

Cơ sở của các hệ số tin cậy về vật liệu trong tiêu chuẩn châu Âu Eurocodes

Bùi Quốc Bảo^{1,*}

¹ Nhóm nghiên cứu về phát triển bền vững trong xây dựng, Khoa Kỹ Thuật Công Trình, Trường Đại học Tôn Đức Thắng

TỪ KHOÁ

Độ tin cậy
Hệ số tin cậy về vật liệu
Bê tông
Thép
Tiêu chuẩn châu Âu

TÓM TẮT

Trong quá trình thiết kế kết cấu, một trong những vấn đề còn có sự mơ hồ, thậm chí gây tranh cãi, là giá trị của các hệ số liên quan đến cường độ tính toán của vật liệu, hay tải trọng tính toán. Thường người kỹ sư áp dụng các hệ số này trong các thiết kế nhưng nguồn gốc của các hệ số này thường rất ít người biết đến. Với việc áp dụng tiêu chuẩn mới về Tải trọng và Tác động TCVN 2737:2023, nhiều khái niệm liên quan đến tầm quan trọng của công trình, chu kỳ lặp, các hệ số tin cậy cần phải được hiểu rõ hơn. Bài viết này trình bày cơ sở của việc tiêu chuẩn châu Âu (Eurocodes) đề xuất các hệ số tin cậy về vật liệu (“partial factor”). Việc xác định các hệ số này được tiến hành dựa trên lý thuyết của xác suất thống kê, theo các ngưỡng tin cậy lựa chọn, và theo mức độ tầm quan trọng của công trình. Việc hiểu cơ sở lý thuyết của việc tạo lập các hệ số này trong tiêu chuẩn châu Âu sẽ giúp hiểu và hoàn thiện tốt hơn các hệ số trong các tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN).

KEYWORDS

Reliability
Partial factor of the material strength
Concrete
Steel
Eurocodes

ABSTRACT

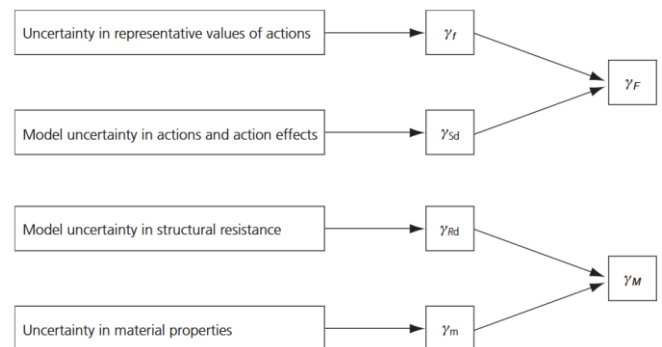
For the structural design, one of the issues that remains ambiguous, and even controversial, is the value of the partial factors related to the design material strengths or design loads. Engineers often apply these factors in the calculations, but the origins of these factors are rarely well understood. With the adoption of the new standard TCVN 2737:2023 (Loads and Actions), many concepts related to the structure importance class, return periods, the partial factors need to be clarified. This article presents the basis of the European standards (Eurocodes) to obtain the material partial factors. The determination of these factors is conducted based on the probability theory, the selected target reliabilities, and the structure importance class. Understanding the theoretical basis of these factors in European standards will aid in better understanding and improving the factors for Vietnam's standards (TCVN).

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình thiết kế các công trình xây dựng, một trong những vấn đề còn có sự mơ hồ, thậm chí gây tranh cãi, là giá trị của các hệ số (trước đây ở Việt Nam còn được gọi là “hệ số an toàn”), liên quan đến cường độ của vật liệu (cường độ tiêu chuẩn, cường độ tính toán), các giá trị của tải trọng thiết kế (tải trọng tính toán, tải trọng tiêu chuẩn). Đặc biệt, các tiêu chuẩn của các nước khác nhau (như tiêu chuẩn Việt Nam TCVN, tiêu chuẩn châu Âu Eurocodes, tiêu chuẩn Mỹ ACI...) lại có các hệ số khác nhau [1]-[3]. Thường người kỹ sư áp dụng các hệ số này trong các tính toán nhưng thường rất ít người biết đến nguồn gốc từ đâu có các giá trị này. Đặc biệt, với việc ra đời vào năm 2023 của tiêu chuẩn mới về Tải trọng và Tác động TCVN 2737:2023 [3], nhiều khái niệm liên quan đến chu kỳ lặp của tải trọng, thời gian sử dụng thiết kế của công trình, độ tin cậy cần phải được hiểu rõ hơn.

