

# Tổng quan về các tiêu chuẩn đánh giá kết cấu hiện hữu

Overview on codes and standards for the assessment of existing structures

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

## Tóm tắt

Bài báo này trình bày tổng quan các tiêu chuẩn hiện hành của quốc tế (ISO), châu Âu (EN), Mỹ (ASCE, ACI), Nga (СП, СП РК, ЦНИИП), và Việt Nam (TCVN) về đánh giá kết cấu hiện hữu, trong đó có so sánh khung đánh giá chung và phương pháp luận của các tiêu chuẩn.

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

## Abstract

This paper presents an overview of codes and standards of the International Organization for Standardization (ISO), Europe (EN), the United States (ASCE, ACI), Russia (СП, СП РК, ЦНИИП) and Vietnam (TCVN) for the assessment of existing structures, in which the general framework of assessment and the methodology are considered and compared.

**Key words:** inspection, assessment, existing structures, retrofitting, deterioration

## 1. Giới thiệu

Các kết cấu hiện hữu, có thể bị xuống cấp hoặc hư hại, do ảnh hưởng của môi trường theo thời gian, do sử dụng, do các tác động bất ngờ như động đất hay hỏa hoạn, do các sai sót trong khảo sát, thiết kế và xây dựng, v.v. nên cần được đánh giá để đảm bảo an toàn sử dụng, hay phục vụ mục đích phá dỡ, cải tạo. Cũng như việc thiết kế kết cấu mới, việc đánh giá kết cấu hiện hữu cũng có các tiêu chuẩn hướng dẫn.

Các tiêu chuẩn đánh giá kết cấu hiện hữu trong bài báo này được áp dụng cho các tòa nhà, các công trình dân dụng và công nghiệp, được làm bằng các vật liệu bê tông, khối xây, kim loại, gỗ, ... Với các kết cấu hiện hữu như cầu, công trình ngoài khơi hoặc nhà máy điện (nhiệt, hạt nhân), ... thì thường có các tiêu chuẩn đánh giá riêng.

Tổng hợp tất cả các lý do được nêu trong [1, 3-14], việc đánh giá kết cấu hiện hữu cần được thực hiện khi:

- (1) Quan sát thấy các sai sót so với mô tả dự án ban đầu
- (2) Kết quả bất lợi của cuộc kiểm tra định kỳ về tình trạng của kết cấu
- (3) Nghi ngờ về sự an toàn của kết cấu do có dấu hiệu hư hỏng
- (4) Các sự cố bất thường trong quá trình sử dụng (va đập của xe cộ, tuyết lở, hỏa hoạn trong tòa nhà, động đất), có thể đã làm hỏng kết cấu
- (5) Rõ ràng không đảm bảo sự sử dụng bình thường (TTGH2)
- (6) Nghi ngờ về khả năng chịu lực liên quan đến vật liệu xây dựng, phương pháp xây dựng hoặc hệ chịu lực
- (7) Phát hiện ra các lỗi thiết kế hoặc lỗi xây dựng
- (8) Sử dụng sai mục đích
- (9) Thay đổi mục đích sử dụng hoặc gia hạn thời hạn sử dụng theo thiết kế một cách có kế hoạch
- (10) Hết thời hạn sử dụng còn lại được cấp trên cơ sở đánh giá kết cấu trước đó
- (11) Phục vụ cải tạo, sửa chữa, phá dỡ
- (12) Không đáp ứng tiêu chuẩn thiết kế hiện hành
- (13) Có yêu cầu từ cơ quan chức năng, từ chủ sở hữu mới trước khi muốn mua lại dự án, từ công ty bảo hiểm, vv
- (14) Đơn giản chỉ vì nghi ngờ về độ an toàn của kết cấu.

