

# Đánh giá an toàn kết cấu công trình hiện hữu trong quá trình khai thác, sử dụng

Structural assessment of existing buildings during service life

Phạm Minh Hà<sup>(1)</sup>, Phạm Phú Tĩnh<sup>(2)</sup>

## Tóm tắt

Bài báo này giới thiệu quy trình và phương pháp đánh giá an toàn kết cấu công trình trong quá trình khai thác, sử dụng, dựa trên các tài liệu hướng dẫn của Singapore, ISO, châu Âu. Quy trình đánh giá gồm hai cấp độ, trong đó cấp độ 1 là kiểm tra trực quan định kỳ, cấp độ 2 là đánh giá an toàn kết cấu đầy đủ. Nếu đánh giá cấp độ 1 có các nghi ngờ về an toàn kết cấu thì cần thực hiện đánh giá cấp độ 2. Cơ sở của việc đánh giá an toàn kết cấu đầy đủ là cập nhật thông tin về kết cấu hiện hữu (tải trọng, đặc trưng hình học, đặc trưng vật liệu, sơ đồ kết cấu, sức kháng, biến dạng) để phân tích và kiểm tra kết cấu. Các thông tin có thể được thu thập từ khảo sát hiện trường hoặc từ hồ sơ thiết kế gốc. Việc kiểm tra kết cấu theo các trạng thái giới hạn dựa vào phương pháp hệ số tin cậy, trong đó các hệ số tin cậy khi đánh giá kết cấu hiện hữu là khác các hệ số tin cậy khi thiết kế kết cấu mới.

**Từ khóa:** Định kỳ, Kiểm tra, Đánh giá, Kết cấu hiện hữu, Cải tạo, Xưởng cấp

## Abstract

This paper presents the procedures and methods for the structural assessment of existing buildings, based on guidelines and technical regulations from Singapore, ISO, Europe. The procedures for assessment of existing structure during its service life consist of two levels, where level 1 is periodic structural visual inspection, level 2 is full structural investigation. If there are any doubts regarding structural safety from level 1 assessment, a full structural investigation should be carried out. The basis of structural assessment is updating information for existing structure (actions, material properties, geometrical properties, structural models, resistances and deformations). The information should be collected either from onsite investigations or from original design documents. Structural verifications are based on ultimate and serviceability limit states using partial factors. The partial factors for assessment of existing structures are different from those for designing new structures.

**Key words:** Periodic, Inspection, Assessment, Existing structures, Retrofitting, Deterioration

(1) PGS.TS., Bộ Xây dựng  
Email: phamha.cgd@gmail.com; ĐT: 0904606525

(2) PGS.TS., Giảng viên, Khoa Xây dựng  
Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội,  
Email: tinhpp@hau.edu.vn; ĐT: 0838865855

Ngày nhận bài: 30/9/2024  
Ngày sửa bài: 02/10/2024  
Ngày duyệt đăng: 02/9/2024

## 1. Giới thiệu

Đánh giá an toàn kết cấu công trình đã được quy định tại khoản 1 điều 37 của Nghị định số 06/2021/NĐ-CP [1] ngày 26 tháng 01 năm 2021 của Chính phủ, và đã được hướng dẫn biện pháp thi hành tại điều 17 của Thông tư số 10/2021/TT-BXD [2] ngày 25 tháng 8 năm 2021 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng, trong đó khoản 2 quy định việc đánh giá an toàn công trình được thực hiện theo quy trình do Bộ Xây dựng ban hành trên cơ sở nhiệm vụ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, số 97/HĐKH-CN, mã số RD43-21 [3]. Quy trình đánh giá an toàn công trình trong quá trình khai thác, sử dụng đã được Bộ Xây dựng ban hành thông qua quyết định số 442/QĐ-BXD ngày 15 tháng 5 năm 2024 [4]. Trong quy trình này, việc đánh giá an toàn kết cấu công trình gồm hai cấp độ, trong đó đánh giá cấp độ 1 là kiểm tra trực quan định kỳ, được tham khảo hướng dẫn đánh giá của Cơ quan quản lý Xây dựng và Nhà Singapore, BCA [5], đánh giá cấp độ 2 là đánh giá an toàn đầy đủ, được tham khảo từ tiêu chuẩn quốc tế ISO 13822:2010 [6] về đánh giá kết cấu hiện hữu, và những quy định kỹ thuật về đánh giá và sửa chữa kết cấu hiện hữu của châu Âu, JRC 94918:2015 [7]. Từ năm 2023, những quy tắc về chính sách và khoa học trong JRC 94918 :2015 đã được đưa vào phụ lục I, dạng tham khảo trong tiêu chuẩn châu Âu thế hệ 2 [8].