Bài viết này trình bày cơ sở của việc tiêu chuẩn châu Âu (Eurocodes) đề xuất các hệ số tin cậy về vật liệu (“partial factor”), Hình 1. Không như trước đây kỹ sư thường nghĩ đây là các “hệ số kinh nghiệm”, việc xác định các hệ số này được tiến hành dựa trên lý thuyết của xác suất thống kê, theo các ngưỡng tin cậy lựa chọn, và theo mức độ tầm quan trọng của công trình (liên quan đến thời gian sử dụng công

trình). Việc hiểu cơ sở lý thuyết của việc tạo lập các hệ số này trong tiêu chuẩn châu Âu sẽ giúp hiểu và hoàn thiện tốt hơn các hệ số trong các tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN).



Hình 1. Các hệ số độ tin cậy trong Eurocodes [1].

Một cải tiến lớn trong Eurocodes là việc áp dụng các phương pháp độ tin cậy hiện đại vào thiết kế các cấu kiện và kết cấu. Qua đó, các giới hạn chấp nhận (“acceptability limits”, hay còn gọi là mục tiêu – “target”) được tính đến dựa trên xác suất xảy ra sự cố. Trong bài viết này, trước tiên, cơ sở nền tảng về độ tin cậy (“reliability”) sẽ được tóm

*Liên hệ tác giả: buiquocbao@tdtu.edu.vn

Nhận ngày 05/12/2024, sửa xong ngày 03/07/2025, chấp nhận đăng ngày 04/07/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2025.818>

tất. Sau đó, các tiêu chí chấp nhận độ tin cậy và các giá trị liên quan sẽ được trình bày và thảo luận.

2. Lý thuyết cơ bản về độ tin cậy

2.1. Định nghĩa về độ tin cậy

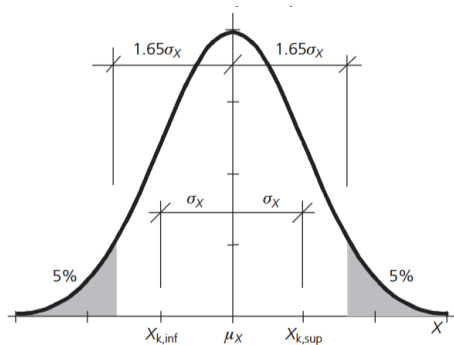
Thuật ngữ "độ tin cậy" đôi khi được sử dụng một cách mơ hồ. Thông thường, khái niệm độ tin cậy được hiểu một cách tuyệt đối (trắng đen) - tức là kết cấu đáng tin cậy hay không. Theo cách tiếp cận này, một kết cấu được thiết kế tuân thủ các quy định của các tiêu chuẩn thường được hiểu là "không bao giờ gặp sự cố". Tuy nhiên, cách hiểu này là quá đơn giản hóa. Mặc dù có thể gây ngạc nhiên và khó được chấp nhận với công chúng nói chung, nhưng "độ tin cậy tuyệt đối" hầu như không tồn tại đối với hầu hết các kết cấu (ngoại trừ một số trường hợp đặc biệt). Nhìn chung, bất kỳ kết cấu nào cũng có thể gặp sự cố (mặc dù với xác suất nhỏ hoặc không đáng kể) ngay cả khi được thiết kế và thi công theo đúng các tiêu chuẩn quy định.

Theo lý thuyết về độ tin cậy, các sự cố được chấp nhận như một phần của thể giới thực, và xác suất hoặc tần suất xảy ra của chúng được xem xét. Trong thiết kế, cần chấp nhận rằng có một xác suất nhỏ sự cố có thể xảy ra trong vòng đời dự kiến của công trình [4]. Do đó, làm thế nào để diễn giải đúng "độ tin cậy" và trả lời câu hỏi thông thường của người sử dụng: "kết cấu có đáng tin cậy (có an toàn)"?

