

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 12882:2020

Xuất bản lần 1

ĐÁNH GIÁ TẢI TRỌNG KHAI THÁC CẦU ĐƯỜNG BỘ

Evaluation of Highway Bridge

HÀ NỘI 2020

MỤC LỤC

1 PHẠM VI ÁP DỤNG	5
2 TÀI LIỆU VIỆN DẪN	5
3 THUẬT NGỮ, ĐỊNH NGHĨA	5
4 YÊU CẦU CHUNG	8
4.1 Yêu cầu cơ bản	8
4.2 Yêu cầu kiểm tra, thử nghiệm cầu	9
4.3 Yêu cầu về tính toán đánh giá tải trọng cầu và đặt biển tải trọng cầu	10
4.4 Yêu cầu về tính toán phục vụ việc xét cấp phép cho xe quá tải qua cầu	11
5 NGUYÊN TẮC XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA CÔNG TRÌNH CẦU	12
5.1 Khái niệm cơ bản về khả năng chịu tải	12
5.2 Các nguyên tắc cơ bản xác định khả năng chịu tải trọng của cầu	13
6 ĐÁNH GIÁ CÁC THAM SỐ CỦA CÔNG TRÌNH CẦU VÀ TÌNH TRẠNG CỦA VẬT LIỆU	15
6.1 Các chỉ dẫn chung	15
6.2 Xem xét, nghiên cứu hồ sơ kỹ thuật	16
6.3 Thuyết minh công trình, đo đạc kiểm tra và lập các bản vẽ	16
6.4 Đánh giá, kiểm tra các tham số hình học của cầu	17
6.5 Kiểm tra, đánh giá cường độ và chất lượng vật liệu thực tế của cầu	21
6.6 Đo đạc, kiểm tra tần số dao động riêng của cầu	21
6.7 Kiểm tra các khuyết tật hư hỏng các bộ phận kết cấu nhịp, phân tích nguyên nhân	21
6.8 Đo đạc, kiểm tra trạng thái của móng, trụ, nền móng của cầu	24
6.9 Đo đạc, kiểm tra mặt đường trên cầu và các thiết bị phục vụ khai thác	25
6.10 Khảo sát khu vực gần cầu và đường vào cầu	26
7 XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA CÁC NHỊP CẦU BÊ TÔNG CỐT THÉP	27
7.1 Nguyên tắc xác định khả năng chịu tải các cấu kiện có xét hư hỏng	27
7.2 Xác định nội lực do hoạt tải gây ra trong kết cấu nhịp cầu	32
8 XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA KẾT CẤU NHỊP CẦU THÉP LIÊN HỢP BẢN BÊ TÔNG CỐT THÉP	33
8.1 Nguyên lý cơ bản trong tính toán	33
8.2 Phương pháp tính toán khả năng chịu tải dầm liên hợp thép-BTCT	38
9 XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA KẾT CẤU NHỊP CẦU THÉP	40
10 CƠ SỞ XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA NHỊP CẦU HỆ PHỨC TẠP	43
11 CƠ SỞ XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA CÁC TRỤ, MÓ CẦU VÀ MÓNG	43
12 ĐÁNH GIÁ TẢI TRỌNG KHAI THÁC CÔNG TRÌNH CẦU	43
12.1 Cơ sở đánh giá cầu theo triết lý LRFR	43
12.2 Đánh giá tải trọng khai thác công trình cầu theo triết lý LRFR	44
12.3 Tải trọng để đánh giá	45
12.4 Đánh giá các tải trọng	49
12.5 Các trạng thái giới hạn	51
12.6 Khả năng chịu lực (C)	53
12.7 Hiệu ứng của tải trọng thường xuyên	56
12.8 Phương pháp tính toán cấp phép	59

Lời nói đầu

TCVN 12882:2020 được xây dựng trên cơ sở tham khảo tài liệu
The Manual for Bridge Evaluation, Second Edition, MBE-2, 2011.

TCVN 12882:2020 do Ban Kỹ thuật Tiêu chuẩn - Bộ Giao thông
Vận tải biên soạn, Bộ Giao thông Vận tải đề nghị, Tổng cục
Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và
Công nghệ công bố.

Đánh giá tải trọng khai thác cầu đường bộ

Evaluation of Highway Bridge

1 Phạm vi áp dụng

- 1.1. Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về đánh giá năng lực chịu tải của kết cấu nhịp cầu đường bộ (kết cấu nhịp thép, kết cấu nhịp bê tông cốt thép thường, kết cấu nhịp bê tông cốt thép dự ứng lực,...).
- 1.2. Đối với những cầu phức tạp như cầu hệ dây, phải bổ sung các yêu cầu đánh giá riêng.
- 1.3. Tiêu chuẩn này không áp dụng cho tải trọng do gió, lũ lụt, động đất gây ra.

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, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 3015:1993, *Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử*;

TCVN 3118:1993, *Bê tông nặng – Phương pháp xác định cường độ chịu nén*;

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

TCVN 9334:2012, *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén bằng súng bật nảy*;

TCVN 9335:2012, *Bê tông nặng – Phương pháp thử không phá hủy – Xác định cường độ nén sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng bật nảy*;

TCVN 9356:2012, *Kết cấu bê tông cốt thép – Phương pháp điện từ xác định chiều dày lớp bê tông bảo vệ, vị trí và đường kính cốt thép trong bê tông*;

TCVN 9357:2012, *Bê tông nặng - Đánh giá chất lượng bê tông - Phương pháp xác định vận tốc xung siêu âm*;

TCVN 11823:2017, *Thiết kế cầu đường bộ*;

3 Thuật ngữ, định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ, định nghĩa nêu trong các tiêu chuẩn viện dẫn và các thuật ngữ, định nghĩa sau:

TCVN 12882:2020

3.1

Xe quá tải (Overload vehicle)

Xe có tổng trọng lượng xe hoặc có trọng lượng trục xe vượt quá quy định của cơ quan quản lý cầu đối với một cầu cụ thể được xem xét.

3.2

Xe hợp pháp (Legal load)

Xe có sơ đồ và trọng lượng trục xe được quy định trong tiêu chuẩn này để phục vụ việc đánh giá khả năng chịu tải của cầu.

3.3

Lắp đặt biển tải trọng (Permit load sign setting)

Công tác lắp đặt biển hạn chế tải trọng qua cầu căn cứ vào kết quả đánh giá cầu.

3.4

Xe thân liền (Full trailer)

Xe có khoang lái và thùng chở hàng nằm trên một khung xe cứng, liền khối

3.5

Xe đầu kéo somi rơ moóc (Semi-trailer truck)

Một tổ hợp xe, bao gồm một đầu kéo kéo theo một somi rơ moóc

3.6

Xe thân liền kéo rơ moóc (Truck tractor and trailer)

Một tổ hợp xe, bao gồm xe thân liền kéo theo một rơ moóc

3.7

Tổng trọng lượng xe (Total weight)

Trọng lượng bản thân xe cộng với trọng lượng của người, hành lý và hàng hóa xếp trên xe (nếu có).

3.8

Tải trọng trục xe (Axial load)

Tổng trọng lượng xe phân bổ trên mỗi trục xe (trục đơn, cụm trục kép, cụm trục ba).

3.9

Chiều dài cơ sở của xe (Basic length of vehicle)

Khoảng cách từ tim trục bánh xe đầu tiên đến tim trục bánh xe cuối cùng của xe hay tổ hợp xe.

3.10

Tải trọng khai thác của cầu (Service load of bridge)

Tải trọng lớn nhất của phương tiện cho phép lưu thông qua cầu. Tải trọng khai thác được xác định theo hồ sơ thiết kế và tình trạng kỹ thuật thực tế của cầu, được cơ quan có thẩm quyền công bố hoặc được thể hiện bằng biển báo hiệu đặt trước cầu.

3.11

Khoảng cách hai xe nối đuôi nhau chạy trên cầu (Distance of two consecutive vehicles on bridge)

Khoảng cách tính từ tim trục sau xe này đến tim trục trước của xe tiếp theo nó.

3.12

Cầu đường bộ (Highway bridge)

Công trình vượt chướng ngại vật, có khẩu độ không dưới 6m tạo thành một phần của con đường.

3.13

Chiều dài nhịp tính toán cầu (Effective length)

Khoảng cách theo phương dọc cầu, giữa tim hai gối cầu trong cùng một nhịp hoặc khoảng cách giữa hai trụ, mố liên tiếp đối với cầu khung, cầu bản không gối.

3.14

Chiều dài cầu (Bridge length)

Chiều dài theo phương dọc cầu, tính từ các điểm cuối của hai đuôi mố.

3.15

Cường độ vật liệu để tính toán (Material strength)

Cường độ trung bình của các mẫu thử trừ đi 1,65 lần độ lệch chuẩn để đạt độ tin cậy 95%.

3.16

Cường độ mẫu khoan (Drilling sample strength)

Cường độ nén của viên mẫu bê tông khoan từ kết cấu được gia công và thí nghiệm theo các tiêu chuẩn TCVN 3105:1993 và TCVN 3118:1993, ký hiệu là R_{mk} .

3.17

Cường độ bê tông hiện trường (Site concrete strength)

Cường độ bê tông của các mẫu khoan quy đổi về cường độ mẫu hình trụ tròn chuẩn hoặc xác định bằng phương pháp không phá huỷ.

3.18

Vùng kiểm tra (Checking zone)

Vùng bê tông kết cấu được chọn để kiểm tra cường độ và được giả thiết là có chất lượng đồng đều.

3.19

Thử nghiệm cầu (Bridge test)

Các thí nghiệm tại hiện trường, dùng máy móc để đo đạc các tham số cơ học của kết cấu công trình (ứng suất, độ võng, chu kỳ dao động, v.v...) và đặc trưng vật liệu.

3.20

Thử tải cầu (Bridge loading test)

Công tác thử nghiệm cầu dưới tác dụng của tải trọng thử tĩnh và tải trọng thử động để xác định các đặc tính công trình.

3.21

Kiểm định chất lượng công trình xây dựng (Construction quality rating)

Hoạt động kiểm tra, xác định chất lượng của sản phẩm xây dựng, bộ phận công trình hoặc công trình xây dựng so với yêu cầu của thiết kế và quy chuẩn, tiêu chuẩn kỹ thuật thông qua việc thí nghiệm kết hợp với việc xem xét, đánh giá hiện trạng bằng trực quan và tính toán. Kiểm định cầu bao gồm đánh giá năng lực chịu tải công trình và thử tải cầu.

3.22

Hệ số đánh giá RF (Rating Factor) RF

Tỷ số giữa khả năng chịu hoạt tải của bộ phận đánh giá với hiệu ứng của hoạt tải đánh giá lên bộ phận đó.

3.23

Mức thiết kế (Inventory Rating) IR

Mức đánh giá để cầu khai thác an toàn với tải trọng thiết kế HL93 trong tuổi thọ thiết kế.

3.24

Mức Khai thác (Operation Rating) OR

Mức đánh giá để cầu khai thác an toàn với tải trọng thiết kế HL93, tuy nhiên nếu khai thác quá mức thì tuổi thọ của cầu có thể bị suy giảm.

3.25

Mức lắp đặt biển (Posting Rating)

Đánh giá khả năng đối với các loại xe tải sử dụng để đánh giá, mà gây ra mức tải trọng mà cầu có thể khai thác thường xuyên được an toàn. Đánh giá này dựa trên đánh giá mức thiết kế cộng thêm một phần của sự chênh lệch giữa đánh giá mức thiết kế và mức Khai thác.

4 Yêu cầu chung

4.1. Yêu cầu cơ bản

Tải trọng khai thác của cầu được xác định theo hồ sơ thiết kế cầu và tình trạng kỹ thuật thực tế của cầu, được cơ quan có thẩm quyền công bố hoặc được thể hiện bằng biển báo hiệu hạn chế tổng trọng lượng xe qua cầu theo quy định về báo hiệu đường bộ.

Các yêu cầu chung về lắp đặt biển báo hiệu trước cầu tuân thủ theo QCVN 41:2019/BGTVT.

Kết cấu nhịp của cầu gồm nhiều bộ phận, mỗi bộ phận cầu được đánh giá bằng một hệ số đánh giá. Hệ số đánh giá của kết cấu nhịp là hệ số đánh giá nhỏ nhất của các bộ phận kết cấu nhịp đó. Hệ số đánh giá của bộ phận cầu là tỷ số giữa khả năng chịu hoạt tải của nó với hiệu ứng của hoạt tải theo công thức đánh giá chung là:

$$RF = \frac{C-DL}{LL} = \frac{HL}{LL} \quad (1)$$

Trong đó:

RF – Hệ số đánh giá của bộ phận đánh giá;

C – Khả năng chịu lực của bộ phận đánh giá;

LL – Hiệu ứng của hoạt tải trên bộ phận đánh giá;

DL – Hiệu ứng của tải trọng thường xuyên trên bộ phận đánh giá;

HL = C - DL – Khả năng chịu hoạt tải của bộ phận đánh giá.

- Khi $RF \geq 1$: Khả năng chịu hoạt tải lớn hơn hay bằng hiệu ứng của hoạt tải, bộ phận đánh giá khai thác được với hoạt tải xét đến.

- Khi $RF < 1$: Khả năng chịu hoạt tải nhỏ hơn hiệu ứng của hoạt tải, bộ phận đánh giá không khai thác được với hoạt tải xét đến.

Trong trường hợp chưa đủ số liệu để đánh giá tải trọng khai thác của cầu theo công thức (1), tùy từng trường hợp cụ thể cần tiến hành khảo sát theo qui định từ Điều 5 đến Điều 11 của Tiêu chuẩn này.

4.2. Yêu cầu kiểm tra, thử nghiệm cầu

4.2.1. Công tác kiểm tra các cầu đang khai thác phải được tiến hành đều đặn, theo kế hoạch, với định kỳ đã quy định trong các văn bản hướng dẫn hay trong qui trình bảo trì công trình xây dựng hiện hành. Việc kiểm tra có thể tiến hành độc lập không có thử nghiệm (thử tải).

4.2.2. Công tác thử nghiệm cầu đang khai thác 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 số liệu kiểm tra thu thập được.

Một số trường hợp khác có thể yêu cầu thử nghiệm cầu là:

- Sau khi đại tu hay cải tạo (gia cường) cầu;
- Khi có hư hỏng, sai lệch ở từng phần hay các chi tiết của cầu;
- Khi cần khẳng định chính xác tải trọng đã tính toán;
- Khi cần đánh giá hiệu quả các biện pháp đã thực hiện để bảo đảm an toàn cho các tải trọng đặc biệt đi qua;
- Các trường hợp có căn cứ khác.

Việc cần thiết phải tiến hành thử nghiệm cầu là do cơ quan quản lý cầu đề xuất và được cấp có thẩm quyền quyết định.

4.2.3. Đề cương kiểm định phải do các đơn vị chuyên ngành có đầy đủ tư cách pháp nhân thực hiện và được cấp quản lý có thẩm quyền phê duyệt.

Trong đề cương phải nêu được đầy đủ: mục đích; nội dung; khối lượng công tác kiểm định; vấn đề an toàn lao động; xác định kiểu loại và thành phần của các hồ sơ kỹ thuật trong bản báo cáo.

4.2.4. Những đơn vị thực hiện công tác kiểm định phải có đầy đủ tư cách pháp nhân đã được các cơ quan nhà nước có thẩm quyền cấp giấy phép hành nghề để thực hiện công việc này.

TCVN 12882:2020

4.2.5. Những công việc chuẩn bị có liên quan tới việc tiến hành kiểm tra và thử nghiệm (như lắp dựng giàn giáo tạm thời và làm chỗ quan sát, kể cả chi phí vật liệu và nhân công cần thiết, tải trọng thử, điều tiết giao thông trên và dưới cầu trong khi thử nghiệm, v.v...) cần được thể hiện trong kế hoạch chi tiết phù hợp với đề cương đã được duyệt cụ thể cho từng trường hợp.

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

4.2.7. Khi thử nghiệm cầu cần chấp hành đầy đủ các quy định hiện hành về an toàn lao động nói chung và quy định của TCVN 8774: 2012.

4.3. Yêu cầu về tính toán đánh giá tải trọng cầu và đặt biển tải trọng cầu

4.3.1. Việc quy định tải trọng xe qua cầu khi cần thiết, được thực hiện bằng cách đặt biển tải trọng ở vị trí cầu hoặc cấp giấy phép cho xe đặc biệt qua cầu, nhằm khai thác cầu được an toàn và phát huy tối đa tác dụng của cầu, phục vụ phát triển kinh tế xã hội. Việc quy định tải trọng cho phép qua cầu, cần dựa trên các cơ sở kỹ thuật chắc chắn, khoa học và tin cậy.

Mục đích lắp đặt biển tải trọng cầu là ngăn ngừa sự nguy hiểm cho cầu và phương tiện qua cầu, do tải trọng không thích hợp gây ra tai nạn hoặc hư hỏng cầu.

4.3.2. Các yêu cầu lắp đặt biển tải trọng cầu

Cần phải lắp đặt biển tải trọng trên cầu nếu đánh giá theo tải trọng hợp pháp có hệ số đánh giá $RF < 1$ hoặc khi $RF \geq 1$ nhưng tải trọng đặt biển nhỏ hơn tải trọng đánh giá.

4.3.3. Các xe tải lưu thông trên cầu đường bộ thực hiện theo các quy định nêu trong Bảng 1.

Bảng 1 - Chế độ lưu thông trên cầu

Chế độ lưu thông	Biển báo tải trọng	Quy định
Bình thường	Không đặt Biển tải trọng	Các phương tiện giao thông đường bộ được phép lưu thông qua cầu theo <i>biển báo hiệu đường bộ</i> .
	Đặt Biển tải trọng	Các phương tiện giao thông đường bộ được phép lưu thông qua cầu theo <i>biển báo hiệu đường bộ</i> ; tương ứng với chỉ dẫn của <i>Biển tải trọng</i> đặt trước cầu.
Kiểm soát tải trọng	Đặt Biển tải trọng	Các phương tiện giao thông đường bộ được phép lưu thông qua cầu theo <i>biển báo hiệu đường bộ</i> ; tương ứng với chỉ dẫn trên <i>Biển tải trọng</i> đặt trước cầu; đồng thời, theo chỉ dẫn trên <i>các biển phụ</i> với vận tốc, khoảng cách giữa các xe nối đuôi nhau, số chiều xe được phép qua cầu.

CHÚ THÍCH: Khi xuất hiện bất kỳ một yếu tố nào có nguy cơ gây ra không đảm bảo an toàn cho xe và cho cầu, cơ quan quản lý cầu phải lập tức có xem xét kịp thời để đưa ra biện pháp hạn chế hoặc cấm lưu thông qua cầu.

4.3.4. Khi lắp đặt biển tải trọng cầu cần sử dụng một biển báo giới hạn tải trọng hoặc một biển báo ghép mô tả 3 loại xe.

Quy định lắp đặt Biển tải trọng cầu do cơ quan quản lý cầu thực hiện, trên cơ sở các quy định chung và kinh nghiệm của người quản lý cầu.

4.3.5. Các loại xe và tải trọng xe được quy định sử dụng để đánh giá, kiểm tra mức chịu tải của kết cấu cầu bao gồm:

- Nhóm xe thứ 1 cần xét là tải trọng thiết kế HL93;
- Nhóm xe thứ 2 cần xét là đại diện cho tải trọng hợp pháp thực tế, gồm :
 - + Xe [3] đại diện cho các xe thân liền
 - + Xe [3S2] đại diện cho các xe sơ mi rơ moóc
 - + Xe [3-3] đại diện cho các xe đầu kéo kéo theo rơ moóc

Tải trọng cụ thể và kích thước của các loại xe này được trình bày trong Điều 12 của Tiêu chuẩn này.

- Nhóm xe thứ 3 cần xét là các xe quá tải.

4.3.6. Tải trọng ghi trên biển được xác định dựa trên kết quả đánh giá tải trọng khai thác công trình cầu, theo trình tự đánh giá như sơ đồ Hình 6.

Khi quy định cấm cầu hoặc lắp đặt biển tải trọng cầu, cơ quan quản lý phải xem xét đặc điểm của giao thông, khả năng có xe quá tải và hiệu lực của việc lắp đặt biển tải trọng.

4.4. Yêu cầu về tính toán phục vụ việc xét cấp phép cho xe quá tải qua cầu

4.4.1. Tải trọng quá tải lưu thông trên những tuyến đường quốc gia/địa phương phải có giấy phép/chấp thuận của cơ quan nhà nước/địa phương đang quản lý tuyến đường.

