CƠ SỞ XÁC SUẤT CỦA CÁC TIÊU CHUẨN HIỆN HÀNH THIẾT KẾ CÁC CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG
PROBABILISTIC BASE OF MODERN CODES OF DESIGN OF BUILDING STRUCTURES

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

Tóm tắt:

Trong bài này phân tích nguồn gốc vấn đề: mức tin cậy của các kết cấu có trách nhiệm như nhau khi áp dụng phương pháp các trạng thái giới hạn có thể khác nhau hàng chục lần và có dẫn ra kết luận là nên thay yêu cầu tin cậy chủ yếu là so sánh các giá trị tính toán bằng yêu cầu so sánh xác suất độ chối thiết kế với giá trị định mức hợp lý của nó.

Abstract:

It is shown that with the application of the limit state design method levels of structural reliability implying the same required liability can differ by several dozens of times. It is concluded that the existing basic reliabilistic requiremets consisting in the comparison of design values should be replaced by the comparient of design probability of failure with the codified expedient value of this probability.

Chất lượng kết cấu xây dựng trong khai thác được biểu hiện thông qua một tập hợp các yếu tố có bản chất ngẫu nhiên, như tính chất của vật liệu kết cấu (thép cán, bê tông, cốt thép) có độ biến động thống kê, còn tải trọng tác dụng lên công trình là những quá trình ngẫu nhiên diễn ra theo thời gian.

Các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu xây dựng đương đại có xét đến đặc trưng xác suất của tải trọng và khả năng chịu tải của kết cấu chỉ ở phần xử lý số liệu xuất phát, còn phương pháp các trạng thái giới hạn được đưa vào các tiêu chuẩn thiết kế là phương pháp bán xác suất, và độ tin cậy của kết cấu khi thiết kế được bảo đảm trên cơ sở sử dụng các hệ số độ tin cậy riêng về tải trọng, vật liệu, hệ số điều kiện làm việc, hệ số độ tin cậy về tầm quan trọng và công dụng (trách nhiệm) mà giá trị của chúng không có luận cứ lý thuyết và thực nghiệm đủ chính xác.

Việc tính toán kết cấu xây dựng phản ánh chất lượng thực tế của chúng trong khai thác cần phải dựa trên lý thuyết độ tin cậy ở mức đầy đủ nhất, trên cơ sở các phương pháp xác suất cho phép đánh giá một cách khách quan kết cấu về mức sẵn sàng của chúng cho khai thác bình thường.

Các phương pháp của lý thuyết độ tin cậy tạo cơ sở lý thuyết để tổ chức lấy và xử lý số liệu thống kê một cách đúng đắn về tải trọng, đặc trưng của vật liệu và bản thân kết cấu làm từ vật liệu đó và các tham số tính toán khác. Các phương pháp này phản ánh đúng đắn nhất bản chất ngẫu nhiên của các đại lượng chủ yếu và mối quan hệ giữa ngoại tải và độ bền của kết cấu.

Trong bài báo này xem xét một số vấn đề có liên quan tới cơ sở xác suất của các tiêu chuẩn thiết kế đương đại các kết cấu công trình xây dựng.

1. Phân tích xác suất phương pháp các trạng thái giới hạn

Việc thiết kế kết cấu đó là quá trình tiếp nhận giải pháp khi đó cần phải xét đến những bất định khác nhau để đạt được xác suất độ chối yêu cầu. Xác suất chấp nhận là khác nhau đối với các trạng thái giới hạn khác nhau, bởi vì hậu quả xảy ra chúng là khác nhau.

Để tính toán xác suất trước hết phải có mối quan hệ tiền định giữa các đặc trưng kết cấu và khả năng chịu tải của chúng.