Theo các yêu cầu cơ bản trong Eurocodes, kết cấu phải được thiết kế và thực hiện sao cho, trong vòng đời dự kiến của nó với các mức độ độ tin cậy phù hợp và một cách kinh tế, có thể chịu được tất cả các tác động và ảnh hưởng có thể xảy ra trong quá trình xây dựng và sử dụng.

2.2. Định nghĩa cường độ đặc trưng (hay cường độ tiêu chuẩn)

Cường độ đặc trưng của vật liệu (thép hay bê tông) được xác định là cường độ mà 95 % số mẫu có giá trị lớn hơn hoặc bằng giá trị này (Hình 2).



Hình 2. Phân bố chuẩn và ý nghĩa giá đặc trưng của một biến X.

2.3. Thước đo độ tin cậy

Các thước đo độ tin cậy cơ bản bao gồm xác suất sự cố và chỉ số độ tin cậy [5]. Xác suất sự cố của kết cấu p_f được định nghĩa tổng

quát là:

$$p_f = \{Z(\mathbf{X}) < 0\}$$

Trong đó, hàm trạng thái giới hạn $Z(\mathbf{X})$ được xây dựng sao cho:

- miền an toàn (đáng tin cậy) của một vector các biến cơ bản $\mathbf{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ tương ứng với: $Z(\mathbf{X}) > 0$,
- trong khi miền sự cố tương ứng với: $Z(\mathbf{X}) < 0$.

Một ví dụ đơn giản về $Z(\mathbf{X})$ mô tả mối quan hệ cơ bản giữa tác động tải trọng E và sức chịu tải R:

$$Z(\mathbf{X}) = Z = R - E$$

Biến ngẫu nhiên Z trong phương trình trên thường được gọi là biên độ tin cậy. Giá trị trung bình μ_Z , độ lệch chuẩn σ_Z , và độ lệch phân bố ω_Z của nó có thể được suy ra từ các đặc trưng tương ứng của các biến R và E [4]:

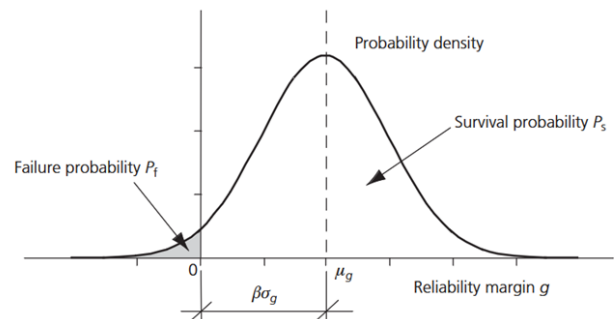
$$\mu_Z = \mu_R - \mu_E$$

$$\sigma_Z = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}$$

Thay vì sử dụng xác suất sự cố p_f , chỉ số độ tin cậy β thường được dùng như một đại lượng tương đương (Hình 3). Chỉ số độ tin cậy β liên hệ với xác suất sự cố p_f qua công thức:

$$p_f = \Phi(-\beta) \approx 10^{-\beta}$$

Trong đó, $\Phi()$ là hàm phân phối của phân phối chuẩn được chuẩn hóa ("standardized normal distribution").



Hình 3. Ý nghĩa của chỉ số độ tin cậy β .

Cần nhấn mạnh rằng xác suất sự cố p_f và chỉ số độ tin cậy β là các đại lượng hoàn toàn tương đương với nhau. Dựa trên cách tiếp cận này, các tiêu chí chấp nhận độ tin cậy có thể được định nghĩa theo xác suất sự cố chấp nhận được p_d hoặc chỉ số độ tin cậy chấp nhận được β_d . Các giá trị này được khuyến nghị như các yêu cầu tối thiểu hợp lý và chỉ là các đại lượng quy ước, không nhất thiết phản ánh tần suất sự cố thực tế [4]. p_d và β_d được hiểu là các giá trị thiết kế (mục tiêu đạt được). Trong thiết kế kết cấu, yêu cầu tổng quát là:

$$p_f \leq p_d$$

Hoặc tương đương dưới dạng chỉ số độ tin cậy:

$$\beta \geq \beta_d$$

2.4. Độ tin cậy mục tiêu

Các tiêu chí chấp nhận rủi ro được đưa vào dưới dạng các chỉ số độ tin cậy. Các giá trị này đã được xác định thông qua các nghiên cứu

lâu dài, kết hợp các phương pháp khác nhau bao gồm đánh giá an toàn cho người sử dụng, tối ưu hóa và hiệu chỉnh. Các giá trị phản ánh hậu quả nếu sự cố xảy ra, chu kỳ tham chiếu.