Cơ quan quản lý đường bộ xem xét tải trọng quá tải để cho phép qua cầu thông qua việc đánh giá cấp phép với tải trọng quá tải, bao gồm cả việc đánh giá khả năng chịu tải an toàn của cầu đối với tải trọng lưu thông.

4.4.2. Phương pháp đánh giá để cấp phép cho xe quá tải như sau :

Căn cứ kết quả kiểm tra, kiểm định, thử tải cầu, đánh giá chính xác năng lực chịu tải của cầu để thiết lập chế độ lưu thông qua cầu phù hợp. Tiến hành theo hai bước sau:

Bước 1: So sánh hiệu ứng của tải trọng đang khai thác với hiệu ứng của xe xin cấp phép. Nếu hiệu ứng của xe xin cấp phép nhỏ hơn hoặc bằng hiệu ứng của tải trọng đang khai thác thì có thể cấp phép, nếu không chuyển sang bước 2;

Bước 2: Tính toán đánh giá tải trọng cấp phép nhằm khai thác dự trữ an toàn của cầu qua việc tính hệ số RF cho tải trọng xin cấp phép.

5 Nguyên tắc xác định khả năng chịu tải của công trình cầu

5.1. Khái niệm cơ bản về khả năng chịu tải

5.1.1. Khả năng chịu tải là một đặc trưng của công trình cầu được xác định bằng tải trọng tối đa mà công trình cầu có thể chịu qua tính toán theo các trạng thái giới hạn.

5.1.2. Khả năng chịu tải trọng của cầu được xác định theo hồ sơ thiết kế và tình trạng thực tế của cầu, được cơ quan có thẩm quyền công bố hoặc thể hiện bằng biển tải trọng qua cầu

Nguyên tắc chung về qui định tải trọng xe qua cầu dựa vào xem xét các yếu tố liên quan đến :

- Kiểu loại xe: xe thân liền, xe kéo sơ mi rơmoóc, xe kéo theo rơ moóc;
- Số lượng trục, tải trọng trục, khoảng cách các trục;
- Năng lực chịu tải của cầu.

Theo nguyên tắc trên, các loại xe có chiều dài lớn, nhiều trục bánh, tải trọng trên trục không vượt quá qui định sẽ được phép lưu thông với tổng tải trọng lớn hơn các loại xe ngắn, ít trục mà vẫn không gây hư hỏng hay làm giảm tuổi thọ của các công trình cầu.

5.1.3. Khả năng thông hành của các loại xe khác với tải trọng thiết kế HL93 và các xe hợp pháp phải được xác định thông qua tính toán đánh giá, khi cần thiết có thể phải kiểm định để đánh giá chính xác hơn.

5.1.4. Khả năng chịu tải của công trình được xác định bằng khả năng chịu tải của các bộ phận yếu nhất. Tính toán khả năng chịu tải của công trình cầu được thực hiện có tính đến kích thước hình học thực tế của các bộ phận, ảnh hưởng của các hư hỏng đến sự phân bố lực từ tính tải và hoạt tải đến khả năng chịu tải của các bộ phận, có xét đến cường độ và biến dạng của các vật liệu (bê tông, cốt thép, thép, gỗ...) trong khoảng thời gian tính toán.

5.1.5. Trong mọi trường hợp để đánh giá cầu cần phải:

- Thu thập hồ sơ thiết kế;
- Thu thập hồ sơ hoàn công;
- Thu thập các hồ sơ quản lý, hồ sơ kiểm tra, kiểm định, hồ sơ sửa chữa, tăng cường (nếu có);
- Khảo sát xác định các hư hỏng hiện có, trên cơ sở đó có thể xác định các đặc trưng hình học như diện tích thực, mô men quán tính thực,...;
- Thu thập và nếu cần tiến hành các thí nghiệm phá hủy hoặc không phá hủy để xác định các đặc trưng cơ học của vật liệu như giới hạn chảy, giới hạn bền, modul đàn hồi,...;
- Trên cơ sở số liệu đã thu thập, xác định chính xác sơ đồ tính và lựa chọn phương pháp tính phù hợp.

5.1.6. Loại bê tông và thép, trạng thái của vật liệu cần được xác định theo các tài liệu kỹ thuật hoặc kết quả nghiên cứu thực tế. Ngoài ra cần kiểm tra tình trạng và mức độ cacbonát hóa bê tông và hàm lượng i-on Clo để cho phép dự đoán khả năng phát triển của ăn mòn cốt thép mà không cần dùng phương pháp phá hủy và đánh giá chất lượng bê tông và cốt thép khi xác định khả năng chịu tải của kết cấu bê tông cốt thép trong tương lai gần.

5.1.7. Các đặc trưng về cường độ và các thông số của độ dẻo và tính chịu hàn của thép được đánh giá trên bản vẽ thi công tổng thể và chi tiết, theo số liệu chứng nhận sản phẩm hoặc theo kết quả thí nghiệm mẫu. Trong kết quả kiểm tra cần được thiết lập: cấp thép thực tế, tính chất thực tế của thép và các yêu cầu kỹ thuật tiêu chuẩn tương ứng với cấp thép đó mà có hiệu lực trong thời gian sản xuất kết cấu. Trước tiên cần thiết sử dụng các giấy chứng nhận hiện có của sản phẩm thép.

5.1.8. Các nghiên cứu thí nghiệm và thử nghiệm các mẫu vật liệu được lựa chọn từ các cấu kiện của kết cấu đang kiểm tra sẽ được tiến hành khi thiếu giấy chứng nhận hoặc các thông tin trong đó không đủ (mâu thuẫn), cũng như khi có phát hiện các hư hại của kết cấu, mà có thể dẫn đến chất lượng thép kém.

Trong trường hợp cần thiết, phải tiến hành nghiên cứu để tìm kiếm nguồn dự phòng cho kết cấu chịu lực thực tế. Khi nghiên cứu thí nghiệm thép, cần tiến hành phân tích hóa học, thử nghiệm các mẫu về kéo, uốn, va đập, phát hiện sự phân bố của Sunphua trong kim loại và nghiên cứu cấu trúc kim tương.

5.1.9. Việc phát hiện các hư hỏng trong kết cấu có thể ảnh hưởng đến khả năng chịu tải của cầu được tiến hành khi khảo sát bên ngoài tất cả bộ phận chịu tải và các chi tiết khác, bao gồm bản mặt cầu, các kết cấu nhịp dầm (dầm, giàn...) và các liên kết giữa chúng, các bộ phận của trụ, móng.

Đối với nhịp cầu thép liên hợp bê tông, để đánh giá khả năng chịu tải cần kiểm tra tình trạng của bản mặt cầu và của liên kết giữa bản BTCT với dầm thép chủ, bởi vì khi thiếu hoặc bị phá hủy lớp vữa xi măng giữa bản mặt cầu với cánh trên của dầm thép sẽ dẫn đến sự mất liên kết tiếp xúc, còn sự mất mối liên kết giữa bản mặt cầu và dầm thép bên dưới dạng neo liên hợp sẽ giảm khả năng chịu tải của nhịp cầu.

Đối với kết cấu bê tông cốt thép, trạng thái chung của nó được đánh giá theo trạng thái của cốt thép, bê tông, các mối nối giữa các cấu kiện. Đặc biệt cần chú ý đến trạng thái của các cấu kiện dự ứng lực, bởi vì sự ăn mòn cốt thép dự ứng lực và sự mất mát dự ứng lực trong kết cấu sẽ làm giảm nghiêm trọng khả năng chịu tải của kết cấu.

Đối với kết cấu thép cần chú ý sự ăn mòn của thép và chất lượng của đỉnh tán, bu lông và mối hàn.

5.1.10. Các công tác khảo sát công trình tiến hành theo quy định.

5.2. Các nguyên tắc cơ bản xác định khả năng chịu tải trọng của cầu

5.2.1. Để xác định khả năng chịu tải của cầu cần dựa trên sơ đồ tính trong đó có xét đến các hư hỏng và những thay đổi so với ban đầu, từ đó xác định được:

- Hiệu ứng của tĩnh tải;

TCVN 12882:2020

- Hiệu ứng của hoạt tải bao gồm cả tải trọng người nếu có;
- Khả năng chịu tải của các bộ phận cầu.

5.2.2. Bài toán xác định khả năng chịu tải có thể giải quyết theo phương pháp lý thuyết hoặc phương pháp lý thuyết kết hợp thực nghiệm.

Phương pháp lý thuyết nên sử dụng trong những trường hợp có đầy đủ các thông tin cơ bản đủ để có thể tính toán độ cứng thực tế của kết cấu có xét đến các bộ phận bị hư hỏng và khả năng lựa chọn đúng sơ đồ tính toán cụ thể khi có hư hỏng tại các liên kết riêng trong hệ thống không gian nhịp cầu và tính toán nó.

Trong phương pháp lý thuyết giá trị các nội lực do hoạt tải thẳng đứng di động gây ra được xác định theo kết quả xếp tải lên đường (mặt) ảnh hưởng nội lực trong các cấu kiện được tính toán, có tính đến các hư hỏng (và không tính đến chúng). Nên sử dụng các phần mềm phân tích kết cấu có đủ độ tin cậy và thông dụng mà cho phép nhận được tung độ đường (mặt) ảnh hưởng các nội lực trong dầm.

5.2.3. Phương pháp lý thuyết kết hợp thực nghiệm nên sử dụng trong những trường hợp khi mà ảnh hưởng của các hư hỏng trong kết cấu không thể xác định bằng lý thuyết hoặc có những hư hỏng ẩn dấu không phát hiện được.

5.2.4. Mức độ cần thiết của việc tiến hành thử nghiệm cầu phụ thuộc vào mức độ tin cậy của các số liệu để tính toán đánh giá trong đó có việc khảo sát xác định các hư hỏng và ảnh hưởng của nó đến khả năng chịu lực của cầu, kể cả các hư hỏng ẩn dấu không phát hiện được.

Việc thử nghiệm cầu được tiến hành theo các tiêu chuẩn hiện hành

5.2.5. Khả năng chịu tải của công trình cầu lấy theo khả năng chịu tải nhỏ nhất, xác định bởi khả năng chịu tải của các cấu kiện yếu rõ rệt nhất theo các nội lực sinh ra trong các mặt cắt tính toán cơ bản của các cấu kiện hoặc các mặt cắt đã có những hư hỏng ảnh hưởng đến khả năng chịu tải của cấu kiện và công trình nói chung.

5.2.6. Cần xác định rõ các chỗ hư hỏng cơ bản và tính chất ảnh hưởng của chúng đến sơ đồ tính toán, đến các đặc trưng hình học của các cấu kiện, đến các tính chất về độ bền và biến dạng của vật liệu, đến khả năng chịu tải và sự phân bố nội lực giữa các cấu kiện được nêu ra trong các phần tương ứng về xác định khả năng chịu tải của nhịp cầu bê tông cốt thép, kim loại, thép liên hợp bê tông, gỗ và các trụ tương ứng.

5.2.7. Khi xác định khả năng chịu tải của các nhịp cầu, cần xét các tổ hợp tải trọng, hệ số xung kích $1+IM$. Hệ số này được lấy tuân theo các yêu cầu của TCVN 11823:2017.

5.2.8. Trong trường hợp lớp bề mặt của phần xe chạy bị phá hủy hoặc xuất hiện trên mặt cầu những chỗ mấp mô, cũng như những gờ gấn khe co giãn và chỗ nối với đường đầu cầu, giá trị cao hơn mức bình thường của các hệ số xung kích sẽ được xác định theo kết quả thử nghiệm cầu với tải trọng xe di động.

Trong đó nhất thiết phải kiểm tra thêm khả năng chịu tải với hệ số xung kích theo quy định của TCVN 11823:2017.

5.2.9. Khi lớp bề mặt bị phá hủy theo toàn bộ chiều dài phần xe chạy với chu kỳ lặp lại của các ổ gà, các chỗ trồi, các chỗ gãy cao hơn mức bình thường của mặt cắt dọc trên các trụ, giá trị của hệ số xung kích đối với cầu bê tông cốt thép được lấy tạm thời cho tới khi khắc phục được các hư hỏng tuân theo phương pháp luận của việc xác định chất lượng khai thác giao thông của các công trình cầu

5.2.10. Nội lực do tĩnh tải gây ra đối với kết cấu nhịp và móng trụ được xác định theo qui tắc chung của cơ học kết cấu có kể đến các tổ hợp tải trọng bất lợi nhất cho mỗi trường hợp cụ thể.

6 Đánh giá các tham số của công trình cầu và tình trạng của vật liệu

6.1. Các chỉ dẫn chung

6.1.1. Nhiệm vụ cơ bản của việc kiểm tra cầu đang khai thác là xác định hiện trạng các bộ phận của công trình và khả năng đáp ứng với yêu cầu của tải trọng khai thác. Kiểm tra cầu đang khai thác cũng có thể được tiến hành để giải quyết những vấn đề đặc biệt, ví dụ như: đề ra phương án sửa chữa và cải tạo (gia cường) công trình, xác định chính xác thêm năng lực chịu tải, và vì các mục đích khác.

6.1.2. Các công việc chủ yếu khi kiểm tra cầu để phục vụ cho đánh giá tải trọng khai thác, bao gồm:

- a) Tìm hiểu, nghiên cứu hồ sơ kỹ thuật;
- b) Thăm sát công trình;
- c) Đo đạc kiểm tra và lập bản vẽ hiện trạng cầu.

6.1.3. Tùy thuộc vào hiện trạng của cầu và các nhiệm vụ đặt ra khi kiểm tra, có thể có thêm các loại công việc sau:

- Kiểm tra chất lượng vật liệu bằng các phương pháp không phá hủy (ví dụ, bằng siêu âm, kiểm tra độ cứng, dùng phương pháp phát xạ âm v.v...);
- Lấy các mẫu vật liệu để tiến hành thí nghiệm trong phòng (khi phát hiện những sự không phù hợp của vật liệu được dùng so với các yêu cầu đặt ra);
- Nghiên cứu thực trạng dòng chảy;
- Tổ chức quan trắc lâu dài bằng máy móc;
- Kiểm tra lớp phủ mặt cầu;
- Những công việc khác có thể mời những đơn vị chuyên ngành tham gia.

TCVN 12882:2020

Chú thích:

1. Khi tiến hành kiểm tra chất lượng vật liệu bằng các phương pháp không phá hủy, cũng như khi lấy mẫu vật liệu để thí nghiệm trong phòng, cần phải đáp ứng các yêu cầu và tuân thủ theo các tiêu chuẩn hiện hành có liên quan.

2. Việc lấy mẫu vật liệu chỉ được tiến hành ở những chỗ, những chi tiết không quan trọng (thứ yếu) của công trình. Những chỗ bị lấy mẫu trong kết cấu phải được bít, vá lại, và khi cần phải được gia cường.

6.1.4. Khi kiểm tra cầu cần sử dụng hệ thống ký hiệu và tính toán đã được thừa nhận trong các tài liệu kỹ thuật cho các bộ phận của công trình. Hệ thống này phải được sử dụng không chỉ đối với các tài liệu ngoài hiện trường mà còn dùng trong báo cáo kiểm tra.

6.1.5. Khi kiểm tra cầu phải ghi rõ và đánh giá đúng những sai sót phát hiện được ở công trình (những chỗ làm thiếu, các khuyết tật, những chỗ hư hỏng).

6.2. Xem xét, nghiên cứu hồ sơ kỹ thuật

6.2.1. Khi tiến hành kiểm tra và thử nghiệm, xuất phát từ những nhiệm vụ đã đề ra trong đề cương được duyệt, cần xác định các tài liệu cần thu thập từ các đơn vị quản lý khai thác và cơ quan lưu trữ hồ sơ.

6.2.2. Việc xem xét hồ sơ kỹ thuật của cầu đang khai thác bao gồm cả việc nghiên cứu các tư liệu và số liệu của những lần kiểm tra và thử nghiệm đã thực hiện trước đây, trong đó cần làm rõ những chỉ dẫn cần sửa chữa đề ra trước đây đã được thực hiện đến mức độ nào.

Ngoài ra, còn phải nghiên cứu các tài liệu liên quan tới việc thực hiện các công việc thuộc bảo dưỡng thường xuyên (trong đó có cả việc phát hiện các hư hỏng), việc sửa chữa, theo dõi (quan trắc) lâu dài.

6.3. Thị sát công trình, đo đạc kiểm tra và lập các bản vẽ

6.3.1. Khi thị sát công trình phải phát hiện được những hư hỏng ở các bộ phận và các cấu kiện của cầu (ví dụ: các vết nứt, các chỗ vỡ, các chỗ cong vênh, chỗ tiếp giáp và chỗ liên kết các bộ phận bị rời ra, những chỗ bị gỉ, những chỗ sạt lở của ta-luy móng (1/4 nón), của kè hướng dòng, của gia cố bờ, các hư hỏng của hệ thống thoát nước, của lớp chống thấm, của khe co giãn, của lớp phủ trên mặt cầu, và các bộ phận khác...). Cần chú ý những chỗ do tích tụ không tránh khỏi của bụi, rác, nước... mà các hiện tượng bất lợi (sắt gỉ, gỗ mục...) có khả năng phát triển mạnh.

6.3.2. Những hư hỏng được phát hiện phải được miêu tả đầy đủ trong tài liệu kiểm tra như vị trí, kích thước các khuyết tật và hư hỏng, chỉ rõ thời gian xuất hiện và những nguyên nhân có thể của chúng.

Những hư hỏng và khuyết tật nguy hiểm nhất cũng như những hư hỏng và khuyết tật đặc trưng phải được mô tả bằng cách phác họa hay chụp ảnh.

6.3.3. Công tác 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 phải được tiến hành nhằm đánh giá mức độ phù hợp của các đặc trưng hình học thực tế của công trình so với các đặc trưng đã ghi trong các hồ sơ kỹ thuật khi thiết kế, hoàn công, khai thác (có xét đến các sai số cho phép).

Nội dung và khối lượng cần phải tiến hành của việc đo đạc kiểm tra là do người lãnh đạo công tác kiểm tra và thử nghiệm cầu đề xuất sau khi đã nghiên cứu hồ sơ kỹ thuật và thị sát công trình.

6.3.4. Công tác đo vẽ bằng dụng cụ trắc đạc phải được tiến hành theo các điểm cố định chắc chắn hay theo những mốc đặt lâu bền (trong trường hợp cần theo dõi lâu dài) và trong điều kiện thời tiết thuận tiện (tốt nhất là vào thời gian ít nắng gió).

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

6.3.5. Khi kiểm tra cầu, việc lập các bản vẽ được tiến hành nhằm các mục đích sau:

- Đánh giá điều kiện giao thông trên cầu (hay dưới cầu) và xác định các điều kiện đó có phù hợp với các yêu cầu đặt ra hay không;

- 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, biến dạng) xuất hiện trong quá trình khai thác cầu.

- Đánh giá biến động dòng chảy khu vực cầu và hiện tượng xói lở dưới cầu.

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

- Các mặt cắt dọc của phần xe chạy hay phần người đi (với cầu đi bộ);
- Các mặt cắt ngang của phần xe chạy hay phần người đi;
- Các mặt cắt dọc các giàn (dầm) chính của kết cấu nhịp;
- Bình đồ các giàn (dầm) chính của kết cấu nhịp;

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

6.3.8. 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 đang phát triển v. v...) cơ quan đang quản lý khai thác cầu phải đặt những mốc lâu bền đặc biệt để tiến hành quan trắc theo dõi lâu dài.

Các dạng quan trắc thường xuyên cũng như định kỳ (theo dõi, đo đạc) phải dựa trên một kế hoạch chi tiết, tùy thuộc vào đặc điểm và tốc độ diễn biến dự đoán của các hiện tượng cần theo dõi.

Tùy thuộc vào mục đích và nội dung, các quan trắc lâu dài này cần được đơn vị chuyên trách thử nghiệm cầu hoặc là cơ quan quản lý khai thác cầu đảm nhiệm.

6.4. Đánh giá, kiểm tra các tham số hình học của cầu

6.4.1. Cần đo đạc và lập lại các bản vẽ mặt bằng, trắc dọc cầu, các mặt cắt ngang thực tế của cả cầu nói chung, của từng bộ phận trong kết cấu nhịp, mố trụ, móng, đường đầu cầu, các công trình phụ khác.

