

GIỚI THIỆU QUY TRÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ AN TOÀN KẾT CẤU CÔNG TRÌNH TRONG QUÁ TRÌNH KHAI THÁC, SỬ DỤNG

INTRODUCING THE PROCEDURES AND METHODS OF ASSESSING THE SAFETY OF CONSTRUCTION STRUCTURES IN THE PROCESS OF EXPLOITATION AND USE

PGS, TS. Phạm Phú Tinh¹

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu quy trình và phương pháp đánh giá an toàn kết cấu công trình bê tông cốt thép hiện hữu, dựa trên các tài liệu hướng dẫn của Singapore, ISO, Châu Âu và phù hợp với các tiêu chuẩn Việt Nam.

Từ khóa: Định kỳ, kiểm tra, đánh giá, kết cấu hiện hữu, cải tạo, xuống cấp.

Abstract: This paper presents the procedures and methods for the structural assessment of existing concrete buildings, based on guidelines and technical rules by Singapore, ISO, Europe and in accordance with Vietnamese standard.

Keywords: Periodic, inspection, assessment, existing structures, retrofitting, deterioration.

Nhận bài ngày 26/3/2024, chỉnh sửa bài ngày 15/4/2024, chấp nhận đăng ngày 6/6/2024.

1. Giới thiệu

Đánh giá an toàn kết cấu công trình (KCCT) đã được quy định tại Khoản 1 Điều 37 Nghị định số 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021 của Chính phủ, hướng dẫn thi hành tại Điều 17 Thông tư số 10/2021/TT-BXD ngày 25/8/2021 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng. Trong đó, Khoản 2 quy định việc đánh giá an toàn công trình thực hiện theo quy trình do Bộ Xây dựng ban hành trên cơ sở nhiệm vụ của đề tài NCKH cấp Bộ, số 97/HĐKHCN, mã số RD43-21.

Mục 2 giới thiệu khung chung về đánh giá an toàn KCCT, trong đó giai đoạn kiểm tra định kỳ, gọi là đánh giá cấp độ 1 được tham khảo hướng dẫn đánh giá của Bộ Xây dựng và Nhà Singapore, BCA; giai đoạn đánh giá an toàn đầy đủ, gọi là đánh giá cấp độ 2, tham khảo từ tiêu chuẩn quốc tế ISO 13822:2010 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.

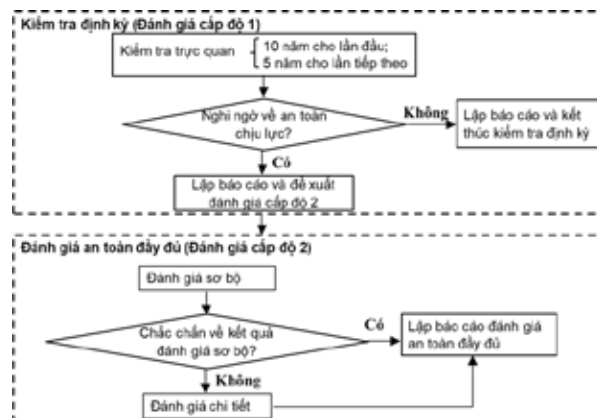
Nhiệm vụ và phương pháp đánh giá cấp độ 1 và cấp độ 2 được trình bày trong mục 3. Mục 4 trình bày ví dụ áp dụng một phần các nội dung cơ bản của giai đoạn đánh giá chi tiết.

2. Quy trình đánh giá an toàn kết cấu công trình

Quy trình đánh giá an toàn KCCT được minh họa trong hình 1 gồm hai cấp độ, cấp độ 1 là kiểm tra, đánh giá bằng trực quan và cấp độ 2 là đánh giá an toàn đầy đủ.

Đánh giá cấp độ 1 là kiểm tra định kỳ bằng trực quan một cách định tính. Đánh giá cấp độ 2 được thực hiện trong các trường hợp sau:

- (1) Khi đánh giá theo cấp độ 1 có các nghi ngờ về khả năng mất an toàn chịu lực của công trình. Một số dấu hiệu nghi ngờ cơ bản được liệt kê trong bảng 1;
- (2) Khi KCCT có các dấu hiệu bất thường, gây nguy cơ mất an toàn trong quá trình khai thác, sử dụng;
- (3) Công trình sau khi bị sự cố có các dấu hiệu gây nguy cơ mất an toàn chịu lực.