Khi đánh giá theo cấp độ 1 có các nghi ngờ về khả năng mất an toàn chịu lực của công trình thì người đánh giá đề xuất thực hiện đánh giá cấp độ 2. So với việc thiết kế kết cấu mới, việc đánh giá an toàn kết cấu hiện hữu là khó và phức tạp hơn nhiều, đòi hỏi người kỹ sư đánh giá phải giỏi và lành nghề [6,7,9].

Trong bài báo này, khung chung của quy trình kiểm tra, đánh giá thể hiện hai cấp độ đánh giá (mục 2), trong đó đánh giá cấp độ 1 (mục 3) trình bày mục đích và nhiệm vụ kiểm tra trực quan, đánh giá cấp độ 2, bao gồm đánh giá sơ bộ được trình bày trong mục 4.1, và đánh giá chi tiết được trình bày trong mục 4.2. Nội dung của giai đoạn đánh giá chi tiết là khảo sát để xác định các giá trị đầu vào thực tế, bao gồm kích thước hình học, chi tiết cấu tạo, đặc trưng vật liệu, tải trọng và tác động, các khuyết tật và hư hỏng, xưởng cấp phục vụ việc phân tích và kiểm tra kết cấu hiện hữu.

## 2. Khung chung của quy trình đánh giá an toàn kết cấu công trình

Khung chung quy trình đánh giá an toàn kết cấu công trình được minh họa trong hình 1, bao gồm hai cấp độ, trong đó cấp độ 1 là kiểm tra, đánh giá bằng trực quan, và cấp độ 2 là đánh giá an toàn đầy đủ.