TCVN 12882:2020

Phải so sánh các tài liệu mới đo vẽ này với các tài liệu thiết kế hoặc hoàn công, các tài liệu kiểm định cũ để đánh giá vị trí chính xác của các bộ phận cầu trong không gian, chất lượng cầu, các nguyên nhân hư hỏng, sự chuyển vị hay biến dạng của các bộ phận cầu theo thời gian.

Các số liệu đo đạc sẽ dùng cho việc tính toán lại kết cấu và các bộ phận cầu và tính toán đánh giá cầu

6.4.2. Kết quả đo cao độ phải được vẽ thành bản vẽ trắc dọc. Nên vẽ chụp từng cặp các bộ phận giống nhau của phía hạ lưu và phía thượng lưu để phân biệt nhận xét sự biến dạng theo phương ngang cầu của kết cấu.

Căn cứ vào trắc dọc và mặt bằng đã đo vẽ được có thể đưa ra những nhận xét trên cơ sở những gợi ý sau đây:

- Hình dạng đều đặn của trắc dọc có độ vòng xây dựng chứng tỏ là kết cấu nhịp có chất lượng tốt.
- Hình dạng nhấp nhô, gãy khúc của trắc dọc có thể là do sai sót lúc thi công chế tạo và lúc lắp dựng kết cấu nhịp, hoặc do biến dạng quá mức trong quá trình khai thác cầu.
- Nếu có các tài liệu đo vẽ cũ tương tự, phải so sánh để xem nếu có sự chênh lệch quá lớn giữa các lần đo thì cần tìm nguyên nhân và đề xuất cách khắc phục. Nếu chênh lệch ít cũng cần phân tích nguyên nhân và đánh giá khả năng khai thác cầu tiếp tục.

6.4.3. Đo vẽ các mặt cắt ngang của các bộ phận kết cấu

6.4.3.1. Đối với các bộ phận kết cấu bằng thép, đặc biệt là giàn thép, cần đo đạc mặt cắt ngang thực tế của các bộ phận chịu lực, các thanh giàn chủ, dầm dọc, dầm ngang, hệ liên kết, gối cầu... Chú ý ghi rõ chiều dày thép còn lại sau khi bỏ phần đã bị gỉ.

Trường hợp có đủ hồ sơ cũ, chỉ cần đo đạc một số bộ phận nghi ngờ hoặc gì nặng để kiểm tra các kích thước trong hồ sơ cũ. Nếu chúng giống nhau về cơ bản thì không cần đo tỷ mỉ.

6.4.3.2. Đối với kết cấu nhịp bằng bê tông, đá xây, bê tông cốt thép chỉ đo ở các mặt cắt đặc trưng đại diện, nhưng ít nhất phải đo ở mặt cắt giữa nhịp, mặt cắt $\frac{1}{4}$ nhịp, mặt cắt gối. Ngoài ra cần đo ở những mặt cắt nào mà có hư hỏng đến mức có thể ảnh hưởng xấu đến năng lực chịu tải của kết cấu (phải xác định tọa độ mặt cắt đó trên bản vẽ).

6.4.3.3. Các bộ phận bằng thép đã bị cong vênh phải dùng một dây thép căng thẳng giữa hai đầu bộ phận đó rồi đo khoảng cách từ các điểm đặc trưng trên đoạn cong vênh đến dây thép căng đó để phục vụ cho việc tính toán lại bộ phận này.

6.4.3.4. Sai số đo cho phép như sau:

- Đối với kết cấu thép $\pm 0,5\text{mm}$.
- Đối với kết cấu đá xây, bê tông, bê tông cốt thép $\pm 5\text{mm}$.

Phải đo lặp ít nhất hai lần, nếu không đạt sai số nói trên thì phải đo lại.

6.4.3.5. Kết quả đo cần được thể hiện trên các bản vẽ chi tiết, có kèm theo lời chú thích cần thiết.

Những chỗ có sai lệch lớn về kích thước, cong vênh phải được đánh dấu bằng sơn đỏ lên kết cấu và ghi rõ trên bản vẽ.

6.4.4. Nội dung cơ bản của các bản vẽ kết quả đo đạc

6.4.4.1. Bản vẽ bố trí chung mặt đứng cần thể hiện rõ:

- Dạng kết cấu nhịp thép, bê tông cốt thép, đá xây, bê tông.v.v.
- Dạng móng, trụ.
- Mặt cắt lòng sông có thể hiện các đường xói lở qua các đợt đo khác nhau.

Các kích thước chủ yếu:

- Chiều dài cầu;
- Chiều dài kết cấu nhịp của mỗi nhịp.
- Chiều dài nhịp tính toán của mỗi nhịp.
- Khẩu độ thoát nước.
- Chiều cao các thanh đứng của giàn (từ nút thanh mạ hạ đến nút thanh 6 mạ thượng) và cự ly từ nút thanh đến biên thanh mạ theo phương thẳng đứng.
- Cao độ đỉnh dầm dọc ở hai đầu, sát với dầm ngang của mỗi khoang giàn chủ.
- Cao độ tại các điểm mạ hạ (hoặc mạ thượng) của giàn thượng lưu và giàn hạ lưu (ở hai đầu dầm ngang sát bản nút giàn).
- Cao độ đỉnh ray tại các điểm phía trên các dầm ngang.
- Cao độ tim gối và cao độ đá kê gối.
- Cao độ các đỉnh mũ móng, trụ, độ dốc ở đó.
- Cao độ đỉnh tường che và đỉnh tường cánh móng.
- Cao độ vai đường hai đầu cầu (chiều dài đo theo đề cương cụ thể).
- Cao độ đỉnh chóp nón hai móng.
- Chiều dài móng.
- Độ dốc nón hai móng, vị trí chân nón móng.
- Cao độ mức nước cao nhất, thấp nhất trong ngày điều tra.
- Cao độ mức nước lũ cao nhất lịch sử.
- Ghi chú về mốc cao đặc và các cọc mốc định vị đã dùng để đo đạc.

6.4.4.2. Bản vẽ bố trí chung mặt bằng (thông thường vẽ cùng mặt đứng)

TCVN 12882:2020

- Sơ hoạ đường hai đầu cầu.
- Đường tim dọc hai mố.
- Đường tim gối (dọc cầu) lấy đường tim hai mố làm chuẩn để so sánh.
- Đường tim các dầm dọc.
- Đường tim các giàn chủ (mạ hạ và mạ thượng).
- Sơ hoạ giàn chủ, dầm dọc, dầm ngang, dầm dọc cụt, hệ liên kết dọc.

6.4.4.3. Bản vẽ mặt cắt ngang các kết cấu nhịp

- Cấu tạo mặt cắt ngang ở vị trí đầu và giữa kết cấu nhịp, vị trí có chốt của nhịp đeo.
- Khoảng cách hai giàn chủ, bề rộng thanh đứng, bề rộng các thanh biên giàn, khoảng cách các dầm dọc.

- Kết cấu nhịp bê tông cốt thép, bê tông, đá xây phải vẽ các mặt cắt đại diện đã nêu ở Điều 6.4.3.2.

6.4.4.4. Các bản vẽ cấu tạo và kích thước chi tiết của các bộ phận kết cấu nhịp.

Cần vẽ riêng biệt giàn chủ thượng lưu và giàn chủ hạ lưu, bao gồm: mọi thanh giàn, quy cách các thép hình, thép bản, dạng mặt cắt tổ hợp của chúng, vị trí các chi tiết thép bị cắt đứt, vị trí và quy cách kích thước các bản phủ nổi (thép góc nổi) cự ly các đỉnh tán, cấu tạo bản nút giàn.

Đối với dầm bê tông cốt thép ngoài các kích thước hình học của mặt cắt ngang, cần ghi chú hoặc vẽ cấu tạo cốt thép bên trong (căn cứ kết quả điều tra bằng cách đục rãnh thăm dò hoặc dùng máy siêu âm, nếu có hồ sơ lưu trữ cần ghi rõ).

Cần thể hiện đủ các hình vẽ trên mặt chiếu đứng, mặt bằng và mặt cắt ngang sao cho đủ số liệu cần cho tính toán và đánh giá năng lực chịu tải của chúng. Phải vẽ (xác định) trục trong và ngoài mặt phẳng giàn của mặt cắt ngang các thanh giàn.

Các thanh trong hệ liên kết dọc và hệ liên kết ngang đo vẽ như các thanh giàn chủ nhưng có thể ở mức độ đơn giản hơn.

6.4.4.5. Bản vẽ gối cầu:

- Kích thước chi tiết mặt bằng các thốt gối.
- Chiều dày các thốt gối.
- Chiều dài và đường kính chốt gối.
- Chiều dài và đường kính các con lăn, bề rộng con lăn cắt vát (nếu có).
- Số lượng và khoảng cách giữa các con lăn.
- Mô tả tình trạng làm việc và hư hỏng của gối cầu.
- Cấu tạo gối cao su - thép (nếu có).

- Các kích thước của các bộ kê gối (trong đó có tọa độ tìm gối tức là tìm của nút đầu gối).

6.5. Kiểm tra, đánh giá cường độ và chất lượng vật liệu thực tế của cầu

Công tác kiểm tra đánh giá cường độ vật liệu trên kết cấu và mức độ suy thoái vật liệu bao gồm các nội dung sau:

- Đo đạc, kiểm tra khả năng chống gỉ sét của cốt thép dầm bê tông cốt thép
- Đo đạc, kiểm tra hàm lượng ion clo trong dầm bê tông cốt thép
- Đo đạc, kiểm tra điện trở suất trong dầm bê tông cốt thép
- Đo đạc, kiểm tra tình trạng carbonate hóa dầm bê tông cốt thép
- Đo đạc, kiểm tra chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép

6.6. Đo đạc, kiểm tra tần số dao động riêng của cầu

Việc đo đạc kiểm tra tần số dao động riêng của các bộ phận kết cấu và móng trụ là cần thiết, nhưng phải do các đơn vị tổ chức có chuyên môn cao, có đủ thiết bị và nhân lực thực hiện công tác đo và phân tích kết quả để phục vụ chẩn đoán kết cấu.

6.7. Kiểm tra các khuyết tật hư hỏng các bộ phận kết cấu nhịp, phân tích nguyên nhân

6.7.1. Nguyên tắc chung

Trong giai đoạn thị sát cũng như trong các đợt điều tra chi tiết sau đó cần phải điều tra các hư hỏng, khuyết tật của các kết cấu nhịp và móng trụ, phân tích các nguyên nhân gây nên.

Các biện pháp mô tả lại các vấn đề kiểm tra ở hiện trường phải được ghi chép (hoặc mô tả bằng lời ghi âm vào máy ghi âm), chụp ảnh từ các phía khác nhau.

6.7.2. Yêu cầu chung về công tác điều tra

- Kiểm tra hoặc đo vẽ lại bản vẽ các bộ phận cầu (nếu đã mất tài liệu gốc) bằng các máy trắc đạc, thước thép, thước cặp,...
- Phát hiện và ghi lại các hư hỏng, khuyết tật hiện có, nhận xét đặc điểm, kích thước, vị trí của chúng, đánh giá tình trạng chịu lực chung của cả cầu theo kinh nghiệm và kiến thức của người điều tra.
- Xác định cường độ thực tế của bê tông ở từng bộ phận, đặc trưng của thép, của cốt thép.
- Tìm hiểu cách bố trí cốt thép thực tế trong bê tông.
- Điều tra các phần nằm dưới mặt nước của móng trụ (chủ yếu là quan sát bằng cách lặn xuống)

6.7.3. Yêu cầu đối với các phần kết cấu bằng kim loại

Các hư hỏng khuyết tật của kết cấu nhịp thép được phân nhóm theo các dấu hiệu sau:

- Dạng bề ngoài của hư hỏng.
- Mức độ nguy hiểm của hư hỏng.

TCVN 12882:2020

- Vị trí của hư hỏng.
- Sự phân bố của các hư hỏng (mật độ xuất hiện của chúng).

6.7.3.1. Nhận dạng các hư hỏng

Theo dạng bề ngoài các hư hỏng, cần phân biệt:

- Lồng các đỉnh tán, bu lông
- Hư hỏng môi, thể hiện qua các vết nứt trong các bộ phận.
- Gỉ thép.
- Mất ổn định cục bộ hoặc ổn định chung của các bộ phận riêng lẻ hoặc các phần của chúng.
- Các vết nứt.

Theo tốc độ phát triển của hư hỏng đến giai đoạn nguy hiểm, cần phân biệt:

- Các hư hỏng phát triển một cách tức thời đột ngột (các vết nứt khi phá hoại giòn, sự mất ổn định v.v...).
- Các hư hỏng phát triển nhanh (ví dụ các vết nứt do mỏi).
- Các hư hỏng phát triển dần dần (lồng bu lông, lồng đỉnh tán, gỉ).

Theo mức độ nguy hiểm của hư hỏng, cần phân biệt rõ các loại:

- Hư hỏng rất nguy hiểm: đó là các hư hỏng có thể dẫn đến ngừng khai thác cầu hoặc phá hoại cầu (các vết nứt, mất ổn định các bộ phận riêng lẻ của kết cấu nhịp v.v...).
- Hư hỏng cơ bản: các hư hỏng mà có thể đột ngột thay đổi tình trạng khai thác bình thường của cầu: (ví dụ lồng đỉnh tán, gỉ nặng...).
- Hư hỏng ít nguy hiểm : các hư hỏng này làm xấu đi các điều kiện khai thác của kết cấu, có ảnh hưởng xấu ở mức độ nào đó đến sự phát triển của các hư hỏng khác (ví dụ sự nghiêng lệch của các con lăn gối cầu).

Theo tầm quan trọng của bộ phận có hư hỏng: Cần điều tra xem hư hỏng là ở bộ phận nào:

- Dầm dọc, dầm ngang.
- Dầm chủ hoặc giàn chủ.
- Hệ liên kết dọc, hệ liên kết ngang.

Theo mức độ phổ cập của hư hỏng: cần phân biệt, phát hiện:

- Hư hỏng có tính chất hàng loạt.
- Hư hỏng thường gặp.
- Hư hỏng ít khi gặp.

6.7.3.2. Phân tích nguyên nhân các hư hỏng

Khi điều tra và phân tích hư hỏng cần phải dựa theo các gợi ý sau đây về các nguyên nhân hư hỏng:

- Chất lượng thép xấu.
- Chất lượng chế tạo cấu kiện xấu.
- Các lỗi về mặt thiết kế cấu tạo
- Sự không phù hợp giữa các giả thiết tính toán và điều kiện làm việc thực tế.
- Công tác duy tu bảo dưỡng không được thực hiện tốt.
- Điều kiện khí hậu khắc nghiệt bất lợi.
- Tải trọng quá tải qua cầu.
- Khổ giới hạn trên cầu không đủ.
- Đặc điểm tác động bất lợi của hoạt tải xe.

Cần dự đoán tốc độ phát triển của hư hỏng cho đến lúc phá hoại kết cấu nếu có đủ dữ liệu và căn cứ khoa học.

6.7.3.3. Điều tra các hư hỏng do môi

Phá hoại môi xảy ra do sự phát triển dần dần các vết nứt trong thép.

Cần chú ý phát hiện các vết nứt môi ở các vùng chịu lực cục bộ, nơi có ứng suất tập trung lớn nhất.

6.7.4. Yêu cầu đối với dầm thép liên hợp bản bê tông cốt thép

Khi điều tra dầm thép liên hợp bản bê tông cốt thép, ngoài các vấn đề như đối với dầm thép, cần điều tra trạng thái liên kết giữa bản bê tông cốt thép và dầm thép. Cần phát hiện các vết nứt ở chỗ tiếp giáp bản bê tông cốt thép với thép, các chỗ nứt vỡ, nhũ vôi ở bề mặt đáy bản bê tông cốt thép và các hư hỏng khác.

Đối với các dầm có chiều cao lớn, có thể xuất hiện các chỗ phình cong ở bản bụng do biến dạng hàn khi chế tạo. Nếu điều tra thấy đường tên của chỗ phình này lớn quá 15-20mm, phải làm thêm các sườn tăng cường ngay.

6.7.5. Yêu cầu đối với kết cấu nhịp bằng đá xây, bê tông, bê tông cốt thép

Các dạng hư hỏng thường gặp cần phải được điều tra là : các vết nứt, nứt vỡ bê tông, bong vỡ lớp bê tông bảo hộ cốt thép, rỗ bề mặt bê tông, hỏng lớp cách nước .v.v...

Trong kết cấu bê tông cốt thép thường, cần tìm vết nứt ở vùng chịu kéo khi ứng suất kéo lớn hơn cường độ chịu kéo của bê tông. Các vết nứt trong dầm bê tông cốt thép dự ứng lực cần được lưu ý hơn, đặc biệt nếu dầm có cốt thép dự ứng lực dạng bó sợi thẳng, bó sợi xoắn, bó sợi đơn hoặc cáp.

TCVN 12882:2020

Nói chung khi đầm bê tông cốt thép có vết nứt nhìn thấy được bằng mắt thường đều có khả năng làm giảm năng lực chịu tải và cần có các đánh giá lại khả năng chịu tải của kết cấu: ví dụ các vết nứt xiên trong bụng đầm hay vết nứt dọc ở chỗ tiếp giáp bụng đầm với đáy bản mặt cầu.

Phải phân tích các vết nứt đã phát hiện được để xác định ảnh hưởng của vết nứt đến năng lực chịu tải và tuổi thọ của kết cấu có xét đến khuynh hướng phát triển của chúng.

6.8. Đo đạc, kiểm tra trạng thái của móng, trụ, nền móng của cầu

6.8.1. Khi khảo sát ở các móng trụ cầu cần chú ý 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 kết cấu, cách thi công và sự làm việc của móng trụ cầu:

- Nứt và vỡ ở các chỗ gối tựa của kết cấu nhịp;
- Móng trụ cầu không còn nguyên vẹn;
- Nứt do co ngót - nhiệt của các bộ phận có thể tích lớn của móng trụ cầu;
- 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 bê tông cốt thép hay từ các khối BTCT lớn;
- Sự mòn và các hư hỏng cơ học khác do tác động của các vật trôi và sa bồi sỏi 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.

6.8.2. Để thu thập tư liệu về tình trạng nền và móng của móng trụ cầu chủ yếu cần nghiên cứu các hồ sơ kỹ thuật, khi tìm hiểu cần chú ý xem khi thi công có thực hiện đúng các trình tự công nghệ phức tạp này không (hạ cọc bằng xói nước, đổ bê tông dưới nước, v.v...).

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 móng trụ từ độ lún và độ nghiêng của chúng, từ kích thước các khe hở ở các mối nối, mạch 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.

6.8.3. Khi kiểm tra các gối tựa bằng thép (kể cả các con lăn bê tông cốt thép), 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 xoay);
- Hiện trạng các mặt lăn (trượt) của gối di động;

- Tính đồng đều tựa đều lẫn nhau của tất cả các chi tiết gối tựa và của các kết cấu trụ, kết cấu nhịp áp sát chúng;

- Độ tin cậy của chỗ liên kết các con lắc (gối) với các chi tiết của móng trụ và kết cấu nhịp tương ứng;
- Hiện trạng các chi tiết hãm và chống xô cũng như các lớp bọc bảo vệ.

6.8.4. Khi kiểm tra các gối cầu có dùng vật liệu bằng cao su và polimer cần xem xét:

- Các chỉ tiêu kỹ thuật của gối đã ghi trong hồ sơ cung cấp
- Mác cao su và thời hạn sử dụng của gối;
- Sự xuất hiện của các khuyết tật: các vết nứt trong cao su, các biến dạng chứng tỏ liên kết giữa cao su với bản thép đã bị phá huỷ (cao su bị lòi ra ở tất cả các mặt, lòi ra ở riêng một mặt, lòi hoặc rộp phân bố không hệ thống);
- Vị trí tiếp xúc giữa bề mặt gối với thớt gối và bản kê gối của kết cấu nhịp;
- 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;

6.8.5. Khi thí sát gối kiểu chậu 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 bản bọc và vỏ bảo vệ.

6.8.6. Khi kiểm tra tất cả các dạng gối đều cần chú ý đến hiện trạng những kết cấu móng 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 nứt và có vết nứt, khe co giãn do nhiệt không phù hợp, v.v...).

6.9. Đo đạc, kiểm tra mặt đường trên cầu và các thiết bị phục vụ khai thác

6.9.1. Khi kiểm tra mặt cầu cần xác định:

- Độ dốc dọc, ngang và sự biến đổi trị số của chúng theo dọc và ngang cầu;
- Tình trạng 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.

