TCVN **TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

TCVN 14478:2025

Xuất bản lần 1

KIỂM ĐỊNH CẦU ĐƯỜNG BỘ

Highway Bridge Inspection Specification

HÀ NỘI - 2025

Mục lục

Lời nói đầu

1 Phạm vi áp dụng 5

2 Tài liệu viện dẫn 5

3 Thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu và chữ viết tắt 6

4 Quy định chung 7

5 Kiểm tra cầu 9

6 Khảo sát nền móng 12

7 Phương pháp kiểm tra vật liệu 14

8 Thử tải cầu 16

9 Đánh giá công trình theo các số liệu kiểm định 20

10 Kết quả kiểm định 22

11 An toàn lao động 24

Phụ lục A (Quy định) Các khuyết tật và hư hỏng điển hình của kết cấu bê tông, BTCT 27

Phụ lục B (Quy định) Các khuyết tật và hư hỏng điển hình của kết cấu thép, thép - bê tông liên hợp 54

Phụ lục C (Quy định) Các khuyết tật và hư hỏng điển hình của mố, trụ cầu 70

Phụ lục D (Quy định) Các khuyết tật và hư hỏng điển hình của các bộ phận khác 73

Phụ lục E (Quy định) Quy trình thử tải cầu 78

Phụ lục F (Tham khảo) Đánh giá kết quả thử tải động trên cầu 88

Thư mục tài liệu tham khảo 106

Lời nói đầu

TCVN 14478:2025 do Viện Khoa học và Công nghệ giao thông vận tải biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng Quốc gia thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Kiểm định cầu đường bộ

Highway Bridge Inspection Specification

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định về công tác kiểm định cho các công trình cầu đường bộ thông thường (cầu BTCT thường, cầu BTCT DƯL, cầu thép, cầu thép - bê tông liên hợp).

Đối với những cầu có kết cấu phức tạp (cầu di động, cầu hệ dây treo và các loại cầu có đặc điểm khác thường) phải bổ sung các yêu cầu kiểm định riêng.

Tiêu chuẩn này có thể được tham khảo trong công tác kiểm định cầu dành cho người đi bộ, cầu giao thông nông thôn.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 8774: 2012, *An toàn thi công cầu;*

TCVN 11297:2016, *Cầu đường sắt - Quy trình kiểm định;*

TCVN 11823-1:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 1: Yêu cầu chung;*

TCVN 11823-2:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 2: Tổng thể và đặc điểm vị trí;*

TCVN 11823-3:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 3: Tải trọng và Hệ số tải trọng;*

TCVN 11823-4:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 4: Phân tích và Đánh giá kết cấu;*

TCVN 11823-5:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 5: Kết cấu bê tông;*

TCVN 11823-6:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 6: Kết cấu thép;*

TCVN 11823-9:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 9: Mặt cầu và Hệ mặt cầu;*

TCVN 11823-10:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 10: Nền móng;*

TCVN 11823-11:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 11: Mố, Trụ và Tường chắn;*

TCVN 11823-12:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 12: Kết cấu vùi và Áo hầm;*

TCVN 11823-13:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 13: Lan can;*

TCVN 11823-14:2017, *Thiết kế cầu đường bộ - Phần 14: Khe co dãn và Gối cầu;*

TCVN 12882:2020, *Đánh giá tải trọng khai thác cầu đường bộ;*

TCVN 9360:2024, *Công trình dân dụng và công nghiệp - Xác định độ lún bằng phương pháp đo cao hình học.*

3 Thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu và chữ viết tắt

3.1 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1.1

Cấp tải trọng (Load class)

Là khả năng chịu tải được biểu thị bằng giá trị của cấp hoặc khối lượng cho phép của tải trọng thẳng đứng tạm thời.

3.1.2

Khuyết tật, hư hỏng (Defects)

Sự suy giảm, sai lệch trong kết cấu cầu so với các yêu cầu đã thiết lập của tài liệu thiết kế, tài liệu kỹ thuật; có khả năng ảnh hưởng đến chức năng, độ bền, độ an toàn hoặc tuổi thọ của công trình cầu hoặc bộ phận công trình cầu.

3.1.3

Kết cấu chịu lực (Load bearing structure)

Kết cấu của công trình cầu mà chức năng chính là chịu lực từ các tải trọng thường xuyên và tạm thời.

3.1.4

Kiểm định cầu (Bridge inspection)

Là hoạt động kiểm tra, đánh giá chất lượng hoặc nguyên nhân hư hỏng, giá trị, thời hạn sử dụng và các thông số kỹ thuật khác của bộ phận công trình hoặc toàn bộ công trình thông qua khảo sát, quan trắc, thí nghiệm kết hợp với việc tính toán, phân tích.

3.1.5

Khảo sát cầu (Bridge survey)

Là các công việc: thu thập và nghiên cứu tài liệu, đo đạc kích thước, kiểm tra kết cấu nhằm xác định tình trạng kỹ thuật của kết cấu và từ đó có thể đưa ra các kiến nghị.

3.1.6

Tình trạng kỹ thuật (Condition states)

Mô tả khuyết tật, hư hỏng và mức độ nghiêm trọng, kèm theo chỉ dẫn để xác định mức độ nghiêm trọng của khuyết tật, hư hỏng.

3.1.7

Thử tải cầu (Bridge load testing)

Thử tải cầu là dùng các thiết bị, dụng cụ để đo các tham số cơ học của cầu (biến dạng, độ võng, chu kỳ, biên độ dao động,...) dưới tác dụng của tải trọng tại hiện trường. Tải trọng thử tải có thể là tải trọng ngẫu nhiên hoặc tải trọng được bố trí trên cầu theo đề cương thử tải. Thử tải có thể thực hiện cho toàn cầu hoặc một bộ phận của cầu. Thử tải cầu có thể là công việc độc lập hoặc là một phần công việc của kiểm định cầu.

3.2 Ký hiệu và chữ viết tắt

BTCT – Bê tông cốt thép.

DƯL – Dự ứng lực.

FFT – Biến đổi Fourier nhanh.

PTHH – Phần tử hữu hạn.

TTGH – Trạng thái giới hạn.

LRFD – Thiết kế theo hệ số sức kháng và tải trọng.

4 Quy định chung

4.1 Việc kiểm tra các cầu đang khai thác được tiến hành định kỳ, theo kế hoạch, với tần suất đã quy định trong quy trình quản lý, khai thác và bảo trì cầu hoặc trong các quy định hiện hành.

4.2 Phương pháp tính toán được thực hiện theo tiêu chuẩn thiết kế cầu hiện hành. Đối với những cầu thiết kế theo các tiêu chuẩn khác, có thể kiểm toán theo các tiêu chuẩn đó (nếu cần).

4.3 Việc thử tải cầu cần được tiến hành trong những trường hợp khi không thể giải quyết những vấn đề liên quan đến khai thác chỉ bằng cách tính toán theo các tài liệu thu thập được và kết quả kiểm tra, kết quả khảo sát. Yêu cầu thử tải cầu có thể được thực hiện trong các trường hợp:

a) Khi phát hiện thấy công trình, bộ phận công trình có hư hỏng hoặc có dấu hiệu nguy hiểm, không đảm bảo an toàn cho việc khai thác, sử dụng;

b) Khi có yêu cầu đánh giá chất lượng hiện trạng của công trình phục vụ cho việc lập quy trình bảo trì đối với những công trình đã đưa vào sử dụng nhưng chưa có quy trình bảo trì;

c) Khi cần có cơ sở để quyết định việc kéo dài thời hạn sử dụng của công trình đối với các công trình đã hết tuổi thọ thiết kế hoặc làm cơ sở cho việc cải tạo, nâng cấp công trình;

d) Công trình cầu có kết cấu mới, vật liệu mới, công nghệ thi công mới;

e) Có nghi vấn về chất lượng;

f) Khi có yêu cầu của chủ đầu tư hoặc cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền;

g) Trước và hoặc sau sửa chữa hoặc tăng cường cầu;

h) Khi cần khẳng định sự phù hợp tải trọng đã tính toán;

i) Khi cần đánh giá hiệu quả các biện pháp đã thực hiện để bảo đảm an toàn cho các tải trọng đặc biệt;

j) Các trường hợp có căn cứ khác.

4.4 Đề cương kiểm định cần nêu đầy đủ: mục đích, nội dung, khối lượng công tác kiểm định, an toàn lao động, xác định loại và thành phần hồ sơ kỹ thuật trong bản báo cáo.

Nội dung chính của đề cương kiểm định, gồm:

- Giới thiệu về cầu;
- Thu thập hồ sơ, sử dụng hồ sơ về sửa chữa, đánh giá an toàn, quan trắc công trình cầu (nếu có);
- Mục đích kiểm định;
- Khảo sát cầu:
  + Đo đạc kích thước, lập bản vẽ nếu cần;
  + Xác định các hư hỏng hiện có;
  + Thí nghiệm vật liệu;
  + Tình trạng khai thác, quản lý cầu;
  + Môi trường xung quanh cầu;
  + Các công trình lân cận có ảnh hưởng đến cầu.
- Nội dung thử tải (nếu có):
  + Tải trọng thử và các sơ đồ bố trí tải trọng;
  + Đo biến dạng, chuyển vị;
  + Đo độ võng;
  + Đo dao động;
  + Các đo đạc khác.
- Xử lý số liệu và phân tích kết quả đo;
- Tính toán, đánh giá cầu;
- Báo cáo kết quả kiểm định.

4.5 Những công việc chuẩn bị có liên quan tới việc tiến hành kiểm định (như dựng giàn giáo, vị trí quan sát, tải trọng thử, điều tiết giao thông trên và dưới cầu trong khi thử tải,...) thể hiện chi tiết phù hợp với đề cương kiểm định được quy định trong 4.4.

4.6 Công việc kiểm định cầu cần tiến hành trong điều kiện thời tiết thuận tiện để có thể nhìn rõ các chi tiết của công trình, để các thiết bị đo đã lắp đặt hoạt động tốt, các tải trọng thử tải di chuyển an toàn và để có thể thoả mãn đầy đủ các yêu cầu về kỹ thuật an toàn, về bảo hộ lao động đối với người trong khi làm việc.

4.7 Khi kiểm định cầu phải chấp hành đầy đủ các quy định hiện hành về an toàn lao động nói chung tại Điều 11 và các quy định của TCVN 8774:2012.

4.8 Trong mọi trường hợp, việc lấy mẫu và chế tạo mẫu để thí nghiệm tính chất cơ học của vật liệu làm cầu phải tuân theo những quy định trong các tiêu chuẩn thí nghiệm hiện hành. Khi không thể có mẫu thử lấy trực tiếp từ trong kết cấu thì được phép áp dụng các phương pháp thí nghiệm gián tiếp như siêu âm, xung kích, thử độ cứng bề mặt theo tiêu chuẩn hiện hành.

5 Kiểm tra cầu

5.1 Yêu cầu chung

5.1.1 Xem xét hồ sơ kỹ thuật của cầu đang khai thác gồm cả việc nghiên cứu các tài liệu và số liệu của những lần kiểm định trước, trong đó cần làm rõ những sửa chữa trước đây đã được thực hiện đến mức độ nào.

Ngoài ra, cần nghiên cứu các tài liệu về bảo dưỡng định kỳ (trong đó có việc phát hiện các hư hỏng); công tác sửa chữa, theo dõi (quan trắc) lâu dài, đặc biệt lưu ý những điều sau:

- Các khuyết tật được xác định bởi các đợt kiểm tra trước đây;
- Cơ chế phát triển của các khuyết tật chính;
- Lịch sử khai thác và những thay đổi về tình trạng kỹ thuật trong thời gian khai thác do phát sinh khuyết tật, sự cố, tai nạn và công việc sửa chữa;
- Kết quả đo (xác định) các đặc tính của vật liệu xây dựng;
- Tài liệu liên quan đến việc thực hiện công việc bảo trì;
- Kết quả của các quan sát (quan trắc) dài hạn về vị trí và hình dạng kết cấu công trình.

5.1.2 Khi thực hiện công việc khảo sát tại hiện trường, sử dụng các thiết bị, dụng cụ đo lường được hiệu chuẩn định kỳ.

5.1.3 Việc kiểm tra thực hiện bằng các phương pháp kiểm tra trực quan, quang học, đo đạc và thí nghiệm không phá hủy.

5.1.4 Số lượng mặt cắt và vị trí đo được lấy tùy thuộc vào kích thước và hình dạng của đối tượng đo,

nhưng không ít hơn hai.

5.1.5 Khi đánh giá các đặc trưng cơ học của vật liệu về nguyên tắc nên sử dụng phương pháp không phá hủy. Nếu cần lấy mẫu thử không nên lấy mẫu vật liệu kết cấu từ các bộ phận phụ và bộ phận không chịu lực. Khi lấy mẫu từ các kết cấu chính cần phải bù vật liệu có tính năng tương tự ở phần lấy mẫu để đảm bảo tính toàn vẹn và khả năng làm việc của kết cấu.

5.1.6 Tất cả các khuyết tật phát hiện trong quá trình khảo sát được phân loại theo 5.5.

5.1.7 Các khuyết tật phát hiện trong quá trình khảo sát cần lập thành một danh sách, ở đó chỉ rõ khuyết tật và các thông số của từng khuyết tật.

5.2 Nghiên cứu hồ sơ kỹ thuật

5.2.1 Khi tiến hành kiểm định, xuất phát từ nhiệm vụ trong đề cương được duyệt, đơn vị kiểm định cần xác định mức độ chi tiết cho việc thu thập hồ sơ kỹ thuật đối với mỗi công trình cụ thể.

5.2.2 Đối với tất cả các loại khảo sát kết cấu cầu, nên sử dụng hệ thống khai thác đánh số, xác định các bộ phận và kết cấu. Nếu hệ thống đánh số trong thiết kế và thi công không trùng với hệ thống đánh số trong khai thác thì thông tin về tương quan của các hệ thống này cần được trình bày trong báo cáo kết quả khảo sát.

5.2.3 Việc đánh số của các bộ phận và kết cấu của kết cấu cầu cần được chấp nhận:

- Theo phương dọc cầu - dọc theo số lý trình đường, bắt đầu từ thứ tự 1;
- Theo phương ngang - từ trái sang phải, khi nhìn dọc theo hướng tuyến.

5.2.4 Khi ấn định hệ thống đánh số và chỉ định các kết cấu riêng lẻ và các bộ phận của kết cấu cầu, cần tuân thủ các quy tắc sau:

- Số của mố, trụ nên được đánh số dọc lý trình, bắt đầu từ thứ tự 1;
- Số nhịp: 1, 2, 3,... nên được đánh số dọc theo lý trình;
- Số lượng các dầm chính (giàn) trong nhịp nên được đánh số bắt đầu từ phía bên trái của kết cấu cầu;
- Số lượng dầm ngang (vách ngang) theo hướng dọc đánh số trong mỗi nhịp dọc theo lý trình, cho biết giữa dầm dọc nào theo phương ngang hướng dầm ngang (vách ngang) này nằm;
- Số lượng của khoang bản mặt cầu giữa các dầm chính đánh số dọc theo lý trình và được đánh dấu bằng số của các dầm ngang giới hạn;
- Lề người đi bộ, vỉa hè, lan can được chỉ định là bên trái và bên phải;
- Số lượng các đường tiếp cận, phần tư nón của các kè tiếp cận nên được đánh số 1 ở đầu, số 2 ở cuối.

5.3 Thị sát công trình

5.3.1 Khi thị sát công trình cần phát hiện những hư hỏng ở các bộ phận, cấu kiện (nếu có): các vết nứt,

chỗ vỡ bê tông, các cong vênh; vị trí tiếp giáp và liên kết các bộ phận bị tách rời, bị gỉ; sạt lở taluy đường đầu cầu, phần tư nón của mố, kè hướng dòng, gia cố bờ; hệ thống thoát nước, lớp chống thấm, khe co dãn, lớp phủ mặt cầu và các bộ phận khác. Cần chú ý những chỗ do tích tụ không tránh khỏi của bụi, rác, nước..., mà ở đó các hiện tượng bất lợi có khả năng phát triển mạnh.

5.3.2 Mô tả đầy đủ những hư hỏng đã phát hiện trong hồ sơ kiểm tra như vị trí, kích thước các khuyết tật và hư hỏng, thời gian xuất hiện và những nguyên nhân có thể có.

Những hư hỏng, khuyết tật nguy hiểm và đặc trưng được phác họa hoặc chụp ảnh.

5.4 Đo đạc kiểm tra và lập các bản vẽ

5.4.1 Việc đo đạc, kiểm tra kích thước tổng thể công trình và kích thước các mặt cắt ngang, những chỗ tiếp giáp và các mối liên kết được tiến hành nhằm đánh giá mức độ phù hợp của các đặc trưng hình học thực tế của công trình với các đặc trưng đã ghi trong các hồ sơ kỹ thuật khi thiết kế, hoàn công, khai thác.

5.4.2 Nội dung và khối lượng đo đạc kiểm tra do đơn vị thực hiện công tác kiểm định đề xuất sau khi đã nghiên cứu hồ sơ kỹ thuật và thị sát công trình.

5.4.3 Việc đo vẽ bằng dụng cụ trắc đạc được tiến hành theo các điểm cố định chắc chắn hoặc theo những mốc cố định và trong điều kiện thời tiết thuận lợi.

5.4.4 Trong các tài liệu đo vẽ trắc đạc cần ghi rõ thời gian tiến hành đo vẽ, điều kiện thời tiết, loại và độ chính xác của dụng cụ trắc đạc đã dùng, các mốc chuẩn đã sử dụng.

5.4.5 Khi kiểm định cầu, việc lập các bản vẽ được tiến hành nhằm các mục đích sau:

- Đánh giá tình trạng giao thông trên cầu (hoặc dưới cầu);
- Định vị chính xác bằng trắc đạc vị trí các bộ phận và các cấu kiện của công trình để các lần kiểm tra sau phát hiện được những thay đổi (chuyển vị, độ võng) phát sinh trong quá trình khai thác cầu.
- Đánh giá thay đổi dòng chảy khu vực cầu và hiện tượng xói lở lòng sông khu vực cầu.

5.4.6 Cần đo đạc bằng dụng cụ trắc đạc và lập các bản vẽ sau:

- Trắc dọc, trắc ngang điển hình cầu;
- Bình đồ cầu;
- Kích thước cơ bản của cầu.

CHÚ THÍCH: Các dạng bản vẽ cần thiết lập, các mặt cắt ngang và những vị trí cần lập bản vẽ được ghi trong đề cương.

Khi kiểm tra chiều cao (kích thước) gầm cầu của cầu vượt đường và cầu dẫn lên cầu chính, cần thiết lập các bản vẽ mặt cắt dọc và mặt cắt ngang của những tuyến đường chui bên dưới.

5.4.7 Trong những trường hợp cần thiết (như khi phát hiện thấy trụ cầu lún hoặc nghiêng, kết cấu nhịp bị chuyển vị, các vết nứt phát triển...), cơ quan đang quản lý khai thác cầu cần có biện pháp phù hợp để quan trắc, theo dõi lâu dài.

5.5 Phân loại các khuyết tật, hư hỏng được phát hiện

5.5.1 Các khuyết tật, hư hỏng được tìm thấy trong quá trình kiểm tra được gán một tên từ danh mục khuyết tật tại Phụ lục A đến Phụ lục D, được phân loại theo 4 mức độ phụ thuộc tình trạng kỹ thuật của kết cấu cầu, mức độ ảnh hưởng của hư hỏng đến khả năng chịu lực, cụ thể như sau: Tốt, Trung bình, Xấu và Rất xấu.

CHÚ THÍCH: Đơn vị kiểm định căn cứ vào mức độ hư hỏng của kết cấu để lựa chọn hệ số tình trạng kết cấu Φ_c theo TCVN 12882:2020 cho phù hợp.

5.5.2 Các khuyết tật cần được mô tả bằng các chỉ dẫn về vị trí trên kết cấu, mối nguy hiểm, mức độ ảnh hưởng đến các đặc tính chính của kết cấu cầu, kích thước, thời gian phát hiện, phân tích nguyên nhân và đề xuất phương pháp loại bỏ.

Khi phân loại mức độ cho một hư hỏng, khuyết tật cần tính đến các yếu tố: thời gian và nguyên nhân phát sinh, mức độ ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của kết cấu cầu, tốc độ và sự phát triển, cũng như hậu quả có thể xảy ra khi phát triển thêm, mức độ phức tạp của việc sửa chữa.

5.5.3 Mỗi hư hỏng, khuyết tật (hoặc một nhóm các khuyết tật tương tự, nếu chúng tập trung trên cùng một kết cấu và có cùng mức độ phát triển), cần được đặc trưng bởi các thông số sau:

- Sơ đồ vị trí, kết cấu, bộ phận kết cấu và vị trí trên kết cấu;
- Tên khuyết tật, phản ánh rõ khuyết tật và nếu cần chỉ rõ các đặc điểm của nó liên quan đến thiết kế;
- Các thông số về mức độ phát triển của khuyết tật, kích thước, vùng phân bố, hướng phát triển, mức độ phát triển, mức độ không tuân thủ thiết kế. Các thông số về mức độ phát triển khuyết tật có thể là định tính và/hoặc định lượng.

6 Khảo sát nền móng

6.1 Quy tắc chung

6.1.1 Việc khảo sát nền móng có thể được thực hiện trong các trường hợp sau:

- Khi phát hiện các hư hỏng (biến dạng, nghiêng và lún) của mố, trụ;
- Xác định khả năng chịu lực thực tế của móng khi lập dự án sửa chữa lớn hoặc khôi phục kết cấu cầu;
- Trong trường hợp khẩn cấp liên quan đến hư hỏng mố, trụ cầu do thiên tai (bão lũ, động đất...), cũng như tai nạn do con người gây ra (va tàu, va xe...);
- Để thiết lập các dữ liệu còn thiếu (các thông số hình học của kết cấu, các đặc trưng cơ lý của các bộ phận...) cần thiết cho việc tính toán khả năng chịu lực của nền móng của mố, trụ;
- Để xác định khả năng và điều kiện đi qua của tải trọng vượt quá so với tải trọng khai thác.

6.1.2 Nghiên cứu hồ sơ, tài liệu liên quan về đối tượng khảo sát, xác định:

- Năm thi công móng;

- Tiêu chuẩn thiết kế;
- Tải trọng thiết kế;
- Loại móng;
- Các thông số hình học của kết cấu móng (kích thước mặt bằng, chiều cao, chiều sâu);
- Đặc tính của vật liệu (bê tông, kim loại, đá, gỗ...);
- Đặc điểm nền đất của nền móng;
- Tính chất và mức độ của các tác động ngoài đến cầu (trong trường hợp xảy ra tai nạn);
- Vị trí của các tiện ích ngầm.

6.1.3 Việc khảo sát nền móng được thực hiện trong điều kiện thời tiết thuận lợi phù hợp. Không nên tiến hành khảo sát nền móng của mố, trụ cầu khi nước dâng cao, bão, mưa lớn.

6.1.4 Công việc khảo sát nền móng của các mố, trụ cầu phải tuân thủ các quy định về an toàn lao động.

6.2 Khảo sát nền móng của mố, trụ cầu nằm trên cạn

6.2.1. Tùy điều kiện cụ thể của móng mố trụ cầu, có thể thực hiện công tác kiểm tra một số nội dung sau:

- Các vết nứt dọc, ngang, xiên và các vết nứt khác trong kết cấu;
- Bước và đường kính cốt thép, độ sâu ăn mòn;
- Hư hỏng lớp bảo vệ, bề mặt bê tông;
- Hư hỏng cơ học đối với cốt thép, kết cấu kim loại, mối nối, mối hàn;
- Sai lệch của kích thước thực tế so với thiết kế;
- Tình trạng thấm;
- Độ lún, độ nghiêng và sự dịch chuyển của nền móng (nếu có);
- Cường độ, khả năng thấm nước của bê tông (nếu cần);
- Chiều dày của lớp bê tông bảo vệ;
- Mức độ và độ sâu của sự phá hủy do ăn mòn đối với bê tông (độ sâu cacbonat, sự hiện diện của clorua...);
- Bước và đường kính cốt thép, độ sâu ăn mòn;
- Cường độ của vật liệu xây dựng;
- Sự biến dạng của nền móng;
- Đặc điểm của đất nền, cũng như đất đắp, mực nước ngầm.

6.3 Khảo sát nền móng của các mố, trụ cầu nằm trong nước

6.3.1. Việc kiểm tra trực quan các bộ phận dưới nước của nền móng được khuyến khích thực hiện bằng

máy ảnh và video dưới nước và/hoặc do thợ lặn với hình ảnh và video ghi nhận các khuyết tật và hư hỏng được phát hiện.