Hình 1. Quy trình đánh giá an toàn kết cấu công trình

3. Nhiệm vụ và phương pháp đánh giá

3.1 Đánh giá cấp độ 1

Trước khi đánh giá, người đánh giá cần được chủ sở hữu hoặc người quản lý, sử dụng công trình cung cấp các tài liệu và được lập thành biên bản bàn giao có xác nhận của các bên. Các tài liệu (nếu có) bao gồm: (i) Bản vẽ hoàn công mặt bằng kiến trúc, mặt bằng kết cấu của công trình; (ii) Hồ sơ, kết quả đánh giá của lần kế tiếp trước đó; (iii) Hồ sơ, tài liệu về lịch sử bảo trì, sửa chữa, gia cố kết cấu; (iv) Hồ sơ, tài liệu quan trắc công trình; (v) Lịch sử về thiên tai, sự cố đối với công trình.

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).

Sau khi nghiên cứu hồ sơ, tiến hành kiểm tra hiện trường. 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

¹ Bộ môn Kết cấu bê tông, Khoa Xây dựng, Đại học Kiến trúc Hà Nội
Email: tinhpp@hau.edu.vn

đại diện. Nếu công trình tồn tại phổ biến tình trạng quá tải hoặc rơi, 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 tinh định (ví dụ: dầm chuyển, 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:

- a) Kiểm tra tình trạng thực tế KCCT 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...
- b) Kiểm tra tải trọng lên công trình để xác định sự phù hợp của tải trọng hiện trạng sử dụng so với thiết kế.
- c) Kiểm tra việc cải tạo hoặc các thay đổi có thể dẫn đến quá tải hay ảnh hưởng xấu đến KCCT.

Sau khi kiểm tra trực quan, lập 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, ví dụ như trong bảng 1 về an toàn chịu lực của công trình, 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.

Bảng 1: Một số dấu hiệu nghi ngờ về an toàn chịu lực của công trình hiện hữu

TT	Cấu kiện	Dấu hiệu nghi ngờ hỗ trợ cho đề xuất đánh giá cấp độ 2
1	Tổng thể	Công trình bị lún, nghiêng, trượt,...
2	Bàn sàn	Nứt tại mặt dưới bản tạo thành hình dạng mái nhà (góc 45 độ từ góc bản), do mô men dương
		Nứt tại mặt trên bản tạo thành hình dạng mu rùa, do mô men âm
		Nứt mặt dưới bản hình rẽ quạt, ngay dưới lực tập trung
		Võng quá mức, bong lớp trát, lộ cốt thép bị gỉ,...
3	Dầm	...
		Vết nứt thẳng góc quá mức do mô men tại vùng bê tông chịu kéo
		Vết nứt nghiêng quá mức ở bụng dầm do lực cắt
		Nứt do bị phá hoại trên tiết diện vành do mô men xoắn, đặc biệt tại các dầm biên chịu mô men xoắn lớn
		Vỡ bê tông vùng chịu nén
4	Cột	Võng quá mức, bong lớp trát, lộ cốt thép bị gỉ,...
		...
		Nứt dọc thân cột
		Lớp bê tông bảo vệ bị phá hoại (theo kiểu bị bong tách hoặc bị nén vỡ), nhìn thấy cốt dọc
5	Bộ phận phi kết cấu	Phá hoại tại vùng giữa cột (bê tông bị nén vỡ, cốt dọc bị oằn ra ngoài)
		...
		Tường bao che ngoài nhà, tường ngăn phòng bị nứt có quy luật, gạch lát nền bị phồng, bong,...

3.2 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 kiểm tra trực quan ở cấp độ 1.

3.2.1 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 cần phải đánh giá chi tiết.

3.2.2 Đánh giá chi tiết

a) Xác định kích thước hình học

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.

Các hư hỏng và khiếm khuyết hình học cần được khảo sát và cần được làm rõ nếu có sự không phù hợp với hồ sơ xây dựng. Nếu các giá trị đo được về khiếm khuyết hình học nhỏ hơn sai số cho phép trong tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thì lấy giá trị theo quy định của tiêu chuẩn.