6.9.2. Cần phải đặc biệt chú ý đến hiện trạng hệ thống thoát nước và lớp chống thấm. Chú ý kiểm tra các độ dốc của lớp 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 hay không ngấm qua. Khi cần, để kiểm tra hiện trạng lớp chống thấm, phải bóc có chọn lọc vị trí đối với lớp phủ, lớp bảo vệ (lớp chống mòn).

6.9.3. Khi thí sát cấu tạo của khe co giãn (khe biến dạng), cần xét xem sự chuyển vị do nhiệt và do hoạt tải gây ra.

TCVN 12882:2020

- Tại các khe dạng kín và lấp đầy, cần kiểm tra độ kín của khe, sự tồn tại và hiện trạng của tấm bù bằng kim loại, hiện trạng của mát-tít lấp khe, của các bản đệm cao su hay khe hở của bê tông Asphalt che phủ.

- Tại các khe dạng che phủ, cần xác định hiện trạng của các chi tiết che phủ (của các bản, của các bản hình răng lược hoặc bản tròn), của các chi tiết viền, nếp và độ chắc chắn của liên kết, sự tồn tại và hiện trạng của các rãnh thoát nước.

6.9.4. 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.

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

6.9.6. Nếu trên cầu có các đường dẫn khác (đường dây thông tin, đường cấp nhiệt, đường dẫn nước, đường ống góp nước mưa, v.v...), 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 hay không.

Trong kết cấu nhịp có mặt cắt 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.

6.10. Khảo sát khu vực gầm cầu và đường vào cầu

6.10.1. Khi kiểm tra khu vực gầm cầu bằng thị sát, đo đạc, lập bản vẽ và hỏi cán bộ nhân viên cơ quan khai thác cầu, cần xác định:

a) Đối với tất cả các loại cầu:

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

b) Đối với cầu lớn và cầu trung cần xét thêm:

- Tình trạng lòng sông dưới cầu, các bãi bồi, hai bờ, các công trình gia cố bờ và điều chỉnh dòng;
- Sự thay đổi vị trí của lòng sông chính so với móng trụ cầu;
- Sự hình thành các nhánh sông mới và các đảo mới (so với khi thiết kế hay 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 tại các vị trí gần các trụ móng.

c) Đối với cầu nhỏ cần xét thêm:

- Tình trạng lòng sông ở dưới cầu, ở thượng lưu, ở hạ lưu và việc gia cố chúng;
- Hiện tượng tắc và lắng đọng cát, phù sa ở khoảng thông thủy của cầu.

d) Đối với cầu vượt đường cần xét thêm:

- Tình trạng và độ bằng phẳng mặt đường chui dưới cầu cũng như tình trạng các kết cấu dải phân cách trên đường;

- So sánh khổ giới hạn thực tế của đường chui dưới cầu với khổ giới hạn yêu cầu và so sánh việc đặt các biển tín hiệu đường bộ với các tiêu chuẩn kỹ thuật tương ứng.

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

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

6.10.2. Khi thị sát các đường vào cầu thường phải xác định: hiện trạng nền đắp, lề đường, mép bảo hộ, ta-luy và việc gia cường ta luy, phát hiện sự xói lở nền đường và hiện tượng nước ngầm qua nền, hiện trạng và độ bằng phẳng của mặt đường (đặc biệt là những chỗ tiếp giáp với cầu); tính hiệu quả của các bản quá độ; sự tồn tại của cọc bảo hiểm, cửa lan can (tường bảo hộ), tường (kè) chắn đất, cửa dốc bậc thang, các biển báo, sơn vạch đường; v.v...

7 Xác định khả năng chịu tải của các nhịp cầu bê tông cốt thép

7.1. Nguyên tắc xác định khả năng chịu tải các cấu kiện có xét hư hỏng

7.1.1. Phương pháp xác định khả năng chịu tải trong phần này áp dụng chủ yếu cho các dầm nhịp giản đơn, dầm liên tục và các loại dầm khác của nhịp cầu bê tông cốt thép thường và bê tông cốt thép dự ứng lực. Quy tắc tính toán nêu ra ở đây có thể được sử dụng đối với những loại kết cấu nhịp khác (vòm có sườn, vòm cuốn,...).

7.1.2. Ứng lực giới hạn trong mặt cắt tính toán của các cấu kiện chịu lực theo các điều kiện đạt tới trạng thái giới hạn khi biết rõ bố trí cốt thép được xác định theo chỉ dẫn của TCVN 11823:2017 có xét đến các đặc điểm hư hỏng làm giảm khả năng chịu lực (các vết nứt, độ cong, mức độ rỉ mòn thanh cốt thép, mức độ làm giảm diện tích vùng nén của bê tông). Các hư hỏng được tính đến bằng cách đo thực tế mặt cắt hoặc đưa vào các hệ số chiết giảm tùy theo kết quả khảo sát cầu thực tế.

7.1.3. Mặt cắt kết cấu để kiểm toán theo trạng thái giới hạn cường độ được xét chọn ở những chỗ có ứng lực lớn nhất trên nhịp cầu, chỗ có các hư hỏng nguy hiểm làm giảm ứng lực giới hạn. Cũng cần xét những mặt cắt mà có sự thay đổi đáng kể kích thước của chúng.

Khi tính toán dầm chính nhịp giản đơn cần xét mặt cắt giữa nhịp, còn trong dầm có chiều cao thay đổi – cần xét thêm mặt cắt gối và mặt cắt một phần tư nhịp cầu, có tính đến đặc trưng phân bố cốt thép và sự thay đổi kích thước của bụng dầm.

TCVN 12882:2020

Khi tính toán dầm liên tục cần xét điểm giữa của nhịp trung gian và mặt cắt dầm bên trên các gối trung gian.

Trong nhịp biên cần tính mặt cắt nằm ở khoảng cách 0,4 chiều dài nhịp tính từ gối biên. Mặt cắt nghiêng được kiểm tra ở các vị trí bên trên các gối trung gian và gối biên.

Đối với bản mặt cầu BTCT cần kiểm tra ở giữa nhịp bản và các mặt cắt gối theo từng phương tính toán của bản.

Trong nhịp vòm cần kiểm tra mặt cắt vòm ở những chỗ có ứng lực lớn nhất, ở các cột và ở dầm hay bản trên vòm có tính đến đặc tính làm việc của nó (sự làm việc chung với các bộ phận của vòm hoặc hình thức kết nối khác với vòm).

7.1.4. Tải trọng do trọng lượng bản thân của các cấu kiện bê tông và bê tông cốt thép được tính toán có tính đến các dữ liệu về khối lượng riêng của bê tông và bê tông cốt thép kg/cm³ (Bảng 2).

Bảng 2 - Khối lượng riêng bê tông

Vật liệu	Khối lượng riêng (kg/m ³)
Bê tông $f_{c \leq 35 \text{ MPa}}$	2320
Bê tông $35 < f_c \leq 105 \text{ MPa}$	$2240 + 2,29f_c$

CHÚ THÍCH: f_c là cường độ chịu nén quy định của bê tông (MPa)

7.1.5. Sơ đồ và thông số của tải trọng động thẳng đứng di động cũng như qui tắc đặt chúng, hệ số làn và hệ số xung kích được lấy theo TCVN 11823:2017.

7.1.6. Cường độ đưa vào tính toán của các cốt thép thanh và cốt thép cường độ cao khi kéo và khi nén lấy theo TCVN 11823:2017 đối với trạng thái giới hạn cường độ và trạng thái giới hạn sử dụng. Nếu như đối với cốt thép thanh ở thời điểm xây dựng có giới hạn chảy tối thiểu nhỏ hơn so với theo TCVN 11823:2017, cường độ chịu kéo của cốt thép này được xác định đối với trạng thái giới hạn của trạng thái giới hạn cường độ và trạng thái giới hạn sử dụng theo công thức:

$$f_a = f_{sn}/\gamma_s \quad (2)$$

Trong đó:

f_{sn} - cường độ tiêu chuẩn của cốt thép;

γ_s - hệ số triết giảm của cốt thép,

+ Lấy bằng 1,16 đối với trạng thái giới hạn cường độ; đối với loại cốt thép tương đương loại AI, AII, AIII (khi đường kính 6 - 8 mm);

+ Lấy bằng 1,13 đối với loại tương đương cốt thép loại AIII (khi đường kính 10 - 40 mm);

+ Lấy bằng 1,26 đối với loại tương đương cốt thép loại AIV và AIV;

+ Lấy bằng 1,0 đối với trạng thái sử dụng.

7.1.7. Trị số cường độ tiêu chuẩn f_{sn} của cốt thép thanh, của thép sợi cường độ cao và cốt thép cáp nhận giá trị đảm bảo nhỏ nhất (với độ tin cậy 0,95) của giới hạn chảy (vật lý hoặc qui ước bằng giá trị ứng suất tương ứng với độ dãn dài dư tương đối là 0,2%)

Giá trị đảm bảo nhỏ nhất của giới hạn chảy đã nêu ở trên được xác định theo tiêu chuẩn đưa ra trong tài liệu kỹ thuật, trong trường hợp không có tài liệu này thì lấy theo tiêu chuẩn tương ứng với năm thiết kế cầu. Cốt thép tương đương loại AII có thể lấy thiên về an toàn trị số giới hạn chảy nhỏ nhất $f_{sn} = 274$ MPa.

7.1.8. Số lượng, sự phân bố và loại cốt thép trong các bộ phận chịu tải xác định theo tài liệu kỹ thuật lưu trữ được. Nếu tài liệu thiếu, thì dựa trên thông số hình học của nhịp cầu xác định thuộc tính của nó thuộc thiết kế mẫu này hoặc thiết kế mẫu khác. Nếu như một số thông số hình học của nhịp cầu tương ứng với một vài mẫu thiết kế hoặc một vài phương án bố trí cốt thép trong cùng một thiết kế mẫu, cần thăm dò cốt thép hoặc xác định các dữ liệu cần thiết bằng phương pháp siêu âm hoặc đục lớp bê tông bảo hộ để có cơ sở ước đoán.

7.1.9. Cấp bê tông có thể xác định theo tài liệu kỹ thuật lưu trữ; nếu tài liệu thiếu thì theo thiết kế mẫu tương ứng hoặc tiêu chuẩn tương ứng với năm thiết kế. Trong trường hợp thiếu dữ liệu thiết kế và các dữ liệu khác về bê tông thì độ bền tính toán của nó xác định dựa trên cơ sở nghiên cứu các tính chất độ bền theo phương pháp không phá hủy theo tiêu chuẩn có hiệu lực tại thời điểm khảo sát.

7.1.10. Đặc trưng tính toán vật liệu bê tông và cốt thép và những quy tắc tính toán cơ bản lấy theo TCVN 11823:2017 có xét đến các mức độ chiết giảm tùy theo hư hỏng thực tế.

Danh sách một số hư hỏng cơ bản được nêu trong Bảng 3. Trong bảng đưa ra đặc trưng ảnh hưởng của hư hỏng đến cấu kiện để tham khảo đưa vào phương pháp tính toán. Hư hỏng của các cấu kiện được tính đến bằng cách đo trực tiếp kích thước của nó hoặc với sự trợ giúp bằng cách đưa các hệ số vào trong công thức tính toán.

Bảng 3 – Một số hư hỏng cơ bản

Số TT	Loại hư hỏng	Tính chất ảnh hưởng đến cấu kiện	Phương pháp tính đến hư hỏng
1.	Ăn mòn cốt thép chịu lực trong vùng kéo căng (độ sâu hư hỏng $\Delta > 0,025d$)	Làm yếu mặt cắt cốt thép kéo căng, làm giảm khả năng chịu tải của dầm về chịu uốn và độ cứng.	Tính đến kích thước thực tế của diện tích thép theo kết quả đo.
2.	Đứt các thanh cốt thép chịu lực riêng rẽ hoặc các sợi trong bó ở vùng chịu kéo.	Làm yếu mặt cắt cốt thép kéo căng, làm giảm khả năng chịu tải của dầm về chịu uốn và độ cứng.	Tính đến kích thước thực tế của diện tích thép theo kết quả đo.

TCVN 12882:2020

3.	Cong vênh (gấp gãy) cốt thép chịu lực trong vùng kéo.	Làm yếu mặt cắt cốt thép kéo căng, làm giảm khả năng chịu tải của dầm về chịu uốn và độ cứng.	Tính đến kích thước thực tế của diện tích thép theo kết quả đo.
4.	Ăn mòn cốt thép đai và thanh uốn cong hoặc chỗ gián đoạn của chúng.	Giảm khả năng chịu tải của dầm trước tác động của lực cắt.	Tính đến kích thước thực tế của diện tích thép theo kết quả đo.
5.	Hư hỏng bê tông vùng nén của dầm:		Tính đến kích thước thực tế mặt cắt theo kết quả đo.
	- Rỗ, vỡ	Làm yếu mặt cắt vùng chịu nén.	
	- Sự toi xóp hóa bê tông	Làm giảm độ bền của bê tông vùng chịu nén.	Tính đến độ bền thực tế
	- Các vết nứt dọc (dọc theo hướng lực tác dụng)	Làm phá hủy vùng nén của bê tông (toàn phần hoặc một phần).	Loại bỏ sự làm việc của các dầm hay tính đến chúng theo kết quả thử nghiệm.
6.	Hư hỏng bê tông ở vùng ứng suất chính của dầm (mặt cắt ở trụ): rỗ, vỡ	Làm giảm độ bền của dầm bởi giảm tiết diện mặt cắt, giảm độ bền.	Tính đến kích thước thực tế của mặt cắt bằng cách thực tế.
	Sự toi xóp hóa bê tông		Tính đến độ bền thực tế
7.	Các khe nứt xuyên dọc ở phần giữa của dầm trong vùng chịu kéo.	Làm giảm độ cứng và thay đổi phân bố ứng lực giữa các dầm	Tính đến sự phân bố thực tế theo kết quả thực nghiệm.
	Vết nứt lớn hơn 0,3 đến 0,5 mm	Lớn	Giảm độ bền của mặt cắt dầm xuống 5 %
	Vết nứt 1mm – kết quả của sự mất liên kết giữa cốt thép và bê tông	Rất lớn	Giảm 20%
	Vết nứt lớn hơn 1 mm – hậu quả của sự chảy cốt thép.	Phá hủy dầm	Loại bỏ sự làm việc của dầm đối với hoạt tải
8.	Các vết nứt theo viền ngoài của sườn dầm với bản mặt	Giảm độ cứng và độ bền.	Tính đến sự phân bố ứng lực thực tế giữa các dầm theo kết quả thử nghiệm
9.	Phá hủy liên kết của dầm lắp ghép chỗ hàn nối tường bán phân cách Cắt đứt (thiếu) các tấm đệm hàn ở những chỗ riêng; Phá hủy điểm neo của các chi tiết nổi vào; Vết nứt xiên ở các tường bán phân cách.	Phá hủy sơ đồ làm việc không gian của nhịp dầm và phân bố ứng lực ngang	Tính đến sự phân bố ứng lực thực tế giữa các dầm theo kết quả thử nghiệm

10.	Phá hủy kết nối các dầm bằng tường phân cách nguyên khối (mối nối bê tông cốt thép): Các vết nứt dọc và xiên trên toàn bộ chiều cao tường phân cách: Các hư hỏng cốt thép chủ (nứt, đứt, uốn); Hư hỏng bê tông (vỡ, nứt ra)	Phá hủy sơ đồ làm việc không gian của nhịp dầm và phân bố ứng lực ngang	Tính đến sự phân bố ứng lực thực tế giữa các dầm theo kết quả thử nghiệm
11.	Hư hỏng bản mặt cầu phân xe chạy: Các lỗ thủng Nứt bê tông (mạng dày đặc) hoặc kiểm hóa bê tông Vỡ bê tông ở mép dưới bản mặt Ăn mòn cốt thép chịu lực hoặc hư hỏng cơ học Sập phần cánh cửa bản mặt.	Giảm khả năng chịu lực của bản mặt: Tại chỗ Chung Ở các panel Chung Ở panel bị sập	Tính đến diện tích thực tế của mặt cắt. Tính đến độ bền thực tế của bê tông. Chỉ tính đến cốt thép (không tính bê tông). Tính đến diện tích thực tế của cốt thép. Loại bỏ sự làm việc của các bản này
12.	Treo dầm trên gối cầu trường hợp đơn lẻ hoặc nhóm	Thay đổi sự phân bố ứng lực giữa các dầm	Loại bỏ sự làm việc của các dầm này.
13.	Các vết nứt ở vùng neo của cốt thép dự ứng lực của dầm	Mất mát dự ứng lực trong cốt thép, có thể thay đổi phân bố ứng lực giữa các dầm	Tính đến khi xác định độ nứt theo kết quả thử nghiệm
14.	Các vết nứt thẳng đứng bởi tính tải trên sườn của dầm dự ứng lực ở đoạn chịu kéo: - Vết li ti đơn lẻ - Với độ mờ 0,1 mm hoặc lớn hơn	Giảm độ cứng (độ vòng xây dựng).	Không tính đến Tính đến sự phân bố thực tế của ứng lực theo kết quả thử nghiệm
15.	Các vết nứt dọc dọc theo cốt thép dự ứng lực của dầm với các dấu hiệu bị ăn mòn: đơn lẻ và đứt quãng, liên tục	Có thể làm yếu mặt cắt cốt thép chịu lực	Tính đến tiết diện thực tế của cốt thép.
16.	Các vết nứt ở vùng trụ của nhịp dầm liên tục (theo quy luật, ở phần trên với đầu ra đến bản mặt)	Thay đổi trạng thái ứng suất vì lún trụ	Tính đến sự phân bố lại thực tế của ứng lực theo chiều dài dầm

TCVN 12882:2020

17.	Bề mặt không bằng phẳng, hư hỏng bề mặt.	Tăng tác động động lực học của hoạt tải lên cấu kiện chịu lực.	Tính đến việc tăng hệ số xung kích
18.	Lún đầu cầu, phá hủy khe co giãn	Tăng tác động động lực học của hoạt tải lên cấu kiện chịu lực.	Tính đến việc tăng hệ số xung kích

7.1.11. Mức độ hư hỏng cốt thép do ăn mòn được xác định như sau:

- Khi độ mở rộng khe nứt 0,5 mm và lớn hơn thì đo trực tiếp cùng với việc bóc lớp bảo vệ một cách chọn lọc ở những chỗ mặt cắt tính toán.

- Khi độ mở rộng khe nứt nhỏ hơn 0,5 mm thì bằng phương pháp gián tiếp theo đồ thị với phép ngoại suy trong trường hợp cần thiết, trong đó thời điểm hình thành khe nứt lấy theo năm xây dựng cầu.

7.1.12. Trong các cầu toàn khối, đối với mô men uốn giới hạn trong mặt cắt tính toán của các cấu kiện như bản mặt, dầm ngang và dầm dọc đưa vào hệ số tăng của các điều kiện làm việc có xét đến hiệu ứng vòm), giá trị cụ thể như sau:

- Đối với bản mặt phần xe chạy với tỉ lệ a/b lớn hơn hoặc bằng 2/3, nhưng nhỏ hơn 3/2, lấy 1,25.
- Cũng như trên khi tỉ lệ cạnh ngắn trên phần dài a/b nhỏ hơn 2/3, lấy 1,10.
- Đối với nhịp trung bình của các dầm phụ ngang và dọc nhiều nhịp, lấy 1,20.
- Đối với các dầm ngang một nhịp và các nhịp biên của các dầm phụ ngang và dọc nhiều nhịp lấy 1,10.

7.2. Xác định nội lực do hoạt tải gây ra trong kết cấu nhịp cầu

7.2.1. Mô men M và lực cắt V do hoạt tải gây ra trong mặt cắt tính toán của các bộ phận kết cấu (dầm) xác định theo đường ảnh hưởng nội lực tương ứng hoặc tính toán có xét đến sự làm việc không gian. Ứng lực trong các dầm chính được phép xác định bằng tích của lực tìm được từ tính toán theo sơ đồ phẳng nhân với hệ số phân bố ngang tương ứng thu được từ tính toán theo sơ đồ không gian hoặc đo đạc được theo kết quả thử nghiệm trên cầu.

7.2.2. Tính toán nội lực và khả năng chịu tải của bản mặt cầu

Căn cứ vào cấu tạo mà chọn lựa chọn sơ đồ tính là bản hẫng, bản kê hai cạnh hay bản kê bốn cạnh.

Với cầu lắp ghép có mối nối ở bản hay dầm ngang có hư hỏng, cần phải tùy theo thực trạng và mức độ hư hỏng mà đề ra các sơ đồ, giả thiết khác nhau để tính nội lực khi chịu lực cục bộ, ví dụ như thành bản hẫng, bản nổi chót có hai cạnh ngàm, ...