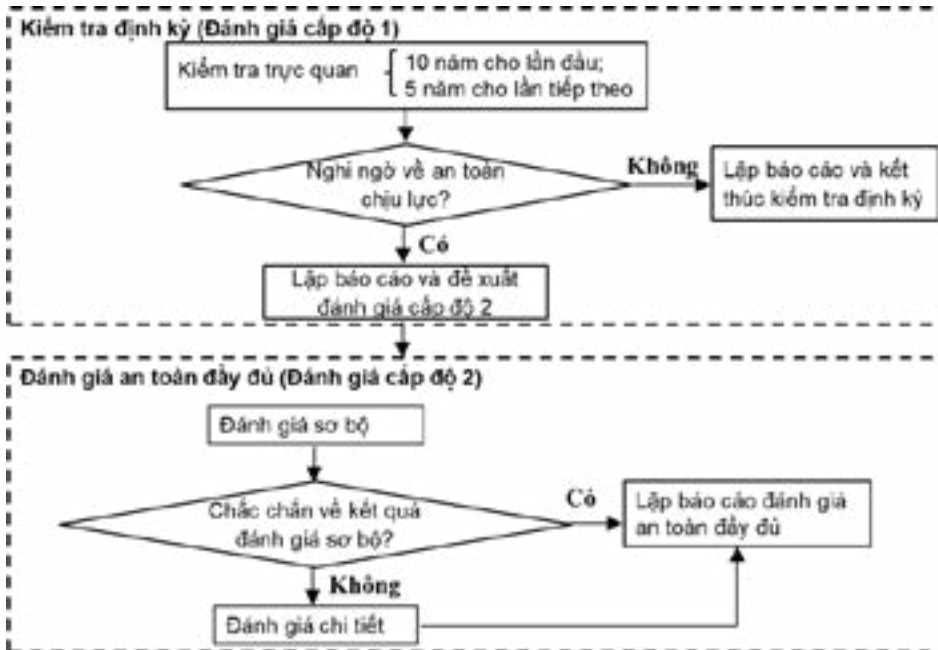
## 3. Đánh giá cấp độ 1

### 3.1. Nghiên cứu hồ sơ

Người đánh giá cần nghiên cứu hồ sơ để hiểu rõ hệ kết cấu, bố cục các khu vực chức năng của công trình, xác định được các khu vực quan trọng để kiểm tra, hiểu biết về tải trọng, tác động để đánh giá việc sử dụng đúng mục đích và khả năng quá tải, xác định được việc coi nới, cải tạo, sửa chữa (nếu có).

### 3.2. Kiểm tra trực quan

Việc kiểm tra trực quan thực tế khó có thể thực hiện được cho toàn bộ các khu vực trong công trình, vì vậy người đánh giá phải có kinh nghiệm để lựa chọn cấu kiện hoặc khu vực điển hình để kiểm tra đại diện. Nếu công trình tồn tại phổ biến tình trạng quá tải hoặc coi nới, thay đổi hoặc có nhiều khuyết tật kết cấu hay dấu hiệu xuống cấp đáng kể thì cần xem xét đến việc kiểm tra toàn bộ kết cấu. Tất cả các cấu kiện, kết cấu quan trọng, đặc biệt hoặc tính định (ví dụ: dầm chuyển,



Hình 1. Khung chung quy trình đánh giá an toàn kết cấu công trình

cột mảnh, kết cấu công xôn, kết cấu nhịp lớn, kết cấu cáp, gối tựa,...) đều phải được kiểm tra. Nhiệm vụ kiểm tra trực quan bao gồm:

Kiểm tra tình trạng thực tế kết cấu công trình để xác định các dấu hiệu như nứt bê tông, vỡ bê tông, nghiêng, lún, võng, cốt thép bị mất lớp bảo vệ, bị gỉ, bị ăn mòn, bê tông bị xâm thực, các dấu hiệu hư hỏng, xuống cấp của bộ phận bao che, hoàn thiện, ...

Kiểm tra tải trọng lên công trình để xác định sự phù hợp của tải trọng hiện trạng sử dụng so với thiết kế.

Kiểm tra việc cải tạo hoặc các thay đổi có thể dẫn đến quá tải hay ảnh hưởng xấu đến kết cấu công trình.

Một số (không phải là tất cả) dấu hiệu nghi ngờ về an toàn chịu lực qua kiểm tra trực quan có thể thấy trong các hình 2 đến hình 10 sau đây. Các cơ cấu phá hoại này được trình bày đầy đủ trong các sách về thiết kế kết cấu bê tông

cốt thép, ví dụ trong [10, 11].

### 3.3. Báo cáo kết quả đánh giá

Báo cáo phải phản ánh thực tế các công việc kiểm tra chuyên môn đã được thực hiện, thể hiện được các quan điểm kỹ thuật, đánh giá, nhận định, kết luận và các khuyến nghị, đề xuất. Khi có các nghi ngờ về an toàn chịu lực của công trình thì người đánh giá đề xuất công trình cần được đánh giá cấp độ 2. Báo cáo cũng là tài liệu lưu trữ cần thiết phục vụ cho các lần đánh giá tiếp theo.

## 4. Đánh giá cấp độ 2

Đánh giá cấp độ 2 bao gồm hai giai đoạn: đánh giá sơ bộ và đánh giá chi tiết. Nội dung đánh giá sơ bộ ở cấp độ 2 không phải là nội dung đánh giá cấp độ 1 bằng kiểm tra trực quan.