Việc đánh giá kết cấu hiện hữu là phức tạp và khác với việc thiết kế kết cấu mới, vì phụ thuộc vào mức độ hiểu biết kết cấu hiện hữu. Nó phức tạp ở chỗ, các đặc trưng thực tế (vật liệu, kích thước hình học, tác động, chi tiết cấu tạo, suy thoái, lịch sử sửa chữa, ...) không những khó biết được đầy đủ và chính xác, mà còn khá tốn công và tỉ mỉ khi áp các đặc trưng thực tế này vào bài toán phân tích kết cấu và bài toán kiểm tra tiết diện. Ví dụ khi cốt thép bị ăn mòn, bê tông bị suy thoái, kết cấu bị mờ, nó vừa ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của tiết diện, vừa ảnh hưởng đến sự đỡ tì, do đó nếu không hiểu biết đầy đủ về ăn mòn cốt thép hoặc suy thoái của bê tông, sẽ dẫn tới sự không chính xác của kết quả phân tích kết cấu và kết quả tính toán khả năng chịu lực, cuối cùng là đánh giá sai. Phán quyết về mức độ an toàn của kết cấu hiện hữu nói chung không được rõ ràng và rành mạch như đối với kết cấu mới.

Bài báo này trình bày tổng quan các tiêu chuẩn hiện hành của quốc tế (ISO), châu Âu (EN), Mỹ (ASCE, ACI), Nga (СП, СП РК, ЦНИИП), và Việt Nam (TCVN) về đánh giá kết cấu hiện hữu, trong đó có so sánh khung đánh giá chung và phương pháp luận của các tiêu chuẩn.

(1) PGS.TS, Giảng viên, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, Email: <pphutinh@gmail.com>

(2) PGS.TS, Cục Giám định nhà nước về chất lượng công trình xây dựng, Bộ Xây dựng, Email: <phamha.cgd@gmail.com>

## 2. Tổng quan về các tiêu chuẩn đánh giá kết cấu hiện hữu

### 2.1. Tiêu chuẩn quốc tế (ISO)

ISO 13822 [1] là tiêu chuẩn quốc tế đưa ra các yêu cầu và quy trình chung để đánh giá các kết cấu hiện hữu (tòa nhà, cầu, kết cấu công nghiệp, v.v. bằng các vật liệu khối xây, bê tông, thép, gỗ hay bất kỳ vật liệu nào khác). ISO 13822 được dựa trên các nguyên tắc về độ tin cậy của kết cấu và hậu quả của sự phá hoại [2].

ISO 13822 là cơ sở cho việc soạn thảo các tiêu chuẩn hoặc quy phạm quốc gia để thực hành phù hợp với điều kiện thực trạng về kỹ thuật và kinh tế. Nó hướng dẫn khung chung và phương pháp luận cho việc đánh giá kết cấu hiện hữu.

Khung chung là các thủ tục đánh giá sơ bộ, đánh giá chi tiết, với các hướng dẫn về khảo sát vật liệu, khảo sát tải trọng, phân tích kết cấu, thử tải, kiểm tra kết cấu theo trạng thái giới hạn, kết luận, kiến nghị và viết báo cáo đánh giá, hình 1. Phương pháp luận được giới thiệu trong ISO 13822 là các lý thuyết cơ bản và quen thuộc, đó là lý thuyết xác suất thống kê để xác định giá trị trung bình, giá trị đặc trưng của đặc tính vật liệu, hình học và tác động, là lý thuyết độ tin cậy để xác định các hệ số tin cậy (hệ số riêng) và từ đó xác định giá trị tính toán của cường độ vật liệu và giá trị tính toán của các tác động.

ISO 13822 không sử dụng các dấu hiệu bên ngoài (vỡ, nứt, nghiêng) để kết luận về khả năng chịu lực của kết cấu, nó cũng không phân cấp nguy hiểm của kết cấu được đánh giá. Cơ sở của việc đánh giá là kiểm tra theo trạng thái giới hạn về cường độ và trạng thái giới hạn về sử dụng bình thường.