Khi tính toán sơ bộ thấy không bảo đảm an toàn, nhất thiết phải thử nghiệm để đo ứng suất và chuyển vị dưới tác động của hoạt tải, để có căn cứ kết luận về khả năng chịu lực thực tế của bản.

Với cầu bản lắp ghép có mối nối kiểu chốt, khi kiểm tra phát hiện hư hỏng ở liên kết chốt, ngoài việc tính nội lực theo sơ đồ bản nối chốt, còn phải tính theo sơ đồ các nhóm bản nối chốt làm việc độc lập với nhau.

Nếu kết quả tính toán nội lực và kết quả tính duyệt mặt cắt cho thấy bản không đủ khả năng chịu lực thì nhất thiết phải thử tải và đo đạc cụ thể để có kết luận chính xác hơn.

Với mỗi sơ đồ tĩnh học của bản, có thể dùng các phương pháp cơ học kết cấu để xác định nội lực và ứng suất trong bản theo Tiêu chuẩn TCVN 11823:2017:

- Phương pháp phân tích đàn hồi gần đúng;
- Phương pháp chính xác;
- Phương pháp thiết kế bản bê tông theo kinh nghiệm.

8 Xác định khả năng chịu tải của kết cấu nhịp cầu thép liên hợp bản bê tông cốt thép

8.1. Nguyên lý cơ bản trong tính toán

8.1.1. Cầu thép liên hợp bê tông cốt thép (sau này quy ước gọi tắt là "cầu thép liên hợp") là các nhịp cầu với các cấu kiện thép và bê tông làm việc chung cùng trong một kết cấu thống nhất.

8.1.2. Khi xác định khả năng chịu tải của nhịp cầu thép liên hợp cần tính đến các đặc điểm riêng của loại kết cấu này, bao gồm:

- Sự làm việc chung về mặt tĩnh học của các bộ phận kết cấu được làm từ những vật liệu khác nhau (thép, bê tông cốt thép), điều này phụ thuộc vào trạng thái của các bộ phận và phụ thuộc vào các chi tiết liên kết (các neo liên hợp) có mức độ khác nhau về đảm bảo cho sự tương tác lực giữa các phần thép và phần BTCT;

- Đặc trưng nhiều giai đoạn của sự làm việc tĩnh học cùng với trình tự xây lắp tuần tự các thành phần khác nhau trong quá trình xây dựng và cùng với việc mặt cắt bị thu hẹp do loại bỏ một phần của chúng – có thể là do ăn mòn cơ học và gỉ sét trong quá trình khai thác.

Cần lưu ý rằng các nhịp cầu thép liên hợp bê tông được thi công theo nhiều thiết kế của các tổ chức Tư vấn khác nhau với chất lượng rất khác nhau qua nhiều thời kỳ, đặc biệt là các cầu trên các tuyến đường địa phương.

8.1.3. Việc đánh giá khả năng chịu tải của dầm chính của nhịp cầu thép liên hợp bê tông phải được tiến hành với việc sử dụng các qui định của TCVN 11823:2017 và hướng dẫn của Tiêu chuẩn này.

Độ bền tính toán của bê tông của bản mặt cầu BTCT khi đánh giá khả năng chịu tải lấy theo TCVN 11823:2017 phù hợp với cấp bê tông thực tế theo độ bền chịu nén ở thời điểm khảo sát. Các đặc trưng

TCVN 12882:2020

vật liệu này được xác định theo chất lượng bê tông thực tế bằng việc sử dụng các tài liệu kỹ thuật và việc ứng dụng phương pháp kiểm tra không phá hủy hoặc thí nghiệm phá hủy mẫu.

8.1.4. Cường độ của các thanh cốt thép lấy theo TCVN 11823:2017. Nếu ở thời điểm xây dựng cầu mức độ hư hỏng nhỏ nhất của giới hạn chảy của cốt thép thanh theo Tiêu chuẩn thiết kế đã sử dụng thấp hơn so với TCVN 11823:2017, cường độ dùng trong tính toán của cốt thép đó khi chịu kéo phải được xác định theo thí nghiệm thực tế hoặc suy đoán từ những cầu có đặc điểm tương tự.

8.1.5. Cường độ tính toán của thép cần đối với các dạng trạng thái ứng suất khác nhau sẽ được lấy phù hợp với TCVN 11823:2017. Trong đó giá trị giới hạn chảy f_y và giới hạn phá hủy f_u được lấy như sau:

- Đối với thép được liệt kê trong giấy chứng nhận hoặc thu được khi thử nghiệm, giá trị giới hạn chảy và giới hạn phá hủy tương ứng với các yêu cầu của tiêu chuẩn quốc gia hay điều kiện kỹ thuật của thép có hiệu lực tại thời điểm xây dựng, - lấy theo giá trị nhỏ nhất;

- Đối với thép liệt kê trong giấy chứng nhận hoặc thu được khi thử nghiệm, giá trị giới hạn chảy và giới hạn phá hủy thấp hơn so với các yêu cầu của tiêu chuẩn quốc gia hay điều kiện kỹ thuật của thép có hiệu lực tại thời điểm xây dựng đã nêu— lấy theo giá trị nhỏ nhất của giới hạn chảy được nêu ra trong giấy chứng nhận hay thu được khi thử nghiệm.

8.1.6. Khi cần xét đến một cách chính xác hơn tính chất cơ học thực tế (cao hơn) của thép trong khuôn khổ đánh giá khả năng chịu tải, được phép xác định độ bền tính toán vật liệu theo các giá trị f_y và f_u , các giá trị này được xác định theo kết quả xử lý thống kê dữ liệu thử nghiệm tối thiểu 01 tổ mẫu.

8.1.7. Độ bền của các chỗ hàn và chỗ nối, các phương pháp tính toán đưa vào tính toán biến dạng dẻo lấy theo yêu cầu tương ứng của TCVN 11823:2017.

8.1.8. Tải trọng do trọng lượng bản bê tông cốt thép và mặt đường được đưa vào tính toán có xét đến trình tự xây dựng thực tế của công trình (tức là làm việc theo từng giai đoạn), hiệu quả công tác điều chỉnh ứng lực và sửa chữa (nếu có) nghĩa là cần phải được thiết lập trên kết quả phân tích tài liệu thiết kế, thi công và khai thác.

8.1.9. Tác động của từ biến và co ngót của bê tông cũng như ảnh hưởng của tác động nhiệt độ không đồng đều không tính đến khi tính toán kiểm tra đảm chính với sự mất liên kết hoàn toàn với bản bê tông cốt thép ở đoạn từ các đầu tự do đến chỗ ô trống dưới chỗ tựa và bản trong trạng thái làm việc được.

8.1.10. Trong tính toán đảm chính trên cơ sở dữ liệu khảo sát và thử nghiệm cần xét đến tất cả các hư hỏng phát hiện được mà có ảnh hưởng đến khả năng chịu tải. Trong trường hợp hai đảm chính của nhịp cầu có những hư hỏng khác nhau lớn, mỗi đảm sẽ được tính riêng, còn khi khác biệt không đáng kể có thể sử dụng mẫu tính toán qui ước trong đó bao gồm hư hỏng của mỗi đảm.

8.1.11. Trong bảng 4 nêu ra một số hư hỏng điển hình của bản BTCT và neo liên kết bản BTCT với kết cấu thép, phương pháp xét đến hư hỏng khi thực hiện tính toán khả năng chịu tải, và tính chất ảnh hưởng của hư hỏng đến sự làm việc của các thành phần (kết cấu). Mức độ ước lượng để đánh giá sự giảm khả

năng chịu tải nêu ra trong Bảng 4 chỉ để tham khảo và không thể sử dụng trong kết quả khảo sát thay cho tính toán khả năng chịu tải.

Bảng 4 – Một số hư hỏng điển hình của phần bản bê tông cốt thép

Dạng hư hỏng	Tính chất ảnh hưởng đến sự làm việc của kết cấu	Phương pháp tính đến khi đánh giá khả năng chịu tải
1. Mất liên kết giữa bản bê tông cốt thép với các dầm chính		
1.1. Các vết nứt ở bản gần các góc "cửa sổ" dưới chỗ tựa, theo quy luật là các vết nứt xiên trên mặt. Khi số lượng không lớn hơn 1 đối với mỗi cạnh ngang của "cửa sổ"	Tính nguy hiểm của việc phát triển tiếp sự mất liên kết	
1.2. Tương tự mục 1.1. khi số lượng vết nứt lớn hơn 2 đối với mỗi cạnh ngang của "cửa sổ"	Làm giảm khả năng chịu lực của các dầm chủ tại các đoạn mất liên kết giữ bản với các dầm, dẫn đến sự giảm khả năng chịu tải đến 30%	Khi tính toán mô hình hóa loại bỏ sự làm việc của các bộ phận mô hình hóa điểm tựa ở những chỗ mất liên kết
1.3. Phá hủy nhìn thấy được (vỡ), xốp hóa hoặc không lấp đầy bê tông khi bê tông hóa tại vị trí "khe hở" dưới vị trí kê		
1.4. Thiếu hoặc phá hủy chỗ đỡ giữa các bản lắp ghép với cánh trên của dầm chủ trong khoảng giữa "khe hở" – khi xuất hiện những hư hỏng đã nói ở không nhiều hơn 2 bản trên nửa nhịp, phân bố liên tiếp (hoặc là ở đoạn toàn khối và ở bản lắp ghép lân cận), hoặc là không nhiều hơn 3 bản trong khoảng nửa dầm được phân cách bằng các bản với các liên kết được giữ nguyên		
1.5. Tương tự các mục 1.2 - 1.4. khi xuất hiện các hư hỏng ở hầu hết các dầm trên nửa nhịp	Giảm sức chịu tải, dẫn đến sự giảm khả năng chịu tải hơn 30% "phản ứng dây chuyền" của sự phát triển việc mất liên kết mỗi khi có tải trọng nặng đi qua	
1.6. Chuyển vị dọc nhìn thấy được "bằng mắt" của các bản lắp ghép khi các hoạt tải đi qua		
2. Mất các mối nối ngang của bản lắp ghép 2.1. Phá hủy bê tông lấp "chốt" của các mối nối ngang hoặc bê tông hóa các mối nối ngang với mối hàn các đầu thép chờ khi $K_p > 0.5$. Khi số lượng các hư hỏng mối nối không lớn hơn 3 trên nửa nhịp	Giảm khả năng chịu tải xuống tới 5 – 10 %	Khi tính toán mô hình hóa đưa vào các đoạn mô hình hóa bản với sự giảm độ cứng trục

TCVN 12882:2020

2.2. Như trên, khi $0,1 \leq K_s \leq 0,5$	Giảm khả năng chịu tải tới 20-30%, tính nguy hiểm "phản ứng dây chuyền" của sự phát triển tiếp về mất liên kết	
2.3. Sắp xếp các rìa bản cạnh nhau với sự thay đổi về chiều cao khi $K_s > 0,5$		
3. Lồng ốc kẹp chỗ tựa với dầm 3.1. Các thanh giằng yếu hoặc không có bu lông cường độ cao để kẹp các chi tiết thép của chỗ tựa với cánh trên của dầm		Như trên
4. Các hư hỏng và hỏng hóc đầu cuối của các đoạn toàn khối 4.1. Các vết nứt với độ mở tới 0,2mm ở phần bê tông của đoạn nguyên khối, ở các mối nối với dầm của khe co giãn và các bản lắp ghép cạnh nhau		
4.2. Không có bê tông hoặc phá hủy phần lớn phần bê tông nguyên khối, phân cách hoàn toàn nó khỏi dầm của khe co giãn và khỏi các bản lắp ghép lân cận	Giảm khả năng chịu tải tới 5-10%, tính nguy hiểm "phản ứng dây chuyền" của sự phát triển tiếp về mất liên kết	Khi tính toán mô hình hóa đưa vào các đoạn mô hình hóa bản với sự giảm độ cứng trục, loại bỏ sự làm việc của các bộ phận mô hình hóa các điểm tựa cuối
5. Các hư hại và hư hỏng chung		
5.1. Nhiều vết nứt với độ mở tới 0,2 mm		
5.2. Vỡ lớp bảo vệ cùng với sự hở cốt thép ở các chi tiết riêng lẻ		
5.3. Các vùng đơn lẻ bị kiềm hóa và các vết cháy trên bề mặt;		
5.4. Các vết nứt riêng rẽ với độ mở hơn 0,2 mm, trong đó có các vết nứt xuyên dọc, và cả các vết nứt ngang với hướng hỗn loạn	Giảm tuổi thọ và khả năng chịu lực của bản dẫn đến giảm khả năng chịu tải tới 10%	Khi tính toán mô hình hóa đưa vào các đoạn mô hình hóa bản với sự giảm độ cứng trục
5.5. Phá hủy đáng kể lớp bảo vệ và ăn mòn cốt thép tới 10%		
5.6. Hư hỏng lớn phần bê tông và các chỗ riêng lẻ bị kiềm hóa		
5.7. Giảm độ bền bê tông tới 20% khi so sánh với thiết kế, nhiều vết nứt rộng hơn 0,3 mm, ăn mòn cốt thép với sự mất mát mặt cắt hơn 10%, hư hại đáng kể phần bê tông bởi kiềm hóa cùng với sự giảm lớp bảo vệ	Giảm sức chịu tải của bản như khi làm việc với tải trọng cục bộ, cũng như khi uốn của kết cấu thép liên hợp bê tông, do vậy dẫn đến giảm khả năng chịu tải tương ứng tới 30 và 20%	

8.1.12. Các hư hỏng và hư hại liên quan đến việc giảm độ bền chung hay làm hở các mối nối ngang của bản BTCT lắp ghép sẽ được đánh giá định lượng bằng giá trị sau:

$$K_g = E_{b,f} \times A_{b,f} / E_{b,t} \times A_{b,t} \tag{3}$$

Trong đó:

$E_{b,f}$ và $E_{b,t}$ - tương ứng là mô đun đàn hồi thực tế (với tính toán độ bền thực tế) và lý thuyết (theo cấp bê tông thiết kế) của bê tông;

$A_{b,f}$ và $A_{b,t}$ - tương ứng là diện tích mặt cắt ngang của bản thực tế và lý thuyết (thiết kế).

Khi đánh giá độ bền thực tế của bản BTCT nói chung, hệ số K_g là hệ số giảm độ cứng dọc theo trục của bản. Đối với chỗ nối theo phương ngang hệ số này tương ứng với phần mặt cắt ngang của bản, thực sự nhận ứng lực theo phương dọc chỗ mối nối. Tương tự như vậy hệ số K_g sử dụng để đánh giá điều kiện truyền ứng lực trong mối nối với sự chênh cao của các bản lân cận nhau, ở đây trong bản chất của đại lượng có thể lấy bằng tỉ lệ của phần chung của các hình chiếu đứng của mặt cắt ngang của các bản BTCT cạnh nhau so với diện tích mặt cắt lý thuyết của bản.

8.1.12. Bảng 5 mô tả một số hư hỏng điển hình của kết cấu thép, đặc tính ảnh hưởng của chúng đến sự làm việc của nhịp cầu và khả năng chịu tải của nó, các phương pháp tính đến các hư hỏng và suy thoái của kết cấu cũ trong các tính toán kiểm tra.

Bảng 5 – Một số hư hỏng điển hình của phần kết cấu kim loại

Dạng hỏng hóc (hư hại)	Tính chất ảnh hưởng tới sự làm việc của kết cấu (các bộ phận)	Phương pháp tính đến khi đánh giá khả năng chịu tải
1	2	
1. Ăn mòn cánh, tường của các dầm chính, các bộ phận và bản nối liên quan đến sự giảm chiều dày các bộ phận		Tính đến sự suy giảm mặt cắt khi tính toán kiểm
2. Suy yếu hoặc hỏng hóc đỉnh tán, bu lông cường độ cao, hư hỏng mối hàn		Tính đến sự suy giảm mặt cắt khi tính toán kiểm
3. Các vết nứt môi ở các bộ phận hoặc các mối nối		Như trên hoặc khôi phục các bộ phận
4. Cong cục bộ của các bộ phận riêng rẽ của liên kết, của sườn cứng (chủ yếu nảy sinh khi vận chuyển các cấu kiện và lắp ráp)		Như trên
5. Cong cục bộ ở nhiều cấu kiện liên kết	Làm xấu đi điều kiện làm việc không gian. Tích tụ ứng suất cục bộ ở các cánh	Tính toán hệ số phân bố ngang của hoạt tải không tính đến sự làm việc của các liên kết, xét đến các bộ phận cong khi tính toán kiểm tra

6. Biến dạng chung của các bộ phận riêng rẽ của liên kết, cong cánh dưới và bản bụng dầm vì hư hại (xô va xe, tàu thuyền hoặc cây trời)		Như trên
---	--	----------

8.2. Phương pháp tính toán khả năng chịu tải dầm liên hợp thép-BTCT

8.2.1. Xác định khả năng chịu tải của các bản bê tông cốt thép theo TCVN 11823:2017, tương ứng với ứng lực giới hạn có xét đến các hư hỏng.

8.2.2. Sự mô tả chính xác các chi tiết cơ học của sự làm việc tĩnh học của nhịp cầu thép liên hợp bê tông có xét sự xuống cấp của bản bê tông cốt thép và sự giảm yếu liên kết neo giữa bản BTCT và dầm thép trong mô hình tính toán là rất khó khăn. Do đó nên sử dụng mô hình tính toán gần đúng của sự làm việc của liên kết, nhằm đánh giá thực tế sự làm việc của kết cấu có tính đến số liệu khảo sát và thử nghiệm với mức dự phòng khá cao sao cho thiên về an toàn.

8.2.3. Cường độ bê tông thực tế của bản BTCT lấy theo thí nghiệm thực tế.

8.2.4. Các tính toán kiểm tra còn lại của kết cấu thép (theo độ bền trong trạng thái ứng suất phức tạp, theo sự ổn định chung và cục bộ) cần được thực hiện theo các ứng lực được xác định phù hợp với các cấp tải trọng được xét, tương ứng với điều kiện độ bền theo ứng suất thông thường.

8.2.5. Khi đánh giá khả năng chịu tải trong các trường hợp cần tính đến độ cứng chịu xoắn của kết cấu không gian dưới dạng 2 dầm chính liên kết với nhau bằng các liên kết ngang, bằng bản mặt cầu bê tông cốt thép và các liên kết dọc ở dưới. Điều này thể hiện ở sự phân bố đồng đều hơn giữa các dầm dưới tác dụng của hoạt tải phân bố lệch tâm trong mặt cắt cầu so với phương pháp tính toán truyền thống theo quy tắc “đòn bẩy” khi chỉ có 2 dầm chính. Không cần tính đến độ cứng xoắn khi không có liên kết dọc phần dưới hay khi xảy ra biến dạng lớn một số lượng lớn các liên kết chéo, ví dụ ảnh hưởng của dòng chảy trong lũ vượt quá định mức (các trường hợp này được biết đến trong thực tế khai thác) và khi có hư hại lớn của các bản mặt bê tông cốt thép và các liên kết của nó với dầm thép.

8.2.6. Để tính toán sự phân bố theo phương ngang của hoạt tải có thể sử dụng các phương pháp khác nhau. Có thể mô phỏng toàn bộ nhịp cầu dưới dạng mô hình không gian, cấu tạo từ các phần tử thanh và phần tử dạng bản hoặc chỉ từ các phần tử thanh; trong trường hợp chỉ xét mô hình từ các phần tử thanh thì các tường dầm và bản được mô hình hóa bằng các khung tương đương hay bằng kết cấu giàn ảo.

Nên sử dụng các phần mềm thông dụng đủ tin cậy trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích tĩnh học hệ thống không gian. Có thể mô hình hóa hệ kết cấu không gian nhịp cầu như hệ thanh thành mỏng có mặt cắt kín.

8.2.7. Trong phần lớn các trường hợp đối với mục đích thực tế, khi xác định “hệ số phân bố ngang” khi dùng phương pháp gần đúng (dựa trên việc phân tích kết quả của nhiều phương pháp tính toán chính

xác hơn). Công thức để xác định hệ số phân bố ngang trong trường hợp 2 dầm chính biểu diễn dưới dạng:

$$\eta = 1/2 \pm \Theta e_p/a \quad (4)$$

Trong đó:

Θ nhỏ hơn hoặc bằng 1, phụ thuộc vào các yếu tố xác định, vị trí của mặt cắt tính toán, chiều dài nhịp;

e_p - độ lệch tâm của tải;

a - khoảng cách giữa các dầm chính.