Trạng thái của kết cấu trong khai thác có thể được đặc trưng bởi một số hữu hạn các tham số độc lập [2]. Một phần các tham số này đặc trưng cho tải trọng, phần khác đặc trưng cho độ bền vật liệu, phần nữa thì đặc trưng cho độ sai lệch các điều kiện làm việc thực tế của kết cấu so với sơ đồ tính toán đã chọn. Phương trình giới hạn vùng trạng thái cho phép của kết cấu được biểu diễn dưới dạng

$$\tilde{g}\left(x_1, x_2, ..., x_n\right) = 0, \tag{1}$$

ở đây $\tilde{g}\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)$ - là hàm khả năng làm việc.

Tất cả các đại lượng tính toán đều có thể phân chia thành hai nhóm cơ bản. Nhóm thứ nhất bao gồm các đặc trưng thuộc về tính chất của bản thân kết cấu, nhóm thứ hai bao gồm những đặc trưng về ngoại tải. Khi đó điều kiện không vượt biên vùng trạng thái cho phép của kết cấu có thể được xác định khi bất phương trình giới hạn sau được thực hiện

$$\tilde{g}\left(x_1, x_2, ..., x_n\right) = \tilde{R}\left(x_1, x_2, ..., x_m\right) - \tilde{Q}\left(x_{m+1}, x_{m+2}, ..., x_n\right) > 0 \qquad (2)$$

hoặc

$$\tilde{g} = \tilde{R} - \tilde{Q} > 0 .$$

Ở đây và tiếp sau đây $\left(\tilde{\ }\right)$- được ký hiệu là đại lượng ngẫu nhiên. Khi giải bài toán về độ bền $\tilde{Q}$ - là giá trị lớn nhất của hiệu ứng tải trọng (ứng suất hoặc nội lực trong kết cấu) được biểu diễn qua tải trọng; $\tilde{R}$ - là khả năng chịu tải được biểu thị cùng đơn vị và phù hợp với trạng thái giới hạn của kết cấu theo độ bền (giới hạn chảy, giới hạn bền, mô men dẻo); $\tilde{g}$ - là đặc trưng được A. R. Rjianhixưn gọi là dự trữ độ bền.

Trong trường hợp tổng quát nội lực và khả năng chịu tải đều là những quá trình ngẫu nhiên theo thời gian, song trong phạm vi đang xét ở đây chúng ta coi là những đại lượng ngẫu nhiên có luật phân phối đã cho.

Nếu thừa nhận rằng xác suất thực hiện bất phương trình (2) là xác suất không phá hoại kết cấu thì xác suất phá hoại sẽ là độ chối (vượt giới hạn vùng trạng thái cho phép) được xác đinh bởi biểu thức sau

$$P_f = \int_{-\infty}^{0} p_g\left(g\right) dg , \qquad (3)$$

ở đây $p_g\left(g\right)$- là mật độ phân phối dự trữ độ bền.

Mật độ phân phối dự trữ độ bền có thể xác định khi sử dụng công thức mật độ phân phối tổng của các đại lượng ngẫu nhiên. Khi giữa $\tilde{Q}$ và $\tilde{R}$ quan hệ độc lập thì

$$p_g\left(g\right) = \int_{-\infty}^{\infty} p_R\left(g+Q\right) p_Q\left(Q\right) dQ , \qquad (4)$$

ở đây $p_g\left(g\right)$ - là mật độ phân phối khả năng chịu tải; $p_R\left(g+Q\right)$ - là mật độ phân phối khả năng chịu tải của biến *g*,và *Q;* $p_Q\left(Q\right)$ - là mật độ phân phối của hiệu ứng tải trọng.

Sau khi đưa (4) vào (3) có thể viết công thức xác định xác suất làm việc an toàn hay xác suất không phá hoại như sau

$$P_S = 1 - \int_{-\infty}^{\infty} p_Q\left(Q\right) P_R\left(Q\right) dQ \text{ hoặc } P_S = \int_{-\infty}^{\infty} p_R\left(R\right) P_Q\left(R\right) dR , \qquad (5)$$

ở đây $P_R\left(Q\right),\ P_Q\left(R\right)$- là hàm phân phối khả năng chịu tải và hiệu ứng tải trọng.