### 2.2. Tiêu chuẩn châu Âu (EN)

Tiêu chuẩn châu Âu hiện hành (thế hệ 1) chưa có một bộ riêng về đánh giá an toàn kết cấu hiện hữu, nhưng có EN 1998-3:2005 [3] về đánh giá và gia cố tòa nhà sau động đất. EN 1998-3:2005 phù hợp với ISO 13822 cả về khung chung và phương pháp luận. Ngoài việc kể đến các đặc thù về phân tích kết cấu và thiết kế công trình chịu động đất, nó còn sử dụng khái niệm mức độ hiểu biết kết cấu, từ đó quy định khối lượng khảo sát kết cấu và hệ số tự tin tương ứng với mức độ hiểu biết.

Tiêu chuẩn châu Âu thế hệ 2, đã và đang được phát triển từ 2015, theo đó Ủy ban tiêu chuẩn có kế hoạch biên soạn một bộ tiêu chuẩn riêng về đánh giá an toàn kết cấu hiện hữu, hiện mới xong bước 1 và đã xuất bản được một báo cáo khoa học và pháp lý, mã hóa là JRC 94918 [4]. (Một EN cần ba bước để được phát hành: bước 1: phát hành báo cáo khoa học và pháp lý, bước 2: Sau khi báo cáo khoa học và pháp lý được đồng thuận, thì phát hành tiền tiêu chuẩn – preEN hay ENV (thế hệ 2 gọi ENV là chỉ dẫn kỹ thuật – CEN Technical Specifications – CEN/TS), và bước 3: sau một thời gian sử dụng ENV (hay CEN/TS) mà không có xung đột hoặc tranh luận thì phát hành ENV thành EN). JRC 94918 [4] chưa được gọi là tiêu chuẩn châu Âu về đánh giá kết cấu hiện hữu.

JRC 94918 gồm ba phần: Phần 1 – Khung chính sách, Phần 2 – Tổng quan về các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành về đánh giá an toàn kết cấu hiện hữu của 12 nước thành viên, Phần 3 - Dự thảo cho EN. Xương sống của Phần 3 là ISO 13822, có thêm các định nghĩa, giải thích, và quy định cho phù hợp với EN 0 đến EN 9. Mặc dù Phần 3 của JRC 94918 đã cụ thể hóa phương pháp luận theo hướng dẫn của ISO 13822 bằng các hệ số riêng, song nó được khuyến nghị

không phục vụ áp dụng thực hành, bởi vì nó chưa phải là tiêu chuẩn châu Âu.

### 2.3. Tiêu chuẩn Mỹ (ASCE, ACI)

Các tiêu chuẩn đánh giá tòa nhà hiện hữu của Mỹ [5-10] khá phù hợp với ISO 13822 cả về khung chung và phương pháp luận, trong đó ASCE 11-99 [5] là tài liệu hướng dẫn chung, giống như “ISO của Mỹ”, và các tiêu chuẩn còn lại [6-10] là cụ thể hóa ASCE 11-99 hay cụ thể hóa ISO 13822. ASCE 11-99 là tài liệu không bắt buộc sử dụng, nếu có các tiêu chuẩn khác thích hợp hơn.

ASCE\_SEI 41-17 [6] hướng dẫn cụ thể về đánh giá và gia cố tòa nhà hiện hữu chịu động đất, so với EN 1998-3:2005 [3] thì ASCE\_SEI 41-17 chi tiết và đầy đủ hơn rất nhiều. ACI 562-19 [9] quy định cụ thể về hệ số suy giảm cường độ và hệ số tổ hợp tải trọng khi đánh giá kết cấu. ACI 318-19 [10] là tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông, nhưng có một chương 27 về đánh giá khả năng chịu lực của kết cấu hiện hữu. Tất cả các hệ số và các hướng dẫn trong chương 27 là phù hợp và thống nhất với các hệ số và hướng dẫn trong [5, 9].

Cũng giống như ISO 13822, các tiêu chuẩn [5-10] không sử dụng các dấu hiệu bên ngoài (vỡ, nứt, nghiêng) để kết luận về khả năng chịu lực của kết cấu, và không phân cấp nguy hiểm của kết cấu được đánh giá.