Với độ chính xác cho phép, đối với mặt cắt ở giữa nhịp từ 42m đến 84m có thể lấy Θ từ 0,5 đến 0,6 giống nhau với các mô men uốn và độ võng và giảm theo sự tăng đại lượng nhịp. Đối với mô men uốn trong vùng dầm liên tục trong các mặt cắt gần với trụ, đối với các lực ngang và các phản lực ở trụ $\Theta = 0,9 - 1,0$, tức là các đại lượng này sẽ được xác định theo quy tắc tròn bầy. Trong các khu vực mà có sự phá vỡ kết cấu của bản BTCT hay các liên kết của nó với các dầm thép chính, ứng lực trong các dầm do tải hoạt tải cũng được xác định theo quy tắc tròn bầy, không cần tính đến sự làm việc không gian.

8.2.8. Bước đầu tiên tiến hành tính toán kết cấu thép-bê tông liên hợp dạng dầm dưới tác động của tĩnh tải và hoạt tải, sự co ngót và từ biến của bê tông, tác động nhiệt. Việc xét đến các hư hỏng do ăn mòn của kết cấu thép (không đổi theo chiều dài và theo khu vực) có thể thực hiện trong tính toán tĩnh học (bằng cách giảm độ dày tính toán của các cấu kiện) và khi kiểm tra độ bền.

Trong các mô hình tính toán có thể xét đến các hư hỏng thấy được của bản BTCT khi đánh giá định lượng không đổi theo chiều dài (làm giảm độ bền, chiều dày tính toán hay độ rộng của bản), việc này được thực hiện bằng cách đưa hệ số nói trên $K_a \leq 1$ vào độ cứng dọc trục của bản.

Bước thứ 2 của tính toán có thể mô hình hóa sơ đồ tính toán bởi một trong những dầm thép liên hợp bê tông chính, trong đó xét đến các hư hỏng cục bộ cũng như tổng thể của bản mặt bê tông cốt thép phân xe chạy. Trong sơ đồ tính toán này có thể tái hiện các hư hỏng và phá vỡ kết cấu khi khảo sát và thử nghiệm.

Nếu phát hiện vỡ mối nối ngang của bản BTCT, trong sơ đồ tính toán có thể đưa vào các thành phần mà chiều dài của nó là chiều rộng các mối nối, cùng với việc giảm độ cứng trục. Nếu như các vết nứt phát hiện được đi qua mặt cắt của bản và chỉ bảo toàn sự truyền ứng lực trên các dầm (bao gồm khu vực nách dầm), thì hệ số giảm K_a đối với các vùng mối nối lấy là 0,5 - 0,7.

8.2.9. Tiến hành tính toán theo sơ đồ tính toán khi tác động đồng thời của phần tĩnh tải giai đoạn 2 và hoạt tải tương ứng với "hệ số phân bố ngang" đã tính. Trong đó hoạt tải được đặt ở vị trí bất lợi nhất đối với mặt cắt tính toán của dầm chính. Như vậy, khi tính toán dầm không liên tục có sự phá vỡ liên kết ở các phần cuối cần được chất tải phân bố đều trên toàn bộ chiều dài của dầm, còn xe 2 trục thì đặt tại vị trí các điểm tựa đầu tiên còn giữ nguyên khả năng làm việc (tính từ trụ) và trên các chỗ thay đổi mặt cắt

TCVN 12882:2020

của cánh dầm dưới. Đối với dầm liên tục cần tiến hành các kiểm tra tương tự của các nhịp dầm biên cuối cùng, và các vùng phá vỡ liên kết gần các trụ trung gian.

Đối với mỗi trường hợp hoạt tải tiến hành các tính toán lặp lại và lấy các đại lượng ứng suất tính toán trong các cánh dầm chính gây ra bởi thành phần tĩnh tải thứ 2 và hoạt tải, sau đó là ứng suất tổng có tính đến các kết quả tính toán của bước 1. Sau khi so sánh ứng suất tổng với sức kháng tính toán có thể đưa ra kết luận về việc phù hợp hay không phù hợp của sức chịu tải của kết cấu thép liên hợp bê tông.

8.2.10. Cần phải kiểm tra mặt cắt tính toán của dầm dưới tác động của ứng suất tiếp, sự tác động đồng thời của ứng suất pháp và ứng suất tiếp, khi kiểm tra độ ổn định chung của các dầm thép (trên các phần tác động của ứng suất nén trong các cánh dưới), ổn định cục bộ của các bản bụng dầm thép và phần chia của các vách chịu nén của cánh dầm.

8.2.11. Cần kiểm tra độ bền các dầm ngang giữa (khi có chúng), độ bền và độ ổn định của các thành phần liên kết ngang và dọc cũng như các chỗ cố định nó.

8.2.12. Khả năng chịu tải tính toán của nhịp cầu không có hư hỏng được xác định chỉ theo khả năng chịu tải của các dầm chính, có mặt cắt với các điểm yếu ở chỗ thi công mỗi nối, nhưng không tính đến khả năng chịu tải của các bộ phận dầm ngang, các liên kết ngang và dọc, các thành phần nối giữa bản bê tông cốt thép phần xe chạy và dầm thép.

9 Xác định khả năng chịu tải của kết cấu nhịp cầu thép

9.1. Tính toán khả năng chịu tải của các bộ phận của nhịp cầu thép thực hiện theo TCVN 11823:2017 có tính đến trạng thái thực tế theo số liệu khảo sát công trình. Tất cả đặc trưng tính toán vật liệu cần lấy theo thực tế khảo sát và các tài liệu tiêu chuẩn hiện hành. Các quy tắc tính toán chung về khả năng chịu tải được đưa ra trong đề Điều 1.

9.2. Khi xác định khả năng chịu tải của nhịp cầu thép trong trường hợp chung, cần kiểm toán có xét đến trạng thái thực tế của kết cấu tại các mặt cắt của dầm chính ở giữa nhịp cầu, các mặt cắt của dầm chính trên các gối đối với kết cấu dầm công-xôn hay kết cấu liên tục, và cả ở những nơi thay đổi mặt cắt dầm gần gối. Tính toán bản bê tông cốt thép phần xe chạy được thực hiện dưới tác động của tải trọng cục bộ theo chỉ dẫn của TCVN 11823:2017.

Khả năng chịu tải của nhịp cầu dạng giàn thép xác định theo các thanh biên giàn và thanh chéo chịu lực lớn nhất và theo các bộ phận bị hư hỏng. Kiểm tra đồng thời bằng tính toán khả năng chịu tải của các liên kết bu lông, kết hàn và đinh tán tại những chỗ đó.

Trong các bộ phận chịu tải bị hư hại cần xét đến những hư hỏng, giảm yếu hiện có của mặt cắt hay độ võng không cho phép.

9.3. Tính toán các bộ phận có xét đến các hư hỏng và giảm yếu trong trường hợp giữ nguyên sơ đồ tính toán thiết kế để tính toán kiểm tra mặt cắt. Nếu các hư hỏng làm thay đổi sơ đồ tính toán kết cấu thì cần tính toán lại ứng lực.

Một số hư hỏng điển hình làm giảm khả năng chịu tải của các bộ phận của nhịp cầu thép có thể tham khảo trong bảng 6.

Bảng 6 – Một số hư hỏng điển hình của kết cấu nhịp cầu thép

STT	Dạng hư hỏng	Tính chất ảnh hưởng đến sự làm việc của kết cấu	Phương pháp tính đến khi xác định khả năng chịu tải	Phương pháp đánh giá mức độ hư hại
1	2	3	4	5
1.	Các hư hại do ăn mòn			
1.1	Ăn mòn với chiều sâu 0,5-1,0 mm và phân bố trên 20-40% chu vi mặt cắt	Giảm mặt cắt làm việc	Giảm khả năng chịu tải 5%	Kiểm tra, đo độ sâu phần ăn mòn
1.2	Như trên nhưng phân bố hơn 40 % chu vi mặt cắt	Như trên	Giảm khả năng chịu tải 10%	Như trên
1.3	Ăn mòn với chiều sâu hơn 1,0 mm và phân bố trên 20-40% chu vi mặt cắt	Như trên	Như trên	Như trên
1.4	Như trên nhưng phân bố hơn 40% chu vi mặt cắt	Như trên	Tính toán kiểm tra mặt cắt, nhưng giảm khả năng chịu lực không dưới 10%	Như trên
2.	Hư hại cơ học			
2.1	Cong các bộ phận chịu nén của giàn, các bản cánh chịu nén của dầm chính	Giảm khả năng làm việc về độ bền vững	Tính toán lại	Kiểm tra đường tên và chiều dài võng
2.2	Cong (lõm) tường dầm chính với kích thước lớn hơn cho phép (1,600·L)	Như trên	Tính toán kiểm tra mặt cắt	
2.3	Cong cục bộ các bộ phận với chiều dài cơ sở bé khi tỉ lệ của đường tên võng trên chiều dài là 1/3	Làm yếu mặt cắt	Như trên	Kiểm tra, đo kích thước võng
2.4	Các vết rách cục bộ	Như trên	Như trên	Đo kích thước rách
2.5	Đứt hơn 30% mặt cắt	Loại bỏ hoàn toàn bộ phận khỏi sự làm việc của kết cấu	Tính toán lại	Xem xét khi kiểm định
2.6	Hư hỏng cơ học các mối nối (đinh tán, bu lông, mối)	Giảm khả năng chịu lực của mối nối	Tính toán kiểm tra mối nối	Xem xét, kiểm tra đinh tán và bu lông

TCVN 12882:2020

	hàn) lớn hơn 20% của chi tiết			bằng cách gõ hoặc cờ lê đo lực
2.7	Vỡ các bộ phận kết nối dẫn đến thay đổi độ cứng ngang hơn 30%	Thay đổi đặc tính làm việc không gian	Tính toán lại	Xem xét khi kiểm định
3.	Hư hỏng do lực			
3.1	Mất tính ổn định của các bộ phận nén	Loại bỏ hoàn toàn bộ phận khỏi sự làm việc của kết cấu	Tính toán lại	xem xét khi kiểm định
3.2	Các vết nứt mới trong kim loại của các kết cấu chịu lực	Làm yếu mặt cắt của bộ phận	Tính toán kiểm tra trong điều kiện khẩn trương hạn chế các vết nứt (khoan lỗ các đầu cuối, triệt tiêu ứng suất tập trung)	xem xét khi kiểm định
3.3	Các vết nứt do hậu quả của tính giòn của kim loại	Làm yếu mặt cắt của bộ phận	Như trên cộng thêm việc tiến hành hạn chế tải trong khi nhiệt độ thấp	Thử nghiệm kim loại về độ dai khi va đập Phân tích hóa học kim loại
3.4	Các vết nứt ở mối hàn của các kết cấu chịu lực	Làm yếu mặt cắt của bộ phận	Tính toán kiểm tra mặt cắt	xem xét khi kiểm định
3.5	Các vết nứt ở mối hàn của các sườn tăng cứng	Làm yếu mặt cắt của bộ phận	Giảm khả năng chịu tải đi 1-3%	xem xét khi kiểm định
4	Các hỏng hóc, hư hại công nghệ			
4.1	Hư hỏng mối nối bằng đinh tán và bu lông (hơn 20% trong chi tiết)	Giảm khả năng chịu lực của mối nối	Tính toán kiểm tra mối nối	Kiểm tra bằng cách gõ hoặc dùng cờ lê đo lực
4.2	Các hỏng hóc mối hàn	Làm yếu mặt cắt	Làm giảm khả năng chịu lực đi 5-10%	xem xét khi kiểm định
4.3	Có các lỗ hờ kỹ thuật làm giảm mặt cắt hơn 5%	Làm yếu mặt cắt	Tính toán kiểm tra mặt cắt	Đo kích thước phần giảm
4.4	Xuất hiện các phần tập trung (hàn, cắt gọt, khoan,...)	Làm xấu đi trạng thái ứng suất	Giảm khả năng chịu lực đi 10%	xem xét khi kiểm định
4.5	Kẹt chặt các gối, các khớp, tăng hệ số ma sát do hậu quả của bẩn, ăn mòn hoặc tác động của nhiệt độ...	Biến đổi sơ đồ tính toán	Tính toán lại	xem xét khi kiểm định

9.4. Tính toán lại ứng lực trong nhịp cầu thép với tính tải và hoạt tải có tính đến trạng thái thực tế của kết cấu cần thực hiện theo quy luật, trên cơ sở phương pháp không gian và sử dụng phần mềm máy tính đủ tin cậy.

9.5. Việc đánh giá khả năng chịu tải của các bộ phận có các vết nứt trong kim loại có thể tiến hành chỉ trong điều kiện khẩn trương ngăn chặn hoặc khắc phục (khoan, hàn và,...). Trong các trường hợp ngược lại cần cấm cầu không cho xe và người qua lại.

9.6. Khả năng chịu tải của các liên kết bu lông và liên kết hàn, đinh tán trong kết cấu nhịp cầu thép được xác định theo TCVN 11823:2017.

10 Cơ sở xác định khả năng chịu tải của nhịp cầu hệ phức tạp

10.1. Việc đánh giá khả năng chịu tải của nhịp cầu của hệ kết cấu phức tạp (cầu treo và cầu dây văng, vòm cuốn, hệ khung) cần được giao cho các tổ chức chuyên ngành có những chuyên gia có trình độ cao.

10.2. Ngoài những chỉ dẫn chung trong Tiêu chuẩn này, tùy cấu tạo cụ thể mỗi cầu đặc biệt và tình hình thực tế, cần tham khảo các Tiêu chuẩn và tài liệu phù hợp,

11 Cơ sở xác định khả năng chịu tải của các trụ, móng cầu và móng

11.1. Khi đánh giá khả năng chịu tải của móng, mố, trụ cầu cần tính toán lại theo các chỉ dẫn của TCVN 11823:2017 có xét đến các hư hỏng thực tế của mỗi bộ phận đã phát hiện được qua công tác khảo sát.

11.2. Những bộ phận công trình ẩn giấu (nền móng) được đánh giá tính toán theo hồ sơ kỹ thuật lưu trữ. Khi thiếu các hồ sơ này cần tiến hành khảo sát hiện trường tùy theo mức độ và yêu cầu thực tế. Các thông số đưa vào tính toán cần thiên về an toàn và thuyết minh rõ các căn cứ khi không đảm bảo số liệu khảo sát đủ mức tin cậy.

12 Đánh giá tải trọng khai thác công trình cầu

12.1. Cơ sở đánh giá cầu theo triết lý LRFR

Phương pháp LRFR xử lý hệ số an toàn dưới dạng hệ số tải trọng và sức kháng dựa trên xác suất của tải trọng và sức kháng, hệ số đánh giá xác định theo công thức (5):

$$RF = \frac{C - \gamma_{DC}DC - \gamma_{DW}DW \pm \gamma_P P}{\gamma_L LL(1 + IM)} \quad (5)$$

Đối với TTGH cường độ:

$$C = \phi_C \phi_S R_n$$

Trong đó các mức giới hạn thấp hơn sau đây được áp dụng: $\phi_C \phi_S \geq 0,85$

Đối với TTGH sử dụng:

$$C = f_R \quad (6)$$

Trong đó:

RF là hệ số đánh giá; C là khả năng của kết cấu; R_n là sức kháng danh định của kết cấu;

TCVN 12882:2020

R là ứng suất cho phép, được xác định theo tiêu chuẩn LRFD;

DC, DW, P, LL - tương ứng là tải trọng bản thân của các bộ phận kết cấu và thiết bị phụ trợ phi kết cấu, tải trọng bản thân của lớp phủ mặt và các tiện ích công cộng, tải trọng thường xuyên khác ngoài tĩnh tải, hoạt tải;

IM - là hệ số động lực (lực xung kích của hoạt tải);

γ_{DC} , γ_{DW} , γ_P , γ_{LL} - tương ứng là các hệ số tải trọng tĩnh cho các bộ phận kết cấu, cho lớp phủ và tiện ích, cho tải trọng thường xuyên khác tĩnh tải, cho hoạt tải;

ϕ_c , ϕ_s , ϕ - tương ứng là các hệ số điều kiện, hệ số hệ thống, hệ số sức kháng.

Các mức đánh giá cầu

Đánh giá tải trọng khai thác công trình cầu được thực hiện để xác định tải trọng khai thác (hoạt tải) mà kết cấu có thể chịu được một cách an toàn.

Cầu đường bộ được đánh giá theo 3 mức ứng suất khác nhau, đó là mức thiết kế, mức khai thác và mức lắp đặt biển.

Khả năng chịu tải của cầu và tải trọng khai thác được sử dụng để phân tích các bộ phận kết cấu nhằm xác định đánh giá tải trọng thích hợp. Điều này có thể dẫn đến các quyết định hạn chế tải trọng khai thác trên cầu hoặc nhận biết được các bộ phận kết cấu nào của cầu cần được nâng cấp hoặc sửa chữa để tránh việc phải hạn chế tải trọng.

12.2. Đánh giá tải trọng khai thác công trình cầu theo triết lý LRFR

Để đánh giá khả năng chịu tải của cầu, cần tiến hành kiểm tra chi tiết cầu. Kết quả kiểm tra chi tiết giúp lập mô hình làm việc thực tế của cầu (có xét đến các hư hỏng, khuyết tật của công trình, tác động của môi trường xung quanh, các giá trị đo đạc, thí nghiệm về cường độ vật liệu).

Hệ số đánh giá của cầu được xác định trên cơ sở tình trạng hiện tại của kết cấu, các đặc trưng vật liệu, tải trọng, giao thông,...

Phân tích kết cấu: các phương pháp phân tích gần đúng về phân bố tải trọng theo TCVN 11823:2017 có thể được áp dụng. Cầu có thể được đánh giá bằng thử nghiệm hiện trường (thử tải) nếu thấy rằng đánh giá lý thuyết không đại diện chính xác ứng xử của kết cấu và sự phân bố tải trọng trên các bộ phận cầu.

Các bộ phận kết cấu được đánh giá riêng gồm: bản mặt cầu, các bộ phận kết cấu khác.

Phương pháp LRFR đánh giá cầu tại 3 trạng thái giới hạn: trạng thái giới hạn cường độ, trạng thái giới hạn sử dụng và trạng thái giới hạn môi. Trạng thái giới hạn cường độ là cơ bản cho vấn đề an toàn công cộng và là yếu tố xác định nội dung lắp đặt biển trên cầu, cấm thông xe qua cầu và sửa chữa cầu. Trạng thái giới hạn sử dụng và trạng thái giới hạn môi được áp dụng chọn lọc cho từng cầu.

Theo phương pháp LRFR, cầu được đánh giá theo một quy trình gồm ba bước cho từng trạng thái giới hạn, như mô tả trên sơ đồ ở hình 6

- Đánh giá theo tải trọng thiết kế (HL-93),
- Đánh giá theo tải trọng hợp pháp (xe hợp pháp)
- Đánh giá theo tải trọng cấp phép.

a. Đánh giá theo tải trọng thiết kế (đánh giá cấp 1)

Đánh giá theo tải trọng thiết kế là đánh giá cầu ở mức đầu tiên, trên cơ sở tải trọng thiết kế HL93 theo tiêu chuẩn thiết kế TCVN 11823:2017, sử dụng các kích thước và đặc tính của cầu căn cứ từ kết quả kiểm tra cầu thực tế. Trước tiên là đánh giá theo TTGH cường độ, sau đó đánh giá theo TTGH sử dụng. Khi cầu được đánh giá có hệ số đánh giá mức thiết kế $RF \geq 1$, thì kết luận là cầu này sẽ thỏa mãn mức tải cho tất cả các tải trọng hợp pháp.

b. Đánh giá theo tải trọng hợp pháp (đánh giá cấp 2)

Đánh giá ở cấp 2 cung cấp khả năng chịu tải an toàn đơn chiếc (cho cầu hình loại xe tải đã cho). Các hệ số tải trọng được lựa chọn theo điều kiện thực tế ở hiện trường. Cường độ là TTGH thứ nhất để đánh giá tải trọng. TTGH sử dụng được áp dụng một cách có lựa chọn. Kết quả của đánh giá tải trọng hợp pháp là cơ sở để quyết định lắp đặt biển tải trọng hoặc tăng cường cầu.

c. Đánh giá theo tải trọng cấp phép (đánh giá cấp 3)

Đánh giá theo tải trọng cấp phép dùng để kiểm tra tính an toàn và tính phục vụ khi soát lại việc cấp phép qua cầu cho loại xe cộ vượt trên giới hạn trọng lượng hợp pháp đã xác lập. Đây là đánh giá ở mức 3 chỉ áp dụng cho cầu có đủ khả năng chịu tải trọng hợp pháp. Hệ số tải trọng xác định bằng loại và trạng thái xe cộ cho phép tại chỗ được dùng để kiểm tra hiệu ứng tải trọng do xe quá tải (vượt trọng lượng quy định) gây ra.