Phương pháp này có thể sử dụng cả khi thiết kế kết cấu theo độ cứng (nhóm trạng thái giới hạn hai). Trong trường hợp này độ tin cậy được hiểu là xác suất để chuyển vị max *w* không vượt một giá trị cho trước, nghĩa là phương trình (5) có dạng

$$P_S = \int_{-\infty}^{\mathrm{w_{cho}}} p\left(\mathrm{w}\right) d\mathrm{w} . \qquad (6)$$

Với luật phân phối bất kỳ của $\tilde{Q}$ và $\tilde{R}$ ta có

$$\overline{g} = \overline{R} - \overline{Q};\ \ s_g = \sqrt{s_R^2 + s_Q^2} . \qquad (7)$$

Ở đây, và sau này, ký hiệu gạch ngang trên ký tự biểu thị kỳ vọng toán, còn s_i là độ lệch chuẩn. Số độ lệch chuẩn được xác định trong khoảng từ *g = 0* đến *g =* $\overline{g}$ *, A. R. Rjianhitxưn* gọi là *đặc trưng an toàn*. Trong các tài liệu của các nước phương Tây gọi là "*chỉ số độ tin cậy*". B. I. Snarxky gọi là "*quãng độ chối*". Ta có thể dùng cả ba thuật ngữ trên và xác định theo công thức sau:

$$\beta = \frac{\bar{g}}{s_g} = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{\sqrt{s_R^2 + s_Q^2}}. \qquad (8)$$

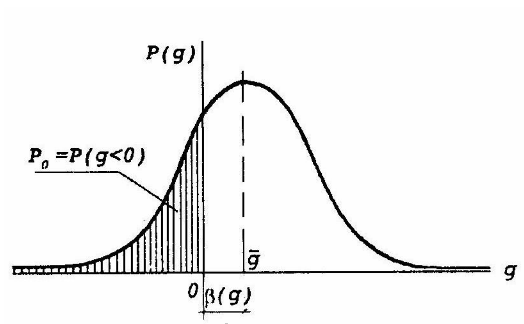
Xác suất độ chối biểu diễn miền diện tích gạch - gạch trên hình 1 biểu thị mật độ phận phối của dự trữ độ bền.

Nếu các hàm vô hướng *R* và *Q* tuân theo luật phân phối chuẩn thì xác suất độ chối được biểu thị bởi công thức sau:

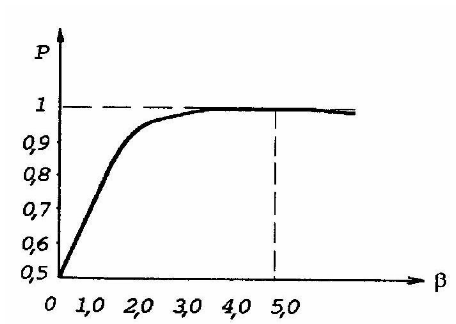
$$P_f = P(g < 0) = \frac{1}{s_g\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{0} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x - \bar{g}}{s_g}\right)^2\right] dx. \qquad (9)$$

Khi đó $P_f = \frac{1}{2} - \Phi(\beta)$, trong đó $\Phi(\beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\beta} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx$. (10)

$\Phi(\beta)$ - là tích phân xác suất Gauss.



Hình 1. Mật độ phân phối của đại lượng ngẫu nhiên



Hình 2. Quan hệ giữa xác suất không phá hoại với β

Trên hình 2 thể hiện mối quan hệ giữa P_s và β.