### 2.4. Tiêu chuẩn Nga (СП, СП РК, ЦНИИП)

СП 13-102-2003 [11] được giới thiệu lần đầu năm 2003, trình bày bộ quy tắc để khảo sát và đánh giá kết cấu chịu lực của các tòa nhà, ngoại trừ các vấn đề liên quan địa chất công trình của nền đất. СП 13-102-2003 đã được chấp nhận và khuyến nghị sử dụng, nó khá phù hợp với ISO 13822 cả về khung chung và phương pháp luận, bao gồm các nội dung cốt lõi: đánh giá vật liệu, đánh giá tải trọng, phân tích kết cấu, và kiểm tra theo trạng thái giới hạn.

СП РК 1.04-101-2012 [12] giới thiệu các điều khoản kiểm tra chuyên môn các tòa nhà và công trình công nghiệp, gồm kết cấu thép, kết cấu bê tông cốt thép, ống công nghiệp. Ngoài việc hướng dẫn phạm vi công việc và số lượng/khối lượng khảo sát đánh giá nền và móng, cọc, khối xây, tường của các tòa nhà tiền chế, cột, lớp phủ và trần nhà, ban công, phào chỉ và mái che, cầu thang bộ, nó còn hướng dẫn kiểm tra tầng áp mái, hệ thống sưởi, hệ thống cấp nước nóng, hệ thống thoát nước thải nội bộ. Khái niệm đánh giá dựa vào ba mức độ hiểu biết kết cấu hiện hữu giống như trong tiêu chuẩn châu Âu EN 1998-3:2005 [3] cũng được đề cập đến trong СП РК 1.04-101-2012. Tiêu chuẩn này giống một tài liệu hướng dẫn kiểm tra định kỳ tòa nhà và công trình hơn là tài liệu hướng dẫn đánh giá kết cấu hiện hữu.

ЦНИИПромзданий [13] đưa ra các khuyến nghị nhằm đánh giá nhanh, gần đúng độ tin cậy của tòa nhà hay các cấu kiện đơn lẻ làm bằng kết cấu khối xây, kết cấu bê tông cốt thép, kết cấu thép và kết cấu gỗ, dựa vào các dấu hiệu bên ngoài hay kết quả kiểm tra trực quan. Kết luận đánh giá giúp đưa ra các yêu cầu sửa chữa hoặc yêu cầu phải đánh giá chính xác hơn. Vì nhằm đánh giá nhanh, gần đúng tình trạng kỹ thuật của tòa nhà hay cấu kiện đơn lẻ dựa vào các dấu hiệu bên ngoài, nên nội dung và phương pháp tiếp cận trong ЦНИИПромзданий khác xa với nội dung và phương pháp luận được nêu trong [1], [3-4], [5-10], [11]. Phần ứng dụng của tài liệu đưa ra các bảng: (i) đánh giá tình trạng kỹ thuật của tòa nhà bằng các dấu hiệu bên ngoài, (ii) đánh giá tình trạng kỹ thuật của kết cấu sau một trận động đất theo các dấu hiệu bên ngoài, (iii) đánh giá tình trạng kỹ thuật của kết cấu sau đám cháy theo các dấu hiệu bên ngoài.

2.5. Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN)

TCVN 9381:2012 [14] là tiêu chuẩn hiện hành được áp dụng để đánh giá mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà. Về khung chung, tiêu chuẩn này phù hợp với ISO 13822, nhưng về phương pháp luận, nó không rõ ràng và khác xa so với ISO 13822, đặc biệt là việc dựa vào các dấu hiệu bên ngoài để kết luận mức độ nguy hiểm của kết cấu. Việc đánh giá kết cấu dựa vào vật liệu thực tế, tải trọng thực tế, và phân tích kết cấu thực tế không được hướng dẫn rõ ràng.

Hiện tại, Việt Nam có các tiêu chuẩn về đánh giá công trình hiện hữu đã được biên soạn chờ ban hành [15]. Các tiêu chuẩn này được dựa vào tiêu chuẩn tương ứng của liên bang Nga, gồm:

- (1) Nhà và công trình – Nguyên tắc khảo sát và quan trắc tình trạng kỹ thuật
- (2) Nhà và công trình – Các nguyên tắc khảo sát kết cấu chịu lực
- (3) Nhà và công trình – Khảo sát và đánh giá tình trạng kỹ thuật của kết cấu ngăn che
- (4) Hướng dẫn đánh giá độ tin cậy của kết cấu xây dựng của nhà và công trình theo dấu hiệu bên ngoài
- (5) Quy định về khảo sát kỹ thuật nhà ở.