12.3. Tải trọng để đánh giá

12.3.1. Tải trọng thiết kế

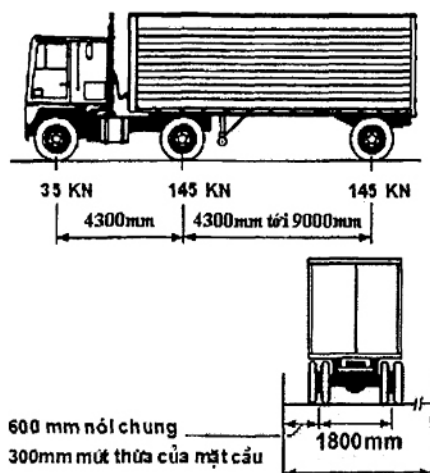
Tải trọng thiết kế hiện hành là HL93, đó là tổ hợp của:

- Xe tải thiết kế (xe ba trục) hoặc xe hai trục thiết kế và
- Tải trọng làn.

Xe tải thiết kế

Xe tải thiết kế (hình 1) là xe ba trục có:

- Tải trọng trục trước 35kN;
- Trục giữa và trục sau, mỗi trục 145kN;
- Khoảng cách từ trục trước đến trục giữa 4,30m;
- Khoảng cách từ trục giữa đến trục sau từ 4,30m đến 9m;
- Khoảng cách tìm hai bánh theo chiều ngang 1,80m.

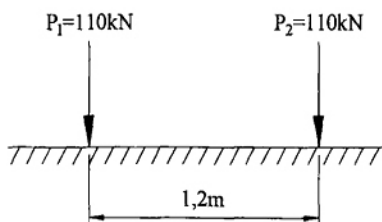


Hình 1 Xe tải thiết kế

Xe hai trục thiết kế

Xe hai trục thiết kế (hình 2) có:

- Tải trọng mỗi trục 110 kN;
- Khoảng cách hai trục 1,20m;
- Khoảng cách từ hai bánh theo chiều ngang 1,80m.



Hình 2 Xe hai trục thiết kế

Tải trọng làn

Tải trọng làn là tải trọng phân bố đều với cường độ 9,3 N/mm hay 9,3 kN/m và phân bố đều trên chiều dọc cầu với bề rộng phân bố 3m (theo chiều ngang).

12.3.2. Xe hợp pháp

Xe hợp pháp là các xe được lưu thông mà không cần có giấy phép trừ trường hợp qua các cầu có tải trọng cho phép qua cầu nhỏ hơn tải trọng xe.

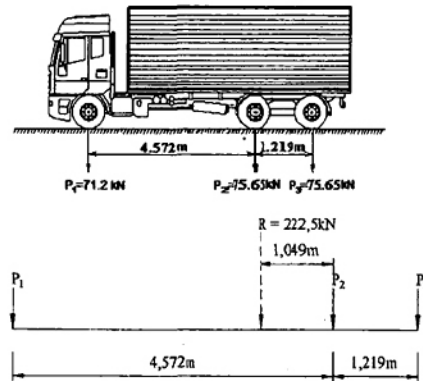
Xe hợp pháp là xe [3] (xe 3 trục), xe [3-S2] (xe 5 trục) và xe [3-3] (xe 6 trục).

(1) Xe [3]

Xe [3] có ba trục với:

- Khoảng cách từ trục trước đến trục giữa 4,572m;
- Khoảng cách từ trục giữa đến trục sau 1,219m;

- Tải trọng trục trước 71,20kN;
- Trục giữa và trục sau, mỗi trục 75,65kN;
- Tải trọng tổng cộng 222,5kN;
- Khoảng cách tìm hai bánh xe theo chiều ngang 1,80m.

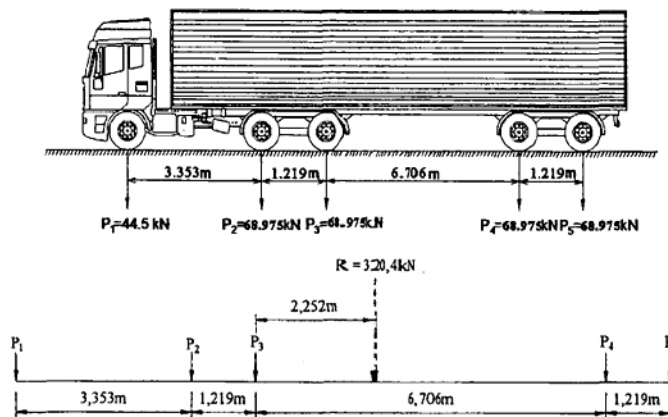


Hình 3 Xe [3]

(2) Xe [3-S2]

Xe [3-S2] là xe 5 trục với:

- Khoảng cách từ trục thứ nhất đến trục thứ hai 3,353m;
- Khoảng cách từ trục thứ hai đến trục thứ ba và trục thứ tư đến trục thứ năm 1,219m;
- Khoảng cách từ trục thứ ba đến trục thứ tư 6,706m;
- Tải trọng trục thứ nhất 44,50kN;
- Các trục còn lại, mỗi trục có tải trọng 68,975kN;
- Tải trọng tổng cộng 320,4kN;
- Khoảng cách tìm hai bánh xe theo chiều ngang 1,80m.



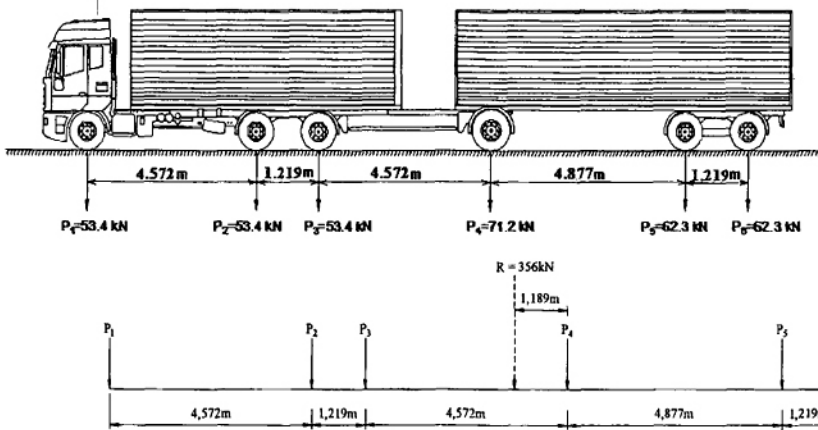
Hình 4 Xe [3-S2]

TCVN 12882:2020

(3) Xe [3-3]

Xe [3-3] là xe 6 trục với:

- Khoảng cách từ trục thứ nhất đến trục thứ hai và trục thứ ba đến trục thứ tư 4,572m;
- Khoảng cách từ trục thứ tư đến trục thứ năm 4,877m;
- Khoảng cách từ trục thứ hai đến trục thứ ba và trục thứ năm đến trục thứ sáu 1,219m;
- Tải trọng trục thứ nhất, thứ hai, thứ ba mỗi trục 53,40kN;
- Tải trọng trục thứ tư 71,20kN;
- Tải trọng trục thứ năm và trục thứ sáu mỗi trục 62,30kN;
- Tải trọng tổng cộng 356kN;
- Khoảng cách từ hai bánh theo chiều ngang 1,80m.



Hình 5 Xe [3-3]

12.3.3. Tải trọng cấp phép

Tải trọng cấp phép là tải trọng để xin giấy phép cho xe hoặc đoàn xe qua cầu.

Các thông số cơ bản làm cơ sở xác định tải trọng cấp phép gồm:

- Cấu hình xe, bao gồm cấu tạo đầu kéo, xe chở hàng trong đó có: số lượng trục của đầu kéo, của xe chở hàng, khoảng cách giữa các trục, khoảng cách từ bánh theo chiều ngang, chiều dài toàn đoàn. Chiều cao, chiều rộng của xe sau khi đã xếp đủ hàng cần vận chuyển.
- Tải trọng từng trục của đầu kéo, của xe chở hàng.

12.3.4. Tải trọng thường xuyên

Tải trọng thường xuyên bao gồm tĩnh tải (DC, DW) và các tải trọng thường xuyên khác ngoài tĩnh tải như co ngót trong cầu liên hợp dầm thép bản BTCT, điều chỉnh nội lực, hiệu ứng thứ cấp trong cầu bê tông dự ứng lực thi công theo phương pháp phân đoạn kéo sau,...

- DC là tải trọng bản thân của kết cấu và thiết bị phụ trợ phi kết cấu;
- DW là tải trọng bản thân của lớp phủ và các tiện ích công cộng;
- P là tải trọng thường xuyên khác ngoài tĩnh tải.

Hệ số tải trọng của tải trọng thường xuyên là γ_{DC} , γ_{DW} và γ_P .

12.3.5. Các tải trọng khác

Trong đánh giá cầu chỉ xét tải trọng thường xuyên (DC, DW, P) và hoạt tải (LL), không xét đến các tải trọng khác như tải trọng gió, lũ, hỏa hoạn, động đất, va xô của xe, của tàu thuyền. Khi cần xét đến những tải trọng này cần bổ sung tiêu chí đánh giá riêng và không xét ở đây.

12.4. Đánh giá các tải trọng

12.4.1. Đánh giá tải trọng thiết kế

Đánh giá tải trọng thiết kế là cấp đánh giá đầu tiên dựa theo tải trọng thiết kế HL 93 và tiêu chuẩn thiết kế cầu TCVN 11823:2017.

Đánh giá tải trọng thiết kế thực hiện ở hai cấp độ của độ tin cậy:

- Độ tin cậy ở cấp thiết kế, còn gọi là cấp kiểm kê (Inventory Rating), viết tắt là cấp IR. Sau khi tính hệ số đánh giá sẽ xảy ra hai trường hợp:

- + Hệ số đánh giá $RF \geq 1$, bộ phận đánh giá khai thác an toàn với tải trọng HL 93 trong tuổi thọ thiết kế, dừng tính toán và cho phép đánh giá tải trọng cấp phép khi có đơn xin cấp phép;
- + Hệ số đánh giá $RF < 1$, bộ phận đánh giá không khai thác được với HL93, chuyển sang đánh giá ở cấp độ thấp hơn của độ tin cậy là cấp khai thác (Operating Rating), viết tắt là OR.

- Độ tin cậy ở cấp khai thác (OR) được đánh giá với hệ số tải trọng của hoạt tải HL93 thấp hơn ở cấp độ thiết kế. Sau khi tính hệ số đánh giá cũng sẽ xảy ra hai trường hợp:

- + Hệ số đánh giá $RF \geq 1$, cầu khai thác được với HL93, nhưng nếu khai thác không hạn chế tuổi thọ của cầu sẽ bị suy giảm. Dừng tính toán và cho phép đánh giá tải trọng cấp phép khi có đơn xin cấp phép;
- + Hệ số đánh giá $RF < 1$, cầu không khai thác được với HL93, chuyển sang đánh giá theo tải trọng hợp pháp.

Đánh giá tải trọng thiết kế có thể xem như một quá trình kiểm tra xem cầu có khai thác được với tải trọng hợp pháp không vì nếu khi đánh giá với tải trọng thiết kế ở cấp độ IR cầu có $RF \geq 1$ thì cũng đạt với tải trọng thiết kế ở cấp OR và mọi tải trọng hợp pháp.

12.4.2. Đánh giá tải trọng hợp pháp

Đánh giá tải trọng hợp pháp là đánh giá cấp thứ hai nhằm xét đến khả năng chịu tải an toàn riêng lẻ cho một xe với một số trục, khoảng cách trục, tải trọng trục xác định, cụ thể là các xe [3], [3-S2] và [3-3].

- **Lấy xe [3] để tính cho xe thân liền:**

- Nếu $RF \geq 1$, phải xét đặt biến tải trọng, tuy nhiên trong công thức tải trọng đặt biến không chiết giảm tải trọng, tức là sử dụng công thức đánh giá tải trọng theo KN hoặc theo tấn:

$$RB = RT = RF.W \quad (7)$$

TCVN 12882:2020

Trong đó:

- RB – tải trọng đặt biển;
- RT – tải trọng đánh giá theo kN hoặc theo tấn;
- RF – hệ số đánh giá;
- W – tải trọng của xe đánh giá.

Tính theo (7), nếu $RB \geq 34T$ thì không cần đặt biển hạn chế cho xe [3] vì theo quy định, khi có tải trọng lớn hơn 34T xe này không được phép lưu thông nếu không có giấy phép.

- Nếu $RF < 1$, cầu không khai thác được với tải trọng đánh giá, phải đặt biển hạn chế tải trọng, không cho phép đánh giá cấp phép. Nếu $RF \leq 0,3$ thì dừng khai thác. Tải trọng đặt biển tính theo công thức (8).

$$RB = \frac{W}{0,7} (RF - 0,3) \quad (8)$$

Trong đó:

- RB – tải trọng đặt biển;
- W – tải trọng của xe đánh giá;
(Với xe [3], $W = 222,5$ kN; xe [3-S2], $W = 320,4$ kN; xe [3-3], $W = 356$ kN)
- RF – hệ số đánh giá.

- Lấy xe [3-S2] để tính cho xe somi rơ moóc:

Tương tự như xe [3]:

- Nếu $RF \geq 1$, phải xét đặt biển tải trọng, tải trọng đặt biển tính theo công thức (7).

Tính theo (7), nếu $RT \geq 48T$ thì không cần đặt biển tải trọng, nếu $RT < 48T$ thì phải đặt biển tải trọng.

- Nếu $RF < 1$, phải đặt biển tải trọng, tải trọng đặt biển tính theo công thức (8).

- Lấy xe [3-3] để tính cho xe thân liền kéo rơ moóc:

Tương tự như xe [3] và [3-S2]:

- Nếu $RF \geq 1$, phải xét đặt biển tải trọng, tải trọng đặt biển tính theo công thức (7).

Tính theo (7), nếu $RB \geq 45T$ thì không đặt biển tải trọng, nếu $RT < 45T$ thì phải đặt biển tải trọng.

- Nếu $RF < 1$, phải đặt biển tải trọng, tải trọng đặt biển tính theo công thức (8).

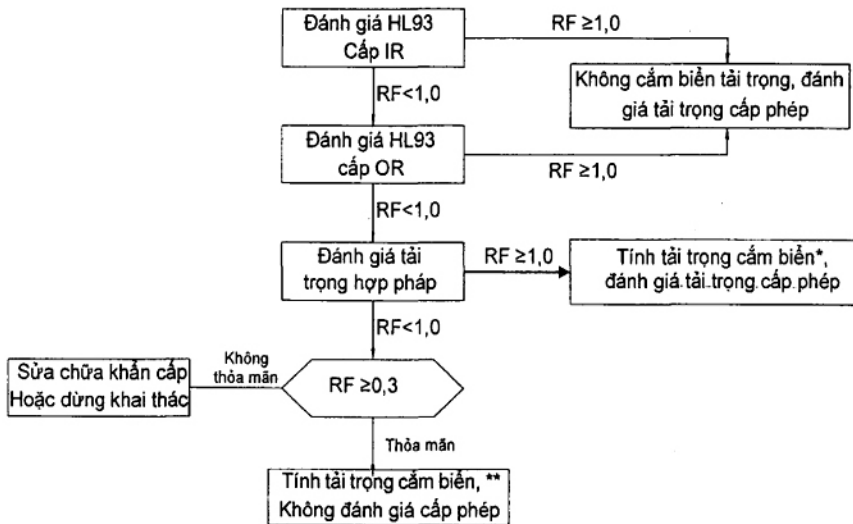
Đánh giá với tải trọng hợp pháp, nếu $RF \leq 0,3$ thì phải sửa chữa khẩn cấp hoặc thay thế bằng cầu mới. Khi đó, tính theo (8) thì RB sẽ bằng không hoặc là số âm.

12.4.3 Đánh giá tải trọng cấp phép

Đánh giá tải trọng cấp phép là cấp đánh giá thứ ba khi có đơn xin cấp phép của đơn vị vận tải.

Chỉ cho phép đánh giá cấp phép khi đánh giá với tải trọng hợp pháp có $RF \geq 1$. Những cầu khi đánh giá với tải trọng hợp pháp có $RF \geq 1$ được đánh giá cấp phép thì những cầu đánh giá với HL93 có $RF \geq 1$ cũng được đánh giá cấp phép.

Khi đánh giá tải trọng cấp phép, LL là hiệu ứng của tải trọng cấp phép với những hệ số tương ứng.



* Công thức tính tải trọng cấm biến $RB = RF.W$

** Công thức tính tải trọng đặt biến $RB = \frac{W}{0,7}(RF - 0,3)$

Hình 6. Trình tự đánh giá tải trọng

Theo công thức (5), nếu $RF \geq 1$, cầu khai thác được với tải trọng cấp phép, ngược lại nếu $RF < 1$, cầu không khai thác được với tải trọng cấp phép, khi đó có thể sử dụng các biện pháp để hạn chế tải trọng cấp phép như cho xe đi rất chậm để lấy $(1+IM)=1$, hoặc tăng thêm số trục của xe chờ hàng, có thể phải tăng cường cầu để nâng cao khả năng chịu lực.

12.5. Các trạng thái giới hạn

Tùy theo loại cầu (thép, BTCT thường, BTCT dự ứng lực), các TTGH cần áp dụng đánh giá các loại cầu như sau:

12.5.1. Cầu thép

Khi đánh giá cầu thép tùy theo tải trọng cả ba TTGH được sử dụng, cụ thể là:

- TTGH cường độ I để đánh giá tải trọng thiết kế và tải trọng hợp pháp;
- TTGH cường độ II để đánh giá tải trọng cấp phép;
- TTGH sử dụng II để đánh giá độ võng dài hạn của cả ba tải trọng;

TCVN 12882:2020

- TTGH mỗi chỉ sử dụng để đánh giá tải trọng thiết kế ở cấp IR.

12.5.2. Cầu BTCT thường

- TTGH cường độ I để đánh giá tải trọng thiết kế và tải trọng hợp pháp.
- TTGH cường độ II để đánh giá tải trọng cấp phép.
- TTGH sử dụng I để kiểm tra ứng suất trong cốt thép gần thớ chịu kéo ngoài cùng của kết cấu và chỉ áp dụng khi đánh giá tải trọng cấp phép.

12.5.3. Cầu BTCT dự ứng lực

- TTGH cường độ I để đánh giá tải trọng thiết kế và tải trọng hợp pháp.
- TTGH cường độ II để kiểm tra tải trọng cấp phép.
- TTGH sử dụng I để kiểm tra ứng suất trong cốt thép và thép dự ứng lực gần thớ chịu kéo ngoài cùng của kết cấu, TTGH này chỉ dùng khi đánh giá tải trọng cấp phép.
- TTGH sử dụng III để kiểm tra nứt trong dầm dự ứng lực, TTGH này chỉ áp dụng cho tải trọng thiết kế ở cấp IR và tải trọng hợp pháp.

Chú ý: Các TTGH ở đây có khác với TTGH trong tiêu chuẩn thiết kế, thí dụ trong tiêu chuẩn thiết kế có TTGH cường độ III là tổ hợp trên cầu không có xe nhưng có gió với vận tốc lớn hơn 25m/s, TTGH cường độ V là tổ hợp có hoạt tải tiêu chuẩn và có gió với vận tốc 25m/s, ở đây chỉ có TTGH cường độ I và II theo tiêu chuẩn thiết kế.

Mỗi TTGH có hệ số tải trọng của tĩnh tải và hoạt tải tương ứng. Các TTGH cũng không phải là bắt buộc áp dụng mà có TTGH có thể tùy chọn, các quy định này có trong bảng 7, và ở đó có thể thấy TTGH cường độ I và II phải được sử dụng trong tính toán đánh giá cả cầu thép và cầu bê tông.