Bằng cách biểu diễn hình học các mối quan hệ giữa các đặc trưng an toàn và các giá trị tính toán của tải trọng và khả năng chịu tải ta có công thức xác định giá trị tính toán của tải trọng và khả năng chịu tải như sau [3]:

$$Q_p = \bar{Q}\left[1 + s_Q \beta v_Q / \left(s_R^2 + s_Q^2\right)^{1/2}\right];\ R_p = \bar{R}\left[1 - s_R \beta v_R / \left(s_R^2 + s_Q^2\right)^{1/2}\right]. \qquad (11)$$

Mặt khác theo phương pháp các trạng thái giới hạn có thể viết

$$Q_p = \gamma_f \bar{Q}\left(1 + \mu_Q v_Q\right);\ R_p = \frac{1}{\gamma_m} \bar{R}\left(1 - \mu_R v_R\right), \qquad (12)$$

ở đây γ_f và γ_m - là các hệ số độ tin cậy về tải trọng và vật liệu; v_Q và v_R – tương ứng là hệ số biến phân của hiệu ứng tải trọng và độ bền; μ_Q và μ_R - tương ứng là số độ lệch chuẩn về hiệu ứng tải trọng và độ bền tính từ giá trị kỳ vọng của chúng.

Đối chiếu (11) với (12) ta có quan hệ giữa các hệ số độ tin cậy với đặc trưng an toàn như sau

$$\begin{aligned} \gamma_f &= \left[1 + s_Q \beta v_Q / \left(s_R^2 + s_Q^2\right)^{1/2}\right] / \left(1 + \mu_Q v_Q\right) \\ \frac{1}{\gamma_m} &= \left[1 - s_R \beta v_R / \left(s_R^2 + s_Q^2\right)^{1/2}\right] / \left(1 + \mu_R v_R\right). \end{aligned} \qquad (13)$$

2. Các tiêu chuẩn tính toán và độ tin cậy của kết cấu

Phương pháp các trạng thái giới hạn thống nhất ý tưởng về các yêu cầu tin cậy, song lại không xây dựng được qui tắc xác định chúng, nên kết quả là nhiều qui định của các tiêu chuẩn hiện hành tính toán kết cấu xây dựng không có cơ sở lý thuyết chung.

Không thể tìm được bất kỳ một lời giải thích nào khả trợ cho vấn đề là độ tin cậy của các công trình có cùng một công dụng được làm bằng những vật liệu khác nhau, được thiết kế theo các tiêu chuẩn hiện hành lại khác nhau. Hơn nữa không thể nói các tiêu chuẩn thiết kế đòi hỏi mức tin cậy bao nhiêu, có cần như nhau đối với mọi công trình hay là khác nhau, nếu khác nhau thì trong giới hạn nào và phụ thuộc vào gì.

Các phương pháp thiết kế hiện hành không cho phép đánh gia độ tin cậy của kết cấu, hơn nữa không thể thiết kế chúng với mức tin cậy đã cho. Các yêu cầu tin cậy cơ bản của phương pháp này là so sánh các giá trị tính toán của hiệu ứng tải trọng với khả năng chịu tải. Nhưng trạng thái giới hạn không thể xác định chỉ bằng việc đối chiếu, só sánh các giá trị tính toán đó. Nó có thể xuất hiện khi các giá trị của tải trọng nhỏ hơn giá trị tính toán nếu giá trị tương ứng của khả năng chịu tải nhỏ hơn.

Vì vậy, khi tiêu chuẩn hoá các yêu cầu tin cậy không nên hạn chế bởi cách tiếp cận bán xác suất, như thường gặp trong phương pháp trạng thái giới hạn, nghĩa là việc áp dụng phương pháp lý thuyết xác suất để xem xét mỗi một đại lượng ngẫu nhiên xuất phát riêng rẽ cũng không giải quyết được bài toán độ tin cậy của kết cấu.

Sẽ rất có ích nếu phân tích các tiêu chuẩn tính toán hiện hành từ quan điểm độ tin cậy của các kết cấu được thiết kế theo chúng [4].