7 Phương pháp kiểm tra vật liệu

7.1 Thí nghiệm hiện trường

Các kết cấu của công trình cầu có thể thực hiện các thí nghiệm không phá hủy ngoài hiện trường và có thể lấy mẫu để thí nghiệm trong phòng.

Các phương pháp thí nghiệm có thể sử dụng để kiểm tra khuyết tật của kết cấu bê tông, BTCT được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1 – Các phương pháp thí nghiệm không phá hủy tại hiện trường để kiểm tra khuyết tật trong kết cấu BTCT

	Khả năng phát hiện khuyết tật [a]					
Phương pháp thí nghiệm	**Vết nứt**	**Bong tróc bề mặt**	**Gỉ cốt thép**	**Ăn mòn bê tông bảo vệ**	**Xâm thực hóa học**	**Rỗng vữa trong ống gen**
Cường độ	K	K	X	K	X	K
Âm thanh	TB	K	T[b]	K	K	K
Siêu âm	T	K	TB	K	X	K
Phương pháp từ	K	K	TB	K	K	K
Phương pháp điện	K	K	T	K	K	K
Phương pháp nhiệt	K	T[b]	T[c]	K	K	K
Radar	K	T[b]	T[c]	K	K	K
X - quang	TB	K	TB	K	K	TB

CHÚ THÍCH:

[a] T = Tốt; TB = Trung bình; X = Xấu; K = Không phù hợp.

[b] Bên dưới bề mặt bitum.

[c] Phát hiện tách lớp.

Các phương pháp thí nghiệm có thể sử dụng để kiểm tra khuyết tật của kết cấu thép được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2 – Các phương pháp thí nghiệm không phá hủy tại hiện trường để kiểm tra khuyết tật trong kết cấu thép

Khả năng phát hiện khuyết tật [a]										
Phương pháp thí nghiệm	**Vết nứt nhỏ bề mặt**	**Vết nứt sâu bề mặt**	**Vết nứt bên trong**	**Vết nứt mỏi**	**Lỗ rỗng bên trong**	**Rỗ khí và xỉ hàn trong mối hàn**	**Chiều dày**	**Ăn mòn do tập trung ứng suất**	**Phồng rộp**	**Vết rỗ do ăn mòn**
X - quang	K	TB[b]	TB[b]	X	T	T	TB	TB	X	T
Hạt từ ướt	T	T	K	T	K	K	K	T	K	K
Hạt từ khô	TB	T	K	T	K	K	K	TB	K	X
Dòng điện xoáy	TB	T	K	K	K	X	X	K	K	K
Chất màu thẩm thấu	TB	T	K	T	K	K	K	T	K	TB
Siêu âm [c]	X	T	T	T	T	TB	T	TB	TB	X

CHÚ THÍCH:

[a] T = Tốt; TB = Trung bình; X = Xấu; K = Không phù hợp.

[b] Nếu dầm song song với các vết nứt.

[c] Khả năng thay đổi theo thiết bị và chế độ khai thác.

7.2 Lấy mẫu vật liệu

Chỉ nên lấy mẫu từ kết cấu để thử khi muốn có thông tin chính xác và khi kết quả thử hữu ích trong việc đánh giá tổng thể cầu.

Công tác lấy mẫu vật liệu được thực hiện theo tiêu chuẩn thí nghiệm mẫu. Các mẫu được lấy ở vùng có ứng suất thấp và do người phụ trách quyết định. Cần lấy đủ số lượng mẫu để cung cấp kết quả đại diện cho toàn bộ kết cấu được đánh giá. Thông thường, tối thiểu là 3 mẫu.

Khi lấy mẫu sẽ để lại trên kết cấu lỗ hoặc khoảng trống ở một hoặc nhiều cấu kiện. Có thể dễ dàng sửa chữa đối với các cấu kiện bê tông. Việc sửa chữa các bộ phận bằng thép có thể phức tạp hơn nhiều, đặc biệt nếu sử dụng phương pháp hàn thì phải thực hiện bởi những người có kinh nghiệm và cần cẩn thận để hạn chế ứng suất dư do hàn.

7.3 Thí nghiệm trong phòng

Để bổ sung cho thí nghiệm hiện trường, một số thí nghiệm trong phòng có thể được thực hiện để đánh giá chất lượng vật liệu.

7.4 Đánh giá kết quả thí nghiệm

Nếu có thí nghiệm tương tự trước đó trên vật liệu từ kết cấu này thì kết quả thí nghiệm được so sánh, ghi nhận sự khác biệt và sau đó đánh giá.

Khi nhiều loại phép thử được sử dụng để đo cùng một tính chất vật liệu, các kết quả thử riêng lẻ được so sánh và giải thích sự khác biệt.

7.5 Báo cáo kết quả thí nghiệm

Tất cả các thí nghiệm kiểm tra tại hiện trường và thí nghiệm trong phòng được lập thành phiếu thí nghiệm và là một phần của hồ sơ kiểm định cầu.

8 Thử tải cầu

8.1 Yêu cầu chung

8.1.1 *Thử tải cầu được thực hiện nhằm kiểm soát trạng thái ứng suất của chúng ở những mặt cắt giới hạn khả năng chịu tải của kết cấu chịu lực, xác định các tính năng làm việc của kết cấu chịu lực và xác nhận sự phù hợp với các thông số của kết cấu cầu trong mô hình thiết kế và tính toán.*

Có 2 loại thử tải: thử tải tĩnh và thử tải động.

8.1.2 Việc thử tải các kết cấu đã khai thác được thực hiện trong trường hợp không thể xác định một cách đáng tin cậy khả năng chịu tải của kết cấu từ các hồ sơ thu thập được và kết quả khảo sát.

8.1.3 Đề cương thử tải cần có các nội dung chính sau:

- Mô tả tóm tắt về cầu cần thử tải;
- Mục đích của công việc thử tải;
- Các nội dung cần đo đạc khi thử tải (biến dạng, độ võng, dao động, ...);
- Tải trọng thử tải: cần ghi rõ loại xe, số lượng xe, cách bố trí xe để đo biến dạng, độ võng, ... Tính toán cách bố trí xe để tiết kiệm thời gian và số ca xe. Trường hợp cần thiết có thể xếp xe và đo theo nguyên lý độc lập tác dụng;
- Các máy móc, thiết bị, đà giáo phục vụ thử tải;
- Bảo đảm an toàn cho máy móc, thiết bị thực hiện thử tải. Trường hợp thử tải trên cầu đang khai thác, cần tổ chức giao thông, đảm bảo an toàn cho người và các phương tiên giao thông qua cầu;
- Tính toán, đánh giá cầu;

- Nội dung báo cáo kết quả thử tải.

8.1.4 Khi xem xét đến đặc điểm của cầu và điều kiện hiện trường, có thể có những thay đổi so với đề cương về tải trọng, về điểm đo... nhưng không làm thay đổi mục đích công tác thử tải (ví dụ khi đang thử tải có một, hai xe bị hỏng, lúc đó có thể xếp khoảng cách giữa các hàng xe gần hơn để sinh ra hiệu ứng tương đương như khi đủ xe). Những thay đổi này cần phản ánh rõ trong báo cáo kết quả thử tải.

8.1.5 Các thông số của dụng cụ, thiết bị cơ khí cũng như điện tử được sử dụng (giới hạn đo, đặc tính tần số...), phương pháp lắp đặt và thiết bị lắp đặt phải đảm bảo thu được số đọc ổn định của đại lượng đo với độ chính xác cần thiết.

8.1.6 Khi thử tải cần tránh bố trí điểm đo ở khu vực có ứng suất tập trung (ví dụ đo biến dạng trong thanh giàn, tránh bố trí điểm đo gần nút giàn...) trừ trường hợp cần đo để xác định ứng suất tập trung hoặc ảnh hưởng của mômen ở nút giàn đến ứng suất trong thanh.

8.1.7 Trong quá trình thử tải, các thiết bị đo được bảo vệ khỏi các tác động cơ học, khí hậu và các ảnh hưởng khác. Nếu không thể loại trừ ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ không khí đối với số đọc của thiết bị thì cần tính đến ảnh hưởng này bằng cách lắp đặt các cảm biến đặc biệt, lấy các số đọc trung gian của thiết bị khi không có tải thử hoặc bằng cách tính toán khi xử lý kết quả của số đọc trên thiết bị đo.

8.1.8 Trong trường hợp số đọc của các thiết bị đo được lắp đặt vượt quá giá trị tính toán dự kiến, cũng như khi phát hiện những thay đổi không lường trước về trạng thái của kết cấu (ví dụ, khi các vết nứt, phồng xảy ra trong các bộ phận thép và các mối nối của chúng, khi có dấu hiệu nứt hoặc vỡ bê tông trong các cấu kiện BTCT...), các tải trọng thử được đưa ra ngoài kết cấu thử tải và cán bộ, kỹ sư, nhân viên được di chuyển ra khỏi khu vực cầu.

Các thử tải tiếp theo chỉ được thực hiện sau khi đã xem xét kỹ lưỡng trạng thái của kết cấu, tìm ra nguyên nhân của các hiện tượng đã phát sinh và đánh giá mức độ nguy hiểm của chúng, cũng như sau khi loại bỏ các hư hỏng đã xác định, sửa chữa hoặc gia cố kết cấu (nếu cần).

8.1.9 Quy trình thử tải cầu thực hiện theo Phụ lục E.

8.2 Thử tải tĩnh

8.2.1 Trong quá trình thử tải tĩnh, các thông số của trạng thái ứng suất - biến dạng đo được trong các bộ phận của kết cấu gồm:

- Các chuyển vị và biến dạng chung của kết cấu và các bộ phận của nó (nhịp, gối cầu...);
- Biến dạng dài tương đối của các bộ phận của kết cấu, đặc trưng cho ứng suất;
- Biến dạng cục bộ (độ mở rộng các vết nứt, chuyển vị ở các mối nối...).

Ngoài ra, tùy thuộc vào loại kết cấu, tình trạng của chúng và phù hợp với nhiệm vụ thử tải, các phép đo chuyển vị góc tương đối và chuyển vị dài tương đối của các bộ phận của kết cấu, lực trong các bộ phận (cáp, giàn) ... có thể được thực hiện.

8.2.2 Khi thử tĩnh, hoạt tải thử thẳng đứng được xác định như sau:

$$0,75\ H_{tk}(1+IM) \le H_{thử} \le H_{tk}(1+IM) \qquad (1)$$

trong đó,

H_{tk} là hiệu ứng do hoạt tải thiết kế, đối với cầu đã xuống cấp, hư hỏng không khai thác được với hoạt tải thiết kế thì là hiệu ứng do tải trọng đang khai thác hoặc tải trọng dự kiến khai thác được;

$H_{thử}$ là hiệu ứng do tải trọng thử;

(1+IM) là hệ số xung kích của tải trọng thử, lấy theo TCVN 11823-3:2017.

- Đối với cầu có ô tô chạy thì tải trọng thử nên chọn loại ô tô 3 trục, 4 trục hoặc 2 trục và quy định tải trọng cho mỗi loại xe cũng như sai số cho phép (± 5 %).

- Đối với cầu dành cho người đi bộ, tải trọng thử có thể là bao xi măng, bao cát, két nước, ...

- Khi thử tải nếu không có xe, tải trọng như trong đề cương được duyệt thì có thể thay bằng xe hoặc tải trọng khác nhưng phải đảm bảo sinh ra hiệu ứng tương đương.

- Trường hợp thử tải một bộ phận kết cấu riêng lẻ, chẳng hạn thử tải một dầm có thể tạo lực bằng kích, tời ... miễn là sinh ra hiệu ứng tương đương.

8.2.3 Lựa chọn các sơ đồ chất tải để đo một đại lượng nào đó, cần thỏa mãn các điều kiện sau đây:

- Sinh ra hiệu ứng như quy định ở 8.2.2;

- Số lượng xe ít nhất;

- Thuận tiện cho việc xếp xe, giảm thời gian đo.

8.2.4 Tải trọng, kích thước của các phương tiện dùng làm tải trọng thử cần thống kê đầy đủ trước khi thử tải. Sai số về tải trọng không được quá ± 5 % với quy định trong đề cương. Trường hợp sai số quá ± 5 %, cho phép điều chỉnh khoảng cách xe để đảm bảo thỏa mãn điều kiện công thức (1), nhưng không gây nguy hiểm cho các cấu kiện cầu.

8.2.5 Các thông số thực tế của tải trọng thử tải cũng như hiệu ứng của nó được sử dụng để tính toán và phân tích kết quả đo trong báo cáo kết quả thử tải.

8.2.6 Việc chất tải đầu tiên lên kết cấu với tải trọng thử tải được thực hiện dần dần, có kiểm soát sự làm việc của kết cấu ở các giai đoạn khác nhau theo số đọc của các thiết bị đo.

Thời gian giữ tải để thử tải ở mỗi vị trí được xác định khi các số đọc của dụng cụ đo ổn định.

8.2.7 Tiêu chí chủ yếu để đánh giá tốt khả năng làm việc của kết cấu cầu theo kết quả thử tải là sự phù hợp của các thông số (biến dạng, chuyển vị ...) đo được trong kết cấu dưới tác động của tải trọng thử với các giá trị tìm được bằng cách tính toán (cũng từ tải trọng thử tải đó).

8.2.8 Chỉ tiêu làm việc của kết cấu khi thử tĩnh là hệ số kết cấu F, được tính cho các chỉ số đã đề cập ở 8.2.7 và bằng:

$$F = \frac{Se}{Scal} \quad (2)$$

trong đó:

S_e - chỉ số đo, được xác định dưới tác động của tải trọng thử tải,

S_{cal} - chỉ số tính toán, được xác định bằng tính toán với tải trọng thử, có xét đến trạng thái thực tế của kết cấu.

8.2.9 Hệ số kết cấu được xác định đối với các cấu kiện làm việc bất lợi nhất tại mỗi vị trí tải trọng khi thử tải.

8.2.10 Nếu giá trị của hệ số kết cấu F nhỏ hơn 0,7 hoặc lớn hơn 1,0 thì phải xác định nguyên nhân dẫn đến sai lệch đó.

8.2.11 Tỉ số giữa những trị số đo được của các chuyển vị (chủ yếu là độ võng) đàn hồi với các chuyển vị dư có thể được dùng làm một trong các tiêu chuẩn đánh giá cầu theo các kết quả thử tải tĩnh. Tỉ số này được gọi là chỉ số làm việc α của kết cấu và bằng:

$$\alpha = \frac{f_x}{f_{el}} \quad (3)$$

trong đó:

f_x là trị số của chuyển vị dư, được xác định sau khi biến dạng đã ổn định;

f_{el} là trị số của chuyển vị đàn hồi cũng được xác định trong điều kiện này.

Đánh giá sự làm việc của các cầu mới thi công theo tỉ số giữa chuyển vị dư với đàn hồi nên thực hiện theo kết quả của lần chất tải thử công trình đầu tiên, với tải trọng thử tải gần với tải trọng tiêu chuẩn.

Các chỉ số làm việc của kết cấu α có thể đạt tới các giá trị sau:

- Với các cầu mới thi công xong: 0,15.

- Với các cầu đang khai thác: 0,05.

8.2.12 Khi chất tải nhiều lần, cần quan sát thấy sự giảm chuyển vị dư. Nếu chỉ số làm việc của kết cấu α vượt quá các giá trị được trình bày trong 8.2.11 và không giảm trong quá trình tải lặp lại thì cần làm rõ nguyên nhân của hiện tượng này.

8.3 Thử tải động

8.3.1 Tuỳ theo nhiệm vụ được đặt ra trong đề cương, thử tải động được tiến hành nhằm mục đích xác định:

- Phản ứng của kết cấu đối với tác động động do tải trọng chuyển động thực tế gây ra;

- Các đặc trưng động học của cầu: tần số và dạng dao động riêng, đặc trưng tắt dần của dao động.

8.3.2 Để xác định các đặc trưng động của công trình cần phải sử dụng các loại tải trọng di động (hoạt tải), tải trọng xung, tải trọng dao động, tải trọng gió và các loại khác, có khả năng làm phát sinh các dao động ổn định (trong đó có dao động tự do).

Có thể tạo ra những lực tác dụng động dưới dạng các xung lực lặp lại theo chu kỳ bằng cách cho ô tô tải đi qua các thanh gỗ đặt ngang mặt cầu.

Trong quá trình thử tải động của cầu dành cho người đi bộ, các dao động tự nhiên của kết cấu được kích thích bằng cách tạo lực theo phương ngang, thả vật nặng, ...

Vị trí đặt tải trọng gây dao động cần được chọn, có xét đến các loại và các dao động dự kiến xuất hiện. Khi tạo dao động kết cấu bằng cách thả vật nặng, cần có các biện pháp bảo vệ kết cấu khỏi các hư hỏng cục bộ như: tạo các đệm cát, đặt ván lát phân bố lực,...

8.3.3 Hiệu ứng do tải trọng động tác dụng lên các bộ phận kết cấu không được vượt quá giá trị gây ra hư hỏng cục bộ.

8.3.4 Khi thử động có thể cho xe chạy qua cầu nhiều lần với các tốc độ khác nhau để làm rõ tính chất làm việc động của công trình. Tuỳ thuộc vào loại công trình, đơn vị thử tải cầu có thể quyết loại tốc độ và số lần thử tải.

8.3.5 Khi thử động, có thể xác định chuyển vị để tính hệ số xung kích và so sánh với hệ số xung kích trong thiết kế; trong trường hợp cần thiết, cần xác định chuyển vị và biến dạng trong các bộ phận riêng biệt của cầu, góc xoay của các đầu nhịp cầu trên các gối.

8.3.6 Các chu kỳ và dạng dao động tự nhiên thu được trong quá trình thử tải động được so sánh với các thông số thiết kế của kết cấu cầu.

9 Đánh giá công trình theo các số liệu kiểm định

9.1 Đánh giá hiện trạng và sự làm việc của cầu bằng cách phân tích các số liệu thu thập, khảo sát và kết quả đo đạc.

9.2 So sánh các số liệu thu thập được trong quá trình khảo sát, đo đạc với số liệu thiết kế (nếu có), cũng như đối chiếu với những kết quả của các lần kiểm định trước. Trong trường hợp vượt quá giới hạn cho phép và các yêu cầu kỹ thuật, cần đánh giá ảnh hưởng của những sai lệch đối với khả năng chịu lực của cầu.

9.3 Cần đánh giá ảnh hưởng những khuyết tật và hư hỏng của các bộ phận kết cấu công trình đã được phát hiện khi kiểm tra đến khả năng chịu lực, độ bền và chất lượng khai thác của công trình.

9.4 Dựa trên kết quả kiểm định, xác định tải trọng khai thác cầu theo TCVN 12882:2020 và nếu có thử tải thì cần xác định hệ số điều chỉnh K.

9.5 Tải trọng khai thác thực tế được xác định từ tải trọng đánh giá theo lý thuyết nhân với hệ số điều chỉnh K thu được từ kết quả thử tải.

Khi thử tải sẽ đánh giá được sự sai khác giữa kết quả đo và kết quả tính toán theo tải trọng thử. Từ đó, cần điều chỉnh kết quả tính toán cho phù hợp với khả năng chịu lực thực tế của cầu hay bộ phận cầu.

Phương trình sau đây được sử dụng để hiệu chỉnh khi xác định hệ số đánh giá:

$$RF_T = RF_cK \quad (4)$$

trong đó:

RF_T là hệ số đánh giá của bộ phận đánh giá theo kết quả thử tải.

RF_c là hệ số đánh giá của bộ phận đánh giá theo kết quả tính toán.

K là hệ số điều chỉnh xác định được từ việc so sánh kết quả đo và kết quả tính toán:

$$K = 1 + K_aK_b \quad (5)$$

trong đó:

K_a là hệ số xét đến hiệu quả từ việc thử tải do xét đến mặt cắt thực (diện tích, mô đun mặt cắt ...) để chịu các tải trọng thử tác dụng.

K_b là hệ số xét đến sai khác của kết quả thử tải khi so với kết quả tính toán lý thuyết.

Xác định K_a theo công thức:

$$K_a = \frac{\varepsilon_C}{\varepsilon_T} - 1 \quad (6)$$

trong đó:

ε_T là biến dạng tương đối lớn nhất đo được khi thử tải;

ε_C là biến dạng tương đối tính toán do tải trọng thử, sinh ra tại vị trí đo ε_T.

K_b được lấy từ 0 đến 1 tuỳ thuộc vào độ lớn của tải trọng thử so với tải trọng đánh giá. Bảng 3 cung cấp hướng dẫn dựa trên quan hệ dự đoán của các bộ phận cầu ở mức tải trọng đánh giá và mối quan hệ giữa tác dụng của xe thử không tính hệ số T và tác dụng của tải trọng đánh giá không hệ số W.

Bảng 3 – Giá trị của K_b

Quan hệ của bộ phận có thể được ngoại suy đến 1,33 W ?		Độ lớn của tải trọng thử			K_b
Có	Không	T/W < 0,4	0,4 < T/W ≤ 0,7	T/W > 0,7	
√		√			0
√			√		0,8
√				√	1,0
	√	√			0
	√		√		0
	√			√	0,5

Nếu không có thử tải hoặc kết quả thử tải phù hợp với lý thuyết, lấy K = 1. Nếu K > 1 thì phản ứng của cầu lớn hơn dự đoán theo lý thuyết và khả năng chịu tải của cầu có thể được nâng cao. Mặt khác, nếu K < 1 thì ứng xử thực tế của cầu bất lợi hơn dự đoán và khả năng chịu tải lý thuyết của cầu có thể phải giảm xuống.

9.6 Tùy theo tính chất, tầm quan trọng, sự phân bố các khuyết tật và hư hỏng đã được phát hiện mà có thể kiến nghị công việc sửa chữa, tăng cường các bộ phận kết cấu, hạn chế tải trọng qua cầu (hạn chế tải trọng xe; giảm số làn xe hoặc tăng khoảng cách giữa các xe), giới hạn tốc độ của các phương tiện giao thông trên cầu.

9.7 Mối quan hệ giữa các tham số đo được về dao động của mố, trụ và tình trạng kỹ thuật của mố, trụ, được quy định trong Bảng 4 (xem trong TCVN 11297:2016).

Bảng 4. Quan hệ giữa các đặc trưng dao động với hiện trạng mố, trụ

Các tham số				Tình trạng kỹ thuật của mố, trụ
Biên dao động max B (mm)		Chu kỳ dao động T (giây)		
B ≤ 0,7	B > 0,7	T ≤ 0,35	T ≥ 0,35	
x		x		Tốt
	x	x		Khả năng chịu lực của móng yếu
x			x	Móng yếu hoặc nền đất yếu
	x		x	Móng yếu và nền không đủ khả năng chịu lực

CHÚ THÍCH: Phương pháp, yêu cầu kỹ thuật và vị trí đo dao động quy định tại TCVN 11297:2016:

- Trong trường hợp cầu có chiều cao mố, trụ không lớn, có thể coi mố, trụ có độ cứng lớn dẫn đến chuyển vị của mố, trụ là 1 bậc tự do, điểm đo dao động đối với mố trụ là tại đỉnh bệ móng. Trường hợp khó khăn khi các điểm đo trên bị ngập nước, chôn vùi dưới đất,... làm cho việc đặt thiết bị đo dao động tại đỉnh bệ móng không thực hiện được thì có thể lựa chọn đo tại các vị trí lân cận, đảm bảo giá trị đo tin cậy và được tư vấn giám sát hiện trường chấp thuận.

- Riêng với trường hợp những cầu có chiều cao trụ lớn, cần thiết phải có các hồ sơ phân tích dao động riêng biệt, độc lập với các các phân tích, kết quả đo đạc.

9.8 Nội dung tính toán, kiểm toán kết cấu cầu thực hiện theo TCVN 11823-1:2017 đến TCVN 11823-6:2017 và từ TCVN 11823-9:2017 đến TCVN 11823-14:2017.

10 Kết quả kiểm định

10.1 Kết quả kiểm định cầu gồm các biên bản và báo cáo kết quả kiểm định.

Các biên bản do các đơn vị có liên quan (tư vấn giám sát hoặc chủ đầu tư cùng đơn vị kiểm định) lập.

Báo cáo kết quả kiểm định do tư vấn kiểm định cầu lập.