Bảng 7 - Các TTGH và hệ số tải trọng dùng trong đánh giá tải trọng khai thác công trình cầu

Loại cầu	Trạng thái giới hạn	Tĩnh tải γ_{oc}	Tĩnh tải γ_{ow}	Tải trọng thiết kế		Tải trọng hợp pháp	Tải trọng cấp phép
				IR	OR		
				γ_{LL}	γ_{LL}	γ_{LL}	γ_{LL}
Thép	Cường độ I	1,25	1,50	1,75	1,35	Bảng 11	-
	Cường độ II	1,25	1,50	-	-	-	Bảng 12
	Sử dụng II	1,00	1,00	1,30	1,00	1,30	1,00*
	Mỗi	0,80	0,00	0,75*	-	-	-
BTCT thường	Cường độ I	1,25	1,50	1,75	1,35	Bảng 11	-
	Cường độ II	1,25	1,50	-	-	-	Bảng 12
	Sử dụng I	1,00	1,00	-	-	-	1,00*
BTCT dự ứng lực	Cường độ I	1,25	1,50	1,75	1,35	Bảng 11	-
	Cường độ II	1,25	1,50	-	-	-	Bảng 12
	Cường độ III	1,00	1,00	0,80	-	1,00*	-
	Sử dụng I	1,00	1,00	-	-	-	1,00*
Gỗ	Cường độ I	1,25	1,50	1,75	1,35	Bảng 11	-
	Cường độ II	1,25	1,50	-	-	-	Bảng 12

CHÚ THÍCH: - Các ô có dấu * là các kiểm toán tùy chọn;

- Trạng thái giới hạn sử dụng I được dùng để kiểm toán giới hạn ứng suất trong cốt thép chủ với $f_R=0,9f_y$;

- Hệ số γ_{ow} ở trạng thái giới hạn cường độ có thể lấy bằng 1,25 khi chiều dày lớp phủ đo được chính xác ngoài hiện trường;

- Trạng thái giới hạn mỗi được kiểm toán với xe tải thiết kế có khoảng cách từ trục giữa đến trục sau là 9m.

12.6. Khả năng chịu lực (C)

Trong TTGH cường độ:

$$C=\phi_c\phi_s\phi_{Rn}, \text{ với } \phi_c\phi_s \geq 0,85 \quad (9)$$

Trong TTGH sử dụng

$$C = f_R \quad (10)$$

Ở đây:

- ϕ_c – hệ số tình trạng kết cấu ;
- ϕ_s – hệ số hệ thống ;
- ϕ – hệ số sức kháng;
- R_n – sức kháng danh định của kết cấu, đó có thể là sức kháng uốn (M_n), sức kháng cắt (V_n),
Sức kháng kéo, nén (N_n)...;
- f_R – giới hạn ứng suất.

12.6.1 Hệ số tình trạng kết cấu (ϕ_c)

Hệ số tình trạng của kết cấu xét đến sự hư hỏng do các nguyên nhân tự nhiên như ăn mòn trong không khí, trong nước nhằm xét đến tính bất định về sức kháng do hư hỏng và sự phát triển của hư hỏng trong hai lần đánh giá. Hệ số ϕ_c lấy theo bảng 8.

Bảng 8 - Hệ số tình trạng kết cấu ϕ_c

Tình trạng của kết cấu	ϕ_c
Tốt	1,00
Khá	0,95
Kém	0,85

CHÚ THÍCH: Nếu các đặc trưng của mặt cắt thu được chính xác bằng cách đo đạc tại hiện trường để xác định diện tích mất mát mà không phải ước lượng theo tỷ lệ phần trăm để đánh giá diện tích mất mát thì hệ số ϕ_c trong bảng có thể tăng thêm 0,05 nhưng không được lớn hơn 1,0.

12.6.2. Hệ số hệ thống (ϕ_s)

Hệ số hệ thống để xét đến mức độ dư của toàn bộ hệ thống kết cấu bên trên. Các kết cấu của cầu (dầm dọc, dầm ngang,...) không làm việc độc lập mà cùng với các bộ phận khác tạo thành hệ kết cấu. Tính dư của kết cấu nhịp là khả năng hệ còn chịu được tải trọng khi một hoặc một số cấu kiện bị hư hỏng. Hệ số hệ thống là tăng thêm khả năng dự trữ để độ tin cậy tăng từ xấp xỉ độ tin cậy ở cấp OR (cho hệ thống có tính dư) lên mức độ cấp IR (cho hệ thống không có tính dư). Hệ số hệ thống lấy theo bảng 9.

Bảng 9 - Hệ số hệ thống cho kết cấu chịu lực dọc trục và uốn

Loại kết cấu phần trên	ϕ_s
Các cấu kiện hàn trong cầu vòm, cầu giàn hai dầm chủ	0,85
Các cấu kiện đỉnh tán trong cầu vòm, cầu giàn hai giàn chủ	0,90
Các cấu kiện có nhiều tai treo trong cầu giàn	0,90
Cầu có ba dầm chủ với khoảng cách dầm 1,83m	0,85
Cầu có bốn dầm chủ với khoảng cách dầm nhỏ hơn hay bằng 1,22m	0,95
Tất cả các cầu bản và cầu dầm còn lại	1,00

Các dầm ngang với khoảng cách lớn hơn 3.66m và các dầm dọc không liên tục	0,85
Các hệ thống dầm dọc phụ có tính dư giữa các dầm ngang	1,00

- CHÚ THÍCH: Nếu kỹ sư đánh giá chứng minh được hệ thống kết cấu có tính dư thì có thể lấy $\phi_s = 1,00$. Trong một số trường hợp mức độ dư lớn có thể dùng ϕ_s lớn hơn 1,00 nhưng không được lớn hơn 1,20.

- Có thể xem hệ 3 dầm chủ với bất kỳ khoảng cách dầm là bao nhiêu là hệ thống không có tính dư, trong trường hợp này có thể lấy $\phi_s = 0,85$ cho mỗi nối hàn, $\phi_s = 0,90$ cho mỗi nối đỉnh tán.

- Với các cầu hẹp 3 hoặc 4 dầm chủ khoảng cách gần như bằng nhau và không có dự trữ, khi đó có thể lấy $\phi_s = 0,85$.

- Khi xác định ϕ_s cho dầm hộp mỗi sườn dầm được xem như một dầm I.

- Các hệ số ϕ_s nói chung không thích hợp với lực cắt vì cắt thường bị phá hoại giòn, khi đánh giá cắt có thể lấy $\phi_s = 1,00$.

12.6.3. Hệ số sức kháng (ϕ)

Hệ số sức kháng lấy trong tiêu chuẩn thiết kế, các trường hợp thường gặp nhất có thể lấy trong Bảng 10 được trích ra từ tiêu chuẩn thiết kế TCVN 11823:2017.

Bảng 10 - Hệ số sức kháng

Loại kết cấu	ϕ
Kết cấu thép, bê tông dự ứng lực (chịu uốn, cắt)	1,00
Kết cấu bê tông tỷ trọng thường (chịu uốn, cắt)	0,90
Kết cấu chịu nén dọc trục, chỉ cho thép	0,90
Kết cấu chịu nén dọc trục, liên hợp	0,90
Kết cấu chịu kéo đứt trong mặt cắt thực	0,80
Kết cấu chịu kéo chảy trong mặt cắt nguyên	0,95

12.6.4. Sức kháng danh định trong TTGH cường độ

Trong TTGH cường độ, sức kháng danh định R_n có thể là sức kháng uốn M_n , sức kháng cắt V_n , sức kháng kéo, nén N_n ...

Tính sức kháng danh định theo các công thức trong tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ TCVN 11823:2017.

12.6.5. Khả năng chịu lực trong TTGH sử dụng

Trong TTGH sử dụng $C = f_R$, được lấy như sau:

TCVN 12882:2020

- TTGH sử dụng I, TTGH này nhằm kiểm tra điều kiện ứng suất trong thanh cốt thép hoặc thép dự ứng lực gần thớ chịu kéo ngoài cùng của kết cấu không được vượt quá 0,90 lần cường độ chảy của thép (f_{py}), có nghĩa:

$$f_R = 0,9f_{py} \quad (11)$$

Khi không có f_{py} cho thép dự ứng lực có thể lấy theo giới hạn bền f_{pu} :

+ Tao cấp tự chùng thấp:

$$f_{py} = 0,9f_{pu} \quad (12)$$

+ Tao bị suy giảm ứng suất, thanh cường độ cao loại I:

$$f_{py} = 0,85f_{pu} \quad (13)$$

+ Thanh cường độ cao loại II:

$$f_{py} = 0,8f_{pu} \quad (14)$$

- TTGH sử dụng II, TTGH sử dụng này để kiểm tra độ võng dài hạn thông qua điều kiện ứng suất trong các bản cánh của dầm thép chịu uốn không được vượt quá ứng suất giới hạn f_R với :

$$f_R = 0,95f_y \text{ cho mặt cắt liên hợp;} \quad (15)$$

$$f_R = 0,80f_y \text{ cho mặt cắt không liên hợp}$$

Trong đó:

f_y - cường độ chảy của thép cánh dầm.

- TTGH sử dụng III, TTGH này để kiểm tra nứt trong dầm BTCT dự ứng lực bằng cách đảm bảo giới hạn ứng suất kéo trong bê tông.

Cầu BTCT dự ứng lực thông thường không cho phép nứt trong bê tông dưới tác dụng của tải trọng sử dụng, khi đó có thể lấy f_R bằng giới hạn ứng suất kéo:

$$f_R = 0,52\sqrt{f_c'} \quad (16)$$

12.7. Hiệu ứng của tải trọng thường xuyên

$$DL = DC \gamma_{DC} + DW \gamma_{DW} + P \gamma_P \quad (17)$$

Trong đó:

DC – tính tải do trọng lượng bản thân kết cấu và thiết bị phụ trợ;

DW – tính tải do trọng lượng lớp phủ và các tiện ích công cộng;

γ_{DC} , γ_{DW} – hệ số tải trọng của DC và DW;

P – tải trọng thường xuyên khác ngoài tính tải;

γ_P – hệ số tải trọng của P, $\gamma_P = 1,00$.

Hiệu ứng của hoạt tải

$$LL = \gamma_{LL} (LL_D + IM) \quad (18)$$

Trong đó:

LL_D – hiệu ứng danh định của hoạt tải đánh giá;

IM – lực xung kích của hoạt tải;

γ_{LL} – hệ số tải trọng của hoạt tải, với tải trọng thiết kế lấy theo bảng 7, tải trọng hợp pháp lấy theo bảng 11, tải trọng cấp phép theo bảng 12.

Bảng 11 - Hệ số tải trọng chung cho tải trọng hợp pháp

Lưu lượng giao thông một chiều (ADTT)	Hệ số tải trọng cho xe [3], [3-S2], [3-3] và tải trọng làn
Không có số liệu	1,80
$ADTT \geq 5000$	1,80
$ADTT = 1000$	1,65
$ADTT \leq 100$	1,40

*** Chú thích:**

- Nội suy tuyến tính cho các giá trị ADTT khác.

- Trong trường hợp cần thiết để đảm bảo an toàn kỹ sư đánh giá có thể tăng γ_{LL} trong bảng, nhưng không được vượt quá 1,30 lần giá trị cho trong bảng.

Bảng 12 Hệ số tải trọng của tải trọng cấp phép.

Loại giấy phép	Tần suất	Điều kiện lưu thông	DF*	ADTT (một chiều)	γ_{LL} của TT cấp phép **	
					Đến 455kN	$\geq 667,5kN$
Thường xuyên	Không hạn chế lượt đi qua	Đi cùng dòng xe (các xe khác có thể đi cùng)	Hai làn trở lên	≥ 5000	1,80	1,30
				$= 1000$	1,60	1,20
				< 100	1,40	1,10
Đi qua hạn chế hoặc đặc biệt	Một lượt	Được hộ tổng không có xe khác trên cầu	Một làn	N/A	1,15	
	Một lượt	Đi cùng dòng xe (các xe khác có thể đi cùng)	Một làn	≥ 5000	1,50	
				$= 1000$	1,40	
				< 100	1,35	
		Đi cùng dòng xe (các xe		≥ 5000	1,85	

TCVN 12882:2020

	Nhiều lượt (<100)	khác có thể đi cùng)	Một lần	= 1000	1,75
				< 100	1,55

* CHÚ THÍCH:

- DF* – hệ số phân bố ngang theo tiêu chuẩn thiết kế. Khi hệ số phân bố ngang một lần được dùng thì hệ số lần có sẵn bên trong hệ số phân bố ngang phải được tách ra.

- ** – với tải trọng cấp phép thường xuyên từ 445kN đến 667,5kN, hệ số tải trọng được nội suy theo trọng lượng xe và ADTT. Trọng lượng để nội suy là trọng lượng xe tải, không xét tải trọng làn.

- N/A – không áp dụng.

12.7.1 Tính hiệu ứng của tải trọng hợp pháp

- Tải trọng hợp pháp có ba xe [3], [3-S2] và [3-3] nên phải đánh giá ba lần, mỗi lần cho một loại xe và cách tính hoàn toàn như nhau.

- Đánh giá tải trọng hợp pháp không còn cấp IR và OR.

- Ngoài xe hợp pháp là xe [3], [3-S2] và [3-3] còn có các xe chuyên chở chuyên dụng là các xe tải hợp pháp nhiều trục với khoảng cách trục nhỏ được sử dụng rộng rãi trong ngành xây dựng, quản lý rác thải, chuyên chở hàng hóa xuất khẩu.

- Với mọi chiều dài nhịp hiệu ứng của tải trọng được lấy theo giá trị bất lợi nhất của:

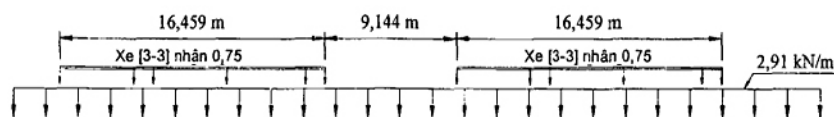
+ Xe hợp pháp [3], [3-S2] và [3-3] đặt riêng rẽ;

+ Khi tính mômen âm và phản lực gối trung gian của cầu liên tục kết hợp trọng làn xe 2,91 kN/m với hai xe [3-3] nhân với 0,75 đi cùng chiều và cách nhau 9,144m (Hình 7).

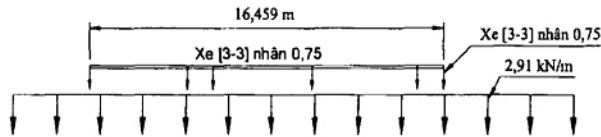
- Hiệu ứng của tải trọng [3], [3-S2] và [3-3] là giá trị bất lợi nhất của từng xe [3], [3-S2] và [3-3] cộng với tải trọng loại làn (Hình 7) chung cho một xe.

- Khi chiều dài nhịp lớn hơn 60,96m các hiệu ứng của tải trọng hợp pháp có thêm tải trọng loại làn gồm một xe [3-3] nhân với 0,75 và tải trọng làn 2,91 kN/m (Hình 8)

Lực xung kích áp dụng cho xe hợp pháp nhưng không áp dụng cho tải trọng làn.



Hình 7 Tải trọng loại làn cho mômen âm và phản lực gối trung gian của cầu liên tục



Hình 8 Tải trọng loại làn cho các nhịp lớn hơn 60,96m

Các loại tải trọng loại làn cho mômen âm và phản lực gối trung gian của cầu dầm liên tục (Hình 7). Tải trọng loại làn cho các nhịp lớn hơn 60,96m (Hình 8).

12.7.2 Hiệu ứng của tải trọng cấp phép

Hoạt tải là xe thực tế hoặc xe có hiệu ứng lớn nhất trong nhóm xe xin cấp phép. Hoạt tải này do đơn vị xin cấp phép cung cấp.

Với các nhịp đến 60,96m chỉ có xe được cấp phép trên làn để tính hiệu ứng tải, với các nhịp từ 60,96m trở lên đến 91,44m khi kiểm toán mômen âm của các nhịp liên tục có thêm tải trọng làn giả thiết. Tải trọng làn lấy là 2,91kN/m cho mỗi làn. Tải trọng làn có thể cho phủ kín lên xe xin cấp phép (cho để phân tích) và đặt ở các nhịp làm tăng hiệu ứng của xe xin cấp phép.

- Với các giấy phép thường xuyên, số lượng lượt xe qua cầu chưa biết nên phương pháp giải quyết an toàn là chấp nhận xét đến xác suất xuất hiện đồng thời các xe, khi đó sử dụng phân phối cho hai làn trong tiêu chuẩn thiết kế, giả thiết sự xuất hiện cạnh nhau đồng thời của hai xe nặng bằng nhau, mỗi xe ở một làn.

- Khi xe xin cấp phép thường xuyên có tải trọng nhỏ hơn 445kN các hệ số tải trọng của hoạt tải lấy như hệ số của tải trọng hợp pháp, ngược lại khi xe xin cấp phép thường xuyên lớn hơn 445kN các hệ số tải trọng của hoạt tải lấy theo bảng 12.

- Với giấy phép đặc biệt hệ số lượt đi bị hạn chế, khi đánh giá cấp phép hệ số tải trọng lấy theo bảng 12. Hệ số phân bố ngang một làn được sử dụng để đánh giá tải trọng. Nếu cần tăng độ tin cậy đến cấp độ IR khi các xe cấp phép được hộ tổng thì hệ số tải trọng γ_{LL} có thể tăng từ 1,15 lên 1,35.

12.8. Phương pháp tính toán cấp phép

Phương pháp tính toán cấp phép có hai bước:

Bước 1: So sánh hiệu ứng tải

- Tính hiệu ứng tải của tải trọng đang khai thác (LL).
 - + Trường hợp cầu khai thác được với tải trọng HL93, khi đó cần tính LL ở cả hai cấp độ IR và OR, ký hiệu là LL_{IR} và LL_{OR} .
 - + Trường hợp cầu không khai thác được với tải trọng HL93, lấy tải trọng khai thác theo kết quả kiểm định hoặc tải trọng trên biển. Số trên cùng của biển tính cho xe [3], số thứ hai của biển tính cho xe [3-S2] còn số dưới cùng của biển tính cho xe [3-3]. Tính cho ba xe sẽ có ba giá trị của hiệu ứng tải, chọn giá trị nhỏ nhất là hiệu ứng tải của cầu, ký hiệu là LL_c . Nếu không có kết quả kiểm định cầu hoặc tải trọng trên biển thì chuyển sang tính toán đánh giá tải trọng theo bước 2.

TCVN 12882:2020

- Tính hiệu ứng tải của xe xin cấp phép LL_P .

- So sánh hiệu ứng tải:

Trường hợp cầu khai thác được với tải trọng HL93:

$$LL_P \leq LL_{OR}$$

- Cấp phép, cho đi trộn với dòng xe và nói chung không cần có điều kiện gì trừ trường hợp xe quá khổ.

$$LL_{OR} < LL_P \leq LL_{IR}$$

- Cấp phép, cho đi trộn với dòng xe và có thể có thêm các điều kiện

$$LL_{IR} < LL_P$$

- Chuyển sang bước 2

Trường hợp cầu không khai thác được với tải trọng HL93:

$$LL_P \leq LL_C$$

- Cấp phép, cho đi trộn với dòng xe và có thể có thêm các điều kiện

$$LL_C < LL_P$$

- Chuyển sang bước 2

Bước 2: Tính toán đánh giá tải trọng

Tính toán đánh giá tải trọng cấp phép nhằm khai thác dự trữ an toàn của cầu, trình tự tính toán như sau:

- Tính hệ số đánh giá của kết cấu nhịp RF cho tải trọng xin cấp phép, khi tính hiệu ứng của tải trọng cấp phép có thể đã sử dụng các biện pháp giảm hiệu ứng tải như cho xe đi chậm để có thể lấy $(1 + IM) = 1,00$, lắp thêm các môđun để kéo dài đoàn xe,...

- Kiểm tra tình trạng móng trụ.

- Nếu $RF \geq 1$ và tình trạng của móng, trụ bình thường có thể cấp phép và kèm theo các điều kiện như không có các xe khác trên cầu khi xe được cấp phép lưu thông, phải có hộ tống,...

- Nếu $RF < 1$ phải tăng cường cầu hoặc đi đường khác...

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] QCVN 41:2016/BGTVT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về báo hiệu đường bộ.
 - [2] 22TCN 170-87, Quy trình thử nghiệm cầu
 - [3] 22TCN 243-98, Quy trình kiểm định cầu trên đường ô tô
 - [4] 22TCN 258-99, Quy trình kiểm định cầu đường sắt
 - [5] AASHTO LRFD 2012, Specification for Bridge Design
 - [6] The Manual for Bridge Evaluation, Second Edition, MBE-2, 2011
-