Từ tất cả các trạng thái giới hạn có thể xác định bởi phương trình

$$g_Q\left(a_1\tilde{Q}_1, a_2\tilde{Q}_2, ..., a_n\tilde{Q}_n\right) = g_R\left(b.\tilde{R}\right), \quad (14)$$

ta chọn được một trạng thái tương ứng với giá trị tính toán của các đại lượng xuất phát, còn các tham số kết cấu được xác định từ điều kiện

$$g_Q\left(a_1Q_{1p},\ a_2Q_{2p},\ ...,\ a_n\tilde{Q}_n\right) \le g_R\left(bR_p\right). \quad (15)$$

Trong (14) và (15) $\tilde{Q}_i$ và Q_{1p} tương ứng là giá trị ngẫu nhiên của tải trọng và giá trị tính toán của nó, $\tilde{R}_i$ và R_{1p}- tương ứng là giá trị ngẫu nhiên của sức chịu và giá trị tính toán của nó, $a_i\tilde{Q}_i,\ b\tilde{R}$ – tương ứng là các giá trị ngẫu nhiên của hiệu ứng tải trọng và khả năng chịu tải, $a_iQ_{ip},\ bR_p$ – tương ứng là các giá trị tính toán của hiệu ứng tải trọng và khả năng chịu tải. Có thể xem xét việc chọn giá trị tính toán quyết định độ tin cậy ở mức độ nào thông qua ví dụ tác động lên kết cấu một tải trọng.

Trong trường hợp này trạng thái giới hạn được xác định bằng biểu thức

$$a.\bar{Q} = b\bar{R} \quad (16)$$

và bất phương trình tính toán

$$aQ_p \le bR_p \quad (17)$$

Mức tin cậy được đặc trưng bởi xác suất làm việc không có độ chối

$$P_s = P\left(a\tilde{Q} \le b\tilde{R}\right). \quad (18)$$

Các giá trị tính toán Q_p và R_p quyết định suất bảo đảm của chúng là

$$P_Q = P\left(\tilde{Q} < Q_p\right) = \Phi\left(\beta_Q\right); P_R = P\left(\tilde{R} > R_p\right) = \Phi\left(\beta_R\right), \quad (19)$$

ở đây $\beta_Q = \Phi^{-1}\left(P_Q\right)$ và $\beta_R = \Phi^{-1}\left(P_R\right)$ - là quãng giá trị tính toán của tải trọng và sức chịu giống như đặc trưng an toàn; $\Phi\left(x\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{x}\exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)dt$ - là tích phân xác suất.

Nếu trong (17) lấy dấu bằng (kết cấu được thiết kế một cách lý tưởng) và chia (16) cho (17) thì trạng thái giới hạn sẽ được xác định bởi biểu thức $\tilde{q} = \tilde{r}$, trong đó $\tilde{q} = \tilde{Q}/Q_p,\ \tilde{r} = \tilde{R}/R_p$ - là những đại lượng không thứ nguyên của tải trọng và sức chịu, mà với chúng các giá trị tính toán $q_R = r_p = 1$, còn hệ số biến phân và quãng giá trị tính toán $v_q = v_Q,\ v_r = v_R,\ \beta_q = \beta_Q,\ \beta_r = \beta_R$. Khi đó ta có

$$P_s = P\left(\tilde{q} < r\right) = \int_0^{\infty} P_q\left(x\right) p_r\left(x\right) dx. \quad (20)$$

Để có thể nhận được nghiệm giải tích, ta giả thiết luật phân phối của hai đại lượng tuân theo luật loga và chúng là những đại lượng không âm.

Từ (20) có thể biểu diễn tích phân dưới dạng

$$P_s = 1 - \Phi(\beta), \tag{21}$$

ở đây $\beta = (\overline{\rho} - \overline{\omega}) / \left(s_\rho^2 + s_\omega^2\right)$. Khi đó $\overline{\rho} = \ln \overline{r},\ \overline{\omega} = \ln \overline{q}$.