10.2 Các tài liệu về kết quả kiểm định cầu gồm:

a) Các biên bản kiểm tra, nghiệm thu (nếu có)

b) Báo cáo kết quả kiểm định:

- Mô tả ngắn gọn về cầu hoặc kết cấu kiểm định.
- Nội dung kiểm định.
- Kết quả thu thập hồ sơ:
  + Hồ sơ thiết kế;
  + Hồ sơ hoàn công;
  + Hồ sơ kiểm định trước;
  + Hồ sơ sửa chữa, tăng cường (nếu có);
  + Hồ sơ quản lý cầu.
- Kết quả khảo sát:
  + Đo kích thước, lập bản vẽ theo số liệu đo thực tế;
  + Các khuyết tật, hư hỏng hiện có (bản vẽ, ảnh chụp kèm theo);
  + Kết quả thí nghiệm vật liệu;
  + Đánh giá tác động của môi trường, của các công trình lân cận đến cầu (nếu có).
- Kết quả thử tải:
  + Tải trọng thử thực tế;
  + Các sơ đồ bố trí tải trọng thực tế;
  + Các kết quả đo: biến dạng, chuyển vị; độ võng; dao động (có số đo và phân tích kết quả đo);
  + So sánh, đánh giá kết quả đo và kết quả tính, nếu sai khác nhiều (do chủ trì và đơn vị kiểm định xác định) thì phải có phân tích nguyên nhân sai khác.
- Kết quả tính toán đánh giá tải trọng khai thác cầu: Thực hiện theo TCVN 12882:2020.
- Kết luận:
  + Đánh giá tình trạng kỹ thuật công trình, trong đó nếu có những khuyết tật, hư hỏng bắt buộc phải sửa chữa, tăng cường, theo dõi;
  + Kết luận về khả năng chịu tải của cầu.
- Kiến nghị:
  + Chế độ khai thác cầu (nếu cần);
  + Chế độ duy tu bảo dưỡng (nếu cần);
  + Những khuyết tật, hư hỏng cần theo dõi hoặc sửa chữa theo kế hoạch;

+ Công việc sửa chữa, tăng cường các bộ phận kết cấu, cắm biển hạn chế tải trọng qua cầu (hạn chế tải trọng xe; giảm số làn xe hoặc tăng khoảng cách giữa các xe), giới hạn tốc độ của các phương tiện giao thông qua cầu,...;

+ Các kiến nghị khác về môi trường, về an toàn giao thông.

11 An toàn lao động

11.1 Trong quá trình kiểm định, thử tải cầu, phải tuyệt đối chấp hành những quy định có liên quan trong các tiêu chuẩn chung về an toàn lao động, an toàn giao thông và những quy định bổ sung được nêu trong Điều 11 này.

11.2 Trước khi bắt đầu công việc ở hiện trường về kiểm định cầu, tất cả những người tham gia phải được người đơn vị phụ trách thực hiện công tác kiểm định hướng dẫn về các biện pháp an toàn khi tiến hành công việc, có tính đến những đặc điểm của công trình cụ thể này và về các hành động cần thiết khi phát hiện có hiện tượng không bình thường của công trình.

Để tiến hành những công việc có yêu cầu bổ sung (cao hơn) về an toàn lao động, đơn vị thực hiện việc này phải đề ra bản phân công thực hiện các việc có độ nguy hiểm cao hơn này, trong đó ngoài các yêu cầu của tiêu chuẩn hiện hành còn có các biện pháp an toàn bổ sung và cách tiến hành công việc theo một kế hoạch chi tiết, trường hợp cần thiết thì phải được cấp có thẩm quyền phê duyệt biện pháp an toàn trước khi triển khai.

11.3 Trách nhiệm kiểm tra việc chấp hành các yêu cầu bảo hộ lao động và kỹ thuật an toàn tại hiện trường của người tham gia kiểm định thuộc người phụ trách kiểm định hoặc nhân viên phụ trách về an toàn lao động.

11.4 Đối với các cầu vừa kiểm định, vừa khai thác, thì phải tổ chức sao cho công việc kiểm định không gây trở ngại và vi phạm an toàn giao thông, đồng thời phải tổ chức, bố trí công việc, điều tiết giao thông bảo đảm an toàn cho người lao động.

Chỉ những người có kiến thức về an toàn lao động, biết phương pháp bảo vệ khi làm việc gần dòng điện và biết phương pháp sơ cứu cho người khác khi gặp tai nạn mới được phép đến chỗ làm việc có các thiết bị điện hoạt động.

11.5 Khi tiến hành kiểm định cầu mà trên cầu hoặc gần đó có đường điện cao thế (kể cả mạng điện tiếp xúc) thì nghiêm cấm đến gần hoặc đưa vật gì đến gần dây có điện và không bọc, đặc biệt là các dụng cụ dài như thang, thước, đòn... đến gần đường dây tải điện trần hoặc các bộ phận của lưới cáp điện theo quy định về pháp luật của điện lực. Đặc biệt cần lưu ý điểm này khi làm việc với các vật có chiều dài lớn (các thanh, thước cuộn kim loại, các đoạn dây dẫn...).

11.6 Chỉ những người đã qua huấn luyện, biết cách làm việc an toàn, biết cách đề phòng khi làm việc với dòng điện và biết các phương thức cấp cứu khi bị điện giật, mới được làm việc với các máy móc chạy bằng điện cầm tay dùng điện áp cao hơn ảnh hưởng đến sức khỏe con người.

11.7 Làm việc với tời, kích và các phương tiện chuyên dụng khác khi kiểm định cầu được thực hiện dưới sự điều khiển của người chịu trách nhiệm về an toàn lao động.

11.8 Chỉ được phép làm việc đồng thời ở hai hoặc nhiều tầng trên dưới nhau theo phương thẳng đứng khi đã có các biện pháp bảo đảm an toàn cho người làm việc ở tầng dưới.

11.9 Khi đi lại ở gần hoặc ở trên mặt nước, phải bố trí sẵn các phương tiện cứu sinh (phao cứu sinh, xuồng, dây thừng...) và bố trí người giám sát an toàn biết phương pháp sơ cứu người bị tai nạn.

Khi làm việc trên cầu qua sông rộng, nhất thiết phải kiểm tra khả năng sẵn sàng hoạt động của các phương tiện cứu sinh trước khi tiến hành công việc.

11.10 Làm việc trên cầu vừa mới khử trùng cũng như làm việc với keo có thành phần polime, tay cần phải mang găng cao su. Khi chất khử trùng hoặc keo rơi, dây, dính vào người thì phải nhanh chóng rửa kĩ bằng nước.

11.11 Người tham gia kiểm định tại hiện trường được trang bị túi cứu thương có đủ thuốc men cần thiết và các phương tiện sơ cứu (cấp cứu ban đầu).

11.12 Người tham gia kiểm định ở hiện trường được cung cấp các phương tiện phòng hộ cá nhân (quần áo bảo hộ, giầy bảo hộ, và các phương tiện bảo hiểm) theo quy định hiện hành.

11.13 Giàn giáo và các lối đi, nếu cách mặt đất, mặt nước hoặc kết cấu từ 1 m trở lên phải có lan can.

11.14 Người lên hoặc xuống giàn giáo chỉ được đi theo những cầu thang đã liên kết chắc chắn. Cầu thang phải chếch không quá 60 độ. Cấm đặt thang trên các đệm chân thang khác nhau.

11.15 Khi đi xem xét công trình, đặc biệt ở những nơi chật hẹp (giữa các dầm, trong các hộp, trên thanh ngang trụ cầu v.v..) mọi người cần hết sức chú ý, tránh va vào các bộ phận kết cấu, hoặc các đinh, vấu nhô ra...). Không được làm những chuyển động đột ngột hoặc chạy khi di chuyển.

11.16 Khi gõ các đinh tán, các mối hàn có xỉ, sắt thép bị gỉ, bề mặt bê tông, cần phải mang kính bảo vệ hoặc có tấm che.

11.17 Khi tiến hành công việc ở hiện trường, cán bộ nhân viên kiểm định cũng phải đội mũ bảo vệ, còn khi làm việc ở lòng đường của cầu vẫn đang có xe chạy thì bắt buộc phải mặc áo phản quang màu da cam.

11.18 Khi làm việc trên cầu mặt lát bằng gỗ đã cũ, cần phải đặc biệt thận trọng vì ở đó có thể có những bộ phận đã mục hoặc đã mất liên kết.

11.19 Trong thời gian tiến hành thử tải cầu, những người không có nhiệm vụ không được phép có mặt trên cầu hoặc dưới gầm cầu.

Người tham gia thử tải phải ở đúng vị trí làm việc của mình.

11.20 Trong quá trình thử tải, nhất thiết phải có cán bộ chuyên trách về an toàn lao động. Người này có trách nhiệm kiểm tra giám sát, vấn đề an toàn cho người và thiết bị trong suốt quá trình chuẩn bị, quá trình

thử tải và thu dọn hiện trường. Khi phát hiện có hiện tượng không đảm bảo an toàn phải phản ánh ngay với người phụ trách chung để ra lệnh tạm ngừng công việc và tiến hành bổ cứu.

11.21 Khi làm việc ở trên cao hơn 1,5 m và ở chỗ không có lan can tay vịn, cần phải có các dây đai an toàn.

11.22 Cán bộ chuyên trách về an toàn lao động phải chịu trách nhiệm chính và người phụ trách chung phải kiểm tra tổng quát về việc đảm bảo điều kiện an toàn khi làm việc trên các đà giáo thi công, trên giá treo, thang và các kết cấu khác để thử tải cầu cũng như đảm bảo độ bền, độ cứng cần thiết của các phương tiện kết cấu này.

11.23 Khi tiến hành thử tải trọng chấn động, người không có phận sự không được đến gần chỗ máy chấn động làm việc dưới 1,5 m.

Khi tiến hành thử tải trọng va chạm, người không có phận sự không được đến gần chỗ thử dưới 3 m.

11.24 Đơn vị thi công hoặc quản lý công trình phải cử người trực tiếp chỉ đạo việc đặt và điều khiển tời, kích hoặc những thiết bị khác để phục vụ cho hoạt động thử tải.

Người phụ trách chung phải trực tiếp chỉ đạo việc thử tải những bộ phận kết cấu riêng biệt đến phá hoại, cần thực hiện trên những bộ giá chuyên dụng.

Phụ lục A

(Quy định)

Các khuyết tật và hư hỏng điển hình của kết cấu bê tông, BTCT

A.1 Bản mặt cầu và dầm bản

A.1.1 Bản mặt cầu BTCT thường

Bảng A.1 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật bản mặt cầu BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá bản mặt cầu với các khuyết tật được quan sát thấy ở bề mặt trên, bề mặt dưới, các cạnh hoặc tất cả và được đánh giá bằng cách sử dụng các tình trạng kỹ thuật đã xác định. Khi bề mặt trên hoặc dưới của bản không thể nhìn thấy để kiểm tra thì đánh giá dựa trên bề mặt có thể nhìn thấy được. Nếu cả hai bề mặt trên và dưới đều không nhìn thấy được thì tình trạng được đánh giá dựa trên thử tải phá hủy và không phá hủy hoặc các dấu hiệu của vật liệu bao phủ bề mặt.

A.1.2 Bản mặt cầu BTCT DƯL

Bảng A.2 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật bản mặt cầu BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá bản mặt cầu với các khuyết tật được quan sát thấy ở bề mặt trên, bề mặt dưới, các cạnh hoặc tất cả và được đánh giá bằng cách sử dụng các tình trạng kỹ thuật đã xác định. Khi bề mặt trên hoặc dưới của bản không thể nhìn thấy để kiểm tra thì đánh giá dựa trên bề mặt có thể nhìn thấy được. Nếu cả hai bề mặt trên và dưới đều không nhìn thấy được thì tình trạng được đánh giá dựa trên thử tải phá hủy và không phá hủy hoặc các dấu hiệu của vật liệu bao phủ bề mặt.

A.1.3 Dầm bản BTCT thường

Bảng A.3 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm bản BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sủi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá dầm bản với các khuyết tật được quan sát thấy ở bề mặt trên, bề mặt dưới, các cạnh hoặc tất cả và được đánh giá bằng cách sử dụng các tình trạng kỹ thuật đã xác định. Khi bề mặt trên hoặc dưới của bản không thể nhìn thấy để kiểm tra thì đánh giá dựa trên bề mặt có thể nhìn thấy được. Nếu cả hai bề mặt trên và dưới đều không nhìn thấy được thì tình trạng được đánh giá dựa trên thử tải phá hủy và không phá hủy hoặc các dấu hiệu của vật liệu bao phủ bề mặt.

A.1.4 Bản cánh trên dầm BTCT DƯL

Mô tả: Tất cả bản cánh trên dầm BTCT DƯL mà giao thông đi trực tiếp lên bộ phận kết cấu bất kể bề mặt mài mòn hoặc sử dụng hệ thống bảo vệ nào. Các loại cầu này gồm dầm T, dầm hộp và dầm có yêu cầu giao thông đi trên bản cánh trên.

Bảng A.4 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật bản cánh trên dầm BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sủi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá bản cánh trên với các khuyết tật được quan sát thấy ở bề mặt trên, bề mặt dưới, các cạnh hoặc tất cả và được đánh giá bằng cách sử dụng các tình trạng kỹ thuật đã xác định. Khi bề mặt trên hoặc dưới của bản không thể nhìn thấy để kiểm tra thì đánh giá dựa trên bề mặt có thể nhìn thấy được. Nếu cả hai bề mặt trên và dưới đều không nhìn thấy được thì tình trạng được đánh giá dựa trên thử tải phá hủy và không phá hủy hoặc các dấu hiệu của vật liệu bao phủ bề mặt.

A.1.5 Bản cánh trên dầm cầu BTCT thường

Mô tả: Tất cả bản cánh trên dầm cầu BTCT thường mà giao thông đi trực tiếp lên bộ phận kết cấu bất kể bề mặt mài mòn hoặc sử dụng hệ thống bảo vệ nào. Các loại cầu này gồm dầm T, dầm hộp và dầm có yêu cầu giao thông đi trên bản cánh trên.

Bảng A.5 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật bản cánh trên dầm cầu BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá bản cánh trên với các khuyết tật được quan sát thấy ở bề mặt trên, bề mặt dưới, các cạnh hoặc tất cả và được đánh giá bằng cách sử dụng các tình trạng kỹ thuật đã xác định. Khi bề mặt trên hoặc dưới của bản không thể nhìn thấy để kiểm tra thì đánh giá dựa trên bề mặt có thể nhìn thấy được. Nếu cả hai bề mặt trên và dưới đều không nhìn thấy được thì tình trạng được đánh giá dựa trên thử tải phá hủy và không phá hủy hoặc các dấu hiệu của vật liệu bao phủ bề mặt.

A.2 Lan can BTCT thường

Mô tả: Tất cả các loại và hình dạng của lan can cầu BTCT. Tất cả các bộ phận của lan can phải bằng bê tông.

Bảng A.6 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật lan can BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong vỡ sâu hơn 2,54 cm hoặc đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá không chắc hoặc có biểu hiện hư hỏng. Không đảm bảo đánh giá kết cấu chung.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Số lượng lan can trên cầu thường là 2 hàng, mỗi bên của phần đường xe chạy 1 hàng. Trong một số trường hợp, có thể có nhiều hơn 2 hàng lan can nếu cầu có dải phân cách giữa hoặc làn đường dành riêng cho người đi bộ/xe đạp.

A.3 Kết cấu phần trên

A.3.1. Dầm chủ

A.3.1.1. Dầm hộp/sườn kín BTCT DƯL

Mô tả: Tất cả dầm hộp, dầm sườn kín BTCT DƯL căng trước hoặc căng sau, không phân biệt hệ thốr bảo vệ.

Bảng A.7 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm hộp/sườn kín BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sủi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá dầm hộp theo ba chiều, gồm các khuyết tật quan sát được trên cả bề mặt bên ngoài và bên trong. Trong trường hợp xe chạy trực tiếp trên bộ phận kết cấu, bất kể lớp phủ mặt đường, việc đánh giá phần cánh trên dầm sẽ được được tham chiếu với mục A.1.4.

A.3.1.2. Dầm hộp/sườn kín BTCT thường

Mô tả: Tất cả dầm hộp, dầm sườn kín BTCT thường, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.8 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm hộp/sườn kín BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sủi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Trong trường hợp xe chạy trực tiếp trên bộ phận kết cấu, bất kể lớp phủ mặt đường, việc đánh giá phần cánh trên dầm được tham chiếu ở A.1.5.

A.3.1.3. Dầm hở BTCT DƯL

Mô tả: Tất cả dầm sườn hở BTCT DƯL căng trước hoặc căng sau, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.9 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm hở BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Trong trường hợp xe chạy trực tiếp trên bộ phận kết cấu, bất kể lớp phủ mặt đường, việc đánh giá phần cánh trên dầm được tham chiếu ở A.1.4.

A.3.1.4. Dầm hở BTCT thường

Mô tả: Tất cả dầm sườn hở BTCT thường, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.10 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm hở BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH:

1) Đánh giá tình trạng cho bộ phận này gồm: bề mặt sườn dầm, bề mặt cánh trên, cánh dưới dầm.

2) Trong trường hợp xe chạy trực tiếp trên bộ phận kết cấu, bất kể lớp phủ mặt đường, việc đánh giá phần cánh trên dầm được tham chiếu ở A.1.5.

A.3.2. Dầm dọc

A.3.2.1. Dầm dọc BTCT DƯL

Mô tả: Cấu kiện dầm dọc BTCT DƯL căng trước hoặc căng sau, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.11 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm dọc BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sủi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá tình trạng cho kết cấu này gồm bề mặt sườn dầm, bề mặt cánh trên, cánh dưới dầm.

A.3.2.2. Dầm dọc BTCT thường

Mô tả: Tất cả dầm dọc BTCT thường, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.12 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm dọc BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sủi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

A.3.3. Vòm

A.3.3.1. Vòm BTCT DƯL

Mô tả: Vòm BTCT DƯL căng trước hoặc căng sau, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.13 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật vòm BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sủi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH:

1) Sự hư hỏng quan sát được trong các thanh chéo và các cấu kiện thẳng đứng (gồm cả các cột dọc) được báo cáo theo theo chiều dài chiếu theo chiều dài của vòm.

2) Đối với vòm được lấp đầy, số lượng vòm được đo từ chân vòm này đến chân vòm kia. Chiều dài bên dưới của đường chân vòm được coi là kết cấu dưới.

A.3.3.2. Vòm BTCT thường

Mô tả: Vòm BTCT thường, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.14 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật vòm BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	*Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.*
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH:

1) Sự hư hỏng quan sát được trong các thanh chéo và các cấu kiện thẳng đứng (gồm cả các cột dọc) được báo cáo theo theo chiều dài chiếu theo chiều dài của vòm.

2) Đối với vòm được lấp đầy, số lượng vòm được đo từ chân vòm này đến chân vòm kia. Chiều dài bên dưới của đường chân vòm được coi là kết cấu dưới.

A.3.4. Dầm sàn

A.3.4.1. Dầm sàn BTCT DƯL

Mô tả: Cấu kiện dầm sàn BTCT DƯL căng trước hoặc căng sau, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.15 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm sàn BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

A.3.4.2. Dầm sàn BTCT thường

Mô tả: Tất cả dầm sàn BTCT thường, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.16 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm sàn BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

A.4 Kết cấu phần dưới

A.4.1. Mố, trụ cầu

A.4.1.1. Mố, trụ cột BTCT DƯL

Mô tả: Tất cả mố, trụ cột BTCT DƯL, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.17 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật mố, trụ BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Lún	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được ngăn chặn mà không có dấu hiệu hư hại kết cấu.	Vượt quá giới hạn cho phép, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Xói	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được kiểm soát bằng các biện pháp khắc phục hiệu quả.	Vượt quá giới hạn cho phép nhưng vẫn nhỏ hơn giới hạn tới hạn được xác định bằng đánh giá xói lở và không cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

A.4.1.2. Mố, trụ cột BTCT thường

Mô tả: Mố BTCT, gồm vật liệu nền đắp, tường cánh liền khối và phần mở rộng mố,, không phân biệt hệ thống bảo vệ. Tất cả trụ cột BTCT thường, không phân biệt hệ thống bảo vệ.

Bảng A.18 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật mố, trụ BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sủi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, *không tích tụ hoặc rò rỉ* và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Lún	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được ngăn chặn mà không có dấu hiệu hư hại kết cấu.	Vượt quá giới hạn cho phép, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Xói	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được kiểm soát bằng các biện pháp khắc phục hiệu quả.	Vượt quá giới hạn cho phép nhưng vẫn nhỏ hơn giới hạn tới hạn được xác định bằng đánh giá xói lở và không cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Tường cánh liền khối cho đến mối nối đầu tiên (mối nối ướt, đường ngăn nước ,...) được xem xét về số lượng và đánh giá kết cấu mố. Tường cánh không liền khối với mố không được tính vào số lượng hoặc đánh giá là bộ phận của mố.

A.4.2 Cọc/xà mũ trụ

A.4.2.1 Cọc BTCT DƯL

Mô tả: Cọc BTCT DƯL có thể quan sát để kiểm tra, gồm các cọc lộ ra do xói và các cọc có thể nhìn thấy trong quá trình kiểm tra dưới nước. Cho tất cả các cọc BTCT DƯL không phụ thuộc vào hệ thống bảo vệ.

Bảng A.19 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật cọc BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Lún	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được ngăn chặn mà không có dấu hiệu hư hại kết cấu.	Vượt quá giới hạn cho phép, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Xói	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được kiểm soát bằng các biện pháp khắc phục hiệu quả.	Vượt quá giới hạn cho phép nhưng vẫn nhỏ hơn giới hạn tới hạn được xác định bằng đánh giá xói lở và không cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

A.4.2.2 Cọc BTCT thường

Mô tả: Cọc BTCT thường có thể quan sát để kiểm tra, gồm các cọc lộ ra do xói và các cọc có thể nhìn thấy trong quá trình kiểm tra dưới nước. Cho tất cả các cọc BTCT thường không phụ thuộc vào hệ thống bảo vệ.

Bảng A.20 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật cọc BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sủi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Lún	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được ngăn chặn mà không có dấu hiệu hư hại kết cấu.	Vượt quá giới hạn cho phép, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Xói	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được kiểm soát bằng các biện pháp khắc phục hiệu quả.	Vượt quá giới hạn cho phép nhưng vẫn nhỏ hơn giới hạn tới hạn được xác định bằng đánh giá xói lở và không cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

A.4.2.3 Xà mũ trụ BTCT DƯL

Mô tả: Những xà mũ trụ BTCT DƯL có tác dụng đỡ dầm và truyền tải trọng vào trụ hoặc cọc. Cho tất cả xà mũ không phụ thuộc vào hệ thống bảo vệ.

Bảng A.21 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật xà mũ trụ BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sủi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

A.4.2.4 Xà mũ trụ BTCT thường

Mô tả: Những xà mũ trụ BTCT thường có tác dụng đỡ dầm và truyền tải trọng vào trụ hoặc cọc. Cho tất cả xà mũ không phụ thuộc vào hệ thống bảo vệ.

Bảng A.22 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật xà mũ trụ BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

A.5 Cống

A.5.1. Cống BTCT thường

Mô tả: Cống BTCT thường gồm cống hộp, cống vòm, cống tròn hoặc cống elip.

Bảng A.23 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật cống BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Biến dạng (vặn méo)	Không	Biến dạng nhỏ hơn quy định.	Biến dạng cần được khắc phục, chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lún	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được ngăn chặn mà không có dấu hiệu hư hại kết cấu.	Vượt quá giới hạn cho phép, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Xói	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được kiểm soát bằng các biện pháp khắc phục hiệu quả.	Vượt quá giới hạn cho phép nhưng vẫn nhỏ hơn giới hạn tới hạn được xác định bằng đánh giá xói lở và không cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Các khuyết tật biến dạng phụ thuộc vào một số yếu tố như vị trí, độ dày của thành cống và độ sâu lấp đầy. Người kiểm tra phải sử dụng các yếu tố đó để đánh giá tình trạng kỹ thuật thích hợp.

A.5.2. Cống BTCT DƯL

Mô tả: Tất cả các cống BTCT DƯL.

Bảng A.24 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật cống BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Biến dạng (vặn méo)	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Lún	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được ngăn chặn mà không có dấu hiệu hư hại kết cấu.	Vượt quá giới hạn cho phép, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Xói	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được kiểm soát bằng các biện pháp khắc phục hiệu quả.	Vượt quá giới hạn cho phép nhưng vẫn nhỏ hơn giới hạn tới hạn được xác định bằng đánh giá xói lở và không cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Các khuyết tật biến dạng phụ thuộc vào một số yếu tố như vị trí, độ dày của thành cống và độ sâu lấp đầy. Người kiểm tra sử dụng các yếu tố đó để đánh giá tình trạng kỹ thuật thích hợp.

A.6 Lớp phủ bảo vệ bê tông

A.6.1. Lớp phủ bảo vệ bê tông

Mô tả: Các cấu kiện bê tông có sử dụng lớp phủ bảo vệ. Các lớp phủ này gồm chất chống nước silan/siloxan, chất trám khe nứt như HMWM (High Molecular Weight Methacrylate), hoặc bất kỳ lớp phủ bảo vệ bê tông khỏi hư hỏng và cốt thép khỏi bị ăn mòn.