Các đặc trưng vật liệu có thể được xác định từ bản vẽ, chỉ dẫn thiết kế, hồ sơ chất lượng nếu chúng hợp lệ. Trong trường hợp không chắc chắn về tính hợp lệ của hồ sơ, các đặc trưng vật liệu phải được xác định bằng thí nghiệm hiện trường, bao gồm thí nghiệm phá hủy hoặc không phá hủy. Thí nghiệm không phá hủy chỉ nên được thực hiện kết hợp với thí nghiệm phá hủy.

b) Xác định đặc trưng vật liệu

Đối với bê tông trên kết cấu

Xác định cường độ bê tông trên kết cấu bằng khoan mẫu được hướng dẫn trong TCVN 12252:2020 [7], EN 13791:2007 [8] và BS EN 12504-1:2000[9].

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 có thể tham khảo trong bảng 2 sau:

Bảng 2: Yêu cầu tối thiểu về số lượng mẫu thí nghiệm vật liệu (Bảng 3.2, BS EN 1998-3:2005 [10])

Mức độ khảo sát và thí nghiệm	Khảo sát (các chi tiết cấu tạo)	Thí nghiệm vật liệu
	Cho mỗi cấu kiện chịu lực chính (dầm, cột, vách)	Mẫu thí nghiệm vật liệu trên mỗi tầng
Hạn chế	20%	1 mẫu
Trung bình	50%	2 mẫu
Toàn diện	80%	3 mẫu

Cường độ chịu nén của lõi khoan phụ thuộc vào nhiều yếu tố, như: kích thước lõi (đường kính, d, và tỉ lệ chiều cao/đường kính lõi, h/d), độ phẳng của bề mặt đầu lõi, hoạt động khoan lõi, cốt thép... Theo BS EN 12504-1 [9], tỉ lệ h/d nên là 2,0 nếu cường độ lõi được quy đổi sang cường độ mẫu trụ, h/d nên là 2,0 là 1,0 nếu cường độ lõi được quy đổi sang cường độ mẫu lập phương. Theo EN 13791:2007 [8], (i) cường độ chịu nén của lõi có chiều cao và đường kính bằng nhau và bằng 100mm là tương đương với cường độ chịu nén của mẫu chuẩn lập phương cạnh 150mm được chế tạo và bảo dưỡng trong cùng điều kiện, (ii) lõi có đường kính từ 100mm đến 150mm với tỉ lệ h/d bằng 2,0 có cường độ chịu nén tương đương với cường độ mẫu trụ 150×300mm, (iii) với các lõi có đường kính từ 50mm đến 150mm và có tỉ lệ h/d khác thì sử dụng hệ số quy đổi được quy định tại nơi sử dụng.

Cường độ chịu nén hiện trường là cường độ chịu nén của lõi khoan được quy đổi sang cường độ của viên mẫu chuẩn lập phương cạnh 150mm, được tính theo TCVN 12252:2020 [7] như sau:

R_{is} = η_i × β × $\frac{P}{A}$ (1)

Trong đó R_{is} là cường độ chịu nén hiện trường, P là lực nén phá hoại mẫu lõi khoan (N), A là diện tích bề mặt nén của lõi khoan (mm²), P/A là cường độ chịu nén của lõi khoan, β là hệ số ứng với tỉ lệ h/d và quy đổi về mẫu lập phương cạnh 150mm, bảng 3, η_i là hệ số quy đổi liên quan đến đường kính viên mẫu và cường độ của bê tông, bảng 4.

Bảng 3: Hệ số β ứng với tỉ lệ h/d và chuyển về mẫu chuẩn lập phương cạnh 150mm [7]

h/d	0,85÷ 0,94	0,95÷ 1,04	1,05÷ 1,14	1,15÷ 1,24	1,25÷ 1,34	1,35÷ 1,44	1,45÷ 1,54	1,55÷ 1,64	1,65÷ 1,74	1,75÷ 1,84	1,85÷ 1,94	1,95÷ 2,00
β	0,96	1,00	1,04	1,08	1,10	1,12	1,13	1,14	1,16	1,18	1,19	1,20

Có thể thấy rằng hệ số quy đổi β trong bảng 3 theo TCVN 12252:2020 [7] hoàn toàn phù hợp với hướng dẫn và quy định trong BS EN 12504-1:2000 [9] và EN 13791:2007 [8].