Các tham số s_ω và s_ρ được biểu diễn qua các đặc trưng số của phân phối sẽ là

$$s_\omega^2 = \ln\left(1 + v_q^2\right);\ s_\rho^2 = \ln\left(1 + v_r^2\right). \tag{22}$$

Khi hệ số biến phân *v < 0,4* thì $\ln\left(1 + v^2\right) \approx v^2$, khi đó $s_\omega \approx v_q;\ s_\rho \approx v_r$ và biểu thức xác định đặc trưng an toàn sẽ

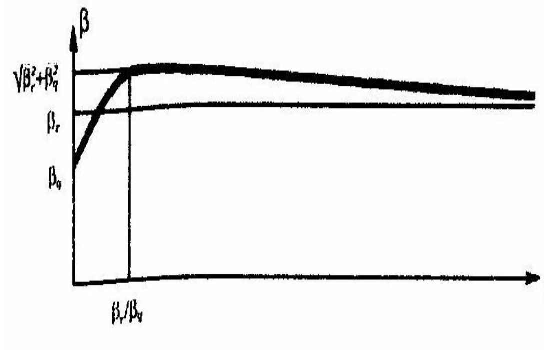
$$\beta = \left(\beta_r v_r + \beta_q v_q\right) / \left(v_r^2 + v_q^2\right)^{1/2} \tag{23}$$

hoặc

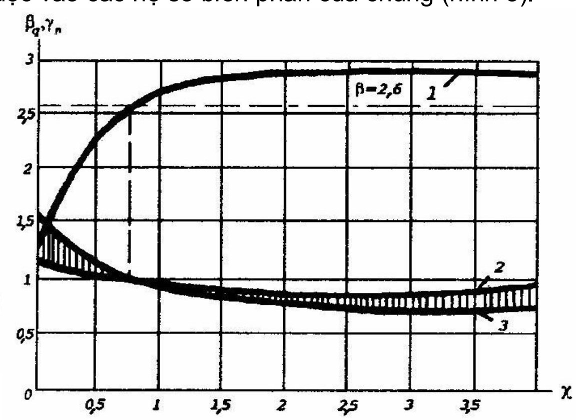
$$\beta = \frac{\beta_r \chi + \beta_q}{\left(1 + \chi^2\right)^{1/2}}, \tag{24}$$

trong đó $\chi = v_r / v_q$.

Từ đó suy ra rằng đặc trưng an toàn phụ thuộc không chỉ vào suất bảo đảm của các giá trị tính toán của tải trọng và sức chịu mà còn phụ thuộc vào các hệ số biến phân của chúng (hình 3).



Hình 3. Quan hệ giữa đặc trưng an toàn với tỷ số giữa các hệ số biến phân



Hình 4. Quan hệ giữa β với χ (1); giữa γ_n với χ (2 và 3)

Có thể chú ý rằng khi độ bền tiền định thì $\left(v = \chi = 0\right), \beta = \beta_q$, còn tải trọng tiền định thì $\left(v = \chi = 0\right), \beta = \beta_r$.

Sau khi lấy đạo hàm của β theo χ cho bằng không ta có

$$\frac{d\beta}{d\chi} = \frac{\beta_r\left(1 + \chi^2\right) - \left(\beta_r \chi + \beta_q\right)\chi}{\left(1 + \chi^2\right)^{3/2}} = 0, \tag{25}$$

sẽ suy ra rằng do $\chi > 0$ nên $\beta_r - \beta_q \chi = 0$.

Như vậy, xác suất làm việc an toàn lớn nhất sẽ đạt được khi $\chi = \beta_r / \beta_q$. Khi đó $\beta_{\max} = \left(\beta_r^2 + \beta_q^2\right)^{1/2}$.

Với cùng một suất bảo đảm của các giá trị tính toán của độ bền và tải trọng, độ tin cậy có thể thay đổi trong một phạm vi lớn tuỳ thuộc vào quan hệ giữa các hệ số biến phân của tải trọng và độ bền, mà không phụ thuộc vào giá trị của chúng.