Bảng A.25 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật lớp phủ bảo vệ bê tông

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Mài mòn (lớp phủ bảo vệ bê tông)	Không	Bê tông bên dưới không lộ ra ngoài, lớp phủ thể hiện sự mài mòn do tiếp xúc với tia cực tím, chưa thấy rạn nứt.	Bê tông bên dưới không bị lộ ra ngoài; độ dày của lớp phủ bị giảm.	Bê tông bên dưới lộ ra ngoài. Lớp phủ bảo vệ không còn hiệu quả.
Hiệu quả (lớp phủ bảo vệ bê tông)	Hiệu quả hoàn toàn	Hiệu quả đáng kể	Hiệu quả hạn chế	Hệ thống bảo vệ đã hỏng, hoặc không còn hiệu quả.
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

A.6.2. Lớp phủ bảo vệ cốt thép trong bê tông

Mô tả: Tất cả các hệ thống bảo vệ được sử dụng để bảo vệ cốt thép trong bê tông khỏi bị ăn mòn.

Bảng A.26 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật lớp phủ bảo vệ cốt thép trong bê tông

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Hiệu quả - Hệ thống bảo vệ (như catôt,...)	Hiệu quả hoàn toàn	Hiệu quả đáng kể	Hiệu quả hạn chế	Hệ thống bảo vệ không hiệu quả, hoặc hiệu quả bảo vệ ngắn
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Hệ thống bảo vệ này có tác dụng làm cho cốt thép trong bê tông bị ăn mòn với tốc độ chậm hơn so với không sử dụng. Hệ thống bảo vệ có thể gồm lớp phủ cho thanh thép, bảo vệ cathodic hoặc các phương pháp bảo vệ tương tự. Với bề mặt bị mài mòn sẽ được sử dụng phương pháp thích hợp không dùng phương pháp này.

A.7 Bản quá độ

A.7.1. Bản quá độ BTCT thường

Mô tả: Phần kết cấu giữa mố và mặt đường đầu mố bằng BTCT.

Bảng A.27 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật bản quá độ BTCT thường

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong tróc sâu hơn 2.54 cm hoặc có đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực đã trám vá nhưng không chắc chắn hoặc có dấu hiệu hư hỏng. Tuy nhiên, chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Nứt (BTCT thường)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Lún	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được ngăn chặn mà không có dấu hiệu hư hại kết cấu.	Vượt quá giới hạn cho phép, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

A.7.2. Bản quá độ BTCT DƯL

Mô tả: Phần kết cấu giữa mố và mặt đường đầu mố bằng BTCT DƯL.

Bảng A.28 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật bản quá độ BTCT DƯL

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Diện tích bong tróc/Bong vỡ/Trám vá	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn.	Bong vỡ sâu hơn 2,54 cm hoặc đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá không chắc hoặc có biểu hiện hư hỏng. Không đảm bảo đánh giá kết cấu chung.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Lộ cốt thép thường	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện có thể đo được, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Lộ cốt thép DƯL	Không	Không mất tiết diện.	Mất tiết diện, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá lại về mặt kết cấu.	
Nứt (BTCT DƯL)	Bề rộng nhỏ hơn 0,01 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,01 cm đến 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,023 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Rỗ/mài mòn (bê tông)	Không rỗ hoặc mài mòn	Mài mòn hoặc rỗ làm lộ cốt liệu thô nhưng cốt liệu vẫn bám chắc trong bê tông.	Cốt liệu thô bị bong ra khỏi nền bê tông do mài mòn.	
Lún	Không	Nằm trong giới hạn cho phép hoặc đã được ngăn chặn mà không có dấu hiệu hư hại kết cấu.	Vượt quá giới hạn cho phép, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

Phụ lục B

(Quy định)

Các khuyết tật và hư hỏng điển hình của kết cấu thép, thép - bê tông liên hợp

B.1 Khi kiểm tra các kết cấu kim loại của cầu bằng thị sát thường có thể phát hiện hiện tượng ăn mòn (gỉ) của kim loại, cũng như các khuyết tật và hư hỏng của các chi tiết, các chỗ tiếp giáp, liên kết (cong, khuyết, lõm, mất ổn định cục bộ, nứt, đứt, không khít, đinh tán yếu, bu lông không siết chặt,...). Các khuyết tật bên trong các mối hàn được phát hiện bằng các phương pháp kiểm tra không phá hoại (phép dò khuyết tật bằng siêu âm, các phương pháp phóng xạ và âm học).

B.2 Khi có hiện tượng ăn mòn (gỉ) kim loại thì dùng cách đo trực tiếp để xác định mức độ giảm yếu của tiết diện chi tiết đó. Theo độ giảm yếu này mà xác định tốc độ ăn mòn.

Thường phát hiện ra các nhược điểm về cấu tạo có khả năng làm tăng nhanh quá trình ăn mòn (gỉ) do lưu giữ ẩm và kém thông thoáng (hạn chế của thoát nước, các hốc, rãnh và khe mà sự ăn mòn (gỉ) ở đó sẽ làm cho các chi tiết bị lỏng ra,...)

B.3 Trong tất cả các kết cấu thép thường kiểm tra hiện trạng sơn phủ; trong đó cần làm rõ số lượng và chất lượng các lớp sơn, độ dính bám của sơn với kim loại và hiện trạng của kim loại dưới lớp sơn. Thường chỉ ra các khuyết tật trong sơn phủ kim loại (nhược điểm của chất sơn, các loại hư hỏng cơ học, nứt, rộp, tách, tróc, nhũn, chảy,...).

B.4 Các vết nứt trong kết cấu kim loại (đặc biệt trong kết cấu hàn, nơi mà vết nứt phát triển không bị hạn chế trong từng bộ phận của tiết diện - như trong từng thanh thép góc, từng tấm bản) là rất nguy hiểm cho công trình. Vì thế khi kiểm tra cần đặc biệt chú ý phát hiện vết nứt và khi phát hiện ra cần làm rõ nguyên nhân gây ra nứt, đánh giá mức độ nguy hiểm của chúng đối với khả năng chịu lực, đồng thời khẩn cấp chỉ ra cách vô hiệu hoá (làm trung hoà) vết nứt (như khoan lỗ ở hai đầu vết nứt, dùng tấm đệm, bắt bu lông cường độ cao vào kết cấu...).

B.5 Các nguyên nhân sinh ra các vết nứt có thể là:

a) Tập trung ứng suất;

b) Các ứng suất dư khi hàn;

c) Các hiện tượng mỏi;

d) Tính giòn nguội cao của kim loại.

Các nguyên nhân này có thể tác động riêng biệt, nhưng thông thường có ảnh hưởng cùng lúc của vài yếu tố.

B.6 Các vết nứt thường xảy ra ở những chỗ tập trung ứng suất. Vì vậy, khi kiểm tra cần đặc biệt chú ý những chỗ này.

Hiện tượng tập trung ứng suất xảy ra ở những vị trí tiết diện thay đổi đột ngột (chỗ cắt đứt các thép tấm; chỗ thay đổi đột ngột bề dày và bề rộng của chúng; vị trí nối tiếp của các tấm đệm, các tấm sườn, các tấm ngăn cách...). Ngoài ra, tập trung ứng suất còn xảy ra ở những đầu không gia công của các mối hàn và ở các khuyết tật khác của chúng: hàn không ngấu (không đủ), hàn không chảy đều theo mép biên, những chỗ lẹm mép, lẹo, lẫn xỉ, rỗ, cháy thủng, miệng hàn không tinh xảo, lỗ đinh tán khi đinh tán yếu.

Vết nứt có thể tạo ra do ứng suất dư khi hàn, những ứng suất này ở vùng gần mối hàn có thể đạt tới giới hạn chảy của thép. Vì thế cần đặc biệt chú ý nhiều đến những nơi có nhiều mối hàn (những đường hàn vòng quanh tấm táp, tấm ốp; giao điểm của các thanh...).

Để phát hiện vết nứt do mỏi phải xem xét kỹ những chi tiết chịu số lượng tải trọng trùng phục nhiều nhất.

- Những chỗ liên kết các thanh chéo, thanh đứng, thanh treo hay đổi dấu với các bản nối của giàn chủ;
- Những nơi bắt chặt các thanh giằng của liên kết ngang với các sườn tăng cứng của dầm chính;
- Những cánh nằm ngang của thép góc biên trên của dầm dọc không có các tấm bản nằm ngang và những tấm bản nằm ngang mạ trên của các giàn hở khi các dầm cầu hoặc các bản mặt cầu gối trực tiếp lên chúng;
- Các thành của dầm dọc và các thép góc liên kết chúng với các dầm ngang, các "bản cá", các giằng ngang ở đầu mút;
- Các chi tiết phần xe chạy (mặt cầu) có các dầm bố trí theo tầng;
- Các bản trực hướng.

B.7 Khi kiểm tra các mối nối bằng đinh tán, cần đặc biệt chú ý các đinh tán ở các nút và những chỗ tiếp giáp của giàn chủ, cũng như đinh tán ở những chỗ liên kết các chi tiết của mặt cầu (phần xe chạy).

Những đinh tán bị coi là khuyết tật: khi gõ bị dao động; có đầu mũ không quy cách, xiết không chặt, bị bẹp, không đủ kích thước; được tán vào lỗ không tròn.

B.8 Khi thị sát các kết cấu thép liên kết bằng bu lông, cần kiểm tra về số lượng của bu lông và tính chắc chắn của mối liên kết bằng cách xem độ áp khít của đầu bu lông và đai ốc vào chi tiết được liên kết.

Khi bố trí bu lông chếch so với mặt chi tiết cần được liên kết, cần kiểm tra xem dưới đầu bu lông và dưới đai ốc có được đặt vòng đệm hình nêm không.

Ở những liên kết có ma sát, trước hết cần kiểm tra có chọn lọc trị số của độ siết chặt ở các bu lông cường độ cao bằng clê đặc biệt, được trang bị cho việc kiểm tra. Trong số bu lông được chọn lựa để kiểm tra có những chiếc có vết gỉ ở đầu bu lông, vòng đệm, hoặc đai ốc.

B.9 Ở các bu lông - khớp (bu lông - bản lề), cần kiểm tra xem có đủ các phụ kiện ngăn chặn không cho các đai ốc bị nới lỏng khi có tải trọng đi qua (vít hãm, đai ốc hãm,...).

B.10 Khi kiểm tra các kết cấu nhịp thép - BTCT liên hợp (đặc biệt với các bản mặt cầu lắp ghép) cần chú ý đến chất lượng mối nối liền tấm bản với các neo liên kết của dầm (của giàn), cũng như đến trạng thái liên kết giữa bản với các kết cấu kim loại, đặc biệt là ở những phần đầu mút.

B.11 Trong các cầu treo dây võng, dây xiên cần chú ý đến tình trạng của hệ dây; các nút liên kết giữa hệ dây với các bộ phận chủ yếu như dầm (giàn), trụ cổng và hố thế; các mối nối của hệ dây; hệ thống gối tựa của trụ cổng.

B.12 Phân loại tình trạng hư hỏng của bản mặt cầu thép

B.12.1 Bản mặt cầu thép có dạng lưới hở (không có lớp vật liệu phủ)

Bảng B.1 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật bản mặt cầu thép có dạng lưới hở

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự.	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc các liên kết; mối hàn bị hỏng; hoặc xuất hiện gỉ sét gây biến dạng, nhưng chưa nghiêm trọng đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá mặt cầu với các khuyết tật được quan sát thấy ở mặt trên, mặt dưới, các cạnh, hoặc tất cả và được nhận biết bằng cách sử dụng các tình trạng kỹ thuật đã xác định.

B.12.2 Bản mặt cầu bằng thép có lưới đổ bê tông

Bảng B.2 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật bản mặt cầu bằng thép có lưới đổ bê tông

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự.	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán, hoặc chốt; bị hỏng mối hàn; hoặc vảy gỉ với sự biến dạng nhưng đảm bảo đánh giá kết cấu chung.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá mặt cầu với các khuyết tật được quan sát thấy ở mặt trên, mặt dưới, các cạnh, hoặc tất cả và được nhận biết bằng cách sử dụng các tình trạng kỹ thuật đã xác định.

B.12.3 Bản mặt cầu thép lượn sóng/trực hướng/khác

Bảng B.3 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật bản mặt cầu thép lượn sóng/trực hướng/khác

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự.	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá mặt cầu với các khuyết tật được quan sát thấy ở mặt trên, mặt dưới, các cạnh, hoặc tất cả và được nhận biết bằng cách sử dụng các tình trạng kỹ thuật đã xác định.

B.13 Phân loại tình trạng hư hỏng kết cấu phần trên

B.13.1 Dầm chủ

B.13.1.1 Dầm hộp/sườn kín thép

Bảng B.4 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm hộp/sườn kín thép

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự.	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Cong vênh	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá dầm hộp với các khuyết tật quan sát được trên bề mặt bên ngoài và bên trong được sử dụng để nhận biết các tình trạng kỹ thuật.

B.13.1.2 Dầm thép hở

Bảng B.5 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm thép hở

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự.	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Cong vênh	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá tình trạng của dầm hở gồm bề mặt sườn bề mặt của cánh trên và cánh dưới của dầm.

B.13.2 Dầm dọc phụ thép

Bảng B.6 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm dọc phụ thép

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự.	Vết nứt được phát hiện nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Cong vênh	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá tình trạng của dầm dọc phụ thép gồm bề mặt sườn bề mặt của cánh trên và cánh dưới của dầm.

B.13.3 Giàn, vòm

B.13.3.1 Giàn thép

Bảng B.7 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật giàn thép

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự	Vết nứt được phát hiện nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Cong vênh	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Hư hỏng quan sát được trong các cấu kiện thanh đứng hoặc xiên của giàn được báo cáo là chiều dài chiều dọc theo chiều dài của giàn.

B.13.3.2 Vòm thép

Bảng B.8 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật vòm thép

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Cong vênh	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Hư hỏng quan sát được trong các cấu kiện thanh đứng hoặc xiên của vòm được báo cáo là chiều dài chiếu dọc theo chiều dài của vòm.

B.13.4 Dầm sàn thép

Bảng B.9 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật dầm sàn thép

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Cong vênh	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đánh giá tình trạng của dầm này gồm bề mặt sườn bề mặt của cánh trên và cánh dưới của dầm.

B.13.5 Kết cấu cáp

B.13.5.1 Cáp chủ thép

Bảng B.10 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật cáp chủ thép

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Cong vênh	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Bộ phận này được thiết kế để sử dụng cho cáp chính trong cầu treo hoặc dây văng chính trong cầu dây văng.

B.13.5.2 Cáp treo thép

Bảng B.11 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật cáp treo thép

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Sự suy giảm (khác)	Không	Kết cấu có dấu hiệu bắt đầu xuống cấp hoặc hư hỏng.	Sự xuống cấp hoặc hư hỏng đáng kể nhưng không cần thiết phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Cong vênh	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Bộ phận này được thiết kế để sử dụng trên cáp treo, cáp nhỏ hơn khác hoặc nhóm cáp ở một vị trí làm việc như một hệ thống để truyền tải từ mặt cầu lên cáp chủ và vòm chính.

B.13.5.3 Kết cấu chốt thép và gối/móc treo

Bảng B.12 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật kết cấu chốt thép và gối/móc treo

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Cong vênh	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Hư hỏng quan sát thấy trên bất kỳ bản móc treo nào cũng cần được xem xét trong đánh giá tình trạng.

B.13.5.4 Bản mã thép

Bảng B.13 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật bản mã thép

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc chi tiết liên kết; mối hàn bị hư hỏng; hoặc có hiện tượng gỉ vảy kèm theo biến dạng, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Cong vênh	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc biến dạng đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

CHÚ THÍCH: Đối với các bản mã ghép, mọi hư hỏng được quan sát trên bất kỳ bản thép nào cũng cần được xem xét trong quá trình đánh giá tình trạng kết cấu.

B.14 Lớp phủ bảo vệ thép

Mô tả: Các bộ phận thép có lớp phủ bảo vệ như sơn, mạ kẽm, lớp patina của thép chịu thời tiết, hoặc các lớp phủ chống ăn mòn thép khác.

Bảng B.14 – Phân loại tình trạng hư hỏng của lớp phủ bảo vệ thép

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Màu sắc (lớp phủ bảo vệ thép)	Không	Bề mặt xỉn màu	Mất màu sắc tố	Không áp dụng
Bong tróc/ Phồng rộp/ Nứt (Lớp phủ bảo vệ thép)	Không	Chỉ có lớp sơn hoàn thiện	Lớp sơn hoàn thiện và lớp sơn lót	Lộ bề mặt kim loại chưa được bảo vệ
Sự suy giảm màng oxit Màu sắc/Độ dính bám (Lớp phủ bảo vệ thép)	Màu vàng cam hoặc nâu nhạt ở giai đoạn đầu. Chuyển sang màu nâu sẫm hoặc nâu tím khi đã phát triển đầy đủ. Dính bám tốt, có khả năng chịu được va đập và mài mòn.	Cấu tạo dạng hạt	Vảy nhỏ, đường kính nhỏ hơn 1.27 cm.	Màu đen sẫm. Các mảng bong lớn, đường kính từ 1.27 cm trở lên, hoặc dạng lớp tách theo từng lớp.
Khả năng bảo vệ (Lớp phủ bảo vệ thép)	Bảo vệ toàn bộ	Bảo vệ đáng kể	Bảo vệ giới hạn	Bị hỏng; không còn khả năng bảo vệ kim loại bên dưới.
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

Phụ lục C

(Quy định)

Các khuyết tật và hư hỏng điển hình của mố, trụ cầu

C.1 Ở các mố, trụ cầu thường phát hiện các khuyết tật theo đặc trưng của vật liệu (tương tự như các khuyết tật của kết cấu nhịp), cũng như các khuyết tật và hư hỏng sinh ra do đặc điểm về kết cấu, cách thi công và sự làm việc của mố, trụ cầu:

- Nứt và vỡ các chỗ tựa của kết cấu;
- Mố, trụ cầu không còn nguyên vẹn;
- Nứt do co ngót - nhiệt của các bộ phận có thể tích lớn;
- Bong lớp trát phủ, khuyết tật khi thực hiện các mối nối giữa các khối kết cấu lắp ghép với kết cấu liền khối;
- Nứt trong các kết cấu làm từ cọc ống BTCT hoặc từ các khối lớn;
- Sự mòn và các hư hỏng cơ học khác do tác động của các vật trôi và sa bồi xói lở;
- Các hư hỏng kết cấu ở những chỗ mực nước thay đổi, do các yếu tố khí hậu và tác động của nước;
- Các hư hỏng kết cấu do va đập của các phương tiện giao thông đường thủy.

C.2 Nguồn chính để thu thập tư liệu về tình trạng nền và móng của mố, trụ cầu là hồ sơ kỹ thuật, khi tìm hiểu cần chú ý xem lúc thi công có thực hiện đúng các trình tự công nghệ phức tạp này không (phương pháp hạ cọc, đổ bê tông ngầm dưới nước,...).

Ngoài ra, các số liệu về hiện trạng nền và móng còn có thể thu thập được trên cơ sở phân tích những biến dạng chung của mố, trụ từ độ lún và độ nghiêng của chúng, từ kích thước các khe hở ở các mối, mạch liên kết bị biến dạng, từ chuyển vị của các gối di động, cũng như trên cơ sở các kết quả đo vẽ dòng chảy của dòng sông.

C.3 Phân loại tình trạng hư hỏng của kết cấu mố, trụ cầu

C.3.1 Kết cấu mố, trụ cầu bằng BTCT DƯL

Được trình bày trong Bảng A.17, Phụ lục A.

C.3.2 Kết cấu mố, trụ bằng BTCT

Được trình bày trong Bảng A 18, Phụ lục A.

C.3.3 Kết cấu mố, trụ cầu bằng thép

Bảng C.1 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật kết cấu mố, trụ cầu bằng thép

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Ăn mòn	Không	Xuất hiện đốm gỉ. Bắt đầu ăn mòn thép.	Có thể thấy hiện tượng mất tiết diện hoặc có vảy gỉ, nhưng chưa đến mức cần xem xét đánh giá kết cấu.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Nứt	Không	Vết nứt ngừng phát triển hoặc được chặn lại hiệu quả bằng các lỗ dừng, bản gia cường hoặc biện pháp tương tự	Vết nứt đã được phát hiện, chưa được xử lý, nhưng chưa đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Mối nối	Liên kết giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Lỏng liên kết hoặc gỉ vảy nhưng không gây biến dạng; liên kết vẫn giữ nguyên vị trí và hoạt động đúng chức năng.	Thiếu bu lông, đinh tán hoặc các liên kết; mối hàn bị hỏng; hoặc xuất hiện gỉ sét gây biến dạng, nhưng chưa nghiêm trọng đến mức phải xem xét đánh giá kết cấu.	
Biến dạng	Không	Biến dạng không cần khắc phục hoặc đã được khắc phục.	Biến dạng cần được khắc phục nhưng chưa được xử lý, tuy nhiên chưa đến mức phải đánh giá kết cấu.	
Lún	Không	Trong giới hạn cho phép hoặc đã tắt lún mà chưa có hư hại cho kết cấu.	Vượt quá giới hạn cho phép nhưng chưa phải đánh giá kết cấu	
Xói lở	Không	Trong giới hạn cho phép hoặc đã được xử lý bằng các biện pháp hiệu quả.	Vượt quá giới hạn cho phép nhưng vẫn nhỏ hơn giới hạn tới hạn được xác định bằng đánh giá xói và chưa phải đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

C.3.4 Kết cấu mố, trụ bằng đá xây

Bảng C.2 – Định nghĩa tình trạng kỹ thuật kết cấu mố, trụ cầu bằng đá xây

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Sùi bọt/Lộ gỉ sét	Không	Bề mặt màu trắng, không tích tụ hoặc rò rỉ và không có vết gỉ sét.	Tích tụ nhiều vết gỉ sét.	Phải đánh giá trạng thái kết cấu để xác định ảnh hưởng của khuyết tật đến cường độ hoặc khả năng khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu; hoặc việc đánh giá kết cấu đã được thực hiện và các khuyết tật có ảnh hưởng đến cường độ hoặc khai thác của bộ phận hoặc toàn bộ công trình cầu.
Hư hỏng lớp vữa trát	Không	Vết nứt hoặc khoảng hở nhỏ hơn 10 % các mạch vữa.	Vết nứt hoặc khoảng hở lớn hơn 10 % các mạch vữa .	
Tách/Vỡ mảnh đá	Không	Khối hoặc đá đã bị tách hoặc vỡ mảnh mà chưa bị dịch chuyển.	Khối hoặc đá đã bị tách hoặc vỡ mảnh và bị dịch chuyển nhưng chưa đến mức phải đánh giá kết cấu.	
Khu vực vá	Không	Khu vực vá, sửa chữa chắc chắn.	Khu vực vá không chắc.	
Chuyển vị khối đá xây	Không	Khối hoặc viên đá đã dịch chuyển nhỏ ra khỏi mạch xây.	Khối hoặc viên đá đã dịch chuyển đáng kể khỏi mạch xây nhưng chưa đến mức phải đánh giá kết cấu.	
Lún	Không	Trong giới hạn cho phép hoặc đã tắt lún mà chưa có hư hại cho kết cấu.	Vượt quá giới hạn cho phép nhưng chưa phải đánh giá kết cấu	
Xói lở	Không	Trong giới hạn cho phép hoặc đã được xử lý bằng các biện pháp hiệu quả.	Vượt quá giới hạn cho phép nhưng vẫn nhỏ hơn giới hạn tới hạn được xác định bằng đánh giá và chưa phải đánh giá kết cấu.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

Phụ lục D

(Quy định)

Các khuyết tật và hư hỏng điển hình của các bộ phận khác

D.1 Các gối tựa

D.1.1 Khi kiểm tra các gối tựa bằng thép (kể cả các con lăn BTCT) bằng thị sát bên ngoài và bằng đo đạc, cần xem xét:

- Việc bố trí các gối di động khi xét đến ảnh hưởng của nhiệt độ;
- Các chuyển vị tính toán do nhiệt gây ra của kết cấu nhịp (chuyển vị thẳng và chuyển vị góc); khả năng chuyển vị, tình trạng kẹt gối;
- Hiện trạng các mặt lăn (trượt) của gối di động;
- Sự làm việc đồng đều của các chi tiết gối ở điểm tựa lên mố trụ, kết cấu nhịp;
- Độ tin cậy của chỗ liên kết, tiếp xúc các con lắc (gối) với các chi tiết của mố, trụ và kết cấu nhịp tương ứng;
- Tình trạng nghiêng lệch của gối con lăn;
- Hiện trạng các chi tiết hãm và chống xô cũng như các lớp bọc/hộp bảo vệ.