### 4.1. Đánh giá sơ bộ

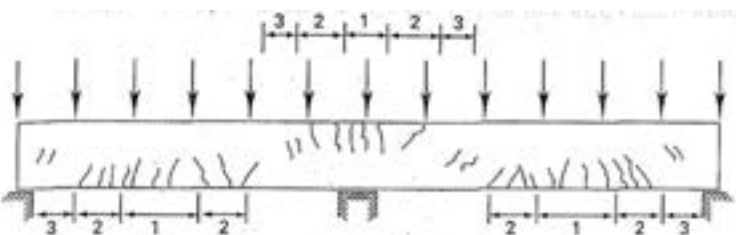
Các nhiệm vụ trong giai đoạn đánh giá sơ bộ gồm: (i) Nghiên cứu hồ sơ (gồm hồ sơ khảo sát địa hình, địa chất, hồ sơ thiết kế, hồ sơ xây dựng, hồ sơ khai thác, sử dụng, bảo trì, và lịch sử cải tạo, sửa chữa), (ii) Khảo sát hiện trường để xác định hệ kết cấu và các hư hỏng có thể có của kết cấu bằng quan sát trực quan, hoặc có thể kết hợp với các công cụ đơn giản, (iii) Kiểm tra sơ bộ để xác định những sai sót nghiêm trọng liên quan đến an toàn chịu lực và việc sử dụng bình thường. Việc kiểm tra sơ bộ cũng có thể bao gồm công việc tính toán phân tích và kiểm tra kết cấu.

Nếu không chắc chắn về kết quả đánh giá sơ bộ thì cần phải đánh giá chi tiết.

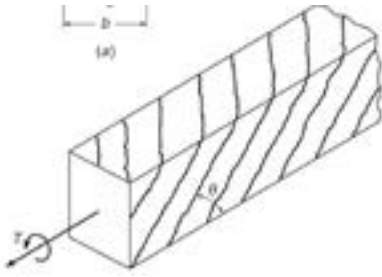
Kết quả đánh giá sơ bộ là xác định những khiếm khuyết nghiêm trọng liên quan đến an toàn chịu lực (do khảo sát, do thiết kế, do thi công, hay do sử



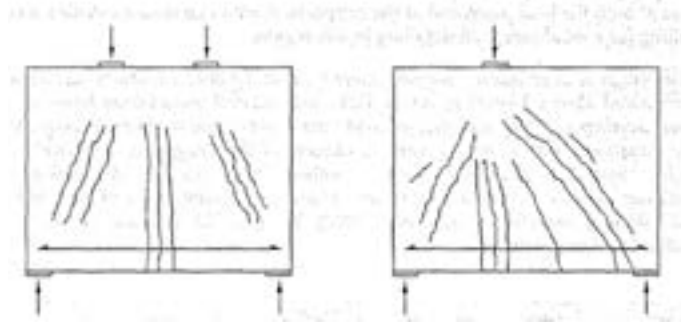
Hình 2. Cơ cấu phá hoại của ô bản có 4 cạnh ngàm: a) nứt ở mặt dưới do tải phân bố, b) nứt ở mặt trên do tải phân bố, c) nứt ở mặt dưới do tải tập trung [10]



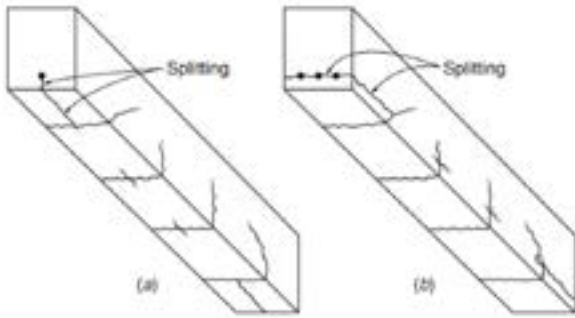
Hình 3. Các dạng vết nứt trong dầm: vùng 1, 2, 3 lần lượt là vùng có mô men lớn, cả mô men và lực cắt lớn, lực cắt lớn [10]