2.4.1. Xếp hạng các độ tin cậy

Xác suất xảy ra sự cố dùng để thiết kế p_d thường được chỉ định liên quan đến các hậu quả xã hội và kinh tế dự kiến, phản ánh các tiêu chí chấp nhận rủi ro nói trên. Bảng 1 trình bày phân loại các mức độ tin cậy mục tiêu được đưa ra trong EN 1990 [1], [6], [7]. Các giá trị β được xác định từ quá trình hiệu chỉnh và tối ưu hóa, phản ánh kết quả từ nhiều nghiên cứu, với xác suất xảy ra phá hoại $p_f < 5\%$ (phần vị 5 %, Hình 2) .

Bảng 1. Phân loại các mức độ tin cậy mục tiêu được đưa ra trong Eurocodes.

Ghi chú: với $T = 1$ năm và 50 năm, chỉ số độ tin cậy lần lượt được gọi là β_a và β_d

Xếp hạng độ tin cậy (reliability class)	Hậu quả nếu có phá hoại	Chỉ số độ tin cậy β	
		β_a với T_a = 1 năm	β_d với T_d = 50 năm
RC3 – Cao	Cao	5,2	4,3
RC2 – Trung bình	Trung bình	4,7	3,8
RC1 – Thấp	Thấp	4,2	3,3

Các chỉ số độ tin cậy β được chỉ định cho hai khoảng thời gian tham chiếu: 1 năm và 50 năm (lần lượt được gọi là β_a và β_d). Tuy nhiên, các giá trị này không được liên kết cụ thể với thời gian sử dụng thiết kế T_d (thời gian sử dụng của công trình). Cần lưu ý rằng các giá trị β được chỉ định trong Bảng 1 tương ứng với cùng một mức độ tin cậy cho mỗi xếp hạng độ tin cậy. Việc áp dụng thực tế của các giá trị này phụ thuộc vào khoảng thời gian T_d được xem xét trong quá trình kiểm tra, có thể liên quan đến thông tin thống kê sẵn có về các tác động biến đổi theo thời gian (gió, động đất, v.v.) và vector các biến cơ bản $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$. Ví dụ, nếu xét lớp độ tin cậy RC2 (Trung bình) và thời gian sử dụng thiết kế là 50 năm, chỉ số độ tin cậy $\beta_d = 3,8$ sẽ được sử dụng trong kiểm tra độ tin cậy kết cấu. Cùng một mức độ tin cậy tương ứng với RC2 cũng đạt được nếu thời gian $T_a = 1$ năm và $\beta_a = 4,7$ được sử dụng, đặc biệt trong các trạng thái giới hạn bị chi phối bởi các tác động biến đổi theo thời gian.

Các giá trị β_d tương tự cũng được cung cấp trong ISO 2394 [8] cho thời gian sử dụng thiết kế T_d , tuy nhiên không quy định giá trị cụ thể cho T_d .

Một số ví dụ các kết cấu ứng với các lớp độ tin cậy:

- RC1 (thấp): Các công trình nông nghiệp có rủi ro thấp đối với tính mạng con người.
- RC2 (trung bình): Nhà ở, văn phòng.
- RC3 (cao): Sân vận động, các công trình công cộng, cầu.