Ví dụ, nếu lấy $v_r = 0,8,\ v_q = 0,4\ \left(\chi = 0,2\right)$, thì nhận được β = 2,12, nghĩa là xác suất làm việc an toàn $P_s = 0,983$, xác suất độ chối $P_f = 1 - P_s = 0,017$, còn nếu

$v_r = 0,2,\ v_q = 0,1\ (\chi = 0,2)$ tương ứng β = 3,02 và $P_s = 0,9987,\ P_f = 0,0013$. Nghĩa là xác suất độ chối đối với hai trường hợp khác nhau 13 lần, điều này cũng có nghĩa là hậu quả của các độ chối sẽ rất khác nhau.

Từ đó có thể kết luận rằng việc thống nhất hóa suất bảo đảm của các giá trị tính toán của các tải trọng khác nhau và sức chịu của các vật liệu khác nhau cũng không thể bảo đảm thống nhất một mức tin cậy của kết cấu. Khi đó, khi ấn định suất bảo đảm các giá trị tính toán, chúng ta không thể nào nói trước được mức tin cậy của kết cấu thiết kế là bao nhiêu.

Cần lưu ý rằng nếu các đại lượng xuất phát có phân phối chuẩn, thì trong công thức (24) thay hệ số biến phân bằng độ lệch chuẩn, nghĩa là $v_r,\ v_q$ được thay bằng $s_r,\ s_q$, còn $\chi = s_r / s_q$.

Các công thức (23) và (24) chưa xét hệ số tin cậy về trách nhiệm γ_n trong bất phương trình tính toán. Nếu đưa vào (17) thì $\gamma_n.a.Q_p \le R_p$ và $a.\tilde{Q} \le \tilde{R}$. Khi đó qua các đại lượng không thức nguyên bất phương trình giới hạn được xác định bằng biểu thức sau:

$$\frac{1}{\gamma_n}\tilde{q} = \tilde{r}. \tag{26}$$

Xác suất làm việc an toàn

$$P_s = P\left(\frac{1}{\gamma_n}\tilde{q} < \tilde{r}\right) = P\left(\tilde{m} < \tilde{r}\right), \tag{27}$$

ở đây $\tilde{m} = \dfrac{1}{\gamma_n}\tilde{q}$. Công thức (21) trở thành

$$P = \Phi\left(\frac{\overline{r} - \overline{g} + \ln\gamma_n}{\sqrt{s_r^2 + s_q^2}}\right) = \Phi(\beta). \tag{28}$$

Từ đó suy ra

$$\beta = \left(\beta_r s_r + \beta_q s_q + \ln\gamma_n\right) / \sqrt{s_r^2 + s_q^2} \tag{29}$$

Hoặc

$$\beta = \frac{\beta_r\chi + \beta_q}{\left(1+\chi^2\right)^{1/2}} + \frac{\ln\gamma_n}{\left(v_r^2 + v_q^2\right)}. \tag{30}$$

Khi $\gamma_n = 1$ thì (30) trở thành (24), khi đó độ tin cậy giao động trong giới hạn rộng tùy thuộc vào tỷ số giữa độ biến phân của các đại lượng xuất phát. Khi $\gamma_n \ne 1$ thi trong biểu thức xác định đặc trưng an toàn xuất hiện thêm thành phần $\ln\gamma_n / \left(v_r^2 + v_q^2\right)^{1/2}$ và do đó, β phụ thuộc không chỉ vào tỷ số các hệ số biến phân của các đại lượng xuất phát χ mà còn phụ thuộc vào giá trị tuyệt đối của chúng.

Trên hình 4. biểu thị mối quan hệ giữa β và χ (đường cong 1), $\beta_q = 1,3;\ \beta_r / \beta_q = 2$, quan hệ giữa γ_n và χ với các giá trị β_q và β_r khi $v_q = 0,15$ (đường cong 2) và $v_q = 0,35$ (đường cong3).

Bảng 1 chỉ ra vùng các giá trị có thể của xác suất độ chối P_f và các đặc trưng an toàn β trong trường hợp suất bảo đảm các giá trị tính toán của tải trọng và sức chịu $\beta_q = 1,65$ và $\beta_r = 2,56$ với các giá trị khác nhau của hệ số γ_n.