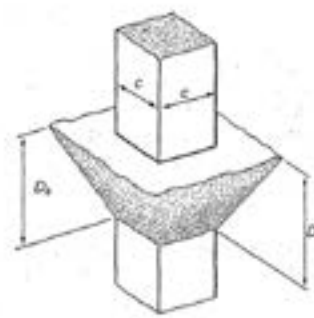
Hình 4. Nứt trong dầm do xoắn [11]



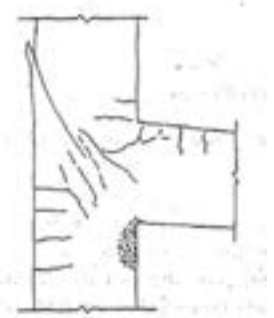
Hình 5. Nứt trong dầm cao, dầm chuyển [10]



Hình 6. Nứt do bong tách giữa bê tông và cốt thép [11]



Hình 7. Phá hoại do bị chọc thủng [11]



Hình 8. Phá hoại nứt khung biên [10]

dụng, ...), từ đó tập trung nguồn lực vào các khiếm khuyết này trong việc đánh giá chi tiết tiếp theo.

#### 4.2. Đánh giá chi tiết

##### 4.2.1. Khảo sát chi tiết và vật liệu

###### a) Xác định kích thước hình học và các chi tiết cấu tạo

Kích thước có thể được xác định từ bản vẽ và chỉ dẫn thiết kế khi chắc chắn về tính hợp lệ của chúng. Trong trường hợp không chắc chắn, kích thước phải được xác định bằng cách khảo sát và đo đạc hiện trường.

###### b) Xác định đặc trưng vật liệu bê tông trên kết cấu

Xác định cường độ bê tông trên kết cấu bằng khoan mẫu được hướng dẫn trong TCVN 12252:2020 [12], EN 13791:2007 [13], và BS EN 12504-1:2000[14].

Số lượng mẫu khoan: Số lượng mẫu khoan càng nhiều thì độ tin cậy của kết quả thí nghiệm càng cao, tuy nhiên số lượng mẫu thường bị giới hạn để tránh hư hỏng kết cấu dẫn đến có thể gây mất an toàn chịu lực. Số lượng mẫu khoan tối

thiểu có thể tham khảo trong Bảng 3.2, BS EN 1998-3:2005 [12]

Kích thước lõi khoan: Theo BS EN 12504-1:2000[14], và EN 13791:2007 [13], kích thước lõi có thể như sau:

Lõi có  $h = d = 100\text{mm}$  thì tương đương với mẫu lập phương cạnh  $150\text{mm}$

Lõi có  $d = 100\text{mm}$  đến  $150\text{mm}$ ,  $h/d$  bằng  $2,0$  thì tương đương với mẫu trụ  $150 \times 300\text{mm}$

Lõi có  $d = 50\text{mm}$  đến  $150\text{mm}$  và có tỉ lệ  $h/d$  khác thì sử dụng hệ số quy đổi được quy định tại nơi sử dụng.

Xác định các giá trị phục vụ tính toán:

- Cường độ chịu nén của lõi khoan :

$$R_{core} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

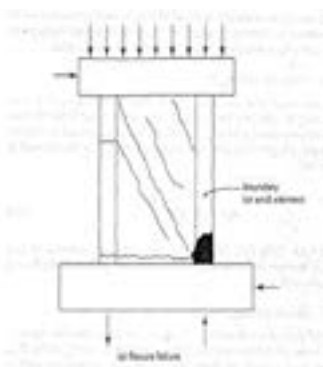
- Cường độ chịu nén hiện trường: quy đổi cường độ lõi khoan sang cường độ mẫu lập phương  $150\text{mm}$ , theo TCVN 12252:2020 [12] :