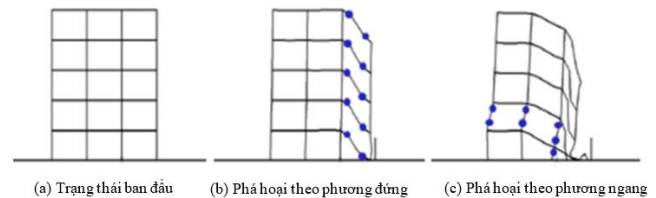
2.4.2. Sự biến thiên theo thời gian

Như các giải thích nêu trên, mức độ tin cậy của một kết cấu có thể được chỉ định bằng cách sử dụng các khoảng thời gian khác nhau T , vốn có thể không nhất thiết trùng khớp với thời gian sử dụng thiết kế T_d . Điều này xảy ra trong các điều kiện trạng thái giới hạn biến thiên theo thời gian (tải trọng gió hoặc động đất) và khi dữ liệu thực nghiệm liên quan đến các biến cơ bản biến thiên theo thời gian có sẵn cho một khoảng thời gian tham chiếu cụ thể T (ví dụ 1 năm hoặc 5 năm) khác với thời gian sử dụng thiết kế T_d .

Thông thường, các giá trị mục tiêu suốt vòng đời β_d được khuyến nghị sử dụng như là giá trị tối ưu cho mục đích xác minh độ tin cậy. Tuy nhiên, trong trường hợp tải trọng phụ thuộc vào thời gian với các giá trị thống kê liên quan đến các khoảng thời gian khác với vòng đời của kết cấu, mối quan hệ với thời gian nên áp dụng [9].

2.4.3. Sự phá hoại tổng thể - Độ vững chắc

Các kết cấu bao gồm nhiều thành phần khác nhau như cột, dầm, bản, v.v. Các giá trị mục tiêu về độ tin cậy được đề cập ở trên có giá trị cho các thành phần riêng lẻ, vì thiết kế kết cấu dựa trên thiết kế các thành phần. Phương pháp trạng thái giới hạn dựa trên sự đánh giá khả năng chịu lực của các phần tử riêng rẽ (cấp độ “cục bộ” – “local”).



Hình 4. Ví dụ một trường hợp sụp đổ tổng thể do phá hoại tăng dần.

Độ tin cậy tổng thể (“global reliability”) là độ tin cậy chống lại sự sụp đổ của toàn bộ công trình hoặc phần lớn của nó. Một ví dụ về sụp đổ tổng thể của kết cấu do phá hoại tăng dần được trình bày ở Hình 4. Trong các tiêu chuẩn hiện nay, độ vững chắc tổng thể của kết cấu được kiểm tra thông qua kiểm soát độ tin cậy từ tất cả các cấu kiện (để chống phá hoại cục bộ). Tuy nhiên, với các kết cấu chịu tải trọng đặc biệt như động đất, nổ hoặc va chạm, Eurocodes có thêm các yêu cầu liên quan đến sự phá hoại tổng thể, còn gọi là phá hoại dây chuyền của kết cấu (“progressive failure”). Các yêu cầu về thiết kế chống phá hoại dây chuyền của toàn bộ kết cấu còn được gọi là độ vững chắc (“robustness”) [6]. Một trong những cách tiến hành kiểm tra độ vững chắc là loại bỏ một hoặc một vài cấu kiện chịu lực (ví dụ cột) trong sơ đồ tính, và kiểm tra độ ổn định của toàn bộ kết cấu. Việc thiết kế theo độ vững chắc là một yêu cầu bổ sung đối với thiết kế theo trạng thái giới hạn (với các hệ số tin cậy về tải trọng và vật liệu).

3. Hệ số điều kiện làm việc của vật liệu

3.1. Phương pháp sử dụng hệ số điều kiện làm việc của vật liệu theo Eurocodes

Hiện nay, phương pháp thiết kế kết cấu tiên tiến nhất do Eurocodes cung cấp chấp nhận hệ số điều kiện làm việc (đôi khi bị gọi nhầm lẫn là phương pháp trạng thái giới hạn), thường được áp dụng kết hợp với quy trình của trạng thái giới hạn (giới hạn bền, sử dụng hoặc mới). Phương pháp này có thể được đặc trưng chung bởi bất đẳng thức:

$$E_d(F_{d,f_d} a_{d,\theta_d}) < R_d(F_{d,f_d} a_{d,\theta_d})$$

Trong đó:

- E_d : Giá trị thiết kế của tác động do tải trọng.
- R_d : Khả năng chịu tải thiết kế.