Bảng 4: Hệ số η_1 ứng với đường kính viên mẫu lõi khoan và cường độ bê tông [7]

Giá trị ($\beta.P/A$)	Hệ số η_1 ứng với đường kính mẫu trụ			
	50 ±6 mm ≤ 6	3 ±6 mm	80 ±6 mm >	90 mm
Nhỏ hơn hoặc bằng 15	1,10 1	,06	1,02 1	,00
Trên 15 tới 25	1,07 1	,04	1,01 1	,00
Trên 25 tới 35 1	,03	1,01 1	,00	1,00
Trên 35 tới 45 0	,96	0,97 0	,99	1,00
Trên 45 tới 55 0	,88	0,92 0	,97	1,00
Trên 55	0,80 0	,83	0,95 1	,00

Cường độ chịu nén hiện trường trung bình, $R_{m(n),is}$ với n là số lượng kết quả thí nghiệm mẫu, là:

$$R_{m(n),is} = \frac{\sum R_{is}}{n} \quad (2)$$

Cường độ chịu nén hiện trường đặc trưng, $R_{ck,is}$, được xác định phụ thuộc vào số lượng mẫu. Theo ISO 13822:2010 [5] và JRC 94918:2015 [6], nếu khối lượng khảo sát cung cấp đủ dữ liệu thống kê, thì thiết lập giá trị đặc trưng với xác suất đảm bảo an toàn 95%, là giá trị phân vị 5%:

$$R_{ck,is} = R_{m(n),is} - 1,645s \quad (3)$$

Theo EN 13791:2007 [8], cường độ chịu nén hiện trường đặc trưng được xác định theo một trong hai trường hợp: (i) có ít nhất 15 lõi và (ii) có từ 3 đến 14 lõi, như sau:

Trường hợp có ít nhất 15 lõi thí nghiệm, tính theo cách A:

$$R_{ck,is} = \min \left\{ \begin{matrix} R_{m(n),is} - k_2s \\ R_{is,min} + 4 \end{matrix} \right. \quad (4)$$

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.

Trường hợp có 3 đến 14 lõi thí nghiệm, tính theo cách B:

$$R_{ck,is} = \min \left\{ \begin{matrix} R_{m(n),is} - k \\ R_{is,min} + 4 \end{matrix} \right. \quad (5)$$

Giá trị biên k phụ thuộc vào số mẫu thí nghiệm, lấy theo bảng 5 sau

Bảng 5: Giá trị k phụ thuộc số lượng mẫu n

Số mẫu (n)	k
10 đến 14	5
7 đến 9	6
3 đến 6	7

Đối với 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, 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.

c) 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 [6]. Nếu không thực hiện các thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi thì giá trị E_{cm} , is có thể được tính từ cường độ chịu nén trung bình, $R_{m(n),is}$ của bê tông. Công thức xác định mô đun đàn hồi thông qua cường độ chịu nén có thể tham khảo trong [11], như công thức (6) cho mẫu trụ.

$$E_{cm,is} = 22 \left[\frac{R_{m(n),is}}{10} \right]^{0.3} \quad (6)$$

Hệ số tin cậy cho tác động thường xuyên và cho tác động tạm thời khi đánh giá kết cấu hiện hữu được lấy bé hơn hệ số tin cậy khi thiết kế kết cấu mới, lần lượt được cho trong bảng 6 và bảng 7, được tham khảo trong trong JRC 94918:2015[6], trong đó cấp công trình căn cứ vào hậu quả của sự phá hoại, được quy định trong QCVN 03:2022/BXD[12]

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.

Bảng 6: Hệ số tin cậy cho tác động thường xuyên (Bảng C.2, PL C trong JRC 94918:2015[6])

Cấp hậu quả của sự phá hoại	Chỉ số tin cậy mục tiêu, β		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 nền trước trong kết cấu ứng suất trước, như phần trọng lượng tạo ra mô men chống lật, v.v.						