Bảng 1. Các giá trị có thể của xác suất độ chối P_f và các đặc trưng an toàn β với hệ số γ_n.

χ	v_r	v_q	$\left(v_r^2+v_q^2\right)^{1/2}$	γ_n = 1		γ_n = 0,95		γ_n = 0,90	
				β	P_f	β	P_f	β	P_f
0,1	0,05	0,50	0,502	1,90	0,0287	1,80	0.0359	1,69	0,0455

0,2	0,10 0,05	0,50 0,25	0,510 0,255	2,12	0,0170	2,02 1,92	0,0217 0,0274	1,91 1,71	0,0281 0,0436
0,5	0,25 0,05	0,50 0,10	0,559 0,112	2,62	0,0044	2,53 2,16	0,0057 0,0154	2,43 1,68	0,0075 0,0465
1	0,30 0,05	0,30 0,05	0,424 0,071	2,98	0,0014	2,86 2,26	0,0021 0,0119	2,73 1,50	0,0032 0,0668
2	0,30 0,10	0,15 0,05	0,335 0,112	3,02	0,0013	2,87 2,56	0,0021 0,0052	2,71 2,08	0,0034 0,0188
3	0,30 0,15	0,10 0,05	0,316 0,158	2,95	0,0016	2,79 2,63	0,0024 0,0043	2,62 2,28	0,0044 0,0113

Từ bảng cho thấy các phương pháp thiết kế hiện hành có thể dẫn đến những kết quả rất vô lý, khi mà xác suất độ chối ứng với $\gamma_n = 1$ nhỏ hơn xác suất độ chối ứng với $\gamma_n = 0{,}9$.

Như vậy, độ tin cậy thiết kế của kết cấu không chỉ phụ thuộc vào mức ấn định trước của giá trị tính toán của các đại lượng xuất phát, mà còn phụ thuộc vào tỷ số giữa mức độ biến động của chúng. Việc phân tích độ tin cậy của kết cấu thiết kế với giả thiết đạt được yêu cầu lý tưởng xét theo quan điểm ấn định giá trị tính toán (thống nhất suất bảo đảm giá trị tính toán) chỉ ra rằng mức tin cậy của kết cấu có trách nhiệm như nhau có thể khác nhau hàng chục lần. Hơn nữa còn có thể xuất hiện trường hợp kêt cấu công trình có cấp cao nhất lại kém tin cậy hơn kết cấu công trình cấp III, ít trách nhiệm hơn.

Từ đó có thể nói rằng: "Người thiết kế hầu như không biết gì về việc họ đã thực hiện nhiệm vụ chính của mình đạt được đến mức độ nào – suất bảo đảm thiết kế chức năng bình thường của kết cấu".

Lối tư duy không lối thoát của các khuynh hướng hiện thời tính toán kế cấu cho phép đi đến một phương pháp luận thiết kế mới, trong đó các yêu cầu tin cậy cơ bản là so sánh các giá trị tính toán nên thay bằng yêu cầu so sánh xác suất độ chối thiết kế với giá trị định mức hợp lý của nó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

[1]. Giuliano Augusti, Alessandro Baratta, Fabio Casciati. Probabilistic Methods in Structural Engineering. London New York Chapman and Hall, 1984. - ISBN 5-274-00212-9.

[2]. Андреев О.О. Оценка несущей способности железобетонных сечений с учетом вероятностной природы прочности бетона и стали. Строительная механика и расчет сооружений. 1984 - 16. – С. 16 – 19.

[3]. В. Д. Райзер. Теория надежности в строительном проектировании. Издательство Ассоциации Строительных Вузов, Москва 1998.

[4]. В. Д. Райзер. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций. – М: Стройиздат. – 1995. – 348с.

Người phản biện: TS. Đào Văn Tuấn