D.1.2 Khi kiểm tra các gối tựa bằng cao su, cần xem xét:

- Mác cao su và thời hạn sử dụng của gối;
- Có các khuyết tật: các vết nứt trong cao su, các biến dạng chứng tỏ liên kết giữa cao su với tấm thép đã bị phá hủy (cao su bị lồi ra ở tất cả các mặt, lồi ra ở riêng một mặt, lồi hoặc rộp phân bố không hệ thống);
- Vị trí tiếp xúc giữa bề mặt thớt gối và bản kê gối của kết cấu nhịp, vị trí của gối so với đá kế hoặc tấm thép đệm; tình trạng chuyển vị của gối, góc nghiêng của gối;
- Việc bố trí gối tựa có xét đến yếu tố nhiệt độ và bảo đảm được cho chuyển vị tính toán do nhiệt gây ra của kết cấu nhịp.

D.1.3 Khi thị sát gối tựa hình cốc làm bằng polime cần kiểm tra độ song song của bản dưới và bản trên, sự định hướng đúng các chi tiết di động theo hướng chuyển vị, chất lượng sơn phủ mặt ngoài và hiện trạng tấm bọc và vỏ bảo vệ.

D.1.4 Khi kiểm tra tất cả các dạng gối tựa cần chú ý đến hiện trạng những kết cấu mố, trụ và kết cấu nhịp áp sát chúng để phát hiện những hư hỏng có liên quan đến các khuyết tật và sự lắp đặt chưa đúng của các gối tựa (bê tông bị sứt và có vết nứt, thiếu khe co dãn do nhiệt,...).

D.2 Mặt đường trên cầu và các thiết bị phục vụ khai thác

D.2.1 Khi kiểm tra mặt cầu cần xác định:

- Độ dốc dọc, ngang và trị số của chúng;

- Lớp phủ và lớp chống thấm trong phạm vi phần xe chạy;

- Các khuyết tật và hư hỏng trên mặt cầu: các vết nứt, ổ gà, gồ ghề cục bộ (đặc biệt là ở gần các khe biến dạng); lề đường bộ hành.

D.2.2 Cần phải đặc biệt chú ý đến hiện trạng hệ thống thoát nước và lớp chống thấm. Với mục đích này, bên cạnh việc kiểm tra trị số các độ dốc của tầng phủ phần xe chạy, cần đánh giá sự làm việc của hệ thống thoát nước. Chất lượng lớp chống thấm được đánh giá theo hiện tượng nước có ngấm hoặc không ngấm qua. Khi cần, để kiểm tra hiện trạng lớp chống thấm, phải bóc có chọn lọc, lớp phủ, lớp bảo vệ (lớp chống mòn).

D.2.3 Khi thị sát cấu tạo của khe co dãn (khe biến dạng), cần xét xem sự chuyển vị do nhiệt và hoạt tải gây ra:

- Ở các khe dạng kín và lấp đầy, cần kiểm tra độ kín của khe, sự có và hiện trạng của lớp phủ bù bằng kim loại, hiện trạng của mát-tit lấp khe, của các tấm đệm cao su hoặc khe hở của bê tông asphalt che phủ.

- Ở các khe dạng che đậy, cần xác định hiện trạng của các chi tiết che đậy (của các tấm, của các bản hình lược hoặc bản tròn), của các chi tiết viền, nẹp và độ chắc chắn của liên kết, sự có và hiện trạng của các máng thoát nước.

D.2.4 Trên tất cả các cầu đều phải kiểm tra độ chắc chắn của lan can liên kết với mặt cầu, của cột đèn chiếu sáng, các biển báo hiệu cho tàu thuyền và các tín hiệu khác.

D.2.5 Khi thị sát, cần kiểm tra các hiện trạng của các thiết bị quan trắc, các trang bị phòng chống cháy, các chi tiết tiếp địa và các thiết bị phục vụ khai thác.

D.2.6 Trên cầu, được phép của thiết kế, có các đường dẫn khác (đường thông tin, đường cấp nhiệt, đường dẫn nước, đường ống góp nước mưa,...) thì cần kiểm tra độ chắc chắn của các liên kết này với các chi tiết cầu, cũng như phát hiện xem các đường dẫn này có ảnh hưởng xấu đến các điều kiện khai thác cầu không. Trong kết cấu nhịp có tiết diện, hình hộp, cần chú ý xem các lỗ thoát các chất lỏng khi xảy ra sự cố của các đường dẫn này không và xem xét tới điều kiện thông thoáng của các kết cấu hộp.

D.3 Khu vực gầm cầu và đường vào cầu

D.3.1 Khi kiểm tra khu vực gầm cầu bằng thị sát, đo đạc, lập bản vẽ và hỏi cán bộ nhân viên đơn vị quản lý khai thác cầu, cần xác định:

a) Đối với cầu từ cấp III trở lên:

- Tình trạng lòng sông dưới cầu, các bãi bồi, hai bờ, các công trình gia cố bờ và điều chỉnh dòng;
- Việc thay đổi vị trí của lòng sông chính so với mố, trụ cầu;
- Việc hình thành các nhánh sông mới và các đảo mới (so với khi thiết kế hoặc các lần kiểm tra trước);
- Những vật liệu dư khi thi công công trình và các loại vật liệu khác làm cho lòng sông bị thu hẹp lại;
- Sự xói lở của lòng sông gần các trụ.

b) Đối với cầu cấp IV:

- Tình trạng lòng sông ở dưới cầu, ở thượng lưu, ở hạ lưu và việc gia cố chúng;
- Hiện tượng bồi lắng phù sa ở khoảng thông thuỷ cầu.

c) Đối với tất cả các loại cầu:

Ảnh hưởng của công trình đến môi trường xung quanh (ngập do nước dềnh, đất canh tác bị biến thành đầm lầy, việc hình thành những chỗ sạt lở trượt và thành vực,...).

d) Đối với cầu vượt đường:

- Tình trạng và độ bằng phẳng của mặt đường dưới cầu cũng như tình trạng các kết cấu giải phân cách trên đường;
- Khổ đường chui có đủ không và việc đặt các biển báo giao thông có thỏa mãn với các tiêu chuẩn kỹ thuật không.

e) Đối với cầu cạn (cầu cao, cầu qua thung lũng, cầu dẫn lên cầu):

Tính chất bất lợi đối với cầu do hậu quả hoạt động của các cơ quan, xí nghiệp bố trí trong các tòa nhà dưới gầm cầu cạn (ví dụ như, tác động dao động và va đập, việc tạo ra các môi trường xâm thực, môi trường có độ ẩm không khí cao ,...).

D.3.2 Khi thị sát các đường vào cầu, thường xác định: hiện trạng nền đắp, lề đường, taluy và việc tăng cường taluy, có sự xói lở nền đường và hiện tượng nước ngấm qua nền, hiện trạng và độ bằng phẳng của mặt đường (đặc biệt là những chỗ tiếp giáp với cầu); tình trạng của bản quá độ; hiện trạng của cọc bảo hiểm, hộ lan, tường chắn đất, bậc lên xuống và các biển báo khác (nếu có).

D.4 Phân loại tình trạng hư hỏng của kết cấu khe co dãn

Mô tả: Các thiết bị khe co dãn sử dụng gioăng kín nước bằng cao su neoprene, kết hợp với một loại thanh kim loại hoặc hệ thống khác để cố định gioăng.

Bảng D.1 – Phân loại tình trạng hư hỏng của kết cấu khe co dãn

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Dò Gỉ nước	Không	Rất ít. Nước nhỏ giọt qua khe co dãn.	Vừa phải. Nước nhỏ giọt nhanh hơn nhưng chưa thành dòng nước chảy tự do.	Dòng nước chảy tự do qua khe co dãn.
Độ dính bám chất bịt kín	Dính bám hoàn toàn.	Dính bám trên 50 % chiều cao của khe co dãn.	Dính bám nhỏ hơn hoặc bằng 50 % chiều cao của khe co dãn nhưng vẫn còn kết dính.	Mất dính bám hoàn toàn.
Hư hỏng chất bịt kín	Không	Bị mài mòn nhưng chưa có vết thủng.	Bị thủng, rách hoặc hở ra một phần.	Bị thủng hoàn toàn, hở ra hoặc bị mất.
Nứt chất bịt kín	Không	Nứt bề mặt.	Vết nứt xuyên qua một phần chất bịt kín.	Vết nứt xuyên qua hoàn toàn.
Tích tụ rác	Không	Được lấp đầy một phần nhưng vẫn cho phép khe di chuyển tự do.	Lấp đầy hoàn toàn và ảnh hưởng đến chuyển vị của khe.	Lấp đầy hoàn toàn và ngăn chặn chuyển vị của khe.
Độ bằng phẳng bản mặt cầu và tường đỉnh	Bền chắc. Không có hiện tượng bong tróc, tách lớp hoặc mảng vá không đạt yêu cầu.	Tách mép hoặc rãnh sâu ≤ 2.54 cm hoặc đường kính ≤ 15.24 cm. Không lộ cốt thép. Khu vực vá chắc chắn.	Rãnh sâu > 2.54 cm hoặc đường kính > 15.24 cm. Lộ cốt thép. Vùng bị bong tróc lỏng lẻo, làm cho khe hư hỏng.	Tách lớp, khu vực vá không chắc chắn, neo bị lỏng lẻo khiến cho khe không thể làm việc như ban đầu.
Kim loại bị suy giảm hoặc hư hỏng	Không	Gỉ đốm, kim loại chưa có vết nứt hoặc hư hỏng do va đập. Liên kết bị lỏng nhưng vẫn làm việc.	Mất mát tiết diện, thiếu hoặc gãy đinh/bu lông, nứt tấm kim loại hoặc hư hỏng do va đập nhưng khe vẫn làm việc.	Nứt, mất mát tiết diện, hư hỏng hoặc mất độ neo giữ khiến khe không làm việc như mong muốn.
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

D.5 Phân loại tình trạng hư hỏng của lớp phủ mặt cầu

Mô tả: Tất cả các mặt cầu/bản mặt cầu có lớp phủ làm bằng vật liệu mềm dẻo (bê tông nhựa), bán cứng (vật liệu epoxy và polyester), và cứng (xi măng Portland); và các tấm ván bằng gỗ.

Bảng D.2 – Phân loại tình trạng hư hỏng của lớp phủ mặt cầu

Khuyết tật	Tình trạng			
	1	2	3	4
	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Tách lớp/Vỡ vụn/Trám vá/Lỗ thủng (lớp phủ mặt cầu)	Không	Bong tróc, bong vỡ chiều sâu nhỏ hơn 2,54 cm hoặc đường kính nhỏ hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá chắc chắn. Lỗ thủng chưa xuyên qua hết chiều dày.	Bong vỡ sâu hơn 2,54 cm hoặc đường kính lớn hơn 15,24 cm. Khu vực được trám vá không chắc hoặc có biểu hiện hư hỏng. Lỗ thủng sâu hết chiều dày lớp phủ.	Lớp phủ mặt cầu không còn hiệu quả.
Vết nứt (Lớp phủ mặt cầu)	Bề rộng nhỏ hơn 0,03 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt lớn hơn 91,44 cm.	Bề rộng từ 0,03 cm đến 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt từ 30,48 cm đến 91,44 cm.	Bề rộng lớn hơn 0,127 cm hoặc khoảng cách giữa các vết nứt nhỏ hơn 30,48 cm.	
Khả năng bảo vệ (lớp phủ mặt cầu)	Bảo vệ hoàn toàn. Không có sự hư hỏng hoặc sự suy giảm của kết cấu được bảo vệ	Bảo vệ đáng kể. Sự suy giảm của kết cấu được bảo vệ chậm.	Bảo vệ giới hạn. Sự suy giảm của kết cấu được bảo vệ đã xảy ra.	
Hư hỏng	Không áp dụng	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 2 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 3 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.	Bộ phận bị tác động hư hỏng. Hư hỏng cụ thể do tác động được ghi nhận ở tình trạng kỹ thuật 4 theo mức khuyết tật vật liệu thích hợp.

Phụ lục E

(Quy định)

Quy trình thử tải cầu

E.1 Chuẩn bị thử tải

E.1.1 Để chuẩn bị thử tải cầu và có cơ sở quy định nội dung, quy mô tổ chức và biện pháp tiến hành trong đề cương thử tải, trước hết cần xem xét các điều kiện cần thiết sau đây:

- Hồ sơ thiết kế được duyệt;
- Mức độ hoàn thành công trình;
- Khả năng an toàn cho người, thiết bị và bản thân công trình trong quá trình tiến hành thử tải;
- Khả năng trang thiết bị thử tải và mức độ thuần thục của đội ngũ tham gia thử tải;
- Khả năng đáp ứng yêu cầu chuẩn bị hiện trường của đơn vị thi công hoặc quản lý công trình;
- Yêu cầu bảo đảm giao thông trên bộ và dưới nước;
- Tài liệu kiểm tra nghiệm thu công trình (đối với cầu mới) hoặc tài liệu theo dõi quá trình khai thác của cơ quan quản lý công trình (đối với cầu cũ).

E.1.2 Khảo sát chi tiết một số nội dung sau đây để đánh giá thực trạng công trình:

- Tình trạng của các bộ phận chịu lực chủ yếu;
- Tình trạng mặt cầu;
- Tình trạng các gối cầu;
- Tình trạng han gỉ, bong bật của các bộ phận kết cấu công trình;
- Tình trạng của những khu vực và bộ phận kết cấu chịu lực chủ yếu;
- Tình trạng sửa chữa những khuyết tật;
- Tình trạng đường vào cầu;
- Tình trạng thiết bị an toàn, tín hiệu, biển báo, gác, cứu sinh, ánh sáng.

E.1.3 Thu thập và xem xét các số liệu thiết kế như độ võng, nội lực và ứng suất trên một số bộ phận kết cấu chủ yếu. Đối với những công trình không có tài liệu thiết kế, phải tiến hành những tính toán cần thiết nhằm phục vụ cho việc xác định tải trọng thử, xử lý và phân tích kết quả thử tải.

E.1.4 Xem xét các tài liệu ghi chép trong quá trình giám sát thi công, những kết luận và biên bản nhận xét về chất lượng công trình (nhất là đối với những bộ phận ẩn giấu) về những sự cố xảy ra trong quá trình thi công và những sai lệch so với đồ án thiết kế được duyệt, xem xét chất lượng của những vật liệu

xây dựng đã sử dụng và những chi tiết chế tạo ở nhà máy so với yêu cầu của thiết kế và những chỉ tiêu kỹ thuật cần có của vật liệu.

E.1.5 Thu thập các số liệu ban đầu của công trình như độ võng do tĩnh tải, độ sai lệch của gối tựa, độ nghiêng của trụ, móng, vị trí trung tâm của con lăn gối cáp (nếu là cầu treo) và các số liệu khác có liên quan đến việc phân tích, đánh giá chất lượng công trình sau này.

E.1.6 Đề cương thử tải cầu gồm các nội dung chủ yếu sau đây:

- Các căn cứ pháp lý chung và căn cứ pháp lý liên quan đến dự án;
- Các tiêu chuẩn áp dụng;
- Giới thiệu chung về công trình:

+ Đặc điểm kỹ thuật: loại cầu, năm thi công, năm khai thác, tiêu chuẩn và tải trọng thiết kế, sơ đồ kết cấu nhịp, quy mô mặt cắt ngang, sơ đồ bố trí dầm chủ, kết cấu mố, trụ cầu...;

+ Khái quát về tình trạng công trình: các vấn đề xảy ra trong quá trình thi công (nếu có), hiện trạng các bộ phận kết cấu, các kết luận và kiến nghị trong các Báo cáo kiểm định trước đây (nếu có);

+ Quá trình sửa chữa trước đây (nếu có).

- Yêu cầu và mục đích công tác thử tải cầu;
- Các nội dung và khối lượng đo đạc thử tải;
- Tải trọng thử tải và các sơ đồ bố trí tải trọng thử. Tải trọng thử cần được tính toán và bố trí theo 8.2.2 và 8.2.3;
- Sơ đồ bố trí điểm đo;
- Công tác đảm bảo giao thông, đảm bảo an toàn lao động, an toàn công trình, đảm bảo vệ sinh môi trường trong quá trình thử tải;
- Máy móc, thiết bị phục vụ công tác thử tải và yêu cầu về độ chính xác;
- Tổ chức và bố trí nhân sự thực hiện, phân công nhiệm vụ trong quá trình chuẩn bị và thử tải;
- Dự kiến tiến độ thực hiện;
- Các nội dung báo cáo thử tải.

E.1.7 Việc lựa chọn, sắp xếp người vào các vị trí đo đạc hoặc thông tin, tín hiệu, an toàn phải căn cứ vào mức độ thành thạo nghiệp vụ, tình trạng sức khoẻ của từng người để bảo đảm làm việc được khoa học và an toàn.

E.1.8 Lựa chọn dụng cụ, thiết bị thí nghiệm phải căn cứ vào yêu cầu thu thập các số liệu kỹ thuật vào điều kiện cụ thể của hiện trường, quy mô của kết cấu đo và yêu cầu về mức độ chính xác cần đạt. Những dụng cụ, thiết bị thử tải này được hiệu chuẩn bởi cơ quan có chức năng và phải khai thác thử để xác

định độ tin cậy, độ an toàn của chúng trước khi lắp đặt; chỉ được dùng những dụng cụ cải tiến khi dụng cụ đo đó đã được thử tải thực tế và đã có kết luận cho phép sử dụng của cơ quan có thẩm quyền.

E.1.9 Thiết kế giàn giáo phục vụ lắp đặt thiết bị và đo đạc thử tải phải theo đúng những quy định về tiêu chuẩn kỹ thuật, an toàn lao động và được người trực tiếp phụ trách công tác thí nghiệm thông qua.

E.1.10 Chuẩn bị tải trọng thử cầu phải căn cứ vào điều kiện thực tế của hiện trường và trình tự xếp dỡ tải nêu trong đề cương, có thể sử dụng đoàn xe ô tô hoặc những tải trọng di động khác để thử cầu.

Đối với trường hợp thử tĩnh, cho phép sử dụng những loại tải trọng khác (như vật nặng, cát, nước...) nhưng phải áp dụng những biện pháp để đảm bảo truyền đầy đủ tải trọng xuống những điểm cố định của kết cấu cần thử. Phải cân, đong, đo khối lượng để đảm bảo độ chính xác của tải trọng thử (có phiếu cân tải trọng). Khi thử tĩnh phải có biện pháp đảm bảo khả năng chất tải và dỡ nhanh nhất đồng thời không làm thay đổi vị trí của nó trong quá trình thử.

Sai số của tải trọng thử cầu không được vượt quá ± 5 %.

E.1.11 Trong một số trường hợp (thử đến phá hoại, thử những bộ phận riêng của kết cấu thử với tác dụng lực ngang...) có thể tạo nên tải trọng thử bằng kích, tời và các thiết bị khác. Khi đó, cần có biện pháp để xác định một cách chắc chắn trị số của tải trọng được truyền cho kết cấu (như sử dụng lực kế đã hiệu chuẩn, áp kế đo biến dạng và ứng suất trong các bộ phận được truyền tải trọng...).

E.1.12 Trong kế hoạch thử tải cầu, phải xác định rõ thời gian bắt đầu và kết thúc công việc, phải dự trù biện pháp đối phó khi thời tiết diễn biến không thuận lợi (nắng, mưa, cơn giông... và phải có biện pháp bảo đảm an toàn lao động và bảo đảm giao thông).

E.1.13 Để thử tải cầu được thuận lợi, phải chuẩn bị đầy đủ các biểu mẫu ghi chép số liệu thí nghiệm cho từng vị trí đo đạc phù hợp với từng loại dụng cụ, thiết bị thí nghiệm. Phải đánh dấu chính xác các vị trí xếp tải trên cầu bằng vạch vôi, sơn phải đảm bảo đường vào cầu và trên cầu không có bất cứ trở ngại nào làm ảnh hưởng đến tốc độ xe chạy quy định như thử động.

E.1.14 Trước khi chính thức thử cầu, phải tổng kiểm tra lần cuối từng khâu công tác chuẩn bị. Với những công trình có yêu cầu thí nghiệm phức tạp, cần phải tổ chức diễn tập trước để thống nhất chỉ huy Điều độ, thông tin, tín hiệu. Trong mọi trường hợp phải phổ biến cặn kẽ kế hoạch tiến hành thử tải đến từng bộ phận tham gia.

E.2 Thử tải tĩnh

E.2.1 Chỉ dẫn chung

E.2.1.1 Sau khi tổng kiểm tra toàn bộ công tác chuẩn bị cần chính thức hoá những thông số kỹ thuật cần thu thập qua thí nghiệm, khối lượng công tác thử tải, số lượng và vị trí bộ phận công trình (trụ, kết cấu nhịp) cần thử, có trang bị các dụng cụ, thiết bị đo đạc đã được đề ra trong đề cương thử tải.

E.2.1.2 Trong những trường hợp cần thiết, phải áp dụng những biện pháp thích hợp để bảo vệ dụng cụ, thiết bị thí nghiệm không bị ảnh hưởng của gió, mưa nắng để đảm bảo sự chính xác của số liệu đo.

E.2.1.3 Khi thử tải, cần phải dự kiến và thực hiện những biện pháp khắc phục bất kỳ cản trở nào cho công việc và bảo đảm an toàn cho phương tiện vận tải, người đi lại trên đoạn đường tiếp giáp với cầu và những người làm công tác thử tải.

Nếu trong thời gian thử không thể đình chỉ hoàn toàn việc đi lại trên cầu thì phải áp dụng những biện pháp đảm bảo an toàn cho ôtô, xe máy và người qua lại.

E.2.1.4 Tốt nhất nên bố trí tải trọng thử cầu theo sơ đồ tổ hợp tải trọng khống chế đã được xác định trong hồ sơ thiết kế. Nếu gặp khó khăn trong thực tế (như tải trọng trục bánh xe không đạt yêu cầu...) thì có thể bố trí tải trọng sao cho đạt được giá trị nội lực tương đương với nội lực thiết kế ở các tiết diện có bố trí điểm đo. Trong trường hợp cá biệt, theo sự thoả thuận với cơ quan đặt hàng, có thể thử tải cầu theo đề cương quy ước với những tải trọng thử khác với những chỉ dẫn đã nêu.

E.2.1.5 Việc bố trí tải trọng dọc và ngang công trình, bố trí lệch tâm hoặc đúng tâm phải xuất phát từ điều kiện gây nên trạng thái làm việc bất lợi nhất cho công trình và các bộ phận cầu cần thử tải của nó và được quy định chặt chẽ trong đề cương thử tải cầu.

E.2.1.6 Với mỗi cấp tải trọng ở mỗi điểm đo phải cho tải trọng tác dụng 3 lần và đọc 3 lần để lấy số liệu bình quân, sai số giữa 3 kết quả đọc không quá 15 %. Nếu 1 trong 3 số liệu này vượt quá ± 15 % thì lấy bình quân của 2 số liệu gần nhau làm kết quả đo, nếu cả 3 số liệu đều cách xa nhau quá ± 15 % thì phải đo lại.

E.2.1.7 Trước khi đọc số liệu chính thức cần phải cho tải trọng thử tác động vào kết cấu một vài lượt (như cho xe chạy qua cầu hoặc chất tải bằng vật liệu nặng...) để loại trừ những sai số do kết cấu chưa ổn định và điều chỉnh lại độ chính xác của thiết bị đã lắp đặt vào kết cấu.

E.2.1.8 Cần quy định và thực hiện những hiệu lệnh thống nhất về điều động, bố trí tải trọng thử cầu để tránh sai sót khi đọc số liệu hoặc bỏ sót điểm đo.

Thời điểm dọc số liệu là thời điểm mà các trị số biến dạng đọc được trên thiết bị đo đã ổn định.

Khi đo thử, cần phát hiệu lệnh chung để ghi nhận đồng thời các trị số đo tất cả các điểm đo sau khi đọc xong số liệu, nếu phát hiện thấy thiết bị nào không làm việc hoặc làm việc không tốt thì phải thay bằng thiết bị khác hoặc sửa chữa ngay để tiếp tục công việc thử tải.

E.2.1.9 Trong quá trình thử tải, cần theo dõi cẩn thận công trình để phát hiện kịp thời những khuyết tật hoặc biến dạng mới phát sinh làm ảnh hưởng dẫn các kết quả đo đạc. Nếu có khuyết tật biến dạng phát sinh, cần đối chiếu xem xét lại những kết quả kiểm tra trước lúc thử tải để có cơ sở phân tích chính xác kết quả đo đạc.

E.2.2 Đo độ võng công trình

E.2.2.1 Thông thường, nên bố trí điểm đo tại các tiết diện có độ võng lớn nhất, tại các vị trí bị suy giảm hoặc các tiết diện thay đổi đột ngột.