Các giá trị thiết kế này được đánh giá dựa trên các biến cơ bản (ví dụ, tải trọng F_d , đặc tính vật liệu f_d , kích thước a_d , và độ không chắc chắn mô hình θ_d) thông qua các hệ số tin cậy γ , hệ số giảm thiểu ψ , và các giải pháp khác về độ tin cậy.

Cụ thể, với tải trọng: $F_d = \psi \cdot \gamma_F \cdot F_k$;

với vật liệu: $f_d = f_k / \gamma_m$

trong đó chỉ số k tương ứng với giá trị đặc trưng (hay còn gọi là giá trị tiêu chuẩn).

3.2. Tổng quan về các hệ số điều kiện làm việc của vật liệu

3.2.1. Theo Eurocodes

Theo Eurocodes, cường độ của vật liệu được chia làm ba loại: cường độ trung bình, cường độ đặc trưng (hay còn gọi là cường độ tiêu chuẩn), và cường độ tính toán. Cường độ đặc trưng được sử dụng khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ hai ("sử dụng"), trong khi cường độ tính toán được sử dụng cho trạng thái giới hạn thứ nhất ("bền"). Mối liên hệ giữa cường độ tính toán và cường độ đặc trưng được xác định thông qua hệ số làm việc ("partial factor") của vật liệu.

Với vật liệu bê tông:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

trường hợp thông thường, khi thiết kế theo trạng thái giới hạn thứ nhất, lấy $\alpha_{cc} = 1$ và $\gamma_c = 1,5$.

Với vật liệu thép:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

thông thường, khi thiết kế theo trạng thái giới hạn thứ nhất, lấy $\gamma_s = 1,15$.

3.2.2. Theo TCVN 5574:2018

Theo TCVN 5574:2018, hệ số điều kiện làm việc của bê tông và cốt thép được lấy lần lượt là 1,3 và 1,15.

3.3. Xác định hệ số điều kiện làm việc của vật liệu theo Eurocodes

Hệ số điều kiện làm việc của vật liệu γ_m có thể được xác định theo công thức [1], [4]:

$$\gamma_m = \exp(-1,645 V_m) / \exp(-\alpha_m \beta_d V_m)$$

Trong đó:

- V_m : Hệ số biến thiên của cường độ vật liệu. Với vật liệu thép: $V_m = 0,08$. Với vật liệu bê tông: $V_m = 0,25$.
- α_m : Hệ số quan trọng của tham số vật liệu, giá trị từ 0 (không quan trọng) đến 1 (quan trọng tối đa). Eurocode 0 khuyên dùng $\alpha_m = 0,8$.
- β_d : Chỉ số độ tin cậy mục tiêu.

4. Ví dụ áp dụng

4.1. Vật liệu thép cho công trình nhà dân dụng

Giả sử một kết cấu thép với thời gian sử dụng thiết kế $T_d = 50$. Loại độ tin cậy RC2 (trung bình) trong Bảng 1 cho chỉ số độ tin cậy mục tiêu $\beta_d = 3,8$.

Hệ số tin cậy γ_m được tính:

$$\gamma_m = \exp(-1,645 \times 0,08) / \exp(-0,8 \times 3,8 \times 0,08) = 1,12$$

Kết quả này gần khớp với giá trị $\gamma_m = 1,15$ được sử dụng trong thiết kế thép của Eurocode. Hệ số 1,15 cũng được áp dụng trong TCVN 5574:2018.

4.2. Vật liệu thép cho công trình nông nghiệp

Xét một kết cấu dầm cho công trình sản xuất nông nghiệp, tương đương xếp hạng RC1 trong Bảng 1, chỉ số độ tin cậy mục tiêu có thể giảm xuống $\beta_d = 3,3$.