3. Một số câu hỏi

Đánh giá kết cấu hiện hữu nhằm mục đích chứng minh rằng kết cấu có làm việc an toàn trong thời hạn sử dụng còn lại hay không. Do đó, một số câu hỏi nảy sinh và các câu trả lời tương ứng được dựa vào các tiêu chuẩn, như sau:

*Cốt lõi của bài toán đánh giá kết cấu là gì?*

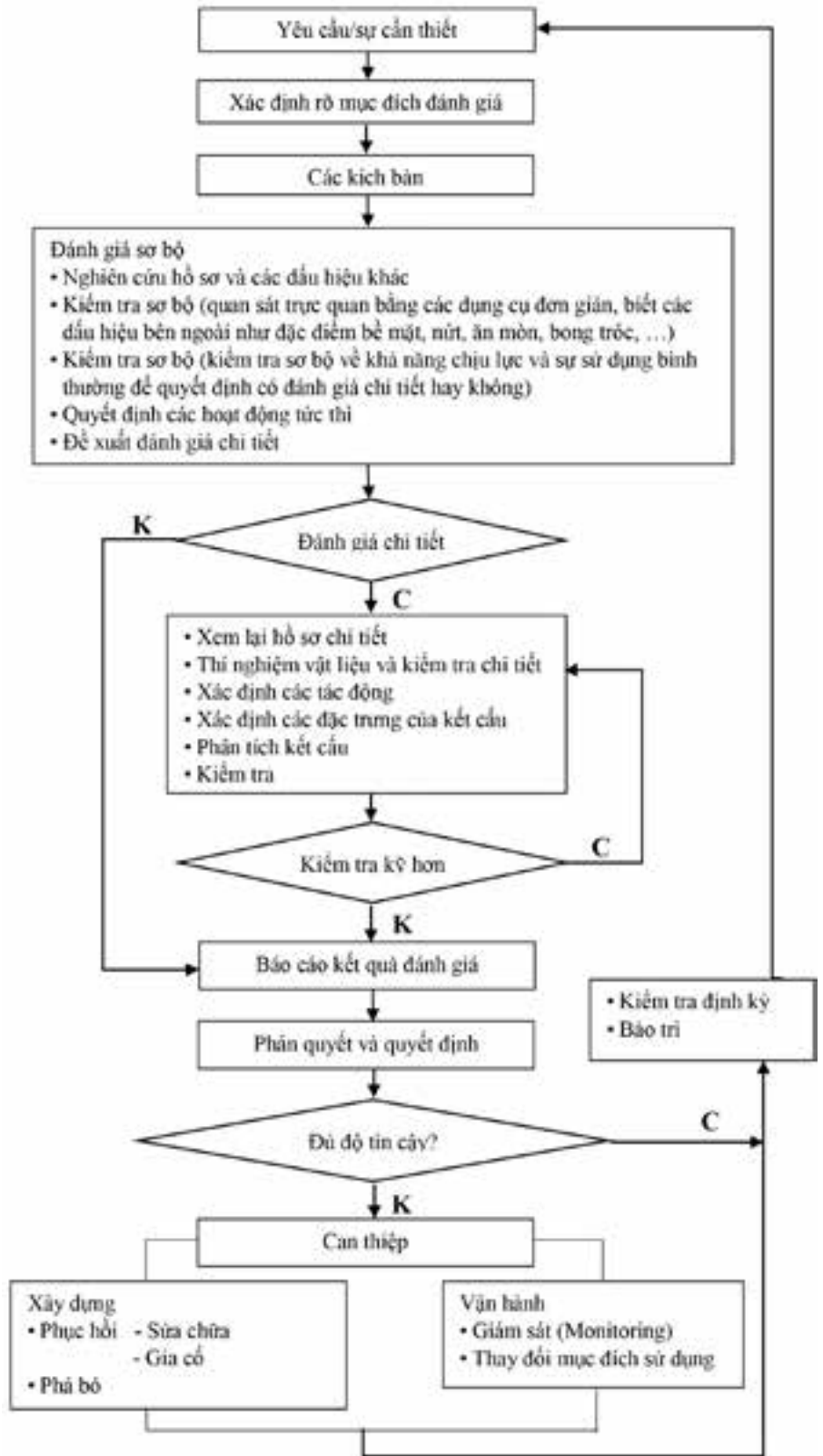
Là mức độ hiểu biết về kết cấu hiện hữu, gồm đặc trưng vật liệu thực tế, tải trọng thực tế, các kích thước hình học và chi tiết cấu tạo thực tế. Hệ số tin cậy cho vật liệu và hệ số tin cậy cho tải trọng trong bài toán đánh giá kết cấu được lấy nhỏ hơn so với hệ số tin cậy tương ứng trong bài toán thiết kế mới.

