoa học – Công nghệ Hàng hải. Số 18-6/2009, trang 83-89.

---

**Người phản biện: TS. Phạm Toàn Đức**