$$R_{is} = \eta_1 \times \beta \times \frac{P}{A} \quad (2)$$

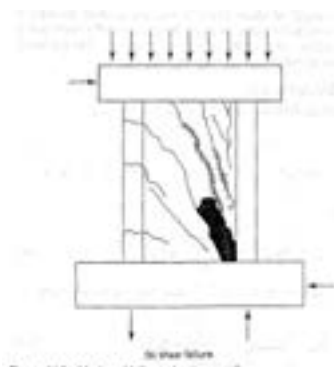
trong đó,  $\beta$  là hệ số ứng với tỉ lệ  $h/d$  và quy đổi về mẫu lập phương cạnh  $150\text{mm}$ ,  $\eta_1$  là hệ số quy đổi liên quan đến đường kính viên mẫu và cường độ của bê tông. Giá trị của  $\beta$  và  $\eta_1$  lần lượt được cho trong bảng 2 và 3 trong TCVN 12252:2020 [12].

- Cường độ chịu nén hiện trường trung bình,  $R_{m(n),is}$ :

$$R_{m(n),is} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{is}}{n} \quad (3)$$



Hình 9. Vách bị phá hoại uốn [10]



Hình 10. Vách bị phá hoại cắt [10]

**Bảng 1: Hệ số tin cậy cho tác động thường xuyên (Bảng C.2, PL C trong [7])**

Cấp hậu quả của sự phá hoại	Chỉ số tin cậy mục tiêu, $\gamma_{g,\beta}$		Hệ số tin cậy cho tải thường xuyên có lợi, $\gamma_{g,fav}$		Hệ số tin cậy cho tải thường xuyên bất lợi, $\gamma_{g,unfav}$	
	wn	wd	wn	wd	wn	wd
Cấp 0 (CC0)	1,8	0,8	0,97	0,99	1,06	1,03
Cấp 1 (CC1)	1,8	1,1	0,97	0,98	1,06	1,04
Cấp 2 (CC2)	2,5	2,5	0,96	0,96	1,09	1,09
Cấp 3 (CC3)	3,3	3,3	0,95	0,95	1,12	1,12

*Chú thích:*  
 1) wn-gió không chủ đạo (wind not dominant); wd-gió chủ đạo (wind dominant);  
 2) Tải thường xuyên có lợi, ví dụ như lực nén trước trong kết cấu ứng suất trước, như phần trọng lượng tạo ra mô men chống lật...

**Bảng 2: Hệ số tin cậy cho tác động tạm thời (Bảng C.3, PL C trong [7])**

Cấp hậu quả của sự phá hoại	Chỉ số tin cậy mục tiêu, $\beta$		Hệ số tin cậy cho tải tạm thời, $\gamma_q$	
	wn	wd	wn	wd
Cấp 0 (CC0)	1,8	0,8	1,25	1,01
Cấp 1 (CC1)	1,8	1,1	1,25	1,03
Cấp 2 (CC2)	2,5	2,5	1,40	1,11
Cấp 3 (CC3)	3,3	3,3	1,61	1,16

*Chú thích:* wn-gió không chủ đạo; wd-gió chủ đạo.

- Mô đun đàn hồi trung bình của bê tông hiện trường,  $E_{cm}$ , is tính từ  $R_{m(n),is}$  [16]:

$$E_{cm,is} = 22 \left[ \frac{R_{m(n),is}}{10} \right]^{0.3} \quad (4)$$

- Cường độ chịu nén hiện trường đặc trưng,  $R_{ck,is}$  :

Nếu đủ dữ liệu thống kê, tính như công thức 5a, theo ISO 13822:2010 [6] và JRC 94918:2015 [7]:

$$R_{ck,is} = R_{m(n),is} - 1,645s \quad (5a)$$

Nếu có ít nhất 15 lõi thí nghiệm, tính theo công thức 5b, theo EN 13791:2007 [13]

$$R_{ck,is} = \min \begin{cases} R_{m(n),is} - k_2s \\ R_{is,min} + 4 \end{cases} \quad (5b)$$

trong đó s là độ lệch chuẩn của kết quả thí nghiệm hoặc 2MPa, lấy giá trị nào lớn hơn,  $k_2$  lấy bằng 1,48 nếu không có quy định khác.