Hệ số tin cậy γ_m được tính:

$$\gamma_m = \exp(-1,645 \times 0,08) / \exp(-0,8 \times 3,3 \times 0,08) = 1,08$$

4.3. Vật liệu bê tông cho công trình nhà dân dụng

Biến thiên cường độ bê tông cao hơn so với thép, với hệ số biến thiên $V_m = 0,25$. Phân loại độ tin cậy RC2 trong Bảng 1 cho chỉ số độ tin cậy mục tiêu $\beta_d = 3,8$. Hệ số tin cậy γ_m được tính:

$$\gamma_m = \exp(-1,645 \times 0,25) / \exp(-0,8 \times 3,8 \times 0,25) = 1,42$$

Hệ số riêng phần γ_m của bê tông cao hơn của thép do biến thiên cường độ của bê tông cao hơn so với thép. Hệ số này của Eurocodes (cho công trình có tầm quan trọng trung bình) cao hơn so với hệ số 1,3 của bê tông theo TCVN 5574:2018.

4.4. Vật liệu bê tông cho công trình nông nghiệp

Xét một công trình nông nghiệp bằng bê tông, hạng RC1 trong Bảng 1. Do đó chỉ số độ tin cậy mục tiêu $\beta_d = 3,3$. Hệ số tin cậy γ_m được tính:

$$\gamma_m = \exp(-1,645 \times 0,25) / \exp(-0,8 \times 3,3 \times 0,25) = 1,28$$

Hệ số này của Eurocodes (cho công trình có tầm quan trọng thấp) gần với hệ số 1,3 của bê tông theo TCVN 5574:2018 cho trường hợp thông thường.

5. Kết luận

Bài viết trình bày cơ sở của việc thành lập các hệ số độ tin cậy về vật liệu của Eurocodes. Công thức xác định hệ số tin cậy về vật liệu đã được trình bày. Bài viết chỉ ra rõ mối liên hệ giữa hệ số độ tin cậy với tầm quan trọng của công trình, thời gian chu kỳ lặp (liên quan đến xác suất xảy ra phá hoại) được chọn khi thiết kế công trình, và độ biến thiên của cường độ vật liệu. Vật liệu thép có độ biến thiên về cường độ thấp hơn bê tông nên có hệ số tin cậy về vật liệu thấp hơn.

Độ tin cậy được đề xuất trong Eurocodes tương ứng với ba phân loại cơ bản về tầm quan trọng của công trình (thấp, trung bình và cao). Chỉ số độ tin cậy thiết kế β_d phụ thuộc vào phân loại tầm quan trọng của công trình và tuổi thọ thiết kế của công trình.

Thiết kế trạng thái giới hạn tập trung vào phá hoại cục bộ ("local"), không phải tổng thể ("global"), vì các phương trình tính toán được định nghĩa và áp dụng ở cấp độ cục bộ. Để xác định độ tin cậy tổng thể, chống lại sự sụp đổ của toàn bộ kết cấu (trường hợp tải trọng đặc biệt), thiết kế theo độ vững chắc ("robustness") cần được kể đến.

Việc nghiên cứu giải thích các hệ số tin cậy khác, đặc biệt là hệ số tin cậy về tải trọng sẽ được thực hiện trong thời gian tới.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Eurocode 0 (EN 1990), *Basis of structural design*, European Committee for Standardization, 2002.
- [2]. TCVN 5574 :2018 (2019), *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - tiêu chuẩn thiết kế*, 195 trang.
- [3]. TCVN 2737:2023 (2023), *Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*, Hà Nội, 88 trang.
- [4]. D. Diamantidis, M. Holický, Reliability Differentiation in the Eurocodes, *Advances and trends in structural engineering, mechanics and computation (SEMC 2010): proceedings of the Fourth International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation*, 6 - 8 September 2010, Cape Town, South Africa, 4p.
- [5]. H. Gulvanessian, J.-A. Calgaro, M. Holický, *Designer's Guide to EN 1990*, in *Eurocode: Basis of Structural Design*; Thomas Telford, London, 2002, 192 pp.
- [6]. D. Diamantidis, Current safety acceptance criteria in codes and standards in *ASCE Structures Congress*, Vancouver, Canada, 2008.
- [7]. N.E. Meinen, R.D.J.M. Steenbergen, Reliability levels obtained by Eurocode partial factor design - A discussion on current and future reliability levels, *HERON* Vol. 63 (2018) No. 3.
- [8]. ISO 2394, *General principles on reliability for structures*, 1998.
- [9]. Bùi Quốc Bảo, *Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép theo TCVN 2737 và TCVN 5574*, NXB Xây dựng, 2024, 345 trang.