Số lượng điểm đo nhiều hoặc ít tuỳ thuộc vào khẩu độ cầu, nếu phải vẽ biểu đồ độ võng công trình thì phải đo nhiều điểm dọc theo tim cầu.

Để việc chuẩn bị đà giáo đơn giản và tiết kiệm nhân lực, trong điều kiện cho phép có thể bố trí điểm đo độ võng gần điểm đo biến dạng.

Việc bố trí điểm đo cũng phải xét đến khả năng di chuyển thiết bị đo trong thử nghiệm sao cho thời gian phải ngừng việc để di chuyển thiết bị đo được ngắn nhất.

E.2.2.2 Trong trường hợp nhịp đơn giản mà không thể bố trí thiết bị đo độ võng tại giữa nhịp được thì có thể bố trí đo tại tiết diện lân cận rồi sau đó tính ra độ võng tại giữa nhịp.

Khi độ lún của mố, trụ đáng kể, phải bố trí điểm đo độ võng nhịp dầm tại 2 gối. Trong trường hợp này, nếu không thể bố trí thiết bị đo tại gối được thì bố trí đo tại tiết diện lân cận của 2 gối (cách gối từ 0,5 đến 1.0 m), sau đó tính ra độ võng tại giữa nhịp.

E.2.2.3 Đối với mặt cầu có từ 2 làn xe trở lên thì khi đo độ võng tại mỗi tiết diện, nhất thiết phải đo ở cả hai bên thượng và hạ lưu để xác định được độ võng ở tim cầu và độ nghiêng của mặt cầu khi xếp lệch tâm.

E.2.2.4 Việc bố trí điểm đo độ võng đối với dầm mút thừa hoặc dầm treo cũng tương tự như đối với dầm đơn giản, song cần đặc biệt chú ý đến chuyển vị của gối tựa.

E.2.2.5 Khi đo độ võng cục bộ của các chi tiết, cần đặc biệt chú ý đến chuyển vị của 2 đầu chi tiết, góc nghiêng của chi tiết đó đối với mặt phẳng nằm ngang.

E.2.2.6 Khi đo độ võng, nếu ở dưới cầu không có nước (cầu cạn) thì lấy ngay mặt đất làm điểm cố định để xác định độ võng, tốt nhất nên đặt thiết bị đo ở ngay trên mặt đất hoặc mô đá. Nếu ở dưới cầu có nước nông, lưu tốc nhỏ thì bố trí thiết bị đo ở trên cầu và tạo điểm cố định bằng cách dùng dây thả quả dọi xuống nước để làm chuẩn (quả dọi có trọng lượng trên 10 kg).

E.2.2.7 Khi đo độ võng, nếu nước sông sâu, lưu tốc lớn không thể tạo điểm có định ở dưới sông được thì phải dùng máy thuỷ bình để đo độ võng.

E.2.2.8 Phải dựa vào độ võng lớn nhất của công trình có thể xảy ra được lựa chọn thiết bị đo độ võng, để vừa đảm bảo được an toàn cho thiết bị, vừa đạt độ chính xác, cao nhất có thể được. Thông thường khi đo độ võng, nên sử dụng các thiết bị cơ học, nếu phải đo độ võng quá nhỏ mới sử dụng đến các thiết bị điện tử. Đối với các thiết bị này, phải kiểm tra sự làm việc của chúng trước khi gá lắp phải chọn được phương án gá lắp tốt nhất, an toàn nhất trong quá trình thí nghiệm và phải gá lắp chắc chắn để tránh sai số.

E.2.2.9 Khi điều xe vào cầu để thử, phải đặt đúng vị trí đánh dấu sẵn

Thường có hai phương án xếp xe để thử theo phương ngang cầu: xếp xe chính tâm cầu và xếp xe lệch tâm cầu. Trong trường hợp nào cũng phải thử theo phương án xếp xe chính tâm cầu, còn tuỳ theo tầm quan trọng của kết cấu cụ thể thử cả theo phương án thứ hai. Đối với cầu treo, cầu dây văng, cầu có hai làn xe trở lên, nhất thiết phải thử theo cả hai phương án xếp xe.

E.2.2.10 Để xác định biến dạng dư của công trình, cần phải đọc được 3 trị số ứng với 3 trường hợp sau đây của lần xếp tải đầu tiên và lần xếp tải cuối cùng:

- Khi xe chưa vào cầu;
- Khi xếp xe trên cầu;
- Khi xe ra khỏi cầu.

Trị số biến dạng dư của 3 lần xếp tải đó không tính theo trị số bình quân mà phải để riêng rẽ để có thể phân tích chất lượng công trình được chính xác.

E.2.2.11 Đối với mọi công trình, phải có sơ đồ bố trí chung các điểm đo và những điều cần thiết để tránh sai sót trong khi đo. Số liệu đo được ghi chép bằng bút bi lên những biểu thống nhất đã được chuẩn bị sẵn. Khi phải xoá chữ số, chỉ gạch đè lên để có thể đọc lại được khi cần thiết. Trước khi kết thúc công việc, cần kiểm tra sơ bộ kết quả đo. Chủ trì công việc phải tập hợp đầy đủ số liệu của các điểm đo, so sánh tương đối giữa chúng với nhau, phát hiện những sai sót trong quá trình đo và có biện pháp bổ sung kịp thời.

E.2.3 Kiểm tra ứng suất trong kết cấu

E.2.3.1 Việc xác định ứng suất trong kết cấu dựa trên cơ sở đo biến dạng tương đối ε_{max} của kết cấu khi chịu lực để tính trị số ứng suất theo quan hệ:

$$\sigma = E.\varepsilon_{max} \qquad (E.1)$$

trong đó:

σ là ứng suất trong kết cấu (MPa).

E là mô đun đàn hồi của vật liệu (MPa).

ε_{max} là biến dạng tương đối lớn nhất của kết cấu.

Khi cần thiết, phải xác định E bằng cách thí nghiệm mẫu.

E.2.3.2 Đối với cầu nhiều nhịp, việc xác định nhịp nào cần kiểm tra ứng suất phải dựa theo các nguyên tắc cơ bản sau đây:

a) Nếu cầu có các nhịp giống nhau về chiều dài, kết cấu nhịp và vật liệu làm cầu thì phải chọn nhịp nào có nhiều nội dung kỹ thuật cần kiểm tra nhất, đồng thời có điều kiện thuận lợi khi kiểm tra đo đạc.

b) Nếu cầu có nhiều nhịp khác nhau về chiều dài nhịp nhưng giống nhau về kết cấu và vật liệu thì nên chọn nhịp có khẩu độ lớn nhất để kiểm tra.

c) Nếu cầu có nhiều nhịp khác nhau cả về khẩu độ lẫn kết cấu và vật liệu thì nhất thiết phải tiến hành thí nghiệm tất cả các nhịp hoặc nhịp đại diện cho từng nhóm nhịp có kết cấu và vật liệu giống nhau.

E.2.3.3 Việc bố trí cho số lượng điểm đo biến dạng nhiều hoặc ít tuỳ thuộc vào đặc điểm của cầu hoặc mục đích nghiên cứu khoa học. Điểm đo biến dạng thường được bố trí tại những bộ phận kết cấu chịu lực chính, tại những vị trí sẽ xuất hiện những ứng suất lớn nhất hoặc tại những tiết diện bị suy giảm đột ngột hoặc có khuyết tật.

Khi xét đến ứng suất lớn nhất, phải kết hợp với đường ảnh hưởng của nội lực đối với mỗi mặt cắt trong kết cấu nhịp cầu để xác định vị trí cần đo.

E.2.3.4 Trên cùng một tiết diện cần đo, phải bố trí ít nhất là 2 điểm đo biến dạng ở những vị trí thích hợp sao cho có thể ghi nhận được trị số biến dạng (kéo hoặc nén) thuần tuý dọc trục và kết quả đo ít chịu ảnh hưởng nhất của các biến dạng phụ như xoắn, uốn.

Nếu cần biết các biến dạng phụ này thì phải bố trí điểm đo để thuận lợi khi xử lý số liệu và có kết quả chính xác.

E.2.3.5 Tùy theo tình trạng cụ thể của bộ phận kết cấu (thanh giàn, dầm, bản) và vị trí cần đo, cần phải lựa chọn thiết bị đo sao cho việc gá lắp và theo dõi, đọc số liệu được thuận lợi nhất và đảm bảo được an toàn cho người và thiết bị. Ở các điểm nằm dưới thấp và có điều kiện gá lắp dễ dàng thì nên chọn thiết bị cơ học. Đối với các điểm trên cao, khó gá lắp, khó đọc số liệu thì dùng thiết bị điện tử như lá điện trở hoặc đầu đo cảm ứng.

Khi lựa chọn thiết bị đo, để tránh tình trạng giá trị đo thực tế quá nhỏ hoặc quá lớn không ghi nhận được và có thể làm hỏng thiết bị đo, cần dự kiến trước giá trị đo thực tế sẽ xuất hiện khi chất tải và đặc biệt chú ý đến giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của số đo có thể ghi nhận trên máy.

E.2.3.6 Khi đo biến dạng tương đối bằng thiết bị điện tử, cần phải chuẩn bị điểm đo hết sức tỉ mỉ và tuân theo những quy định về dán điện trở, về gắn đầu đo cảm ứng, về thao tác và sử dụng máy ghi... được nêu trong hướng dẫn sử dụng thiết bị.

E.2.3.7 Khi gá lắp thiết bị cơ học cũng phải đảm bảo những quy định được nêu trong các bản hướng dẫn sử dụng từng thiết bị. Không được phép sử dụng những thiết bị cơ học chưa được kiểm tra kỹ lưỡng và thiếu biện pháp đảm bảo an toàn cho những thiết bị đó.

E.2.3.8 Đối với mỗi cấp tải trọng, phải xếp tải 3 lần để đọc trị số biến dạng để tính giá trị bình quân và xử lý số liệu giống như ở E.2.1.6

Khi đo biến dạng, cũng áp dụng các phương pháp chất tải lựa chọn thời điểm đọc số liệu, ghi chép số liệu, kiểm tra và xử lý số liệu giống như ở phần đo độ võng trong Phụ lục này.

E.2.3.9 Trong trường hợp đặc biệt và thật cần thiết, có thể xác định nội lực do tĩnh tải gây ra bằng cách kích dầm lên để đo phản lực ở 2 gối, từ đó tính ra nội lực của từng tiết diện cần nghiên cứu hoặc từng bộ phận trong kết cấu cầu.

E.2.3.10 Khi thử tải kết cấu BTCT, cần quan sát kết cấu hết sức cẩn thận để phát hiện vết nứt. Phải ghi chép rõ sơ đồ kết cấu có xuất hiện vết nứt, số lượng, khoảng cách chiều dài, bề rộng, chiều sâu vết nứt và phương phát triển của vết nứt..., phải chú ý chọn điểm đo biến dạng của kết cấu BTCT không trùng với vết nứt có sẵn hoặc mới xuất hiện trong bê tông hoặc không ở vị trí bê tông có khuyết tật.

E.3 Thử tải động

E.3.1 Khi thử động với những công trình có bề rộng mặt cầu lớn nhỏ khác nhau, cho phép chỉ sử dụng một làn xe chạy đúng tim cầu khi thử động, có thể sử dụng các loại tải trọng sau đây:

(1) Tải trọng di động có dạng phương tiện vận tải riêng biệt (đầu máy, ô tô);

(2) Tải trọng chấn động đặt vào những chỗ quy định trên công trình;

(3) Tải trọng va chạm tác động vào những chỗ quy định trên công trình;

(4) Lực hãm xe đột ngột trên công trình.

E.3.2 Để thử động, cần sử dụng những tải trọng động có thể tạo nên những tác dụng xung kích lớn nhất đối với kết cấu, gồm cả những xung kích dao động tuần hoàn do tải trọng lưu thông trên cầu gây nên.

Trong trường hợp cần thiết, đơn vị thử cầu có thể áp dụng những biện pháp riêng để tạo nên tác dụng xung kích của tải trọng di động bằng cách tạo nên trạng thái không đều đặn trên đường xe chạy (như tạo vấp ở vệt bánh xe ôtô hoặc cho xe chạy theo hình chữ chi,...)

E.3.3 Tác dụng va chạm lên kết cấu được tạo nên bằng cách cho tải trọng va chạm tức thời và trực tiếp vào kết cấu. Trong mọi trường hợp thử tải trọng va chạm, phải áp dụng những biện pháp cần thiết để tránh làm hư hỏng cục bộ kết cấu.

E.3.4 Khi cho tải trọng di động qua cầu để thử tải, phải bắt đầu từ tốc độ 5 km/h rồi tăng dần lên đến tốc độ lớn nhất của phương tiện vận tải đó hoặc đến tốc độ do thiết kế quy định: phương tiện phải đạt đến tốc độ quy định khi tới gần đầu cầu và không được tăng tốc độ khi chạy qua cầu. Có thể đo với xe nặng chạy ngẫu nhiên qua cầu.

E.3.5 Khi thử động, cần thu thập được những thông số kỹ thuật cơ bản đã nêu trong 8.3.1.

Khi cần, xác định 3 đại lượng: độ võng, biến dạng và dao động của công trình. Thiết bị sử dụng tốt nhất là các thiết bị điện tử, có khả năng tự ghi nhận số liệu và vẽ được biểu đồ động khi tải trọng đi qua. Trường hợp không thể bố trí các thiết bị điện tử như trên, có thể sử dụng các thiết bị chuyên dụng tự ghi nhận hình ảnh để xác định biểu đồ tổng thể của công trình trong thời gian tải trọng đi qua. Việc sử dụng máy tự ghi, phim ảnh, phân tích xác định những thông số ghi được trên ảnh phải thực hiện đúng theo quy định trong các tài liệu hướng dẫn sử dụng các thiết bị này.

E.3.6 Việc lựa chọn vị trí đo độ võng động phụ thuộc vào yêu cầu cần nghiên cứu và thử tải. Thông thường, cần bố trí đo độ võng động ở vị trí có độ võng tĩnh lớn nhất hoặc ở những tiết diện xét thấy bị suy giảm. Cho phép đo độ võng động tại một điểm dọc tim cầu. Khi cần vẽ biểu đồ độ võng thì phải đo tại nhiều điểm dọc tim cầu, từ các đồ thị ghi được của mỗi điểm đo tìm ra các giá trị độ võng lớn nhất để vẽ biểu đồ.

E.3.7 Cần bố trí đo ứng suất động ở ngay vị trí đã đo ứng suất tĩnh lớn nhất hoặc ở những vị trí xét thấy rất nhạy cảm đối với lực xung kích của tải trọng động hoặc ở những vị trí đặc biệt theo yêu cầu nghiên cứu.

E.3.8 Về dao động, đối với các cầu dầm, giàn nhịp giản đơn chỉ cần xác định biểu đồ dao động theo phương thẳng đứng và phương ngang cầu. Phải bố trí đầu đo dao động để thu nhận được tín hiệu theo các phương này;

Đối với các cầu khác phải bố trí đầu đo dao động để thu nhận được tín hiệu dao động theo cả ba phương: thẳng đứng, dọc cầu và ngang cầu.

Việc thu thập số liệu phải đủ để đánh giá kết quả thử tải động tham khảo trong Phụ lục F.

E.3.9 Khi thử động, người điều xe và người điều khiển máy ghi chụp tự động phải có liên hệ chặt chẽ với nhau bằng tín hiệu riêng sao cho máy ghi chụp hoạt động trước khi tải trọng tác dụng vào kết cấu nhịp cầu khoảng 5 giây. Khi muốn nghiên cứu ảnh hưởng của nhịp bên cạnh đối với nhịp cầu thử thì máy ghi chụp phải hoạt động suốt thời gian tải trọng lăn bánh qua cầu.

E.3.10 Sau mỗi cấp tải trọng động, phải kiểm tra lại các thiết bị được gắn vào công trình và dây an toàn buộc trên thiết bị, đồng thời tháo gỡ những thiết bị, dụng cụ đo không tham gia thử động để để phòng trường hợp thiết bị rời ra khi kết cấu chịu tác dụng của lực xung kích.

E.3.11 Chú ý ghi chép rõ chiều quay của kim đồng hồ gắn trên thiết bị trong mỗi lần thử tải. Đánh dấu hoặc xác định bằng đồng hồ bấm giây thời điểm xe đi vào cầu hoặc ra khỏi cầu trên bảng giấy ghi biểu đồ của tải trọng động.

E.4 Xử lý số liệu đo đạc và trình bày kết quả thử tải

E.4.1 Trên cơ sở những bản ghi chép số liệu đo đạc ở mỗi vị trí, tính toán giá trị thực của độ võng hoặc biến dạng (ứng suất) với mỗi cấp tải trọng tương ứng để xác định các giá trị bình quân và loại trừ những số liệu chênh nhau quá phạm vi cho phép như đã nêu ở E.2.1.6.

Khi tính toán giá trị cuối cùng, phải đặc biệt chú ý đến độ phóng đại của thiết bị đo và những hệ số hiệu chỉnh nếu có.

E.4.2 Trường hợp khi thử động mà không sử dụng các thiết bị điện tử có khả năng tự ghi số liệu và vẽ biểu đồ biến dạng thì khi xác định các giá trị về biên dao động, tần số dao động và ứng suất, độ võng dưới tác dụng của tải trọng động, căn cứ theo các ảnh chụp rõ nhất, dùng thước đo có độ chính xác đến 0,1 mm.

E.4.3 Sau khi tính toán đầy đủ các số liệu đo đạc, người phụ trách chung có trách nhiệm nhìn bao quát các tài liệu thu thập được, phân tích sơ bộ để loại trừ những kết quả vô lý không phù hợp với đặc điểm làm việc của kết cấu. Trường hợp có kết quả không phù hợp, nếu không có gì sai sót về tính toán, về ghi chép, về số liệu đo thì tổ chức thử tải lại (nếu không bỏ qua được), hoặc không dùng số liệu vô lý đó nhưng phải thuyết minh rõ ràng và không huỷ số liệu đo đó trong hồ sơ.

Trên cơ sở kết quả thử tải đã thu được, phân tích khả năng làm việc của kết cấu, đánh giá chất lượng công trình, xác định những tồn tại và đề xuất giải pháp khắc phục.

E.4.4 Đi kèm theo Báo cáo thử tải, còn có những tài liệu kỹ thuật phản ánh quá trình đo đạc như: bản vẽ bố trí chung cầu; bản vẽ thử tải thể hiện các mặt cắt đã đo đạc, sơ đồ bố trí tải trọng thử, bố trí điểm đo...; kết quả tính toán lý thuyết; hình ảnh công tác thử tải cầu; biểu đồ ứng suất và độ võng dưới tác dụng của tải trọng động và các tài liệu minh hoạ khác.

E.4.5 Báo cáo thử tải cần phải có phần phụ lục gồm các tài liệu có giá trị:

- Đề cương thử tải cầu;
- Kết quả thí nghiệm vật liệu;
- Phiếu cân xe;
- Biên bản thử tải cầu và các tài liệu có liên quan khác.

E.4.6 Việc đánh giá chất lượng công trình phải dựa vào yêu cầu thử tải được đề ra, phải dựa trên cơ sở tài liệu kiểm tra và số liệu đo đạc khi thử tải để đảm bảo tính chất khách quan, toàn diện của công tác thử tải. Để đánh giá tổng hợp công trình phải dựa vào những số liệu đo đạc cơ bản nhất trong thử tải là độ võng, biến dạng dư, ứng suất lớn nhất, ứng suất tập trung, biên dao động, tần số dao động.

Phụ lục F

(Tham khảo)

Đánh giá kết quả thử tải động trên cầu

(Nội dung được biên soạn trên cơ sở tham khảo ISO 18649:2004)

F.1 Phạm vi

Phụ lục này cung cấp phương pháp luận để đánh giá kết quả từ thử tải và khảo sát động lực học đối với cầu. Bổ sung cho quy trình tiến hành các thử tải như đã nêu trong ISO 14963:

- Mục tiêu của thử tải động;
- Các kỹ thuật để phân tích dữ liệu và xác định hệ thống;
- Mô hình của cầu;
- Đánh giá các dữ liệu đo được.

CHÚ THÍCH: Việc đánh giá có thể nhằm xác định tất cả các đặc tính động của từng dạng dao động được kiểm tra, tức là tần số, độ cứng, dạng dao động và độ giảm chấn và sự biến đổi phi tuyến tính của chúng theo biên độ chuyển động. Đó là những thông tin về các đặc tính động của kết cấu đã sử dụng trong thiết kế, hoặc làm cơ sở cho việc giám sát tình trạng hoặc nhận dạng hệ thống.

Các phép thử động được xem xét trong phụ lục này không thay thế các phép thử tĩnh.

Phụ lục này đưa ra hướng dẫn về việc đánh giá các phép đo được thực hiện trong vòng đời của cầu. Các giai đoạn của vòng đời được coi là:

a) Trong quá trình thi công và trước khi khai thác;

b) Trong quá trình thử tải khai thác;

c) Trong các khoảng thời gian xác định trong suốt vòng đời của cầu;

d) Ngay trước khi ngừng khai thác cầu.

Phụ lục này có thể áp dụng cho cầu đường bộ, cầu dành cho người đi bộ và cầu cạn (cả trong quá trình thi công, khai thác) và cả các công trình khác, với điều kiện việc áp dụng phù hợp. Việc áp dụng phụ lục này cho các kết cấu đặc biệt (cầu dây văng hoặc cầu treo) cần có các thử tải cụ thể có tính đến các đặc điểm cụ thể của công trình.

F.2 Đo dao động

F.2.1 Những quy định chung

Các hướng dẫn về phép đo dao động nêu trong ISO 14963 phải đáp ứng các yêu cầu chất lượng đối với các phép đo này nêu trong ISO 14964. Các phép đo có thể được thực hiện trên các cầu đang thi công, đang chạy thử và trên các cầu đang sử dụng.

F.2.2 Giám sát cầu trong quá trình thi công và khai thác thử

F.2.2.1 Mục tiêu của kiểm soát dao động

Hình F.1 và F.2 minh họa mối quan hệ giữa các giai đoạn khác nhau liên quan đến kiểm soát dao động.