Nếu có 3 đến 14 lõi thí nghiệm, tính theo công thức 5c, theo EN 13791:2007 [13]:

$$R_{ck,is} = \min \begin{cases} R_{m(n),is} - k \\ R_{is,min} + 4 \end{cases} \quad (5c)$$

Giá trị biên k phụ thuộc vào số mẫu thí nghiệm, lấy theo bảng 2 trong [13]

- Cường độ chịu nén hiện trường tính toán của bê tông

$$R_{b,is} = \frac{R_{ck,is}}{\gamma_m} \quad (6)$$

m được lấy theo bảng 3.

c) Khảo sát vật liệu cốt thép trên kết cấu

Các đặc trưng cơ lý của cốt thép có thể được xác định từ bản vẽ, chỉ dẫn thiết kế, hay hồ sơ chất lượng nếu chắc chắn các hồ sơ là hợp lệ. Nếu không chắc chắn, cần phải thiết kế phương án lấy mẫu cốt thép trong cấu kiện để thí nghiệm, và phải sửa chữa, gia cố kết cấu ngay sau khi lấy mẫu.

#### 4.2.2. Phân tích kết cấu

Phân tích kết cấu hiện hữu được thực hiện với các giá trị số liệu đầu vào thực tế (tải trọng, kích thước hình học). Ảnh hưởng của sự xuống cấp và khuyết tật (nếu có) cần phải được đưa vào sơ đồ tính. Cũng như phân tích kết cấu mới, các phương pháp phân tích có thể được sử dụng là (i) phân tích đàn hồi tuyến tính, (ii) phân tích đàn hồi tuyến tính với sự phân phối lại nội lực có hạn chế, (iii) phân tích dẻo và (iv) phân tích phi tuyến.

Cho phép lấy mô đun đàn hồi trung bình của bê tông hiện trường,  $E_{cm}$ , is để phân tích kết cấu hiện hữu [7].

Đánh giá an toàn chịu lực có thể được áp dụng cho toàn bộ kết cấu hoặc các cấu kiện riêng lẻ, vì thế sơ đồ tính có thể áp dụng cho hệ kết cấu tổng thể hoặc cho cấu kiện.

Hệ số tin cậy cho tác động thường xuyên và tạm thời được tham khảo trong JRC 94918:2015[7], trong đó cấp công trình căn cứ vào hậu quả của sự phá hoại, được quy định trong QCVN 03:2022/BXD[15], như bảng 1 và bảng 2.

#### 4.2.3 Kiểm tra kết cấu

Kết cấu hiện hữu được kiểm tra dựa trên trạng thái giới hạn (TTGH) về chịu lực và TTGH về sử dụng.

Đối với TTGH về cường độ, kiểm tra các tiết diện theo điều kiện:

**Bảng 3: Hệ số tin cậy cho vật liệu (Bảng C.1, Phụ lục C trong [7])**

Cấp hậu quả của sự phá hoại	Chỉ số tin cậy mục tiêu, $\gamma_m$		Hệ số tin cậy cho vật liệu, $\gamma_m$	
	wn	wd	wn	wd
Cấp 0 (CC0)	1,8	0,8	0,99	0,95
Cấp 1 (CC1)	1,8	1,1	0,99	0,96
Cấp 2 (CC2)	2,5	2,5	1,02	1,02
Cấp 3 (CC3)	3,3	3,3	1,05	1,05

*Chú thích:*  
 1) wn-gió không chủ đạo (wind not dominant); wd-gió chủ đạo (wind dominant)  
 2) CC2: Nhà chung cư và văn phòng, CC3: Nhà có tập trung đông người.

$$\text{Nội lực tính toán thực tế} \leq \text{Khả năng chịu lực của tiết diện thực tế} \quad (7)$$

Nội lực tính toán thực tế là kết quả phân tích kết cấu thực tế. Khả năng chịu lực của tiết diện thực tế được tính toán với các giá trị thực tế của: kích thước tiết diện, chi tiết cấu tạo, và cường độ tính toán của vật liệu. Các giá trị thực tế được xác định theo mục 4.2.1.