Sơ đồ tính toán phải kể đến các đặc trưng thực tế của kết cấu (vật liệu, tải trọng, kích thước hình học, chi tiết cấu tạo). Sự suy thoái của kết cấu, nếu có, phải được kể đến trong sơ đồ tính.

Cơ sở đánh giá an toàn chịu lực là so sánh nội lực thực tế bất lợi nhất trong tiết diện với khả năng chịu lực thực tế của tiết diện.

*Dựa vào dấu hiệu bên ngoài (nứt, võng, ăn mòn cốt thép, suy thoái của bê tông...) có kết luận được khả năng chịu lực của cấu kiện không?*

Không. Các dấu hiệu bên ngoài, nếu có, chỉ là dấu hiệu



Hình 1. Khung chung về đánh giá kết cấu hiện hữu theo ISO 13822

nhận về khả năng chịu lực của kết cấu, và là các dữ liệu hỗ trợ cho các phán quyết trong việc kiểm tra khả năng chịu lực của tiết diện.

*Đánh giá kết cấu có dựa trên tiêu chuẩn thiết kế hiện hành không?*

**Bảng 1. So sánh hệ số tin cậy khi đánh giá và khi thiết kế theo tiêu chuẩn Châu Âu**

Hệ số tin cậy (a)		Thiết kế [17]	Đánh giá [4]
Cho vật liệu	Bê tông, $\gamma_C$	1.50	1.02
	Cốt thép, $\gamma_S$	1.15	1.02
Cho tác động	Thường xuyên, $\gamma_G$	1.35	1.09
	Tạm thời, $\gamma_Q$	1.50	1.40 (b)

(a) Hệ số tin cậy trong bảng này lấy theo hậu quả lớp 2 (CC2 – tòa nhà chung cư và văn phòng)  
 (b) Khi gió không chiếm ưu thế, lấy bằng 1.40, khi gió chiếm ưu thế, lấy bằng 1.11

**Bảng 2. So sánh hệ số suy giảm cường độ tiết diện bê tông cốt thép khi đánh giá và khi thiết kế theo tiêu chuẩn Mỹ**

Cường độ	Phân loại	Đai	Hệ số suy giảm cường độ, $\Phi$	
			Thiết kế [10]	Đánh giá [9,10]
Uốn, nén, hoặc cả hai	Phá hoại vùng kéo trước		0.90	1.00
	Phá hoại vùng nén trước	Lò xo	0.75	0.90
		Khác	0.65	0.80
Cắt, xoắn hoặc cả hai			0.75	0.80
Mang, đỡ			0.65	0.80

Giá trị của cường độ tính toán của vật liệu và giá trị tính toán của tác động thường xuyên và tác động tạm thời

$G_d, q_d$  lần lượt được tính như sau:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}; G_d = \gamma_G G_k; q_d = \gamma_Q q_k$$

Trong đó  $R_k, G_k, q_k$  lần lượt là giá trị đặc trưng của đặc trưng vật liệu, tác động thường xuyên, và tác động tạm thời.