Bảng 7: Hệ số tin cậy cho tác động tạm thời (Bảng C.3, PL C trong JRC 94918:2015[6])

Cấp hậu quả của sự phá hoại	Chỉ số tin cậy mục tiêu,		Hệ số tin cậy cho tải tạm thời,	
	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.				

d) 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:

Nội lực tính toán thực tế ≤ Khả năng chịu lực của tiết diện thực tế (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, trong đó giá trị cường độ đặc trưng được xác định trong mục 3.2.2 b) và hệ số tin cậy cho vật liệu được lấy theo bảng 8.

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 [13].

Bảng 8: Hệ số tin cậy cho vật liệu (Bảng C.1, Phụ lục C trong JRC 94918:2015 [6])

Cấp hậu quả của sự phá hoại	Chỉ số tin cậy mục tiêu, β		Hệ số tin cậy cho vật liệu, γ_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.				

4. Ví dụ minh họa

Ví dụ này trình bày các nội dung cơ bản trong giai đoạn đánh giá chi tiết, yêu cầu đánh giá an toàn chịu lực một dầm trong kết cấu khung bê tông cốt thép toàn khối của một nhà làm việc. Công trình có đầy đủ hồ sơ xây dựng.

Khảo sát kích thước hình học và chi tiết cấu tạo

Hồ sơ hoàn công hợp lệ, khảo sát đại diện kích thước một số tiết diện, lưới cốt và chiều cao nhà và một số chi tiết cấu tạo cho thấy phù hợp với bản vẽ hoàn công nên các kích thước hình học và chi tiết cấu tạo được lấy theo bản vẽ hoàn công. Kích thước tiết diện thực tế: $b \times h = 250 \times 500 \text{ mm}$; cốt thép chịu kéo thực tế tại tiết diện giữa nhịp và ở gối đều là 3d20 được bố trí một lớp, chiều dày lớp bê tông bảo vệ thực tế là 30mm.

Khảo sát vật liệu

Cốt thép: Hồ sơ chất lượng vật liệu cốt thép đảm bảo hợp lý, vì thế đặc trưng của cốt thép lấy theo hồ sơ chất lượng. Kết quả thí nghiệm thép CB300-V trong hồ sơ chất lượng thi công công trình như sau:

Đường kính	Mẫu	Giới hạn chảy, $R_{s,ls}$ (MPa)	Giới hạn chảy trung bình, $R_{m,ls}$	Độ lệch chuẩn, s	Giá trị đặc trưng, $R_{sk,ls}$
D20	1	356,3	349,0 MPa	8,0	335,8 MPa
	2	340,4			
	3	350,5			

Bê tông: Hồ sơ chất lượng vật liệu bê tông không chắc chắn hợp lý, vì thế cần khoan lõi để thí nghiệm xác định cường độ chịu nén. Khoan 3 lõi trên dầm trục D, tầng 2. Lõi khoan được gia công xử lý để được mẫu thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm nén mẫu như sau:

Kí hiệu mẫu	Kích thước mẫu, mm		h/d	β	Lực phá hoại P (N)	P/A (MPa)	$\beta \times P/A$	η_1	Cường độ độ hiện trường, R_{ls}	Cường độ hiện trường trung bình, $R_{m(3),ls}$	Độ lệch chuẩn, s
	h	d									
1	134	69	1,94	1,19	100000	26,76	33,0	1,01	33,33	40,14 MPa	6,9
2	90	69	1,30	1,10	140000	37,46	41,2	0,97	39,96		
3	123	69	1,78	1,18	180000	48,16	56,8	0,83	47,14		

Cường độ hiện trường trung bình các mẫu lập phương là 40,14 MPa, chuyển sang mẫu trụ có $R_{m(3),ls} = 40,14/1,25 = 32,11 \text{ MPa}$. Mô đun đàn hồi của bê tông tính theo công thức (6), có $E_{cm,ls} = 31,2 \text{ GPa}$. Giá trị $E_{cm,ls}$ này dùng để phân tích kết cấu.