Đối với TTGH về sử dụng, các giá trị độ võng và bề rộng vết nứt từ kết quả quan trắc hiện trường hoặc từ kết quả phân tích kết cấu phải thỏa mãn yêu cầu theo tiêu chuẩn thiết kế hiện hành, TCVN 5574:2018 [15].

Hệ số tin cậy cho vật liệu được tham khảo trong

JRC 94918:2015[7], trong đó cấp công trình được quy định trong QCVN 03:2022/BXD[17], như bảng 3:

### 5. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu quy trình và phương pháp đánh giá an toàn kết cấu công trình bê tông cốt thép trong quá trình khai thác, sử dụng. Quy trình đánh giá gồm hai cấp độ. Nếu kết quả kiểm tra trực quan định kỳ (đánh giá cấp độ 1) có các nghi ngờ về an toàn kết cấu thì công trình cần được đánh giá an toàn kết cấu đầy đủ (đánh giá cấp độ 2). Phương pháp đánh giá được dựa trên việc khảo sát hiện trường kết cấu, phân tích và kiểm tra kết cấu dựa trên các thông tin khảo sát thực tế. Kết cấu phải thỏa mãn các yêu cầu của tiêu chuẩn thiết kế hiện hành./.

### Tài liệu tham khảo

- Nghị định số 06/2021/NĐ-CP, ngày 26/01/2021, Quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng.
- Thông tư số 10/2021/TT-BXD, ngày 25/8/2021, Hướng dẫn một số điều và biện pháp thi hành Nghị định số 06/2021/NĐ-CP.
- Báo cáo đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ. Phạm Minh Hà (Chủ nhiệm đề tài): "Nghiên cứu xây dựng quy trình đánh giá an toàn công trình trong quá trình khai thác, sử dụng", số 97/HĐKH-CN, mã số RD43-21.
- Bộ Xây dựng. Quyết định số 442/QĐ-BXD, ngày 15/5/2024 v/v thành lập Ban soạn thảo và tổ biên tập thông tư ban hành quy trình đánh giá an toàn công trình trong quá trình khai thác, sử dụng.
- BCA (Building and Construction Authority), Singapore, 2012. Periodic Structural Inspection of Existing Buildings, Guidelines for structural engineers.
- ISO 13822:2010. Bases for design of structures - Assessment of existing structures.
- JRC 94918 (EUR 27128 EN), 2015. New European Technical Rules for the Assessment and Retrofitting of Existing Structures.
- BS EN 1992-1-1:2023. Eurocode 2 – Design of concrete structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures, Annex I (Informative) Assessment of Existing Structures.
- JCSS, RILEM report 32. Probabilistic Assessment of Existing Structures, Part 1: General.
- RF Warner, BV Rangan, AS Hall, KA Faulkes. Concrete Structures. Addison Wesley Longman Australia Pty Limited, 1st ed., 1998.
- D Darwin, CW Dolan, AH Nilson. Design of Concrete Structures. McGraw-Hill Education, 15th ed., 2016.
- TCVN 12252:2020. Bê tông – Phương pháp xác định cường độ bê tông trên mẫu lấy từ kết cấu.
- EN 13791:2007. Assessment in-situ compressive strength in structures and precast concrete components.
- BS EN 12504-1:2000. Test concrete in structures – Part 1: Cored specimens – Taking, examining and testing in compression.
- BS EN 1998-3:2005. Eurocode 8-Design of structures for earthquake resistance, Part 3: Assessment and retrofitting of buildings.
- BS EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2- Design of concrete structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings.
- QCVN 03:2022/BXD. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân cấp công trình phục vụ thiết kế xây dựng.