Các mục tiêu của kiểm soát dao động được quy định như sau:

a) Đánh giá độ chính xác và khả năng thi công của công trình;

b) Đánh giá hoạt động của kết cấu trong quá trình thi công và sau khi hoàn thành;

c) Đánh giá mức độ an toàn của cầu trong quá trình thi công và sau khi hoàn thành;

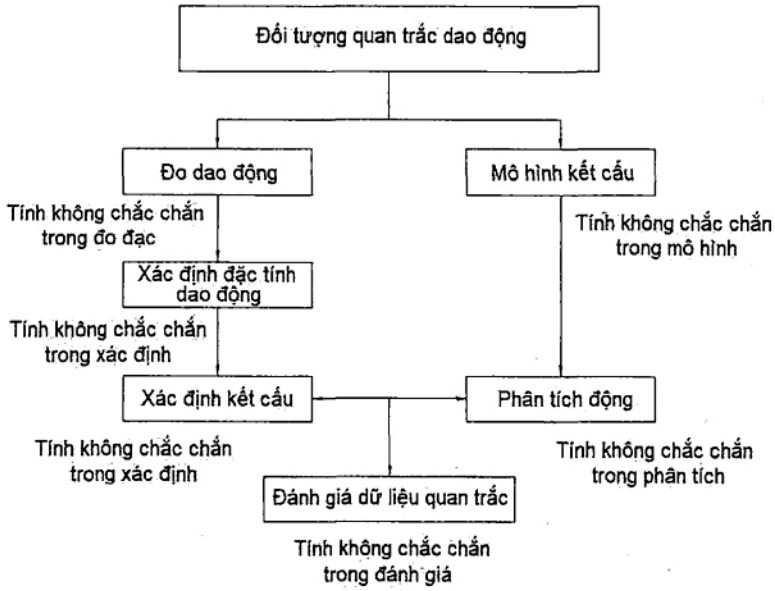
d) Đánh giá khả năng sử dụng sau khi hoàn thành;

e) Đánh giá tính tương thích với môi trường;

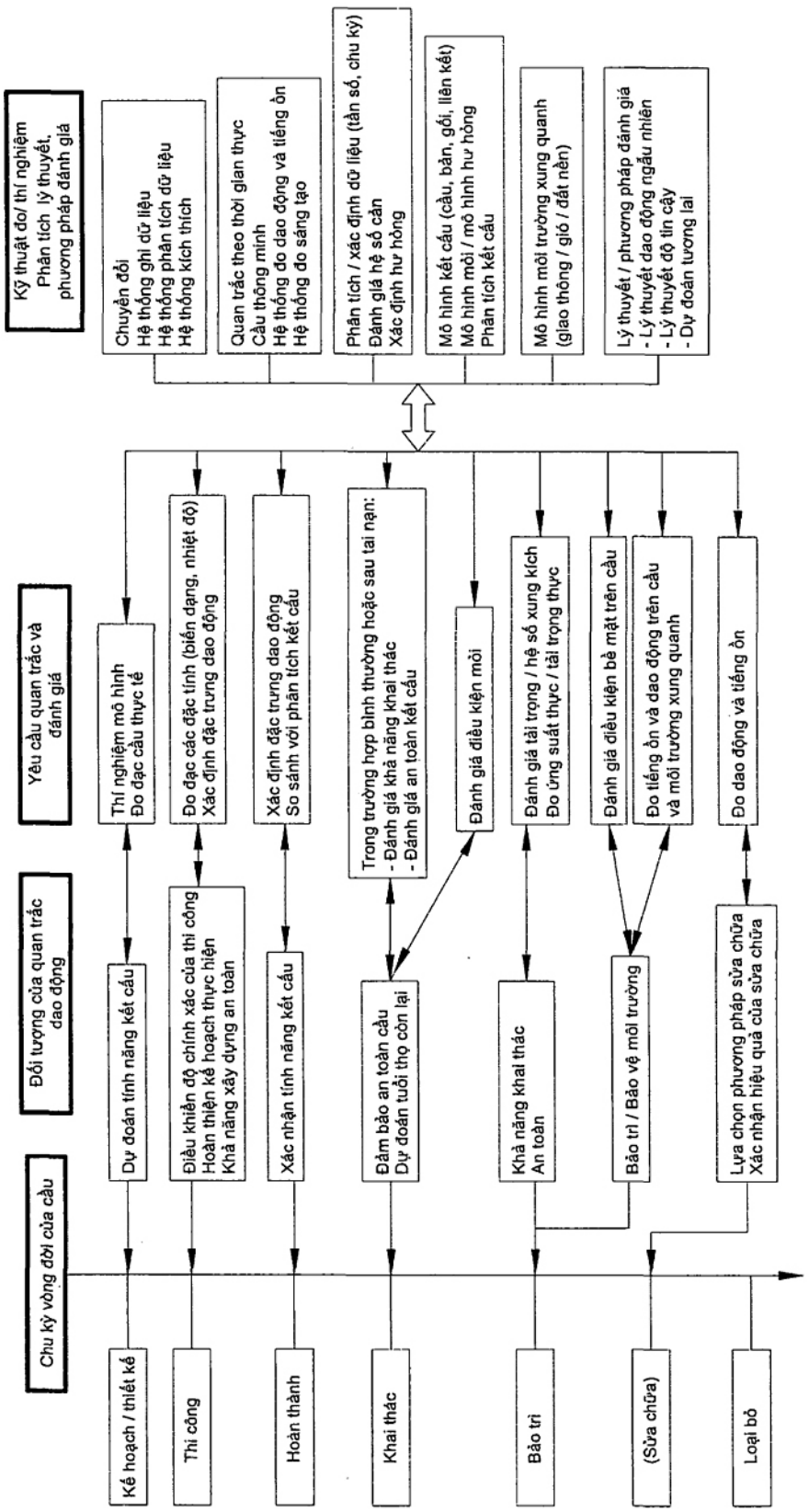
f) Xác định các đặc tính ban đầu của dao động để bảo dưỡng và hiệu chuẩn mô hình số của cầu đang sử dụng;

g) Phản hồi đối với thiết kế kết cấu.

Không thể tránh được độ không đảm bảo của kết quả trong mỗi quá trình đo lường và đánh giá và chấp nhận khả năng có độ không chắc chắn như trong Hình F.1. Do đó, cần giảm thiểu và chấp nhận độ không đảm bảo đo và sai số trong quá trình này.



Hình F.1 – Sơ đồ quan trắc dao động của cầu



Hình F.2 – Tổng quan quan trắc dao động của cầu

F.2.2.2 Đánh giá quản lý thi công

F.2.2.2.1 Yêu cầu chung

Các phép đo dao động trên cầu có thể được tiến hành trong quá trình thi công. Ví dụ, đo dao động trên cáp của cầu dây văng hoặc cầu treo được sử dụng để kiểm soát lực căng của dây cáp. Để kiểm soát biến dạng của cầu đang thi công, cần phải đo dao động của dây cáp.

Các phép đo động cũng có thể cho biết khi nào mức dao động cao sẽ có ảnh hưởng xấu đến việc thi công.

F.2.2.2.2 Đánh giá lực căng của cáp

Các đặc tính động bị ảnh hưởng rất nhiều bởi các điều kiện liên kết. Lực căng cáp của cầu dây văng hoặc cầu treo dây võng là một trong những thông số chính để quản lý thi công. Dễ dàng đo dao động của cáp để xác định tần số tự nhiên của dao động ngang. Khi có tần số này tính được lực căng của cáp xác định theo công thức đã biết, ở các công thức này cần xét đến độ cứng uốn của cáp cũng như liên kết tại hai đầu cáp.

F.2.2.2.3 Đánh giá khả năng thi công công trình

Các phép đo dao động cung cấp thông tin cần thiết để xác định khi nào là không an toàn trong thi công hoặc chất lượng thi công có thể bị ảnh hưởng bất lợi. Nếu liên tục theo dõi dao động của cầu và kích thích của gió và động đất thì có thể đưa ra quyết định khi vượt quá giới hạn cho phép.

F.2.2.3 Các đặc điểm để đánh giá tính năng kết cấu

F.2.2.3.1 Yêu cầu chung

Tần số tự nhiên, giảm chấn và phản ứng động của kết cấu, điều kiện tự nhiên của khu vực xung quanh và sự truyền âm thanh từ/qua kết cấu là những đặc điểm có thể đo được và có thể được sử dụng để đánh giá hiệu suất của kết cấu.

F.2.2.3.2 Tần số tự nhiên và dạng dao động

Tần số tự nhiên và dạng dao động là các thông số dễ đo. Các điều kiện biên và nhiệt độ của kết cấu là những yếu tố chính ảnh hưởng đến dao động tự nhiên; do đó chúng cần được xác định trước và sau khi đo. Tính phi tuyến tính về mặt hình học của cầu mềm và tính phi tuyến tính về vật liệu của kết cấu phần trên với kết cấu dưới là những khía cạnh cần được xem xét. Những nội dung cần được xem xét, cụ thể như sau:

- Tần số riêng;

- Dạng dao động;

- Chuyển động của gối khớp (shoe) và các điều kiện biên của kết cấu;

- Các hiệu ứng phi tuyến tính hình học của kết cấu;

- Độ không tuyến tính của vật liệu của đất nền;

- Tác dụng của bộ cách chấn và thiết bị điều khiển dao động;

- Ảnh hưởng của nhiệt độ.

CHÚ THÍCH: Các thiết bị cách chấn và điều khiển để giảm dao động cũng có thể gây ra sự không tuyến tính.

F.2.2.3.3 Giảm chấn

Cũng có thể đo hệ số giảm chấn, hoặc độ giảm logarit của dao động tự do ít nhất là với dạng dao động cơ bản. Điều kiện biên và nhiệt độ là những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến độ giảm chấn nên khi đo phải xét đến ảnh hưởng của biên và các thiết bị cách chấn. Khi cần đo độ giảm chấn của dao động biên độ lớn thì tải thử phải tạo ra dao động cưỡng bức với biên độ cao thích hợp. Đánh giá tác động động đất, hoặc gió mạnh có thể yêu cầu các giá trị giảm chấn của dao động với biên độ lớn.

Các yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính giảm chấn của cầu như sau:

- Hiệu ứng khí động học và thủy động lực học;

- Các liên kết và mối nối;

- Gối cầu và bệ kê;

- Mặt đường (tính lưu biến của vật liệu);

- Ảnh hưởng của kết cấu dưới;

- Ảnh hưởng của móng.

Sự phụ thuộc biên độ của tần số và đặc tính giảm chấn của cầu đòi hỏi phải phân tích dữ liệu cẩn thận. Các đặc tính giảm chấn khác nhau sẽ được cung cấp bởi các loại kết cấu khác nhau và ở các vị trí khác nhau, vì vậy hiệu quả giảm chấn tổng thể là tích hợp của các yếu tố này.

F.2.2.3.4 Đặc điểm của phản ứng động của kết cấu với môi trường xung quanh

Phép đo phản ứng động có thể liên quan đến biến dạng, gia tốc, vận tốc hoặc độ dịch chuyển. Điều quan trọng nữa là phải xem xét các điều kiện biên. Các kết quả từ các thử tải dao động xung quanh hoặc thử tải va đập có thể không thích hợp cho một số đánh giá phản ứng động vì biên độ tải nhỏ. Sử dụng các thử tải kích thích cưỡng bức, các đường cong đáp ứng cộng hưởng có thể cung cấp dữ liệu cho chuyển động có biên độ lớn hơn. Phân tích chính xác dao động xung quanh đối với biên độ nhỏ có thể thích hợp cho việc theo dõi sức khỏe kết cấu của cầu. Các thử tải sử dụng phương tiện di chuyển có thể đưa ra phản ứng động liên quan đến tốc độ và kiểu dáng của phương tiện. Phân tích mỏi đòi hỏi phản ứng động dưới dạng biểu đồ dải ứng suất. Các nội dung cần xem xét gồm:

- Độ chính xác của phân tích dao động xung quanh;

- Thử tải tác động đối với đặc tính động của môi trường xung quanh;

- Ảnh hưởng của nước hoặc dòng chảy thủy triều;

- Phương pháp kích thích.

F.2.2.3.5 Bức xạ âm thanh xung quanh/xuyên qua kết cấu

Các micrô đặt trên mặt đất xung quanh có thể phát hiện ra bức xạ âm thanh từ cầu do các phương tiện di chuyển. Các đặc tính của sự truyền âm được sử dụng để đánh giá các ảnh hưởng của môi trường đối với khu vực xung quanh. Các thông số được đo như sau:

- Mức âm thanh;

- Tần số âm thanh;

- Mật độ giao thông;

- Tốc độ giao thông;

- Loại phương tiện;

- Hiệu ứng xung động;

- Độ nhám của mặt đường;

- Độ cứng của đất nền và sự tương tác của nó với kết cấu dưới.

F.2.2.4 Đánh giá an toàn trong quá trình thi công và sau khi hoàn thành

F.2.2.4.1 Thiết kế đối về tính năng chống động đất

Kiểm soát dao động là cần thiết để thi công an toàn trong khu vực có địa chấn cao. Tùy thuộc vào dữ liệu, các kỹ sư có thể đánh giá rủi ro trong quá trình thi công và điều này có thể ảnh hưởng đến việc thi công. Dữ liệu về dao động trong điều kiện chịu tải khắc nghiệt rất quan trọng. Đánh giá dựa trên:

- Đặc điểm của dao động tự nhiên và sự giảm chấn của nó,

- Đặc điểm phản ứng động,

- Gia cố kết cấu,

- Hệ thống cách chấn trên cầu và

- Chẩn đoán tình trạng kết cấu sau thảm họa.

Trong quá trình thiết kế chống động đất, mô hình số cho phản ứng động được thiết lập bằng sự kết hợp của tổng/phần của kết cấu thượng tầng được sử dụng trong thiết kế tĩnh và kết cấu phần dưới gồm cả phần móng và mặt đất xung quanh. Những dữ liệu này nên được sử dụng trong phân tích đánh giá.

Phải tính đến phép đo dao động của kết cấu phần dưới và các đặc tính phi tuyến tính của đất nền sau khi thi công. Đánh giá các đặc tính giảm chấn bằng cách so sánh dữ liệu đo được với các giá trị tương ứng đã sử dụng trong thiết kế.

Điều kiện biên gối đỡ và sự phụ thuộc biên độ cũng cần được tính đến. Ảnh hưởng của kết cấu tạm thời và mặt đường đến tính chất dao động cũng cần được xem xét.

F.2.2.4.2 Thiết kế về gió

Phản ứng động đối với gió có thể được đo và so sánh với các giá trị giả định. Các giá trị giả định có thể thu được thông qua các thí nghiệm trong hầm gió như một phần của quá trình thiết kế kết cấu. Dữ liệu đo được có thể gồm ảnh hưởng của vận tốc và hướng của gió và sự phụ thuộc vào biên độ của nó. Sau khi phân tích tất cả các hiệu ứng này, các thiết bị giảm chấn có thể được xem xét sử dụng.

F.2.2.4.3 Thiết kế mỏi

Thiết kế mỏi xem xét giá trị ứng suất động của các cấu kiện và số chu kỳ gặp phải. Trong trường hợp này, phạm vi ứng suất được cho bằng tổng của ứng suất tĩnh và hiệu ứng của ứng suất động do hoạt tải động.

Giá trị của ứng suất thực tế được so sánh với các giá trị giả định được sử dụng trong thiết kế mỏi. Hệ số khuếch đại động để khuếch đại dải ứng suất tĩnh được sử dụng và nó phụ thuộc vào cấu hình theo chiều dọc và kiểu di chuyển của tải trọng giao thông. Các tác động tương tác với các phương tiện là cần thiết để theo dõi tình trạng kết cấu của cầu. Dao động biến đổi do sự mấp mô không đều của bề mặt đường và đường có thể rất quan trọng.

F.2.2.5 Khả năng khai thác một cầu đã hoàn thành

Cảm nhận về dao động của người đi bộ, ảnh hưởng của dao động đối với các phương tiện đang di chuyển và sự thoải mái của hành khách là một phần của các vấn đề tiềm ẩn về khả năng phục vụ. Phân tích dao động để đánh giá những ảnh hưởng này và khi thiết kế phải tìm ra biện pháp khắc phục.

Khi đánh giá cảm nhận về dao động của người đi bộ, cần xem xét biên độ và tần số dao động. Khi đánh giá các tác động lên phương tiện di chuyển và sự thoải mái của hành khách, cần tính đến biên độ phản ứng động trên sàn và trục bánh xe của xe.

Khi so sánh giữa dữ liệu đo được và kết quả số từ việc mô hình hóa tải trọng chuyển động, cần tính đến các tác động dao động tương tác. Cầu dao động do các phương tiện di chuyển và sự thoải mái của hành khách cũng là những vấn đề cần được xem xét về khả năng phục vụ.

F.2.2.6 Đánh giá tính phù hợp với môi trường của một cầu đã hoàn thành

Dao động môi trường, tiếng ồn và sự thay đổi hướng gió cần được tính đến khi đánh giá tính tương thích với môi trường. Sử dụng các dữ liệu thu được để phân tích tác động này và so sánh với các đặc tính động của kết cấu. Các sửa đổi cần thiết có thể được yêu cầu tùy thuộc vào kết quả.

Mô phỏng lượng sự lan truyền của dao động mặt đất và bức xạ âm thanh có thể được sử dụng để xác định mức độ của những ảnh hưởng đó.

F.2.2.7 Xác định các đặc tính dao động ban đầu của một cầu đã hoàn thành

Theo dõi dài hạn sẽ bắt đầu sau khi thi công và các thông số dao động ban đầu là cơ sở để đánh giá sự thay đổi của các thông số dao động do xuống cấp hoặc hư hỏng. Ảnh hưởng của sự suy giảm hoặc hư hỏng đối với các đặc tính dao động nói chung là nhỏ, vì vậy cần sử dụng một phương pháp hiệu quả để

thu thập thông tin cần thiết về hư hỏng. Kích thích cục bộ và áp dụng hiện tượng giao thoa do những khác biệt nhỏ trong các thông số dạng dao động là những phương pháp hữu ích.

F.2.2.8 Phản hồi về tính năng tổng thể

Dữ liệu được đưa ra thông qua đánh giá nêu trên cần được cung cấp lại cho các kỹ sư thiết kế để áp dụng cho các thiết kế trong tương lai. Việc phân loại dữ liệu cũng rất hữu ích khi dữ liệu được sử dụng trong tương lai để thiết kế tất cả các loại cầu.

F.2.3 Giám sát cầu đang khai thác

Các mục tiêu của kiểm soát dao động của một cầu đang được khai thác là:

- Đánh giá tải trọng di chuyển,

- Đánh giá kết quả hoạt động,

- Đánh giá tác động của gió và thủy động lực học,

- Đánh giá an toàn,

- Đánh giá khả năng sử dụng và

- Đánh giá tính tương thích với môi trường.

Việc kiểm soát dao động cầu thông thường và khẩn cấp được sử dụng tùy thuộc vào việc quản lý bảo trì cầu. Phân tích chi tiết để xác định các hư hỏng và khuyết tật là cần thiết. Điều kiện giao thông và độ gồ ghề của bề mặt đường, cũng như các tác động của gió và thủy động lực học sẽ có tác động đáng kể đến ứng suất mỏi. Các hiệu ứng động cần được theo dõi thông qua phép đo.

F.3 Phân tích dữ liệu và phương pháp xác định kết cấu

F.3.1 Yêu cầu chung

Việc xác định kết cấu nhằm cung cấp mối tương quan tốt giữa mô hình số của cầu và các phép đo thực nghiệm. Từ mô hình, có thể dựa trên các phần tử hữu hạn, các tham số dạng dao động được xác định, chủ yếu là tần số dao động và dạng dao động liên quan. Các thông số tương tự có thể được xác định bằng các thí nghiệm, các thông số này cũng sẽ xác định giá trị giảm chấn cho từng dạng dao động. Các phương pháp nhận dạng có thể áp dụng các thủ tục miền thời gian hoặc miền tần số.

F.3.2 Phân tích dữ liệu và miền

Phân tích dữ liệu có thể được tiến hành trong miền thời gian hoặc miền tần số hoặc cả hai miền. Tùy thuộc vào vấn đề, kỹ sư nên quyết định sử dụng loại nào. Mối quan hệ giữa miền thời gian và tần số được đưa ra trong A.1 của ISO 18649.

Trong phân tích dữ liệu dao động, thu được các phân bố thống kê của ứng suất, vận tốc, gia tốc và chuyển vị. Sự phân bố của ứng suất và chuyển vị được sử dụng để đánh giá tình trạng của cầu.

F.3.3 Số hóa

Dữ liệu thu được từ các thí nghiệm thường được số hóa từ tín hiệu tương tự bằng bộ chuyển đổi tương tự sang số (A/D - Analog to Digital Converter). Việc lựa chọn tần số lấy mẫu hoặc bước thời gian cho quy trình số hóa là rất quan trọng và cần được chú ý để giữ được độ chính xác cần thiết từ dữ liệu tương tự. Các vấn đề chính sau đây cần được xem xét.

a) Lỗi trong chuyển đổi A/D

Tần số lấy mẫu của bộ chuyển đổi A/D được chỉ định cẩn thận và độ phân dải phù hợp với mục tiêu của tần số tự nhiên hướng đến mục tiêu được khuyến nghị.

b) Đọc sai các giá trị đỉnh

Cả trong miền thời gian và miền tần số, có khả năng không xác định được các giá trị đỉnh thực sự trong quá trình số hóa. Do đó, hình dạng của hàm truyền cũng như các giá trị đỉnh cần được xem xét khi xác định tần số và độ tắt khi sử dụng phương pháp băng thông nửa công suất.

c) Độ phân dải của FFT

Trong phép biến đổi Fourier của dữ liệu số hóa, không thể nhận được tần số cao hơn tần số được chỉ định bởi khoảng thời gian của dữ liệu số hóa, Δt. Tần số giới hạn này được gọi là tần số Nyquist (xem [15]) và được biểu thị bằng $f_N = 1/(2\Delta t)$. Độ phân dải tần số Δf được cho bởi nghịch đảo của tổng thời gian T là $\Delta f = 1/T$.

F.3.4 Xác định các đặc trưng dao động trong miền thời gian

F.3.4.1 Yêu cầu chung

Cần xác định tần số tự nhiên, dạng dao động và hệ số giảm chấn khi xác định các đặc tính dao động của hệ thống. Khuyến nghị rằng hệ số giảm chấn được xác định trong miền thời gian. Nếu độ không tuyến tính và sự phụ thuộc biên độ là đáng kể, thì phân tích nên được thực hiện trong miền thời gian.

Trong miền thời gian, lý tưởng nhất là nên xem xét một dạng dao động tại một thời điểm, dạng dao động này có thể yêu cầu dữ liệu được trích xuất từ dữ liệu đo bằng cách lọc. Có những tình huống mà các tần số cách xa nhau có, tùy thuộc vào loại kết cấu và thành phần của các bộ phận. Ở đây, sẽ rất khó để trích xuất dữ liệu cho một dạng dao động và phương pháp nhận dạng cho hệ thống các dạng dao động có khoảng gần nhau sẽ được sử dụng.

F.3.4.2 Trích xuất thành phần tần số tự nhiên đơn lẻ

Dữ liệu đo được nói chung gồm nhiều dạng dao động và rất khó xác định chính xác các đặc trưng dao động trong miền thời gian. Lý tưởng nhất là dữ liệu dao động đơn nên được trích xuất từ dữ liệu đo được (xem B.1 của ISO 18649). Tần số có thể được xác định bằng cách sau:

- Chuyển đổi dữ liệu đo được sang miền tần số;

- Lọc để trích xuất dữ liệu dao động đơn;

- Phép biến đổi nghịch đảo từ miền tần số sang miền thời gian.

Các phương pháp thông thấp, thông cao và thông dải có thể được sử dụng để lọc dữ liệu, tùy thuộc vào từng trường hợp.

F.3.4.3 Tần số tự nhiên

Việc xác định tần số tự nhiên của một dạng dao động đơn lẻ từ lịch sử thời gian của tín hiệu có thể xem xét khoảng thời gian giữa:

- Các phản hồi cao nhất và

- Không giao nhau.

Nếu cầu có các thiết bị cách chấn hoặc điều kiện gối đỡ có phụ thuộc biên độ, tần số riêng thường sẽ thay đổi theo biên độ chuyển động. Trong trường hợp này, dữ liệu dạng dao động đơn đã trích xuất nên được chuyển đổi nghịch đảo sang miền thời gian để so sánh các biên dao động này với dữ liệu đo được.

F.3.4.4 Dạng tần số tự nhiên

Nếu dao động tắt dần nhỏ và coi hệ thống này là hệ thống giảm chấn tỷ lệ thuận thì vectơ dịch chuyển tương đối của dạng tần số riêng là hằng số và không phụ thuộc vào thời gian. Trong trường hợp này, dạng tần số nên đạt được bằng cách vẽ biểu đồ biên độ tương đối dưới dạng các giá trị chuẩn hóa. Nếu cầu có các thiết bị giảm chấn lớn thì đặc điểm dao động sẽ biểu hiện giảm chấn không theo tỷ lệ. Trong trường hợp này, dạng được đo có sự lệch pha và hình dạng của dạng dao động thay đổi ngay cả trong một chu kỳ dao động. Rất khó để xác định điều này trong miền thời gian.

F.3.4.5 Giảm chấn

Hệ số giảm chấn ζ được xác định bằng dữ liệu dao động tự nhiên của một dạng dao động đơn lẻ trong miền thời gian (xem Hình F.3). Độ giảm logarit δ xác định theo công thức:

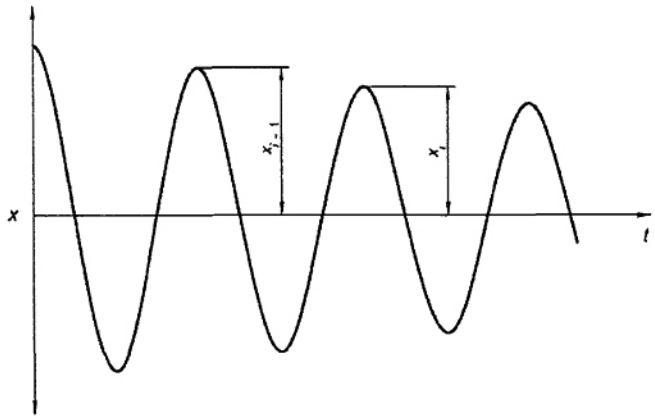
$$\delta = ln\frac{x_{i-1}}{x_i} \qquad \text{(F.1)}$$

và hệ số giảm chấn:

$$\zeta = \frac{\delta}{2\pi} \qquad \text{(F.2)}$$

Hệ số giảm chấn đo được có thể thay đổi tùy thuộc vào ảnh hưởng của dao động nhất thời. Do đó, nên sử dụng giá trị trung bình trên các phần khác nhau của biểu đồ dao động hoặc từng khoảng dao động có biên độ khác nhau.

Phương pháp điều chỉnh đường cong áp dụng cách tiếp cận bình phương nhỏ nhất phi tuyến tính nên được sử dụng để xác định hệ số giảm chấn (xem [6]).



Hình F.3 – Nhận dạng hệ số giảm chấn trong miền thời gian

F.3.4.6 Xác định các đặc tính dao động với các dạng dao động cách xa nhau

Trong các cầu quy mô lớn với nhiều loại kết cấu, có thể có các dạng dao động với tần số gần nhau.