Cường độ đặc trưng của bê tông tính theo công thức (5), có

$$R_{ck,ls} = \min \left\{ \begin{aligned} &R_{m(n),ls} - k = 40,14 - 7 = 33,14 \\ &R_{ls,min} + 4 = 33,33 + 4 = 37,33 \end{aligned} \right. = 33,14 \text{ MPa}$$

Phân tích kết cấu

Vì mục đích đánh giá an toàn cho một dầm khung, nên sơ đồ tính là khung phẳng chứa dầm cần đánh giá. Kết quả khảo sát hiện trường từ bước đánh giá sơ bộ cho thấy không có các hư hại ảnh hưởng đến sơ đồ tính khung. Áp dụng phương pháp phân tích đàn hồi tuyến tính, với các kích thước hình học lấy theo bản vẽ hoàn công, tác động thường xuyên được tính từ kích thước hình học thực tế, với hệ số tin cậy được lấy theo bảng, tác động tạm thời tiêu chuẩn cho văn phòng được lấy theo TCVN 2737:2023 [14], với hệ số tin cậy được lấy theo bảng. Kết quả phân tích

kết cấu cho mô men uốn tại tiết diện giữa dầm là $M = 120 \text{ kNm}$.

Kiểm tra kết cấu

Tiết diện được kiểm tra TTGH cường độ theo TCVN 5574:2018, theo điều kiện $M \leq M_u$ trong đó M_u được tính toán với các giá trị cập nhật, hay giá trị thực tế.

- Cập nhật chiều cao làm việc: $h_0 = 500 - 30 - 20/2 = 460 \text{ mm}$

- Cập nhật cường độ chịu nén tính toán của bê tông:

$$R_b = (\alpha_{cc} \eta \lambda) R_{ck,ls} / (\gamma_c) = (1,0 \times 1,0 \times 0,8) 33,14 / (1,02) = 25,99 \text{ MPa}$$

- Cập nhật cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép:

$$R_s = R_{sk,ls} / \gamma_s = 335,8 / 1,02 = 329,2 \text{ MPa}$$

- Cập nhật hệ số để xác định chiều cao giới hạn của bê tông vùng nén $\xi_R = \frac{0,8}{1 + (R_s/E_s)/0,0035} = \frac{0,8}{1 + (329,2/200000)/0,0035} = 0,54$

- Tính mô men giới hạn của tiết diện hiện hữu:

$$x = R_s A_s / R_b b = (329,2 \times 942) / (25,99 \times 250) = 47,72 < \xi_R h_0 = 0,54 \times 460 = 248,4 \text{ mm}$$

$$M_u = R_b b x (h_0 - x/2) = 25,99 \times 250 \times 47,7 (460 - 47,7/2) = 135 \text{ kNm}$$

- Đánh giá khả năng chịu lực của tiết diện hiện hữu: $M < M_u$, vậy: tiết diện hiện hữu đảm bảo an toàn chịu lực.

5. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu quy trình và phương pháp đánh giá an toàn KCCT bê tông cốt thép trong quá trình khai thác, sử dụng. 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.

Dương Ngân (XDBT)

Tài liệu tham khảo

[1] 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.
[2] 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.
[3] 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.
[4] BCA (Building and Construction Authority), Singapore, 2012. Periodic Structural Inspection of Existing Buildings, Guidelines for structural engineers.
[5] ISO 13822:2010. Bases for design of structures - Assessment of existing structures.
[6] JRC 94918 (EUR 27128 EN), 2015. New European Technical Rules for the Assessment and Retrofitting of Existing Structures.
[7] TCVN 12252:2020. Bê tông – Phương pháp xác định cường độ bê tông trên mẫu lấy từ kết cấu.
[8] EN 13791:2007. Assessment in-situ compressive strength in structures and precast concrete components.
[9] BS EN 12504-1:2000. Test concrete in structures – Part 1: Cored specimens – Taking, examining and testing in compression.
[10] BS EN 1998-3:2005. Eurocode 8-Design of structures for earthquake resistance, Part 3: Assessment and retrofitting of buildings.
[11] BS EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2- Design of concrete structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings.
[12] QCVN 03:2022/BXD. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân cấp công trình phục vụ thiết kế xây dựng.
[13] TCVN 5574:2018. Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.
[14] TCVN 2737:2023. Tải trọng và tác động.