Các hệ số tin cậy  $\gamma_M, \gamma_G, \gamma_Q$  trong tiêu chuẩn đánh giá khác với giá trị của chúng trong tiêu chuẩn thiết kế.

Phương pháp và phần mềm phân tích kết cấu được sử dụng để đánh giá giống với phương pháp và phần mềm được sử dụng trong thiết kế mới, ngoài ra, khi đánh giá có thể áp dụng phương pháp phân tích kết cấu tỉ mỉ hơn, do đã biết được các chi tiết cấu tạo và đặc trưng kết cấu.

Việc đánh giá một kết cấu hiện hữu cũng dựa trên các nguyên tắc của các trạng thái giới hạn.

Một số tiêu chuẩn thiết kế [10, 16] cũng có một chương riêng về đánh giá khả năng chịu lực của kết cấu.

Liệu người ta có thể chấp nhận mức độ an toàn thấp hơn so với mức độ an toàn giả định ban đầu ở giai đoạn thiết kế?

Có. Hai bảng sau đây phần nào chứng minh điều đó. (Bảng 1, 2).

*Có mấy cấp về tình trạng nguy hiểm của kết cấu nhà?*

Phân cấp định tính về thực trạng của kết cấu theo các hư hại có thể xảy ra (ví dụ: không có, nhỏ, trung bình, nghiêm trọng, phá hoại, không xác định) thường được sử dụng trong giai đoạn đánh giá sơ bộ.

Phân cấp định lượng được sử dụng trong giai đoạn đánh giá chi tiết, tuy nhiên chỉ có ít trong tổng số các tiêu chuẩn có nêu rõ các cấp nguy hiểm, là:

(1) TCVN 9381:2012 [14] sử dụng 4 cấp A, B, C, D để phân loại mức độ nguy hiểm

(2) СП РК 1.04-101-2012 [12] sử dụng 5 cấp nguy hiểm (I, II, III, IV, và V) cho kết cấu gạch đá và kết cấu bê tông, phân thành 3 cấp nguy hiểm (1, 2, và 3) cho kết cấu kim loại và kết cấu gỗ.

(3) EN 1998-3:2005 [3] sử dụng 3 cấp (Sắp sập: Near Collapse – NC, Hư hại đáng kể: Significant Damage – SD, và Hư hại hạn chế: Damage Limitation - DL). Cách phân cấp này phù hợp với phân tích kết cấu chịu động đất.

*Khi nào nên đánh giá bằng thử tải?*

Trong các tính huống như: khi các đặc trưng kết cấu không được hiểu đầy đủ, khi không thể thực hiện được việc đo đạc kích thước và đặc trưng vật liệu, khi không tự tin vào kết quả phân tích kết cấu, hoặc khi đối tượng được đánh giá không có hồ sơ thiết kế và hồ sơ xây dựng.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Tiêu chuẩn đánh giá kết cấu hiện hữu của châu Âu [3, 4], của Mỹ [5-10], của Nga [11] phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế ISO 13822 [1] về khung chung, phương pháp luận và cơ sở đánh giá. Khung chung là quy trình và các nội dung đánh giá. Phương pháp luận là lý thuyết xác suất thống kê và lý thuyết độ tin cậy. Cơ sở đánh giá là dựa vào yêu cầu về khả năng chịu lực và sự sử dụng bình thường.

Các tiêu chuẩn [12-14] có phương pháp luận không rõ ràng, và đánh giá dựa vào các dấu hiệu bên ngoài có thể phù hợp với việc đánh giá nhanh, gần đúng như đã nêu trong phần giới thiệu của [13].

Khác với việc thiết kế, việc đánh giá kết cấu hiện hữu phức tạp hơn nhiều, vì nó phụ thuộc vào mức độ hiểu biết kết cấu hiện hữu. Tiêu chuẩn đánh giá kết cấu vừa không cụ thể và chi tiết bằng tiêu chuẩn thiết kế, vừa phải tham khảo rất nhiều các tiêu chuẩn khác (ví dụ như các tiêu chuẩn khảo

(xem tiếp trang 102)