Ví dụ:

a) Cầu dầm bản treo (suspended slab bridge): dạng dao động đối xứng thứ nhất gần với dạng dao động phản đối xứng thứ nhất phụ thuộc vào tỷ số nhịp – độ võng.

b) Cầu dây văng: trong các loại cầu dây văng nhiều loại thường xảy ra các tần số cách nhau gần giữa hệ thống dao động tổng thể và hệ thống cáp.

c) Cầu có bộ giảm chấn điều chỉnh khối lượng: ở đây xuất hiện hiện tượng dao động theo nhịp và khó xác định được đặc điểm dao động bằng phương pháp trên.

Các phương pháp được khuyến nghị cho những trường hợp này như sau:

- Ước lượng bằng cách sử dụng dữ liệu sóng giao thoa là kết quả của hai dạng dao động đơn lẻ;

- Trích xuất các tần số riêng biệt bằng cách chồng dữ liệu giao thoa với một hàm trọng số;

- Phương pháp nội suy đường cong;

- Phương pháp EK-WGI (bộ lọc Kalman mở rộng).

F.3.4.7 Kỹ thuật giảm ngẫu nhiên (phương pháp RD - Random Decrement)

Với dao động tự nhiên hoặc dao động môi trường, giá trị kỳ vọng của lực kích thích ngẫu nhiên nên được coi là nhiễu trắng. Để việc chồng chập một số lượng nhất định các dữ liệu sóng mang lại một thành phần có ý nghĩa của tần số riêng, cần lưu ý đến sự phụ thuộc biên độ và phương pháp lọc dải thông được sử dụng

F.3.5 Xác định các đặc trưng dao động trong miền tần số

Có một số lợi thế khi phân tích miền tần số được sử dụng:

- Các tần số được nhìn thấy rõ ràng trong hàm truyền và phổ công suất.

- Các đặc tính của dạng dao động có thể được xác định bằng cách sử dụng phân tích dạng dao động.

- Nhiều hàm truyền đạt được dưới dạng hàm đáp ứng xung để liên hệ đầu vào với hiệu ứng đầu ra.

- Phân tích thống kê dễ dàng áp dụng bằng cách giả định một quá trình tĩnh.

- Các tác động dao động không cố định (xung động) cần được xem xét cẩn thận để rút ra các thông số này.

Tuy nhiên, có những nhược điểm:

- Không thể phân tích được trong trường hợp hệ thống phi tuyến tính và hệ thống phụ thuộc thời gian.

- Tùy thuộc vào các vấn đề, độ chính xác có thể bị giảm.

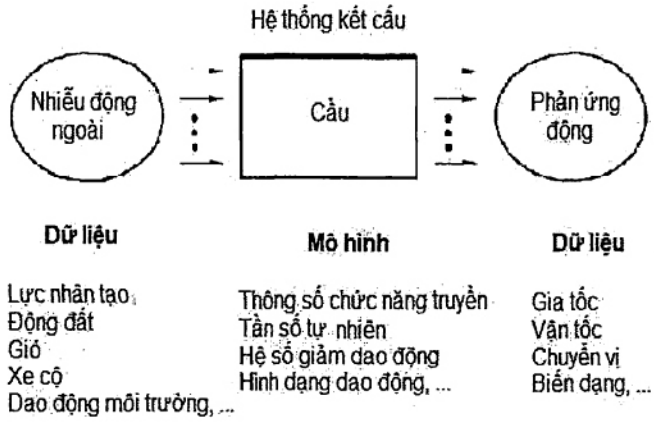
Phân tích phổ không tĩnh, ví dụ như phân tích wavelet, có thể tránh được một số nhược điểm này.

Tính toán hàm truyền từ dữ liệu đo được xem trong A.2 phụ lục A của ISO 18649.

F.3.6 Nhận dạng kết cấu và phân tích nghịch đảo

Trong lý thuyết nhận dạng hệ thống, phương pháp nhận dạng kết cấu được áp dụng và một mô hình toán học được xác định để liên hệ giữa kích thích (đầu vào) với phản ứng dao động (đầu ra) (xem Hình F.4). Độ chính xác của mô hình toán học được đánh giá bằng cách sử dụng hàm đối tượng của sai số giữa mô hình toán học và kết cấu thực. Các ma trận đặc trưng được định nghĩa là các ma trận hệ số của các phương trình chi phối của chuyển động với nhiều bậc tự do là ma trận khối lượng, giảm chấn và độ cứng. Các tham số phương thức được xác định bằng cách sử dụng phân tích giá trị riêng phức tạp trên các phương trình chi phối này (xem A.3 phụ lục A và B.2 phụ lục B của ISO 18649).

Đối với các dạng dao động tần số cao hơn, cần nhiều điểm đo để đo dạng dao động. Ứng dụng của nhận dạng kết cấu và phân tích nghịch đảo có thể được sử dụng để xác định các đặc tính dao động của dữ liệu từ một số điểm đo giới hạn. Phân tích hàm lỗi ngẫu nhiên để đánh giá độ chính xác của các tham số đã xác định cũng rất hữu ích.



Hình F.4 – Quan hệ giữa đầu vào và đầu ra của hệ thống kết cấu

F.4 Mô hình hóa kết cấu cầu và môi trường xung quanh cầu

F.4.1 Mô hình hóa kết cấu cầu

Kết cấu cầu là một kết cấu ba chiều có dầm, bản, cáp, trụ, móng và các yếu tố khác. Để mô hình hóa các kết cấu hình học đó, cần tính đến các đặc điểm kết cấu và vật liệu của các cấu kiện. Nói chung, nên sử dụng mô hình chi tiết thích hợp trong phân tích. Tùy thuộc vào vấn đề cần mô hình hóa, có thể áp dụng lý thuyết dầm hoặc tấm đơn giản và hiệu quả. Trong phân tích động lực học bằng phương pháp PTHH, có một số phương pháp để mô hình hóa khối lượng của một kết cấu, ví dụ như các mô hình khối lượng gộp hoặc nhất quán.

Các loại cầu được phân loại là:

- Cầu dầm;

- Cầu giàn;

- Cầu khung;

- Cầu vòm;

- Cầu dầm bản treo;

- Cầu treo;

- Cầu dây văng.

Những cầu này thường được đỡ trên một số trụ và mố để truyền lực xuống mặt đất. Nếu chiều rộng của cầu nhỏ so với chiều dài của nó, kết cấu cầu được mô hình hóa bằng cách sử dụng các yếu tố khung phẳng hoặc không gian trong phân tích động lực học. Độ cứng kéo (nén), uốn và xoắn của các bộ phận khung đó được tính đến trong phân tích số. Các khuyến nghị về mô hình hóa các loại kết cấu cầu như sau:

a) Cầu dầm (Girder bridges)

Gồm các dầm chính có tiết diện hở hoặc tiết diện kín (hộp), các dầm ngang (dầm sàn) để liên kết giữa dầm chính và bản sàn. Nếu chiều rộng của cầu nhỏ so với nhịp của nó, cầu có thể được mô hình hóa bằng các bộ phận dầm có xét đến dao động uốn. Trong trường hợp cầu dầm cong, cần kể đến tác dụng tương hỗ giữa dao động uốn và xoắn.

b) Cầu giàn (Truss bridges)

Cầu giàn gồm các bộ phận khung không gian và các kết nối của các bộ phận được coi là khớp hoặc là chốt (bản lề) để chỉ tính đến biến dạng dọc trục của các bộ phận. Cầu giàn không gian thường có nhiều cấu kiện, do đó cần xem xét việc giảm hoặc đơn giản hóa số bậc tự do trong mô hình số. Lý thuyết dầm tương đương, hoặc thay thế kết cấu không gian bằng các bộ phận dầm đơn giản, là một kỹ thuật hữu ích. Một cách đơn giản khác là sử dụng mô hình của một hệ thống không gian. Độ cứng của một tấm

(panel) của giàn không gian được mô hình hóa bằng cách sử dụng các bộ phận hộp có hiệu và khối lượng của tấm được tính đến bằng cách tập trung khối lượng tại tâm của bộ phận hộp.

c) Cầu khung (Framed bridges)

Độ cứng dọc trục của các cấu kiện trong cầu khung không thể bỏ qua. Biến dạng ngoài mặt phẳng và biến dạng xoắn cần được xem xét trong phân tích phản ứng động học ba chiều. Nếu cầu khung được đặt trên nền đất yếu, ảnh hưởng của gối đỡ cần được đưa vào mô hình số. Điều kiện gối đỡ có thể góp phần tạo ra sự suy giảm dao động, do đó việc cải tạo nền đất hoặc môi trường xung quanh là quan trọng.

d) Cầu vòm (Arch bridges)

Trong mô hình hóa cầu vòm, việc xấp xỉ hình dạng vòm bằng các phần tử thẳng là hữu ích. Tác động của liên kết giữa vòm (gồm cả dây dưới) và cấu kiện tăng cứng thẳng đứng được xem xét là chốt (bản lề) hoặc nút cứng tùy theo cấu tạo. Tính phi tuyến hình học của các cấu kiện vòm trong một số trường hợp là không thể bỏ qua; ứng suất và chuyển vị khi đó sẽ khác so với kết quả thu được khi sử dụng lý thuyết biến dạng nhỏ. Nếu nhịp vòm nhỏ, có thể áp dụng lý thuyết biến dạng nhỏ.

e) Cầu dầm bản treo (Suspended slab bridges)

Cầu gồm các bản mỏng và cáp nên có thể có biến dạng lớn. Do đó, dao động do gió gây ra và khả năng phục vụ người đi bộ có thể cần được xem xét. Nếu tỷ số độ võng trên nhịp f/L lớn, thì mô hình số phải tương thích để ghép nối các bộ phận cầu. Mô hình ba chiều được khuyến nghị để gồm các dạng dao động xoắn.

f) Cầu treo (Suspension bridges)

Ứng xử dao động của cầu treo được xem xét theo hai hệ thống tùy thuộc vào nội dung cần giải quyết. Một hệ thống dao động gồm cáp, dầm và các thanh treo hoặc dây treo; một hệ thống hoàn chỉnh gồm tháp, trụ cầu, nền móng và môi trường xung quanh nó. Hệ dao động đầu tiên được sử dụng chủ yếu để phân tích phản ứng hiệu suất trong tải trọng gió và phân tích phản ứng động dưới tải trọng giao thông; hệ dao động thứ hai chủ yếu sử dụng khi xét dao động do động đất. Cáp và dầm có các đặc tính dao động khác nhau. Khi đó, ứng xử động phức tạp và hệ thống có các hiệu ứng cộng tác dụng giữa các dạng dao động dọc và dao động xoắn. Lý thuyết biến dạng hữu hạn thường được sử dụng để mô hình hóa cầu treo.

g) Cầu dây văng (Cable-stayed bridges)

Cầu gồm tháp, cáp nghiêng, dầm chủ và kết cấu dưới. Các bộ phận có các đặc tính dao động khác nhau và xảy ra hiệu ứng cộng tác dụng dao động. Đôi khi dao động kết hợp giữa cáp và dầm là đáng kể. Có hiệu ứng cộng tác dụng giữa các dạng dao động tần số cao. Mô hình không gian được khuyến khích. Để đánh giá hiệu suất của sức cản gió, có thể sử dụng mô hình đơn giản.

F.4.2 Mô hình hóa tải trọng giao thông

F.4.2.1 Mô hình hóa phương tiện

Trong phân tích hiệu ứng cộng tác dụng giữa cầu và xe, có một số phương pháp mô hình hóa phương tiện. Tùy thuộc vào vấn đề cần giải quyết, các mô hình một bậc tự do (1-DOF), hai bậc tự do (2-DOF) và nhiều bậc tự do (M-DOF) được sử dụng cho mô hình phương tiện. Để phù hợp kết quả đo được với mô phỏng số, việc lập mô hình xe là quan trọng. Nếu tính đến hiệu ứng cộng tác dụng thì không được bỏ qua tác dụng của một loạt xe liên tục. Nếu xem xét ảnh hưởng của lưu lượng liên tục, hiệu ứng khuếch đại động sẽ bị giảm so với kết quả đối với mô hình một xe trong mô phỏng số. Việc phân bổ khoảng cách giữa các xe cũng là một yếu tố cần được quan tâm.

F.4.2.2 Độ nhám bề mặt

Ảnh hưởng của độ nhám mặt đường là không đáng kể khi xét đến ảnh hưởng cộng tác dụng của dao động giữa mặt cầu, mặt đường và xe. Có thể sử dụng để đánh giá hiệu quả ghép trong ISO 8608.

F.4.3 Mô hình hóa bước đi của con người và hiệu ứng động của nó

Mô hình người đi bộ và các tải trọng động trên cầu được sử dụng để đánh giá khả năng đáp ứng dao động của cầu dành cho người đi bộ. Một số phương pháp để mô hình hóa tải trọng đi bộ được trình bày trong Phụ lục C của ISO 18649.

Dạng dao động ngang của cầu bộ hành kiểu treo được gia tốc nhờ tác dụng ghép giữa (nửa) tần số bước và tần số riêng của dạng dao động ngang của cầu. Trong trường hợp này, mô hình tải trọng ngang để đánh giá các hiệu ứng ghép này (xem [4], [5] và [11]).

F.4.4 Tải trọng gió

Ứng xử tĩnh và ứng xử động như sau:

a) Ứng xử tĩnh:

- Biến dạng tĩnh do áp suất không khí tĩnh;

- Hiện tượng không ổn định do áp suất khí tĩnh (phân kỳ, uốn ngang).

b) Ứng xử động:

- Dao động do xoáy khí (VIV - Vortex Induced Vibration);

- Dao động tiến triển nhanh (galloping) và dao động gây vặn xoắn, tròng trành (flutter).

Sự dao động do áp suất không khí dao động hoặc áp suất không khí thay đổi không cố định phụ thuộc vào đặc tính của gió tự nhiên. Nếu các tác động của gió được xem xét trong đánh giá, thì các đặc tính biến thiên của vận tốc gió được tính đến như sau:

- Độ lệch chuẩn của tác động gió;

- Mật độ phổ năng lượng của vận tốc gió;

- Quy mô không gian của sự thay đổi ngẫu nhiên;

- Tương quan không gian của vận tốc gió;

- Góc thẳng đứng của gió;

- Phân bố tần số của vận tốc.

F.4.5 Mô hình hóa mặt đất đối với dao động cầu cạn

Khi phân tích dao động tương hỗ giữa cầu cạn và mặt đất xung quanh, việc lập mô hình mặt đất nên xem xét các đặc điểm của mặt đất, có thể gồm sự phân tầng, kết cấu nằm trong đất và các hệ thống khác.

Việc mô hình hóa nửa không gian đàn hồi đồng nhất bán vô hạn giả định của tọa độ ba chiều thường được sử dụng để đơn giản hóa.

F.5 Đánh giá dữ liệu đo đạc được và ứng dụng của nó

F.5.1 Phương pháp đánh giá và tiêu chí đánh giá

F.5.1.1 Phân loại đánh giá

Dữ liệu đo lường được phân tích để cung cấp thông tin về tính năng của cầu và các quyết định định lượng hoặc định tính được đưa ra dựa trên thông tin này. Việc đánh giá dữ liệu quan trắc được thực hiện để nghiên cứu tính an toàn, chẩn đoán tính toàn vẹn, khả năng sử dụng và tác động môi trường của các kết cấu. Trong quá trình đánh giá, độ tin cậy và tính đúng đắn của kết cấu cần được làm rõ để có thể thiết lập các tiêu chuẩn làm cơ sở cho việc đánh giá. Nói chung, các giá trị hợp lý hoặc tiêu chuẩn hóa hoặc giá trị TTGH của các thông số đánh giá được sử dụng như một tiêu chuẩn đánh giá.

Vì các giá trị tiêu chuẩn để đánh giá sẽ khác nhau đối với các tình huống khác nhau, nên chúng được chia thành các loại. Trong một số trường hợp, thực hiện đánh giá bằng cách kết hợp các loại. Nếu đánh giá là định tính và không định lượng thì phải thực hiện đánh giá so sánh theo 4 loại sau:

- Loại 1: khi có các giá trị của TTGH. Cơ sở của việc đánh giá là kiểm tra xem các dữ liệu thu được có vượt quá TTGH hoặc không.

- Loại 2: khi có các giá trị xác định hoặc phạm vi của điều kiện xác định. Cơ sở của việc đánh giá là so sánh dữ liệu thu được các giá trị hoặc phạm vi xác định đó.

- Loại 3: khi có các giá trị ước tính cho tình trạng khỏe mạnh hoặc tình trạng tương tự của kết cấu. Nếu các giá trị đánh giá cho các TTGH hoặc các trạng thái xác định không rõ ràng, thì các giá trị được ước lượng bằng số đối với trường hợp tình trạng khỏe mạnh hoặc tình trạng tương tự là hữu ích. Trong trường hợp này, cơ sở của việc đánh giá là kiểm tra xem dữ liệu được giám sát có vượt quá các giá trị ước tính đó hoặc không hoặc liệu chúng có nằm trong phạm vi giá trị ước tính với sai số có thể chấp nhận được hoặc không.

- Loại 4: khi dữ liệu được giám sát cho điều kiện trước đó hoặc giá trị số cho các điều kiện tương tự có. Nếu dữ liệu được giám sát trước đó hoặc dữ liệu cho một điều kiện giả định có sẵn, thì dữ liệu đo được có thể được so sánh với những dữ liệu đó để đánh giá mức độ cải thiện hoặc xấu đi của kết cấu.

F.5.1.2 Các yếu tố được xem xét khi đánh giá

Các yếu tố sau đây cần được xem xét khi đánh giá:

a) Độ thiếu tin cậy khi đo của các dữ liệu thu được;

b) Sự thay đổi của các đặc điểm kết cấu được đánh giá;

c) Sự khác biệt giữa trạng thái được đo (theo dõi) và trạng thái được đánh giá khi các giá trị tiêu chuẩn được tính toán như các thông số đánh giá. Cần tính đến sự khác biệt giữa điều kiện thực tế và điều kiện tiêu chuẩn. Ví dụ, khuyến nghị rằng sai số giữa tần số tự nhiên đo được và ước tính của dạng dao động điển hình không được vượt quá một tỷ lệ phần trăm nhất định.

F.5.2 Đánh giá trong quá trình thi công

Để đánh giá dao động của cầu trong quá trình thi công, các giá trị giới hạn của dao động do cơ quan chức năng quy định.

Biên độ, vận tốc, độ giảm chấn và tần số dao động là những chỉ số chính. Người quản lý thi công nên sử dụng dữ liệu giám sát để quyết định cách quản lý việc thi công.

Có thể cần thiết bị giảm chấn nếu dao động vượt quá giới hạn. Việc đánh giá các thiết bị này nên được thực hiện bằng cách đánh giá các dữ liệu đo được.

F.5.3 Đánh giá an toàn kết cấu trong khai thác

F.5.3.1 Đánh giá thiệt hại

Nói chung, nếu sự hư hỏng gia tăng trên một kết cấu, thì tần số riêng thấp hơn sẽ giảm và hệ số giảm chấn tăng lên. Vì những thay đổi này là nhỏ nên rất khó xác định chính xác thiệt hại.

Các phép đo trên bộ phận của kết cấu nơi có xác suất hư hỏng cao có thể giúp phát hiện hư hỏng cục bộ thông qua phân tích phản ứng động lực học.

Vì sự lan truyền hư hỏng trong các cầu nói chung là chậm, phụ thuộc vào các điều kiện bên ngoài, việc theo dõi các đặc tính dao động trong thời gian dài sẽ hữu ích cho việc đánh giá sức khỏe kết cấu. Có thể đánh giá xu hướng chung về sự thay đổi các đặc điểm kết cấu khi hư hỏng phát triển.

F.5.3.2 Xác nhận kết quả sửa chữa, tăng cường cầu

Khi một cầu được sửa chữa hoặc tăng cường và theo dõi dao động của nó, việc đánh giá kết quả sửa chữa, tăng cường có thể thực hiện bằng so sánh các kết quả trước và sau khi hoàn thành công việc. Hai trường hợp sẽ được phân loại như sau:

- Trường hợp 1: Việc sửa chữa, tăng cường tự nó làm giảm chấn động của cầu. Các phép đo sẽ cho phép đánh giá mức độ giảm dao động.

- Trường hợp 2: Các phép đo được thực hiện để đánh giá các tác động gián tiếp của sửa chữa, tăng cường.

F.5.3.3 Đánh giá an toàn của một cầu bị hư hỏng

Trong trường hợp khẩn cấp sau động đất, hỏa hoạn, gió lớn hoặc lũ lụt, một số cầu cần được khôi phục để phục vụ công tác cứu hộ. Trong trường hợp này, khả năng còn lại của cầu bị hư hỏng được đánh giá nhanh chóng.

Sau khi sửa chữa các hư hỏng, các phép đo được thực hiện để xác nhận hiệu quả của việc sửa chữa bằng cách đánh giá các kết quả đo được.

F.5.3.4 Đánh giá tình trạng mỏi

Sự phân bố thống kê của ứng suất cho các bộ phận của cầu được thu thập thông qua phép đo dao động dưới dạng lịch sử thời gian dao động. Phương pháp dòng chảy mưa được sử dụng để thu được sự phân bố dải ứng suất và tần suất xuất hiện của nó. Việc đánh giá tình trạng mỏi được thực hiện chủ yếu bằng cách sử dụng định luật Miner:

$$D = \sum_i n_i / N_i \qquad \text{(F.3)}$$

trong đó,

n_i là chu kỳ lặp thực tế.

N_i là số giới hạn phá hủy đối với từng phạm vi ứng suất (i = 1, 2,..., k); N_i thường nhận được từ phòng thí nghiệm.

Trong phân tích dữ liệu được giám sát, thu được các phân bố thống kê về ứng suất, vận tốc, gia tốc và chuyển vị. Sự phân bố của ứng suất và chuyển vị được sử dụng để đánh giá tình trạng của cầu.

F.5.4 Đánh giá khả năng sử dụng

F.5.4.1 Đánh giá khả năng sử dụng của cầu trên đường cao tốc

Tiêu chí về độ nhạy đối với cơ thể người khi ngồi trên xe của cầu đường cao tốc chưa được thống nhất trên phạm vi quốc tế, nhưng có một tiêu chí chung về độ nhạy (xem TCVN 6964-1:2001). Tùy thuộc vào gia tốc hoặc vận tốc đo được và đánh giá thông qua việc so sánh với các tiêu chí tương ứng.

F.5.4.2 Đánh giá khả năng sử dụng của cầu dành cho người đi bộ

Tần số và gia tốc hoặc vận tốc đo được là các thông số cần thiết để đánh giá khả năng sử dụng của cầu bộ hành. Tiêu chí độ nhạy đối với cơ thể người là mức dao động cho phép (xem TCVN 6964-1:2001).

F.5.5 Đánh giá dao động môi trường

Dao động mặt đất và sóng hạ âm do cầu cạn gây ra cần được đánh giá thông qua dữ liệu đo được. Tần số và độ lớn của dữ liệu đo được được so sánh với các tiêu chí về sự thoải mái và phản ứng của cơ thể người chịu tác động do dao động (xem TCVN 6964-1:2001).

Thư mục tài liệu tham khảo

[1]. 22TCN 243-98 *Quy trình kiểm định cầu trên đường ô tô - Yêu cầu kỹ thuật.*

[2]. 22TCN 170-87 *Quy trình thử nghiệm cầu.*

[3]. TCVN 6964-1:2001 (ISO 2631-1:1997), *Rung động và chấn động cơ học - Đánh giá sự tiếp xúc của con người với rung toàn thân - Phần 1: Yêu cầu chung.*

[4]. DALLARD, P. et al, *The London millennium footbridge.* Structural Engineering, *79, No. 22, 2001.*

[5]. FUJINO, Y., et al, *Synchronization of human walking observed during lateral vibration of a congested pedestrian bridge. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 22, 1993, pp. 741-758.*

[6]. HARRIS, C.M. and CREDE, C.E. *Shock and vibration handbook, McGraw-Hill Book Company, 1961.*

[7]. ISO 18649-2004, *Mechanical vibration - Evaluation of measurement results from dynamic tests and investigations on bridges.*

[8]. ISO 14963, *Mechanical vibration and shock - Guidelines for dynamic tests and investigations on bridges and viaducts.*

[9]. ISO 14964:2000, *Mechanical vibration and shock - Vibration of stationary structures - Specific requirements for quality management in measurement and evaluation of vibration.*

[10]. ISO 8608:2016, *Mechanical vibration - Road surface profiles - Reporting of measured data.*

[11]. PACHECO, B. and FUJINO, Y, *Synchronization of human walking observed during lateral vibration of a congregated bridge. Proc. of 6th US-Japan Bridge Engineering Workshop, Nevada, USA, 1990, pp. 449-462.*